

# 九十二年度電信國家型計畫執行成果

總計畫名稱：ALL-IP 網路上以預算為基礎之品質管理研究

子計畫名稱：ALL-IP 核心網路品質管理研究

國立政治大學資訊科學系

連耀南、陳明志

# 預算法全 IP 核心網路服務品質管理之分散式資源管理與允入控制

## 摘要

通訊與資訊科技的大幅進步，電信自由化帶來的激烈競爭，以及網際網路的蓬勃發展，刺激大量多媒體網路資訊的流通，為了因應此種趨勢，網路提供者已趨向合併數據及電信網路朝單一的 All-IP 網路方向發展。為了保證時效性服務在 All-IP 網路上的品質，網路服務品質(QoS)已成為 All-IP 網路的主要研究議題。不同的網路應用各有不同的特性與需求；對於那些比較不注重傳輸延遲時間的應用，增加網路頻寬或許就已足夠應付需求，但是對於那些具有互動特性(interactive)、重視傳輸延遲時間的應用，像 VoIP，除了增加網路頻寬外，All-IP 網路必須提供服務品質保證才能獲得網路營運者的支持。本研究團隊設計一個管理架構，在此架構上提供完整的 End-to-End QoS 保證，以符合 All-IP 網路上各種不同服務需求。本文中另外提出以預先批購頻寬的方式進行核心網路資源規劃，根據需求預測，考量批購成本期望值，決定出適當之頻寬預購值。於執行時段提出數個允入控制資源不足解決方案，並且配合執行時段頻寬管理機制，掌握頻寬使用情形，以達到順利允入網路訊務之目的。最後於 NS2 平台以實驗模擬的方式，評估本文中所提出之預先批購頻寬與執行時段頻寬管理機制，從結果中我們發現本研究所提出之頻寬預購方法可以有效預防因為預測誤差所造成之資源不足現象，配合執行時段頻寬管理機制可根據執行時期之資源使用狀況，在資源缺乏時提前進行頻寬補充，以順利允入訊務，提升使用率。

***Distributed Resource Management and Admission Control in Budget-Based QoS  
Management for All-IP Core Networks***

**Abstract**

Because of great progress of communication and computer technology, aggressive deployment of broadband fiber optical network, advance of Internet technology, and the global standardization of IP technology, the telecommunication industry is moving toward a converged network, which uses a single global IP based packet-switching network to carry all types of network traffics. In these types of network traffics, different traffic types require corresponding service to ensure end-to-end quality. For carrying all types of network traffics on All-IP network, BBQ (Budget-Based QoS) research group propose a QoS system architecture to provide end-to-end QoS guarantee. In this thesis, basing on BBQ QoS system, we propose resource pre-planning mechanism to management core network. According to demand forecast from historical data and considering pre-planning cost, pre-planning mechanism will find optimal policy to reduce management cost. Besides resource pre-planning, we also propose several solutions to avoid resource shortage at run-time. Through intensive evaluation in network simulator-2(*ns2*), we demonstrate that our resource pre-planning can minimize resource cost and cover some forecasting error. And run-time resource management can maintain reasonable in-hand resource at run-time to reduce the effect of resource shortage.

# 目錄

## 第一章 4

### 資源管理與允入控制 4

<b>1.1</b>	<b>預購法頻寬規劃</b>	<b>4</b>
1.1.1.	Historical Traffic Pattern	4
1.1.2	最佳預購頻寬	6
1.1.3	預購資源不足之解決方案	13
<b>1.2</b>	<b>執行時段(Current Execution Time Period)之允入控制與資源管理</b>	<b>15</b>
1.2.1	允入控制流程	15
1.2.2	執行時段資源管理	16
1.2.3	執行時段資源不足之解決方案	17
1.2.4	執行時段頻寬管理最佳化模型	19

## 第二章 23

### 效能評析 23

<b>2.1</b>	<b>評估指標</b>	<b>23</b>
2.1.1	效能評估指標	23
2.1.2	管理成本(management cost)與獲利(profit)	24
<b>2.2</b>	<b>模擬環境</b>	<b>25</b>
2.2.1	NS2 模擬平台	25
2.2.2	訊務類型(Traffic Source Type)	25
2.2.2	拓樸設計(Topology Design)	25
<b>2.3</b>	<b>實驗設計</b>	<b>26</b>
2.3.1	訊務產生函式( Traffic Generating Function)	26
2.3.2	頻寬預購法	26
2.3.3	執行時段(Current Execution Time Period)資源管理	27
<b>2.4</b>	<b>實驗結果</b>	<b>31</b>
2.4.1	預購頻寬規劃實驗結果	31
2.4.2	執行時段(Current Execution Time Period)資源管理實驗結果	37
<b>2.5</b>	<b>總結</b>	<b>43</b>

**第三章 45**

**結論 45**

**3.2 結論**\_\_\_\_\_ **45**

**3.2 結論與未來發展方向**\_\_\_\_\_ **46**

***Reference 47***

# 第一章

## 資源管理與允入控制

### 1.1 預購法頻寬規劃

以預購法規劃頻寬之程序為：各 Ingress Router 中的 Bandwidth Order Agent (BOA) 向 Bandwidth Broker (BB) 批購資源供實際使用。批購的內容包含指定 link、quality (以 quality entropy 表示) 與其所需頻寬，BOA 據此啟動 bandwidth order procedure 向 BB 發送 resource request message 以取得資源，而 BB 則會依照各個 BOA 需求情況，考量如何進行資源分配。在選取 link 方面，BOA 會根據 Concerned Time Period 相關之 Referenced Time Period 找出該 Ingress Router 在 Reference Time Period 所選用過的路徑 (由 LPPA 提供)，以這些路徑上所經過的 link 當作選取目標，以 link 為單位一一向 BB 批購資源。

#### 1.1.1. Historical Traffic Pattern

預購所需之資源預測需要利用歷史資料，如果使用者需求具有重複性，即可用來預測。首先對每個不同時段，將 traffic 在各時段之 bandwidth 統計出來 (圖 1.1)，根據使用者的行為不同，對於頻寬的需求也就不同，例如在離峰時段頻寬的需求量小，在尖峰時段頻寬的需求量大。頻寬需求在不同時段所顯現出來的差距較為明顯，以時段方式區分較具代表意義。以圖 1.1、1.2 為例，圖 1.2 為相同時段 (亦為圖 1.1 對 x 軸作切割)，不同日期，在該時段之 bandwidth 紀錄。依照圖 1.2 之紀錄結果進行統計分析，分佈的狀況會依照時段不同而有所區別 (圖 4.3)，如平均值 (mean)、變異數 (deviation) 與範圍。

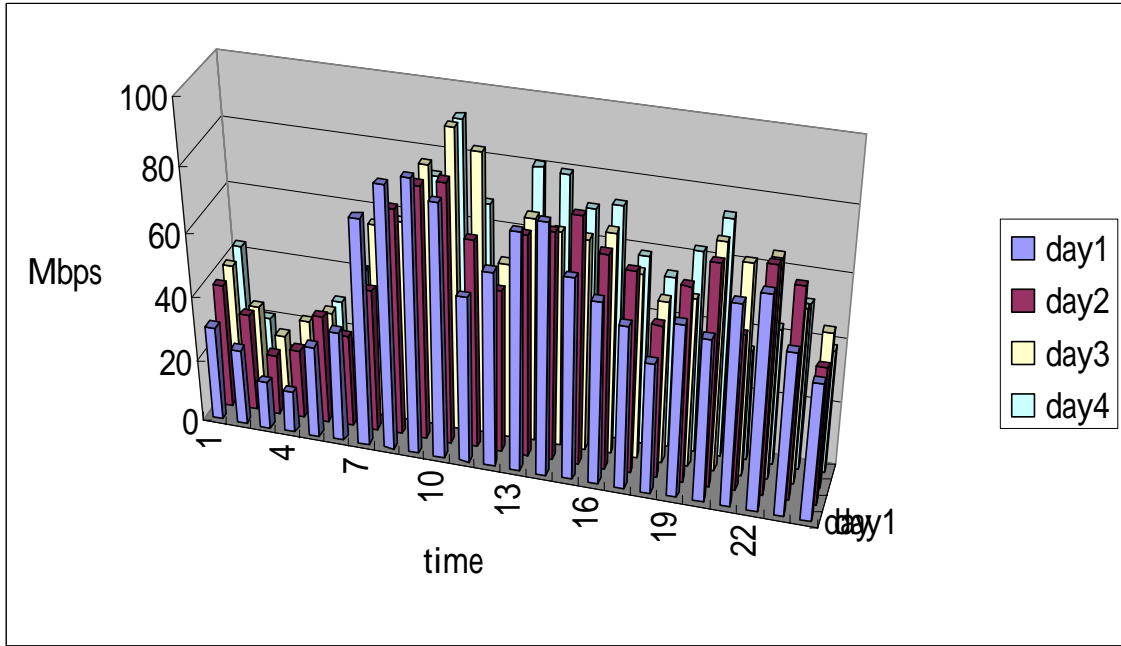


圖 1.1 : 以時段作為區分的流量統計 X:時段 ; Y:該時段之 bandwidth ; Z:day

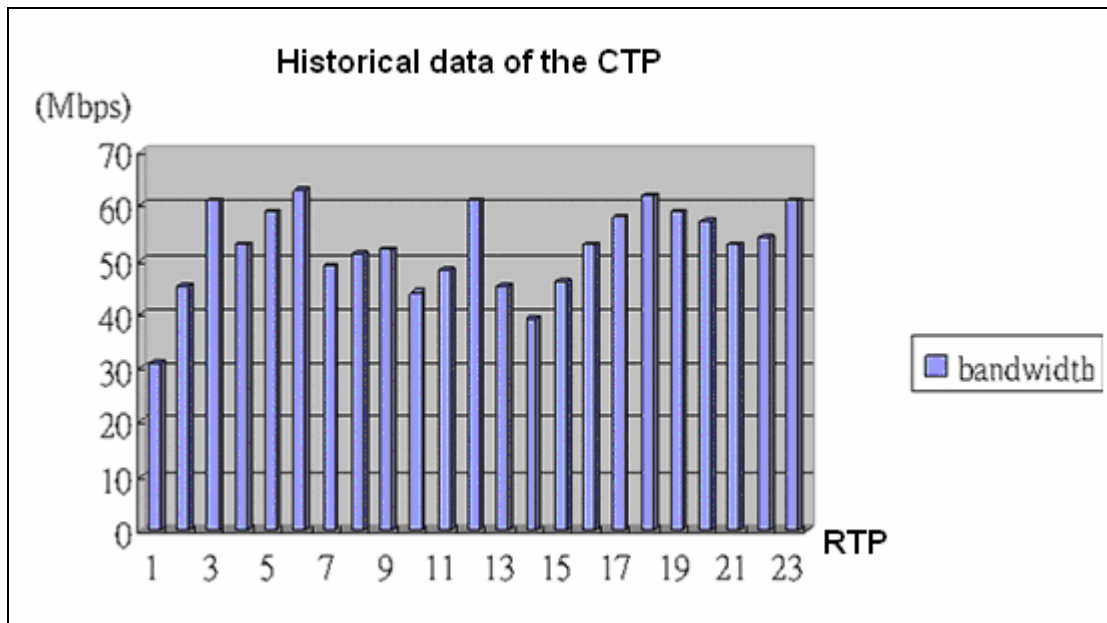


圖 1.2 : Bandwidth demand at RTPs with respect to a CTP

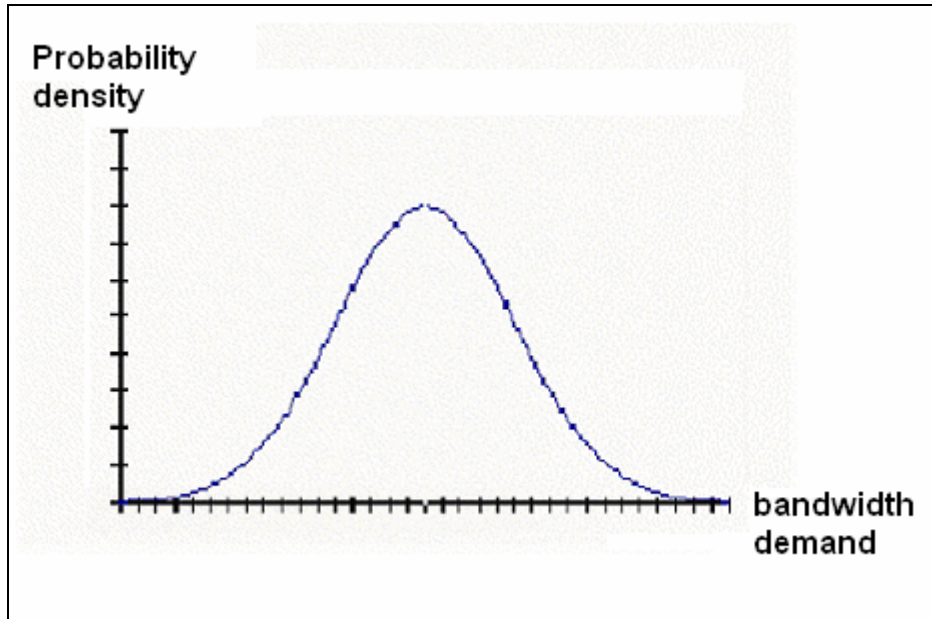


圖 1.3 : Demand distribution at RTPs with respect to a CTP

### 1.1.2 最佳預購頻寬

根據過去不同時段之 traffic pattern、link 之 bandwidth distribution 與 Bandwidth Broker (BB) 索費方式，BOA 以此針對各 link 預估出相對應的最佳 bandwidth request value (圖 1.4)。我們假設 BB 對於預先批購之單位頻寬價格為  $C_1$ ，而對於 Real-Time on-demand 批購之單位頻寬價格為  $C_2$ 。

由於我們無法準確預測未來該 CTP 於執行時段之實際頻寬需求，若是採用保守的方式批購頻寬，雖然於預先批購頻寬階段以較低的成本預購頻寬，但是於執行時段易發生不能夠應付超過預期的頻寬需求而尋求較高成本的臨時批購 (on-demand) 方式解決頻寬不足的問題，並且臨時批購所產生的訊息 (signal) 交換，當數量到達一定程度時，會造成 BB 附近的網路須負擔額外的負荷。若是採用大膽的方式預先批購較多頻寬，首先於預先批購階段就得付出較多的頻寬成本，雖然在執行時段較不易出現臨時批購的現象，但是由於批購過多，當執行時段所需頻寬少於預先批購量時，即造成網路資源的浪費。(圖 1.5)。

因此 BOA 批購頻寬時當力求精準，避免預購太多 (超過實際所需) 造成頻寬浪

費，或批購不足以至於必須以較高價格臨時批購所需頻寬。

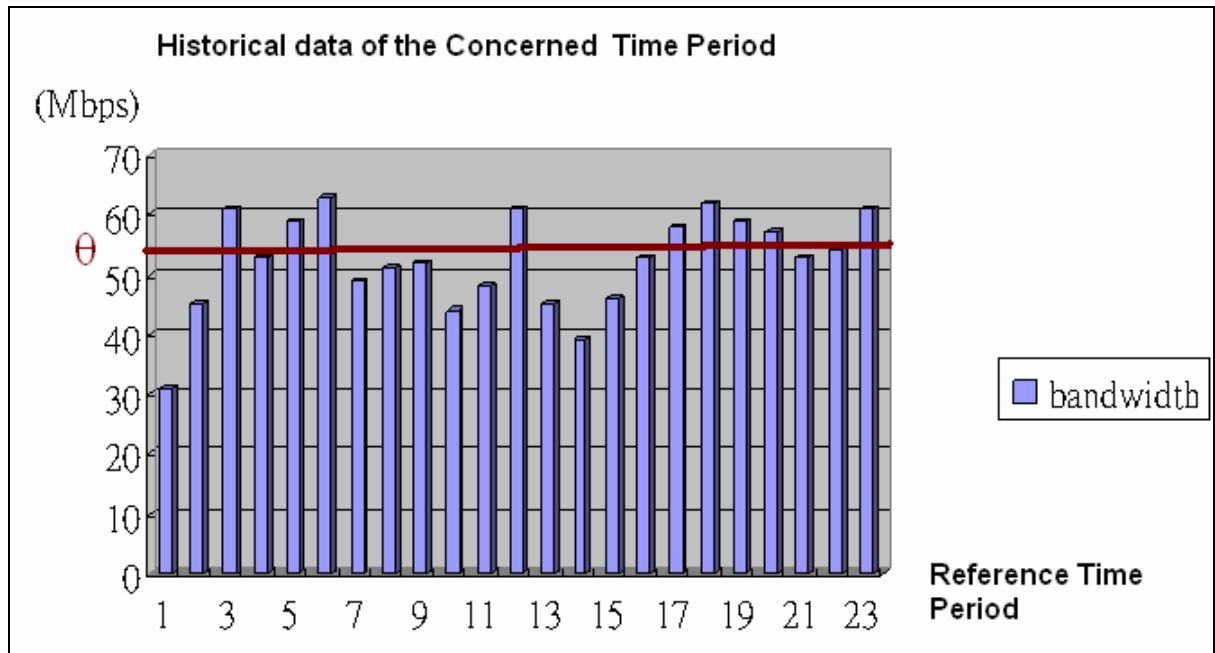


圖 1.4：根據歷史資料決定  $\theta$ ，用來當作預先批購的頻寬

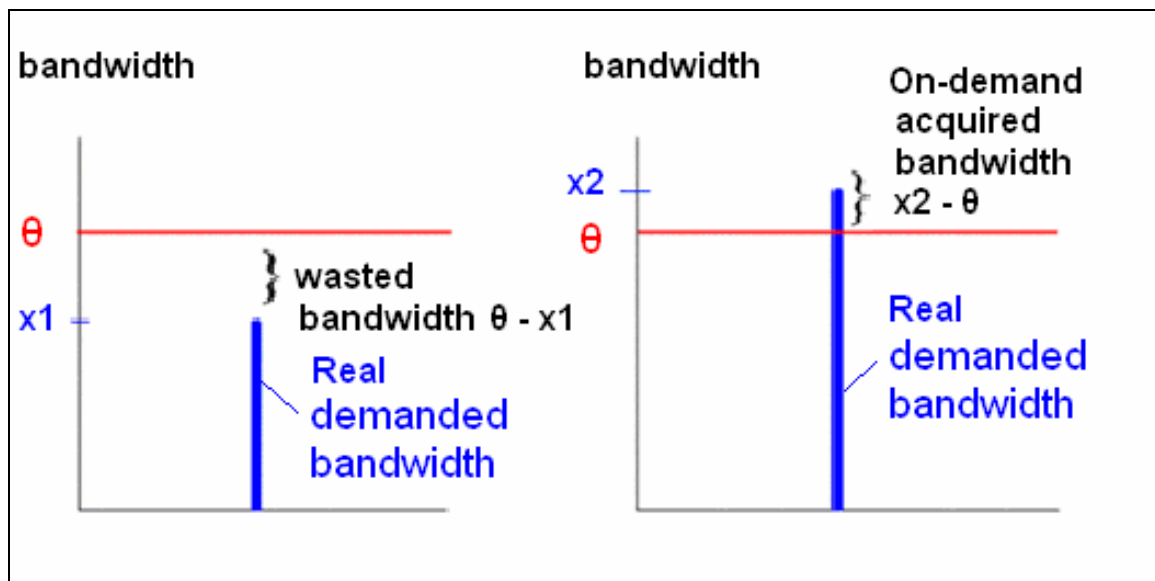


圖 1.5：左圖：批購的頻寬大於該時段的頻寬需求  
右圖：批購的頻寬小於該時段的頻寬需求

### 1.1.2.1.最佳化模型(Optimization Model)

由於一則預測有其不準度，且 RTP 的參考頻寬需求也是機率分佈，無法選定某一特定的 RTP 作為預測批購量，所以本研究找出最佳頻寬批購量的計算公式，

納入機率分佈特性，根據過去不同時段的 traffic pattern、bandwidth distribution 與 Bandwidth Broker(BB) 費率規則，可求得批購價格之最佳期望值並估計出每個時段適當的 bandwidth request value (如圖 1.6)。

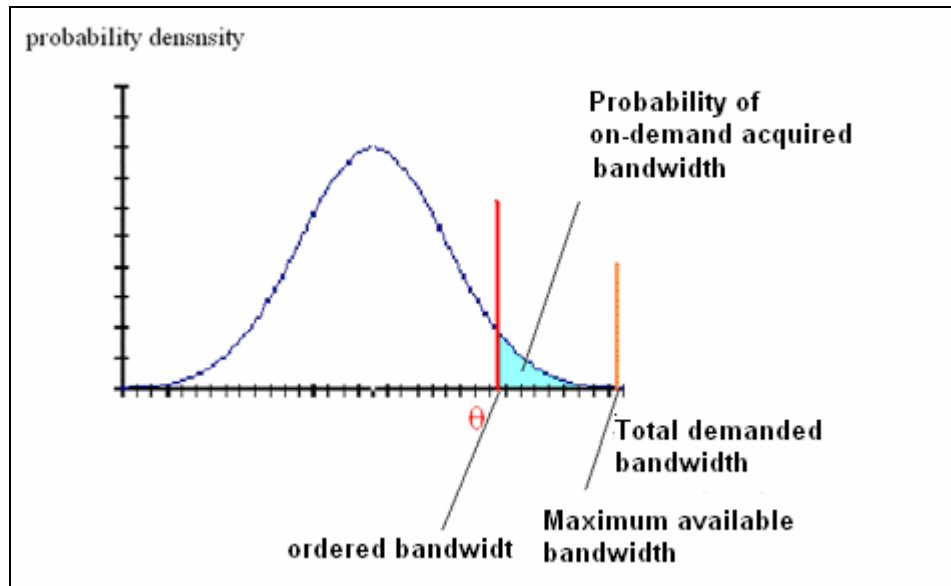


圖 1.6：最佳 bandwidth request value

如圖 1.6 所示，整個機率密度曲線代表過去各個 RTP 之頻寬使用情形，圖 1.6 以 normal distribution 作為例子。

我們以  $E\{C(\theta)\}$  表示 expected cost，expected cost 分為兩個部分，第一個部分為預先批購成本，由預購頻寬量乘上 Bandwidth Broker(BB) 對於預購所索取之成本  $C_1$ 。第二個部分為 on-demand request 成本，由每次因為頻寬不足所補足的頻寬量乘上 BB 對於預購所索取之成本  $C_2$ ，在實際執行時段累計這些即時批購成本成為該時段所付出之 on-demand request 成本。將預先批購成本與 on-demand request 成本總合起來即為 expected cost(圖 1.7)。

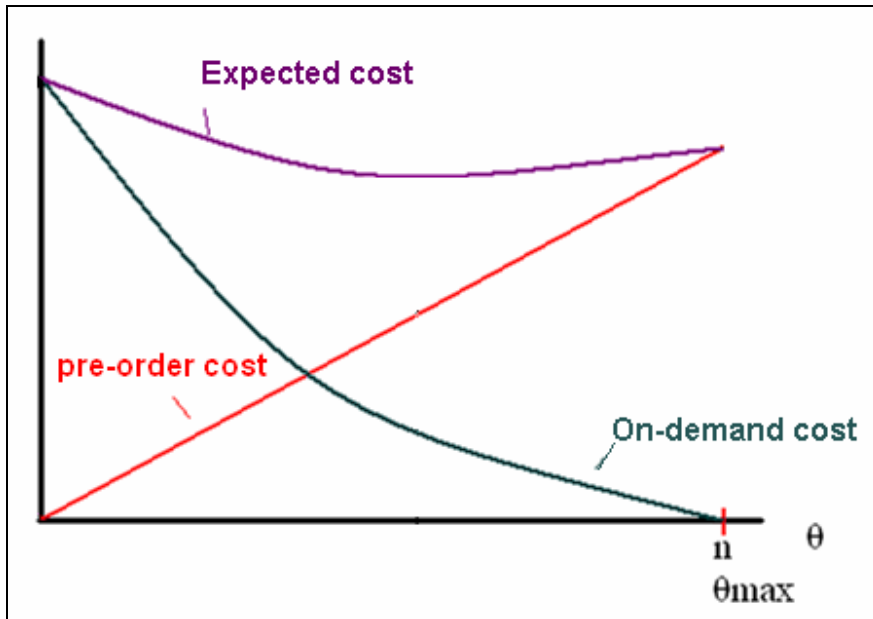


圖 1.7 : Expected cost、pre-order cost and on-demand cost

Parameter List

- $C_1$  Pre-order request unit cost
- $C_2$  On-demand request unit cost
- $i$  Bandwidth demand at CTP
- $P_i$  Probability of demand bandwidth  $i$
- $\theta$  Optimal pre-order bandwidth request
- $E\{C(\theta)\}$  Expected bandwidth cost

每個 CTP 之 expected cost ( $E\{C(\theta)\}$ ) 為 pre-order cost 與 on-demand cost 之總合，如 Eq. 4-1(a) 表示。

$$E\{C(\theta)\} = C_1 * \theta + C_2 * \int_0^i (i - \theta) * P_i di \quad 4-1(a)$$

由於 Eq. 4-1(a) 必須在所使用的頻寬機率分佈  $P_i$  為連續時才適用，但是關於頻寬之統計方式有可能為了方便起見，採用不連續的方式 (discrete) 作紀錄，所以我們將 Eq. 4-1 稍作修改成 Eq. 4-1(b)，以供不連續之頻寬紀錄方式計算最佳批購值。

$$E\{C(\theta)\} = C_1 * \theta + C_2 * \sum_{i=0}^n (i - \theta) * P_i d_i \quad 4-1(b)$$

Eq. 4-1(a)、4-1(b) 中第一項是預購頻寬的成本，第二項是臨時批購的期望成本。圖 1.8 為舉例表示  $(E\{C(\theta)\})$  的組成關係。

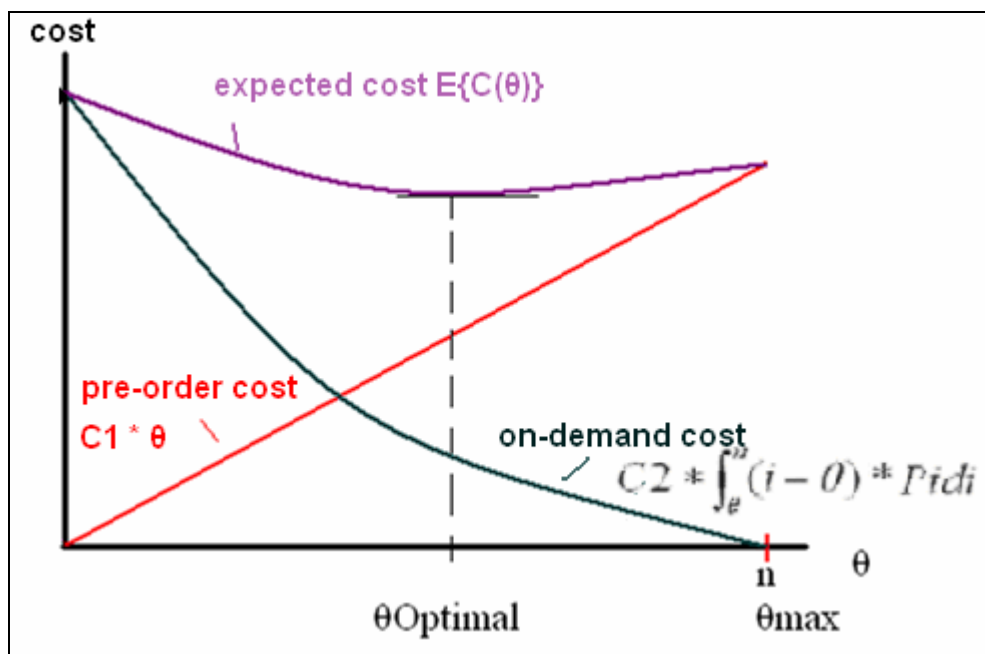


圖 1.8 : Expected cost、pre-order cost、on-demand cost and optimal

當頻寬  $i$  小於預先批購量  $\theta$  時，於執行時段 (run-time) 預先批購的頻寬足以應付在該時段所使用的頻寬  $i$  而不需進行 on-demand request，在臨時批購成本皆為零，因此 Eq. 4-1(a) 與 Eq. 4-1(b) 中的臨時批購成本可化簡成 Eq. 4-2(a) 與 Eq. 4-2(b)。

$$\text{ondemand\_cost} = C_2 * \int_{\theta}^n (i - \theta) * P_i d_i \quad 4-2(a)$$

$$\text{ondemand}_{-}\cos t = C_2 * \sum_{i=\theta}^n (i - \theta) * P_i \quad 4-2(b)$$

Eq. 4-1(a)、Eq. 4-1(b)可簡化為 Eq. 4-3(a)與 Eq. 4-3(b)

$$E\{C(\theta)\} = C_1 * \theta + C_2 * \int_{\theta}^n (i - \theta) * P_i \quad 4-3(a)$$

$$E\{C(\theta)\} = C_1 * \theta + C_2 * \sum_{i=\theta}^n (i - \theta) * P_i \quad 4-3(b)$$

如果 Eq. 4-3(a)中的  $i * P_i$  與  $P_i$  皆具有反導函數，最佳頻寬批購量可計算而得如下：

推導過程

$$E\{C(\theta)\} = C_1 * \theta + C_2 * \int_{\theta}^n (i - \theta) * P_i$$

$$E\{C(\theta)\} = C_1 * \theta + C_2 [\int_{\theta}^n i * P_i - \int_{\theta}^n \theta * P_i]$$

$$\frac{dE\{C(\theta)\}}{d\theta} = C_1 + C_2 [-\theta * P_{\theta} - \int_{\theta}^n P_i + \theta * P]$$

$$\frac{dE\{C(\theta)\}}{d\theta} = C_1 - C_2 \int_{\theta}^n P_i$$

$$\frac{d \frac{dE\{C(\theta)\}}{d\theta}}{d\theta} = C_2 * P_{\theta}$$

根據上述之推導過程，我們可以導出當  $C_2 < C_1$  時最佳頻寬批購值之數學解 Eq. 4-4，並且推導可知預購法恆有最低預期成本，所以 BOA 可根據最低預期成本所對應之最佳預購頻寬值向 BB 預購。

$$\frac{C_1}{C_2} = \int_{\theta}^n P_i \quad 4-4$$

### 1.1.2.2. 索取費率與預購頻寬

其次我們就  $C_1$  與  $C_2$  比例討論 bandwidth request value 之決策。由於不同的 Bandwidth Broker (BB) 可能對於 pr-order cost ( $C_1$ ) 與 on-demand cost ( $C_2$ ) 有不同的制定原則而影響兩者之間的比例，若是  $C_2 < C_1$  則臨時批購成本較預購成本低，BOA 於預購階段不會採取任何預購的動作，在執行時段對於每個 incoming 訊務進行臨時批購取得頻寬允入；若是  $C_2 > C_1$  則臨時批購成本較預購成本高，假設  $C_1$  與  $C_2$  之比例相近，於預先批購階段批購較保守估計所需頻寬，執行時段超出預估的部分則採取 on-demand request 會比較有利，如此可避免因為批購過多頻寬浪費成本；若是  $C_1$  與  $C_2$  比例相差懸殊，代表 on-demand cost 偏高，則宜於預先批購階段批購較多，減少於實際執行階段發生 on-demand request 的機率，以降低執行時段之預期成本。隨著 on-demand cost 越高，使得 Bandwidth Order Agent 在進行頻寬批購時，會預先批購較多的頻寬，也就是從 Eq. 4-4 中可得知  $n$  會越靠近  $n(\text{maximum available bandwidth})$ 。

當 Eq. 4-3(a) 之  $i * P_i$  與  $P_i$  其中任一變數不具有反導函數，不適用積分時，只能用 Eq. 4-3(b)，而 Eq. 4-3(b) 則可用簡單的計算方式求出最佳頻寬批購值。

### 1.1.2.3. 多重服務等級之預購方案

由於我們以 Diffserv domain 作為核心網路，在 Diffserv 架構之下，某一 link 之使用可能分成數個等級，如 EF、AF1、AF2、BE。當某一 link 頻寬有等級區分時，本研究所提出的 BOA 最佳頻寬批購之計算只需稍微修正即可沿用，我們可將每一個不同等級之頻寬於同一個 link 上視為不同各別單獨的 link，在套用所提出的最佳頻寬計算公式即可。

### 1.1.3 預購資源不足之解決方案

BOA 向 BB 批購頻寬，但是 BB 不一定有足夠頻寬滿足所有 Ingress Router 的批購。當 BOA 所獲得之分配頻寬低於預期時，BOA 可選擇不再批購替代資源，等到實際執行時段(Current Execution Time Period)將資源不足的部分以臨時取得頻寬的方式解決不足的問題。或者提前採取因應措施，提高 BOA 之需求滿足度。如果容許提升服務等級時，即可批購替代頻寬，將某個服務等級(service class)的不足頻寬差額以較高等級的頻寬替代，若是有對該服務等級定義相對應替代之服務等級，則 BOA 會將頻寬差額部份提升為替代服務等級向 BB 再度提出頻寬批購。

圖 1.9 為批購檢查流程，當 BOA 收到來自於 BB 所分配的頻寬(resource)時，先檢查是否符合預購量。若符合，則繼續完成批購程序，將資源交由 Path Planning Agent(PPA)依照各 link 上之可用頻寬進行路徑規劃。若 BB 所分配的頻寬少於預購的頻寬，則向 BB 要求次一等級頻寬作為替代。當 BB 各項服務等級的資源皆無法滿足 BOA 在預先批購階段以資源替代的方式對於預購不足之服務等級事先取得足夠的資源，則將問題延後到實際執行時段(Current Execution Time Period)，等到真正發生資源不足時，再採取 on-demand request 或是 resource reallocate 來補救。

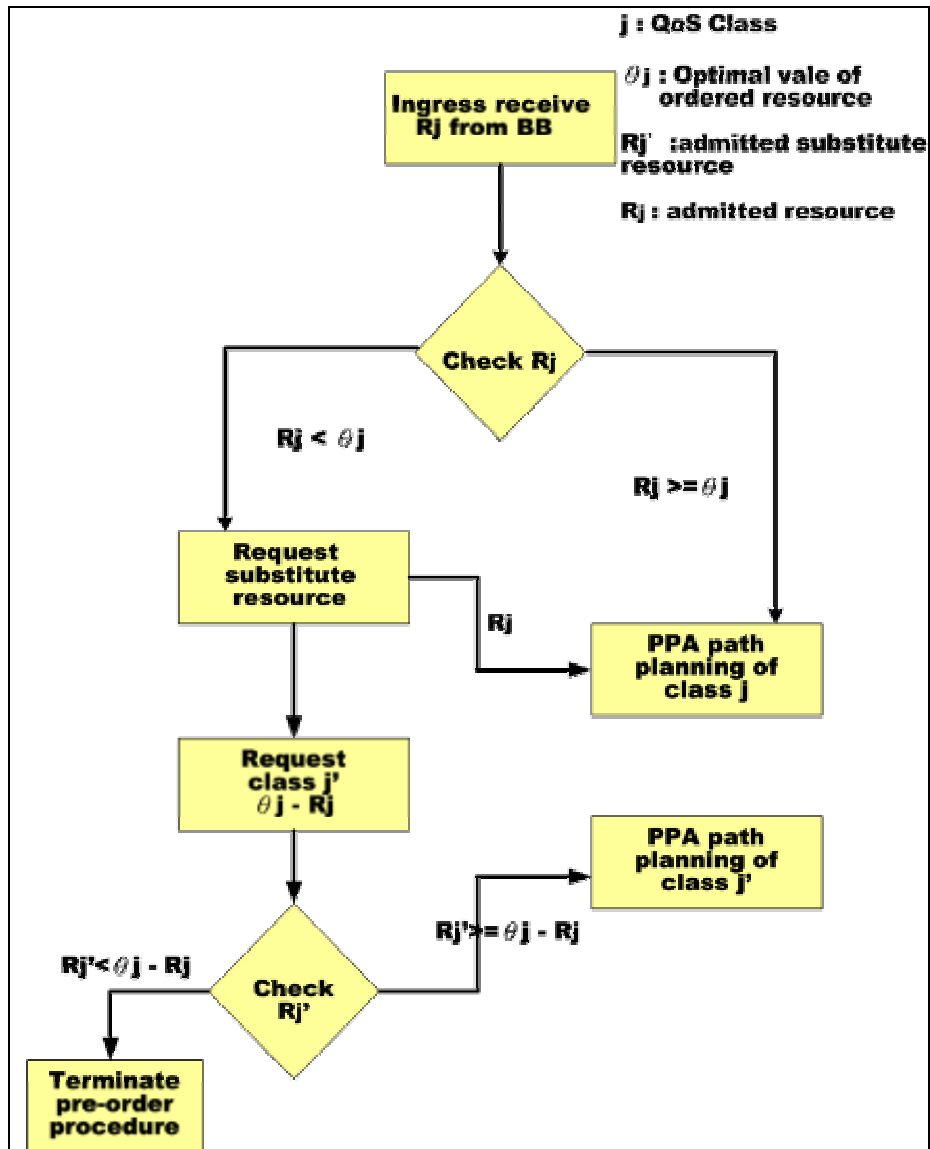


圖 1.9 : 頻寬預購流程

## 1.2 執行時段(Current Execution Time Period)之允入控制與資源管理

### 1.2.1 允入控制流程

經過事前的資源規劃，由 Bandwidth Order Agent(BOA)依照不同服務等級(service class)之預測結果向 Bandwidth Broker(BB)批購資源，其後將所批得的資源由 Path Planning Agent(PPA)規劃路徑，為不同服務等級之服務需求組合出適當的可選用路徑。Admission Control Agent(ACA)將這些具有不同服務品質的路徑選擇適當者分配給允入之服務需求。當某個訊務要進到某個 BBQ 核心網路時，ACA 會依照當時所能掌控的路徑資源作為允入的依據。在得知該訊務所需的品質需求後，若該服務等級的路徑所餘頻寬足夠，則允入該訊務，反之若該服務等級之資源不足，則尋求替代資源，當無替代資源時，則拒絕該訊務之進入，圖 1.10 為允入控制流程示意圖。

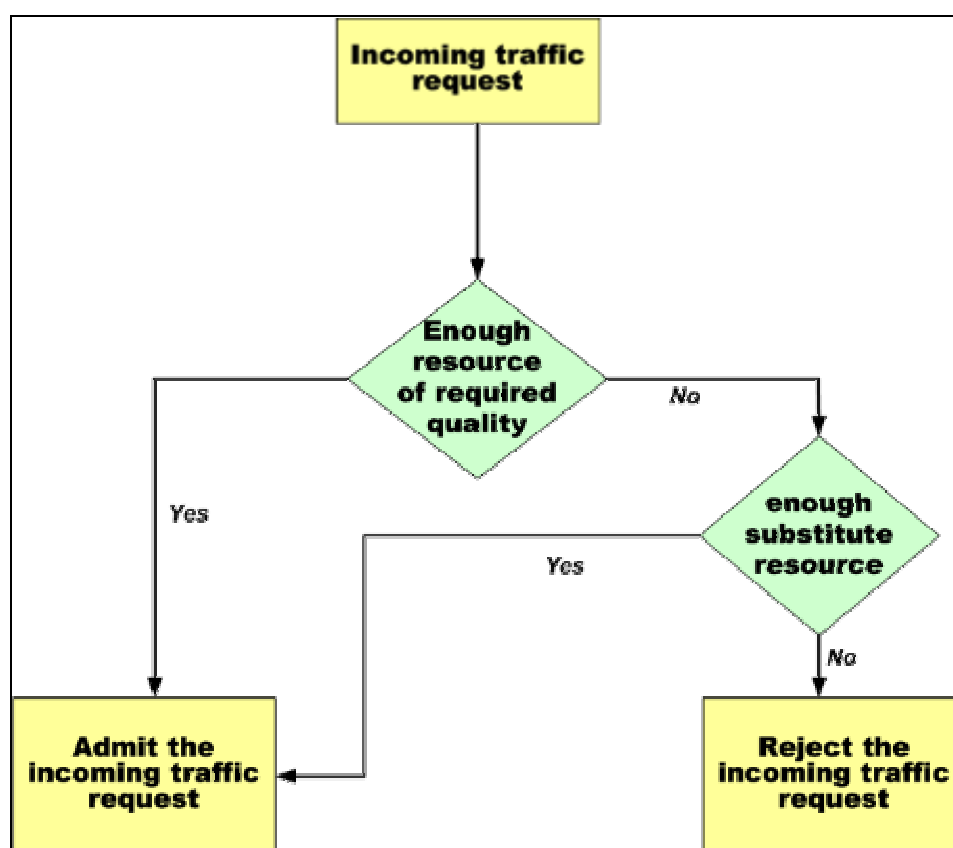


圖 1.10：允入控制流程

## 1.2.2 執行時段資源管理

執行時段(Current Execution Time Period)為之前各個預購資源規劃階段之 CTP 進入到實際執行階段，開始陸續出現提出資源需求之訊務，由 Ingress Router 負責接收需求訊息。Ingress Router 內部資源管理由 Bandwidth Order Agent(BOA)與 Admission Control Agent(ACA)共同負責，BOA 負責預購頻寬，ACA 則是負責允入控制。由於預購頻寬是根據 Bandwidth Broker(BB)之索費方式與過去統計的結果，選擇一個較適當頻寬預購值，經由 PPA 路徑規劃成可用之 path 資源交給 ACA 進行允入控制。但在執行時段(Current Execution Time Period)所出現之訊務並不規律，ACA 之剩餘資源也就不穩定(圖 1.11)，有可能會超出之所預購或所分配之頻寬造成資源不足，使得 ACA 無法再允入更多訊務，或者保留過多形成浪費。當 ACA 可掌握的資源過多，無法全數分配給進來的訊務，則會形成頻寬浪費，此時若是 BB 有頻寬回收的機制，則 ACA 必須繳回多餘的資源。當掌握的資源過少時，為了接下來能順利允入新產生的訊務則必須以較高成本批購頻寬或者以資源再分配的方式重新分配 Ingress Router 內部之頻寬。因此我們需要在執行時段設計一套執行時段頻寬管理機制，依照該時期內各個不同時間點與當時 ACA 所掌握的資源狀況來調整臨時批購決策，以維持適當頻寬存量以備允入往後出現之訊務。

執行時段頻寬管理機制的程序如下：在執行時段，ACA 對於 Ingress Router 所掌握之各 service class 會設定一個資源底限  $y^*$ ，根據該時段的剩餘時間修正  $y^*$  值，以維持合理之資源存量，並於實際執行時段定時每隔一段時間檢查目前所擁有的資源是否大於底限，達到足以應付接下來可能出現之訊務，而時間間隔長度宜根據臨時補足頻寬所耗費的時間(On-demand order latency)訂定。

在執行時段頻寬管理機制下，於每個執行時段(Current Execution Time Period)根據 On-demand order latency 之時間長度設數個 check point，在每個 check point 檢查目前頻寬存量是否達到該 check point 所希望維持的資源底限  $y^*$ 。隨著 check point 離執行時段結束時間越近，該 check point 之資源底限  $y^*$  也就越小，以避免保留資源過多使用不完形成浪費。

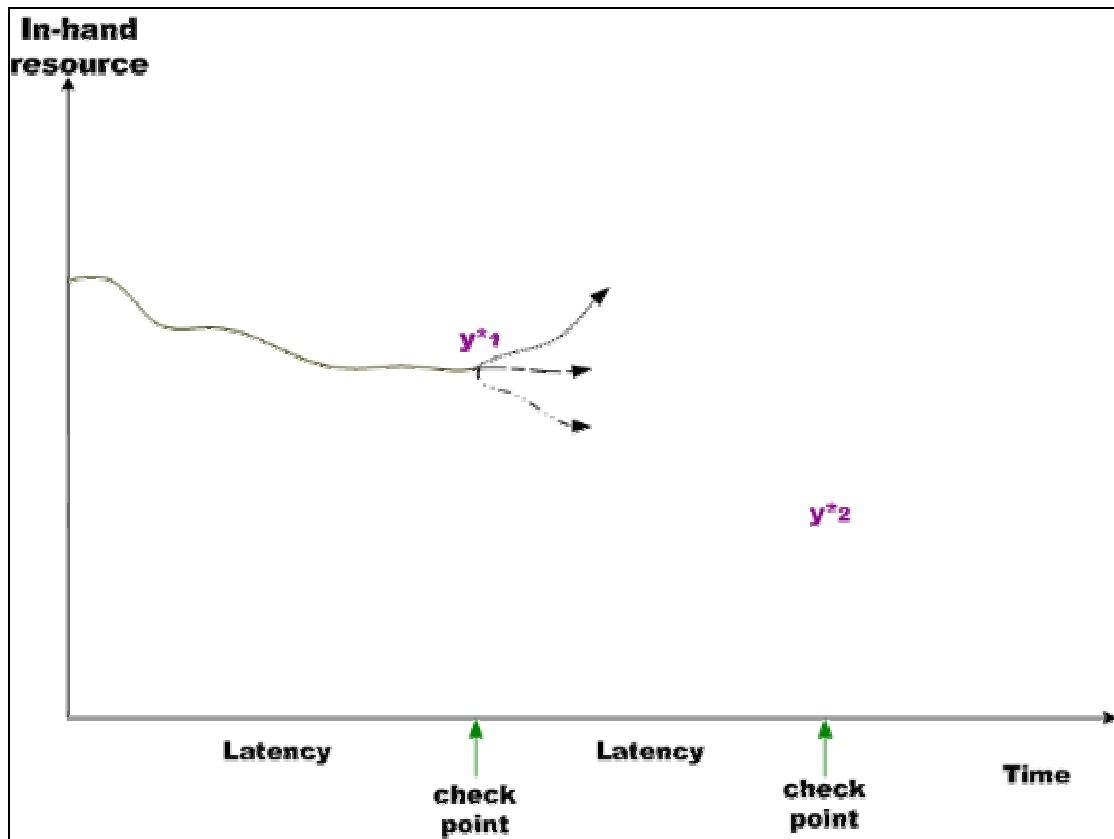


圖 1.11: 處理不規律之訊務需求所剩資源

### 1.2.3 執行時段資源不足之解決方案

ACA 於執行時段發現資源不足時，可以根據 BB 於預購階段採用的配置策略不同，選擇以資源再分配(resource reallocation)、臨時批購(on-demand request)與訊務降級(traffic flow degradation)三種不同方式來解決資源不足的問題。

#### 1.2.3.1. 資源再分配

ACA 可先嘗試將所擁有多餘之資源重新分配。資源再分配是將在同一個 ACA 所擁有的資源，取相同服務等級互補，也就是不同 path 上具有相同的 quality entropy 之 link 頻寬可以互相流用。當一個新產生之訊務提出允入申請，ACA 根據目前可掌握的頻寬發現該訊務所要求之頻寬超出與目前可用 path 之頻寬，

ACA 可要求 Local SPPA 一一檢視該路徑(path)所經之 link，找出不足頻寬之 link，嘗試在這些 link 上作資源重分配，使用這些 link 的 path 如有超額存量，其配額即可考慮流用。而流用之決策尚待未來之研究深入探討。

### 1.2.3.2. 訊務降級

當新產生的訊務要求某一服務品質之 path 資源，但是 ACA 當時所掌握的資源數量不足，無法滿足該訊務時，若是該訊務可接受以較低等級之服務品質，則 ACA 可採用降級服務的方式，將該訊務所要求之服務品質降級，並檢視降級後相對應的服務等級資源是否足夠，若是可以滿足該訊務所提出的頻寬數量，則採用降級服務的方式允入該訊務。訊務降級雖然可以用替代的方式繼續維持允入服務，但是在各個服務等級的資源皆不充裕的情況下，降級服務的方式就再不適用。

### 1.2.3.3. 臨時批購

在執行時期，如果 BB 仍有保留統籌頻寬(中央保留法，或頻寬回收)以應付各 Ingress Router 資源不足時之臨時批購請求。於執行時段 ACA 直接根據目前最佳頻寬存量  $y^*$ 。與目前實際頻寬存量資源數目之差額透過 BOA 向 BB 發送臨時批購 message 進行即時的資源要求，以維持安全頻寬存量的方式預防臨時頻寬不足的現象。在每個 check point，ACA 會根據 check point 離執行時段結束之時間長度計算出所需維持的頻寬  $y^*$ 。圖 1.12 展示執行時段頻寬管理流程。經過 BOA 向 BB 批購頻寬後，再由 PPA 重新計算形成可用之 path 資源，交由 ACA 對於後續之訊務進行允入控制。本研究以臨時批購的方式處理於執行時段維持安全存量以預防資源不足的問題，並於第四章以模擬的方式觀察效能與管理成本。

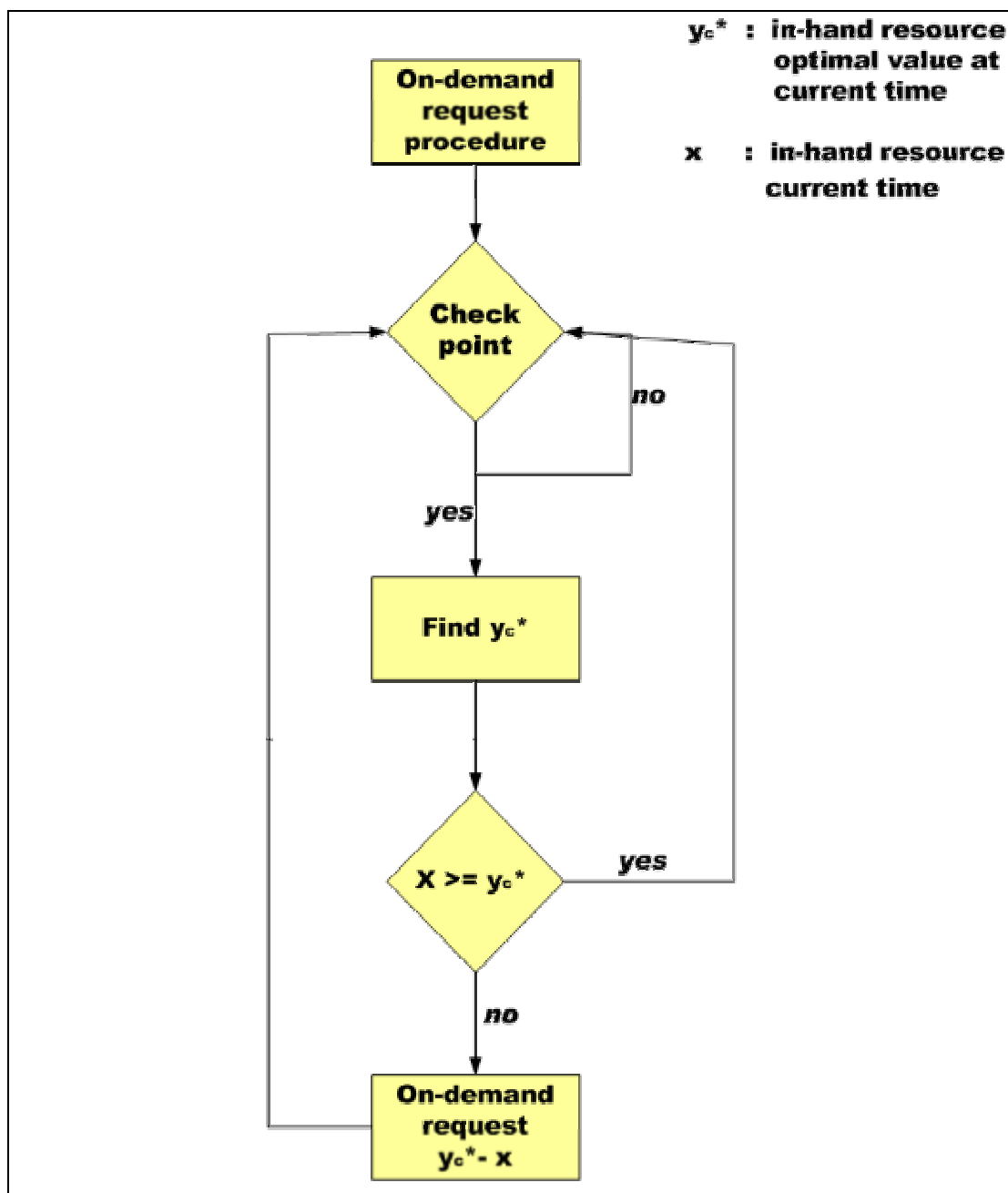


圖 1. 12: 執行時段頻寬管理流程

#### 1.2.4 執行時段頻寬管理最佳化模型

在某個執行時段當中，ACA 選定幾個時間點(check point)檢查資源使用情形，以提供服務給可能出現之訊務。

我們以  $E\{B(x)\}$ 表示 Current Execution Time Period expected profit，藉由分析 Current Execution Time Period expected profit，我們可以計算出各時段 ACA

之最佳頻寬持有量。Current Execution Time Period expected profit 分為兩部分，第一部分為臨時批購成本，其計算方法為預期頻寬持有量( $y$ )與目前頻寬持有量( $x$ )之差額乘上 Bandwidth Broker (BB)對於臨時批購索取的費率  $C_2$ 。第二部分為 ACA 維持該時段所需之最佳頻寬對於接下來剩餘時段訊務分佈  $P_t(D)$  之收益期望值(expected revenue)。於本架構中，假設 Ingress Router 對於每個允入之訊務可得到獲利  $r$ ，若是拒絕允入訊務，則每拒絕一個訊務必須承受損失  $p$ ，並且於同一個 Current Execution Time Period，單位獲利  $r$  與單位損失  $p$  之比例不會因為剩餘時間長短改變。

根據 Bandwidth Broker (BB)所訂定之每單位臨時批購價格( $C_2$ )，各個 Ingress Router 對於允入每個訊務之獲利和拒絕允入之損失比例( $r/p$ )，與剩餘時間之訊務分佈  $P_t(D)$ ，我們可以計算出該時間點之最大 Current Execution Time Period expected profit，據此決定出該時間點之最佳頻寬持有量( $y^*_t$ )。

#### Parameter List

- |               |   |
|---------------|---|
| ● $P_t(D)$    | <b>PDF of traffic demand D at time t</b>              |
| ● $X$         | <b>Current in-hand resource</b>                       |
| ● $Y$         | <b>Resource level</b>                                 |
| ● $y^*_t$     | <b>Optimal resource level at time t</b>               |
| ● $p$         | <b>Unit rejecting penalty</b>                         |
| ● $r$         | <b>Unit admitting revenue</b>                         |
| ● $C_2$       | <b>On-demand unit cost</b>                            |
| ● $E\{B(x)\}$ | <b>Current Execution Time Period expected benefit</b> |

每個 Current Execution Time Period 內不同時間點(check point)之 expected profit  $E\{B(x)\}$ 為臨時批購成本與收益期望值之加總，如 Eq.4-5(a)表示。

$$E\{B(x)\} = -C_2 * (y - x) + \int_0^y rD * P_t(D)dD \quad 4-5(a)$$

$$+ \int_y^\infty [ry - p(D - y)] * P_t(D)dD$$

由於 Eq. 4-5(a) 必須在所使用的頻寬機率分佈  $P_t(D)$  為連續時才能夠使用，但是關於頻寬之統計方式有可能為了方便起見，採用不連續的方式(discrete)作紀錄，所以我們將 Eq. 4-5(a) 稍作修改成 Eq. 4-5(b)，以供不連續之頻寬記錄方式計算 Current Execution Time Period expected profit。

$$E\{B(x)\} = -C_2 * (y - x) + \sum_{D=0}^y (rD * P_t(D)) \quad 4-5(b)$$

$$+ \sum_{D=y}^\infty ((ry - p(D - y)) * P_t(D))$$

當目前持有頻寬為  $x$  時，若是  $x$  小於最佳頻寬  $y$ ，則必須向 BB 批購  $y$  與  $x$  之差額 Eq. 4-6，服務往後會出現之訊務。

$$C_2 * (y - x) \quad 4-6$$

對於最佳持有頻寬為  $y$  時，我們以進入的 traffic 與  $y$  的關係進行討論。假設 incoming traffic 為  $D$ ，發生的機率為  $P_t(D)dD$ ，當 traffic demand  $D$  小於最佳頻寬持有量  $y$  時，收益為  $r * D$ 。對於最佳頻寬持有量  $y$  大於 traffic  $D$  之期望值我們以 Eq.4-7(a)、Eq.4-7(b) 表示之。

$$\int_0^y rD * P_t(D)dD \quad 4-7(a)$$

$$\sum_{D=0}^y rD * P_t(D) \quad 4-7(b)$$

當 traffic demand  $D$  大於最佳頻寬持有量  $y$  時，收益為單位收益  $r$  乘上最佳頻寬持有量  $y$ ，且不足的部分會乘上單位損失  $p$  作為因頻寬不足拒絕允入訊務之損失。對於最佳頻寬持有量  $y$  小於 traffic demand  $D$  之期望值我們以

Eq.4-8(a)、Eq.4-8(b)表示之。

$$\int_y^{\infty} [ry - p(D - y)] * P_t(D) dD \quad 4-8(a)$$

$$\sum_{D=y}^{\infty} ((ry - p(D - y)) * P_t(D)) \quad 4-8(b)$$

本研究在某個執行時段內每個 check point，依其所在時間 t 修正最佳頻寬持有量 y，並以 on-demand request 向 BB 要求頻寬補足不足之部分。根據時間點 t 不同與最佳頻寬持有量 y，Current Execution Time Period expected profit 也就不同。由於 check point 在本研究中時間是固定的，所以我們必須根據該時間點離執行時段結束時間之長度決定最佳頻寬持有量 y，使得 Current Execution Time Period expected profit 之期望值為該時間的大值。

如果 Eq.4-5(a)中的  $P_t(D) * D$  與  $P_t(D)$  皆有反導函數，最佳頻寬持有量可計算而得如下(Eq.4-9)。

$$\int_0^{y^*} P_t(D) dD = (p + r - c) / (p + r) \quad 4-9$$

從 Eq.4-9 我們可以得知，假設 penalty，on-demand cost 與 revenue 皆不會在執行時段進行更動，由於根據  $P_t(D)$  所代表的分佈維持頻寬持有水準。

## 第二章

### 效能評析

本研究將預購頻寬與執行時段(Current Execution Time Period)資源管理計算出來的最佳化結果套入模擬環境,分別與其他預購和執行時段資源管理方法進行比較,觀察最後執行結果來討論所設計之數學模型得到的最佳化分配是否能夠提升整體效率以及其反映出之管理成本。本章節先介紹實驗評估指標、實驗環境與實驗設計,再依序討論預購頻寬規劃與執行時段資源管理之實驗結果。

對於預購頻寬規劃,本研究以第四章所提之頻寬預購計算方式作為實驗組,以 on-demand 與其他預購方法作為對照組,在不同 traffic distribution 與不同類型的 traffic type(Constant Bit Rate 與 Exponential)下,比較各個方法之管理成本(management cost)、收益(revenue)與獲利(profit,為 revenue 與 management cost 之差值),並根據實驗結果進行評論。

執行時段資源管理模擬實驗包括測試不同類型的 traffic(Constant Bit Rate 與 Exponential)並按照選定的分佈方式(Normal distribution)隨機產生訊務進入核心網路,以具有執行時段資源管理之模擬過程作為實驗組,不具有資源管理之模擬過程為對照組來進行比較。

#### 2.1 評估指標

本研究以效能評估和管理成本作為評估指標,對於不同之頻寬預購方式與在執行時段是否具執行時段資源管理進行評估。

##### 2.1.1 效能評估指標

由於提供完整的 End-to-End QoS 必須以訊務整體所得到的服務品質進行考

量，從該訊務開始送出到結束都必須在所要求的品質範圍之內。所以本研究在進行效能評估時，以訊務為單位進行評估。以 ratio of full-satisfied traffic、ratio of partially-satisfied traffic 與 ratio of rejected traffic 作衡量效能之觀察指標。

#### 2.1.1.1. 完全滿足比例(Ratio of Full-Satisfied Traffic Request)

Ratio of full-satisfied traffic 為進行模擬時，實際產生之所有訊務當中，能被完全滿足該訊務所提出的需求頻寬之 request 比例。

#### 2.1.1.2. 部分滿足比例(Ratio of Partially-Satisfied Traffic Request)

Ratio of partially-satisfied traffic 為進行模擬時，實際產生之所有訊務當中，部分滿足該訊務所需求頻寬(介於完全頻寬滿足與所需頻寬之 70%)之 request 比例。

#### 2.1.1.3. 拒絕比例(Ratio of Rejected Traffic Request)

Ratio of rejected traffic 為進行模擬時，實際產生之所有訊務當中，小於部分滿足該訊務所需求頻寬之 request 比例。

### 2.1.2 管理成本(management cost)與獲利(profit)

管理成本分為預購頻寬規劃之管理成本與執行時段資源管理成本討論。預購頻寬之管理成本為計算出之頻寬預購值乘上 BB 對於預購頻寬之索取費用( $C_1$ )，根據預購頻寬數量於實際實行階段允入訊務，其收益為允入之訊務數量乘上單位收益( $r$ )，以預購頻寬之管理成本和允入收益作為不同預購頻寬規劃方式的比較指標。執行時段資源管理成本為臨時批購頻寬乘上 BB 對於臨時批購之索取費用( $C_2$ )，根據 ACA 所能掌握之頻寬數量於實際實行階段允入訊務，其收益為允入之訊務數量乘上單位收益( $r$ )，以執行時段資源管理成本和允入收益作為是否具有執行時期頻寬管理的比較指標。

## 2.2 模擬環境

### 2.2.1 NS2 模擬平台

NS2 是一套模擬 IP 網路的模擬平台, NS2 (Network Simulator - version 2). 利用這套軟體, 我們可以比以前更容易去模擬一套完整的實驗。簡單的先建立起自己的情境模擬、需要的可能網路狀況, 然後設定好相關的參數、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。比起傳統的做法容易得多, 也省了不少經費和時間。NS2 內建了不少的 protocols (TCP、UDP...) 可以提供我們使用, 但網路上的協定並不止於那些而已, 並且根據自行發展的理論我們可以自行套用到 NS2 觀看結果。因此本研究採用 NS2 作為模擬環境, 以具公信力之平台配合本研究所提出的理論, 觀察實際結果並評論之。

### 2.2.2 訊務類型(Traffic Source Type)

實驗當中以 NS2 內所提供的 traffic source type 作為實驗的變因, 觀察預購頻寬規劃與執行時段資源管理在不同 traffic source 之下所表現的效能與反映出來的管理成本。在本研究中我們以 CBR 與 Exponential 兩種不同型態作為各個 incoming flow 的 type, 套用於預購頻寬規劃與執行時段資源管理兩組實驗當中, 並且設定每個 traffic source 需求頻寬訂為 448kb/sec(NS2 CBR 之預設值)。

### 2.2.2 拓樸設計(Topology Design)

本研究之實驗著重於觀察頻寬存量與隨機產生之訊務間對於各種管理方法之允入結果與呈現出之管理成本與收益, 對於路由(routing)議題並未討論, 所以在設計實驗時簡化網路環境, 以單一條路徑(path)連結 Ingress Router 與 Egress Router, 於實驗當中根據公式計算結果改變路徑上之頻寬與產生訊務之

亂數分佈以觀察結果。

## 2.3 實驗設計

### 2.3.1 訊務產生函式( Traffic Generating Function)

我們在 NS2 模擬器上加入 Traffic Generating Function，依照設定之隨機產生變數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 source node 指定 traffic type，依照 traffic type 不同，採用不同的方式送出封包來模擬各種網路應用。

### 2.3.2 頻寬預購法

#### 2.3.2.1. 頻寬預購法實驗設計

於頻寬預購法 model 中，給定 traffic distribution 與 BB 對於不同批購方式索取費用之比例( $C_1$  與  $C_2$  之比例)，即可推導出相對應的最佳頻寬預購值。本實驗以最佳頻寬預購值 作為實驗組，以完全 total per-flow on-demand 批購頻寬方式允入訊務與預購 traffic distribution 之平均值(mean)作為對照組，觀察在不同 traffic distribution 下各組之管理成本、收益與獲利。

#### 2.3.2.2. 頻寬預購法模擬過程

在預購頻寬規劃結果套用於實際模擬過程當，每一次模擬所產生之訊務數量皆由 Normal distribution 之亂數產生，一組 Normal distribution(相同 range、mean、deviation)進行多次實驗，將各次的批購成本與收益個別加總取平均值作為最後結果。在實驗當中，我們以下面四組 Normal distribution 作為實驗變因，代表不同流量分佈(表 2.1)。在表 2.1 中，Set1 為基本測試組，利用該組之 traffic distribution 計算出最佳頻寬預購值 與對照組之批購頻寬，於模擬過程當中以 Set1 到 Set4，此四組分佈產生訊務。四組 distribution 中，Set1 代表正常流量，Set2 到 Set4 代表實際發生的訊務超過預期之測試組，藉由四組

不同 distribution 觀察實際執行結果。

表 2.1 : Traffic distribution set of off-line planning

Parameter Distribution	Range	Mean	Deviation
Set 1	0~100 flows	50 flows	15 flows
Set 2	0~125 flows	62.5 flows	18.75 flows
Set 3	0~150 flows	75 flows	22.5 flows
Set 4	0~175 flows	87.5 flows	26.25 flows

### 2.3.3 執行時段(Current Execution Time Period)資源管理

#### 2.3.3.1. 執行時段資源管理實驗設計

執行時段實驗為模擬現實網路情況中，出現之訊務呈不規則分佈以及每個訊務進入網路時間不固定，因而設計一套模擬流程以切合實際行情。執行時段 (Current Execution Time Period) 資源管理之模擬流程分為兩個階段，第一個階段為 off-line setup，事先產生實驗設定，實驗設定包括網路架構與訊務；第二階段為 Current Execution Time Period process，依照第一個階段產生之實驗設定進行實際模擬，模擬過程再區分為是否具執行時段資源管理，以最後結果討論執行時段資源管理之優劣。

#### 2.3.3.2. 執行時段資源管理模擬過程

執行時段資源管理模擬實驗分為兩個階段，共五個步驟(圖 2.1)，前三個步驟為第一階段，屬於 Off-line setup，後兩個步驟為第二階段，主要的功能為進行實際模擬程序。在第一個階段(off-line setup)，首先以過去的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)，再針對各個訊務隨機賦予 NS2 執行階段時之進入時間(Step2)。依照 Step1 與 Step2 所產生的 traffic information 配合事先設定之網路架構，將整體實驗的環境(link、node、traffic type of all flows)和時間相關之事件設定(如各訊務啟動的時

間), 編排匯整成 NS2 event and topology script(*Step3*), 接下來進入第二階段(Current Execution Time Period process)將 script 交由 NS2 模擬器按照實驗編排動態執行(*Step4*), 並觀察 NS2 執行結果分析之(*Step5*)。

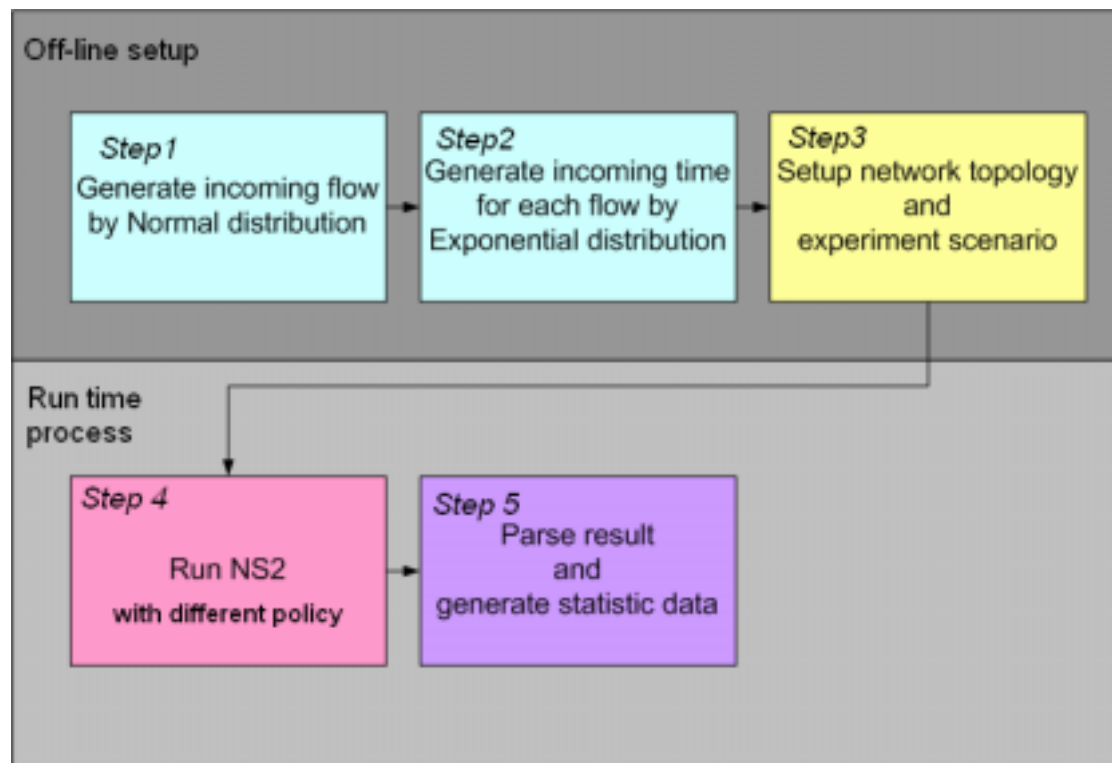


圖 2.1 : 實驗流程

本研究以 Normal distribution 亂數產生訊務, 每個被產生出來的訊務再以亂數事先給定一個啟動時間點, 在執行時段動態進入核心網路, 以此模擬真實的網路流量。對於訊務總數, 本實驗可調整 traffic distribution 的範圍(表 2.2)、平均與變異數, 形成流量變化以觀察流量對於實驗結果的影響。

表 2.2 : Distribution set of Current Execution Time Period management

Parameter	Range	Mean	Deviation
Distribution			

Set 1	0~100 flows	50 flows	15 flows
Set 2	0~125 flows	62.5 flows	18.75 flows
Set 3	0~150 flows	75 flows	22.5 flows
Set 4	0~175 flows	87.5 flows	26.25 flows
Set 5	0~200 flows	100 flows	30 flows

如圖 5.2 為某個 test set 裡所有訊務的進入時間，按照每 5 個單位時間統計所得的結果。

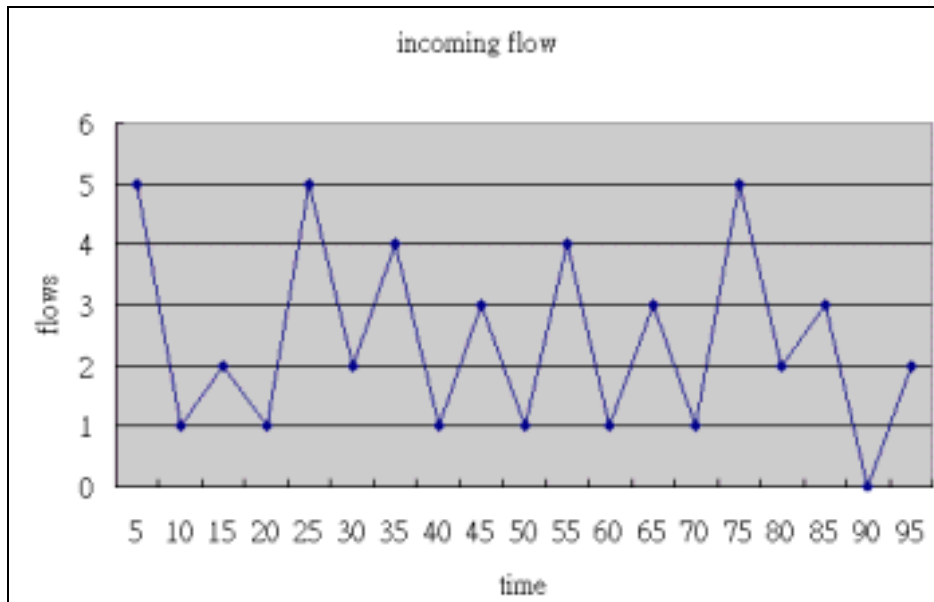


圖 2.2：訊務依照進入時間點的統計情形

接下來利用先前決定的訊務數量與各個訊務進入核心網路的時間，於 *Step3* 產生網路架構、流量設定與設定每個訊務傳送時之 traffic type (CBR、Exponential)，由於流量的消長會隨著實際執行時的時間產生變化，所以可以利用 NS2 之圖形介面觀察實際進行的狀況，如圖 2.3。

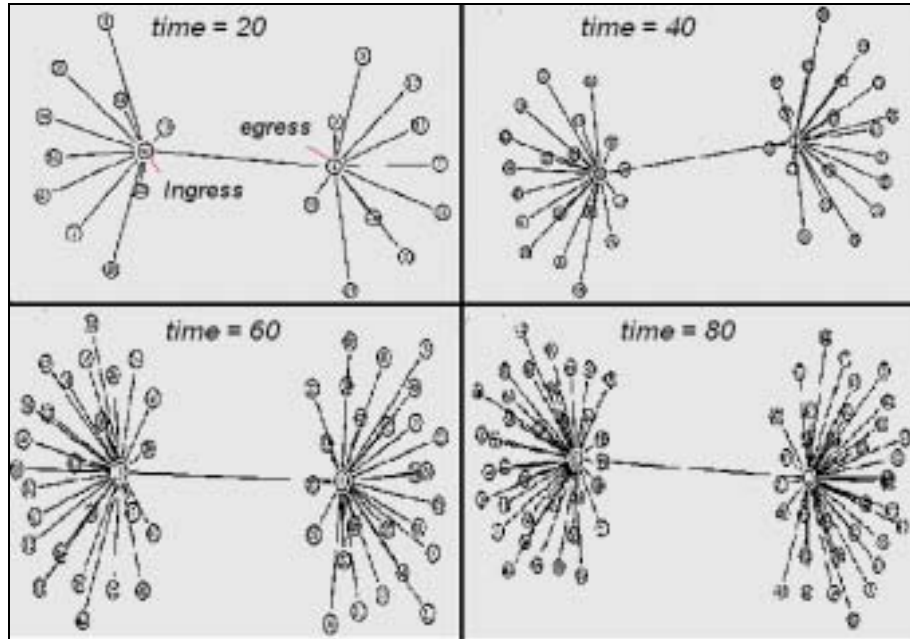


圖 2.3：透過 NS2 圖形介面觀察不同時間點的網路情況

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 (Step4)，在 NS2 模擬器執行之前可決定於執行時段 Ingress Router 所採用的 resource management policy，藉由套用不同 policy 以觀察實驗結果。本次研究所採用的 policy 分為兩種，第一種為不採用任何執行時段資源管理機制，在 NS2 動態執行時段維持原本在 Step3 中所設定的 ingress-to-egress path 頻寬，不會根據網路使用情形或者頻寬短缺而進行動態頻寬調整。第二種為採用執行時段資源管理機制，主要的做法為根據 NS2 在執行時段所剩餘的時間，依照訊務可能分佈調整 ingress-to-egress path 頻寬，當 ingress-to-egress path 頻寬到達一定的底限時，以臨時批購(on-demand request)的方式，依照第四章提出之執行時段(Current Execution Time Period)資源管理最佳化模型所計算結果，向 Bandwidth Broker (BB) 批購頻寬。在本實驗中皆假設 ingress-to-egress path 頻寬能夠依照臨時批購需求補充至理想值。

## 2.4 實驗結果

### 2.4.1 預購頻寬規劃實驗結果

#### 2.4.1.1 訊務分佈對於獲利之影響

圖 2.4 為表 5.1 中四個分佈測試組，將訊務設定為 Constant Bit Rate(CBR) 方式傳送，對於以 Set 1 計算出之、Set 1 之分佈平均值(mean)與 total per-flow on-demand 之實際執行統計結果，測試中所採用的批購成本(cost)與收益(revenue)對於每個訊務之比例為單位批購成本(unit pre-order cost)：單位臨時批購成本(unit on-demand cost)：單位收益(unit revenue) = 1 : 2 :

2.5。

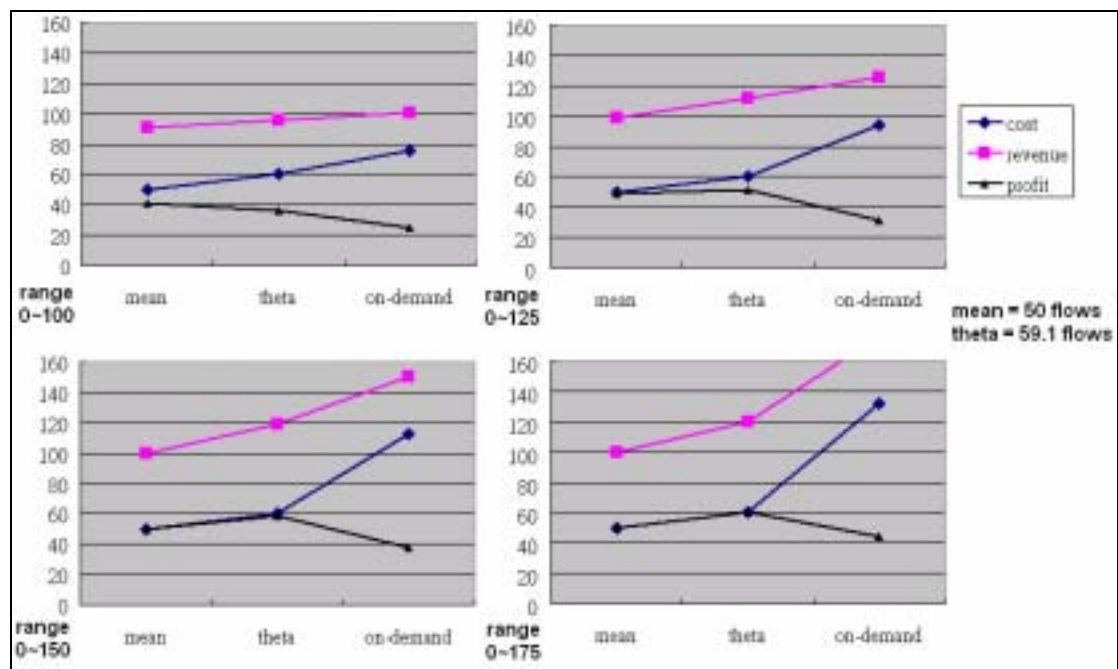


圖 2.4：四種 CBR traffic 分佈對於 mean、 $\theta$  與 total on-demand 之結果

圖 2.4 中之獲利(profit)為根據允入訊務數量之總收益(total revenue)與頻寬成本(cost)之差值。我們可以從實驗結果(圖 2.4)觀察出事先預購頻寬的成本皆為定值，total per-flow on-demand 則是根據出現的訊務量計算頻寬成本，隨著訊務分佈越高，頻寬成本也隨之升高。當訊務以 Set 1 的分佈穩定出現時，則獲利(profit)為批購分佈平均值(mean)時最高，因為平均值批購頻寬與實際所

出現的訊務最為接近，訊務出現過少之高估現象或者訊務出現過多之低估現象的差距較小。而以批購頻寬 該組對於訊務以 Set1 之分佈出現，容易出現批購之頻寬用不完的現象，造成浪費，降低獲利(profit)。若是考量訊務分佈超出原本的預估範圍(如 Set 2 到 Set 4)，則事先批購 因為以較低成本批購預留頻寬以容納超出預估的訊務，所以整體的獲利(profit)較預先批購平均值(mean)與 total per – flow on-demand 高。

接下來將各組實驗結果之獲利(profit)依照頻寬取得方法以圖 2.5 表示。從圖 2.5 可觀察出兩種事先取得頻寬之方式皆在訊務分佈超過原本估計的範圍時，獲利(profit)成長會漸漸趨緩。以平均值(mean)批購由於並未事前預購較多頻寬以預防超過預期之需求，所以當訊務分佈一超出原本預估的範圍時，由於無法容納超出預估的訊務，獲利(profit)成長會馬上趨緩。以 批購頻寬則因為預先批購較多頻寬以因應超過預期之需求，所以當訊務分佈超過原本估計的範圍時，起初還能夠維持一定的獲利(profit)成長率，隨著訊務分佈超過之程度越高，獲利(profit)成長會漸漸趨緩而到水平。Total per-flow on-demand 的方式需要以較高的價格即時取得頻寬，但是獲利(profit)隨著訊務出現越多，可以維持一定的成長。整體看來，在進行事先頻寬規劃時，Bandwidth Order Agent 需要多預估一些頻寬以應付超出之訊務，減少發生 on-demand request 的機會，但是當實際執行階段訊務大幅超出原本預估的範圍，則必須以 on-demand request 批購頻寬，繼續提供服務。

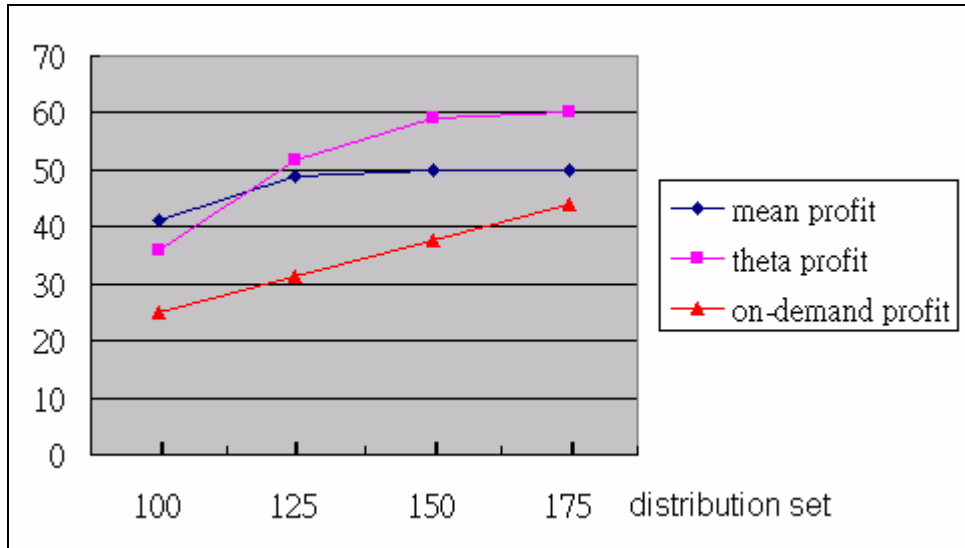


圖 2.5：四種 CBR traffic 分佈對於 mean、 $\theta$  與 total on-demand 之 profit

#### 2.4.1.2. 收費比例對於獲利之影響

首先我們利用先前於第四章提出之最佳頻寬預購公式，套用 Set 1 之訊務分佈(mean 為 50 之 normal distribution)，改變 Bandwidth Broker (BB) 對於預先頻寬批購 ( $C_1$ ) 與臨時頻寬批購 ( $C_2$ ) 之費用比例，觀察最佳頻寬預購值的變化(圖 2.6)。根據結果顯示當費用比例越高時，最佳頻寬預購值也會隨之升高，但升高的趨勢有趨緩的現象，這是因為預測誤差越大發生機率越小。本實驗組取用三種不同費用比例，分別是  $C_2/C_1$  為 2、3、4，套用不同訊務分佈以進行對照測試。

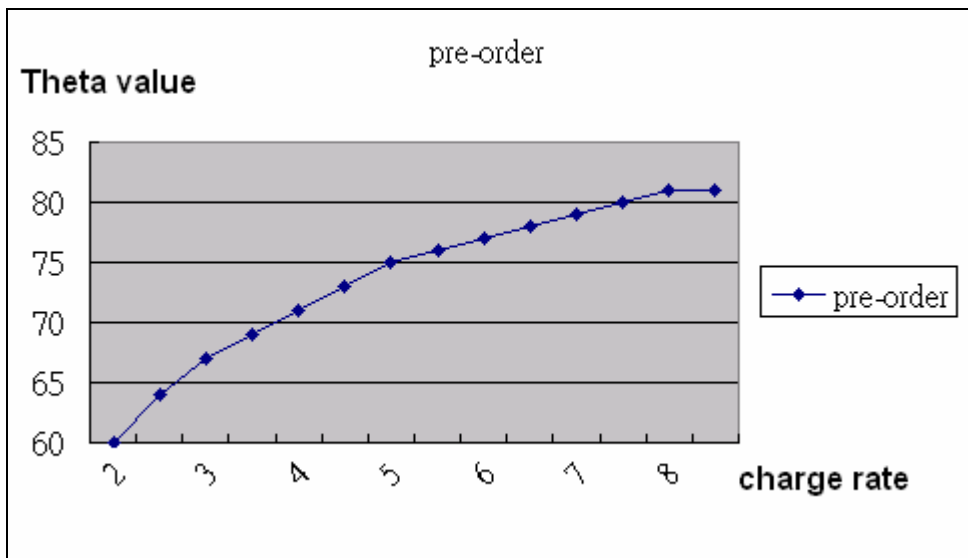


圖 2.6：費用比例 ( $C_2/C_1$ ) 與最佳頻寬預購值

我們以相同之實驗環境設定，將 Bandwidth Broker (BB) 對於預先頻寬批購

(C<sub>1</sub>)與臨時頻寬批購(C<sub>2</sub>)之費用比例進行調整，測試不同費用比例在不同訊務分佈下對於允入控制與獲利(profit)的影響。實驗當中，對於不同比例之測試我們採用相同的單位訊務允入收益(revenue)，著重於觀察不同費用比例對於預先頻寬批購量之影響，與其於執行時段所能夠允入的訊務數量。由各組實驗結果(圖 2.7)可知當費用比例越高時，頻寬預購值也就隨之升高，在訊務以 Set1 之分佈出現時各組之收益(revenue)皆相同，獲利(profit)則因為收費比例影響，收費比例較低預購頻寬量較接近 Set 1 訊務出現總數期望值，所以獲利較高。

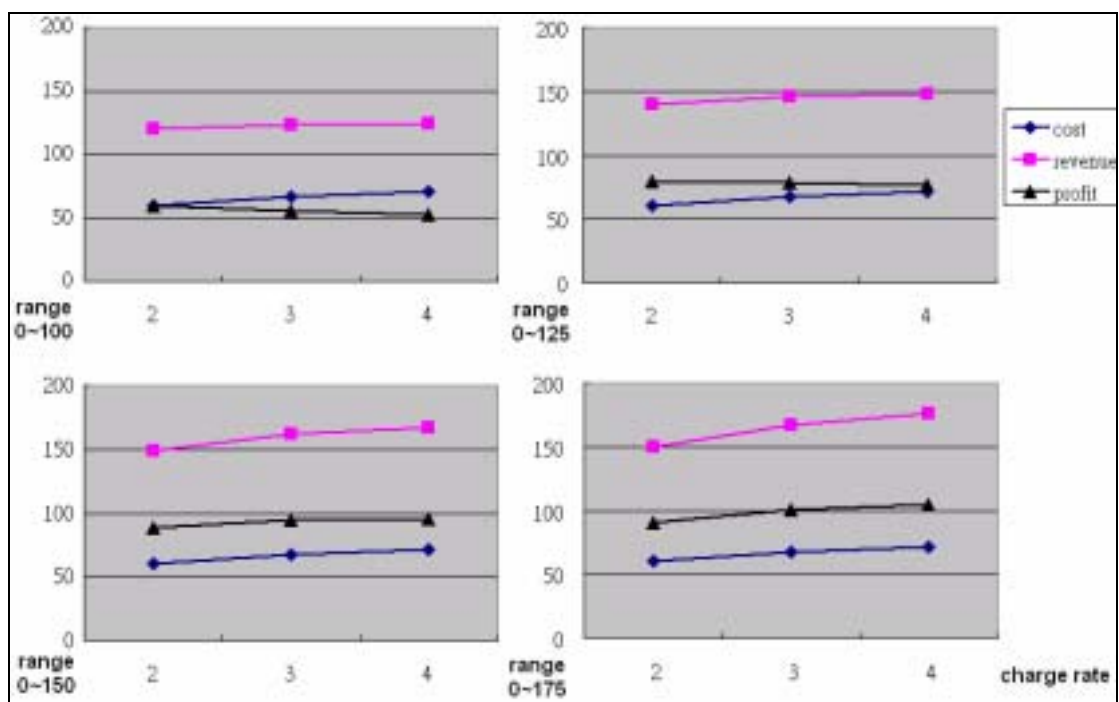


圖 2.7：四種 CBR traffic 分佈對於不同費用比例之結果

當出現之訊務分佈超過預期時(Set2 ~ Set4)，如圖 2.8 所示，超過預期的範圍越多，對於費用比例較高者有利，這是由於費用比例高迫使預先批購時預購較多頻寬以允入超過預期出現的部分訊務。所以，當 BB 費用比例較小時，BOA 宜採用較保守的方式預購頻寬，反之費用比例懸殊，則宜預購較多頻寬以減少臨時批購。

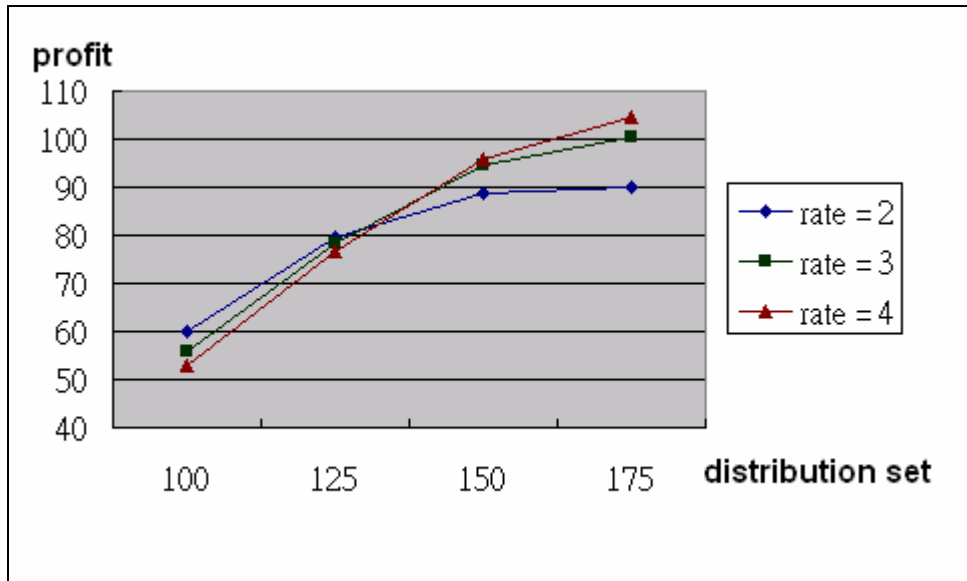


圖 2.8 : 四種 CBR traffic 分佈對於不同費用比例之 profit

#### 2.4.1.3. 訊務型態對於獲利之影響

接下來我們以相同之實驗設定，將 traffic 傳送方式由 CBR 改成 exponential，測試 exponential traffic 對於允入控制與獲利(profit)的影響。由各組實驗結果(圖 2.9)可知，exponential 之測試結果與 CBR 類似，在 Set 1 測試組中流量在預期的範圍內還是以分佈平均值批購所獲得的獲利(profit)最高，以 值批購次之。由於 exponential traffic 之使用頻寬有間歇性質，在相同 path 頻寬存量時可滿足之訊務較 CBR 多，所以於 Set 2 中超出預期範圍依然還是批購平均值獲利(profit)最高，等到超出的範圍達到一定程度時，以 批購才能顯示出其成效(Set 3、Set 4)，比批購平均值得到更高的獲利(profit)。因此，BOA 對於 exponential traffic 進行資源規劃時，在 BB 費用比例不變的情況下，可採用較 CBR 保守的方式預購頻寬。

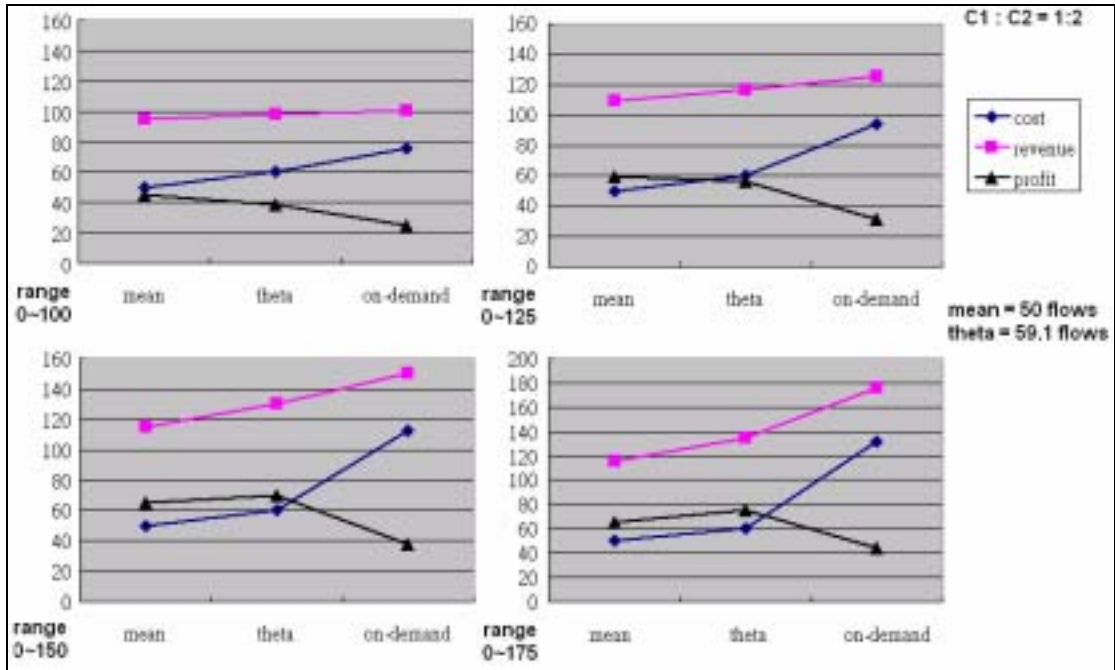


圖 2.9：四種 exponential 分佈對於 mean、 與 total on-demand 之結果

我們將各組 exponential 測試之獲利(profit)繪制成圖觀察(圖 2.10)，從圖 2.9 中可觀察出造成獲利(profit)成長趨緩之預估超出範圍較 CBR 測試組大，這是因為 exponential 傳送時有間歇性質，雖然訊務所要求的頻寬為 448kb/sec，但是整體而言，該 exponential 訊務依照事先設定之 burst time 與 idle time 進行傳送時，平均每秒所使用的頻寬會小於 448kb/sec，所以在 ACA 持有相同的頻寬量時，可允入之 exponential 訊務比 CBR 訊務多。

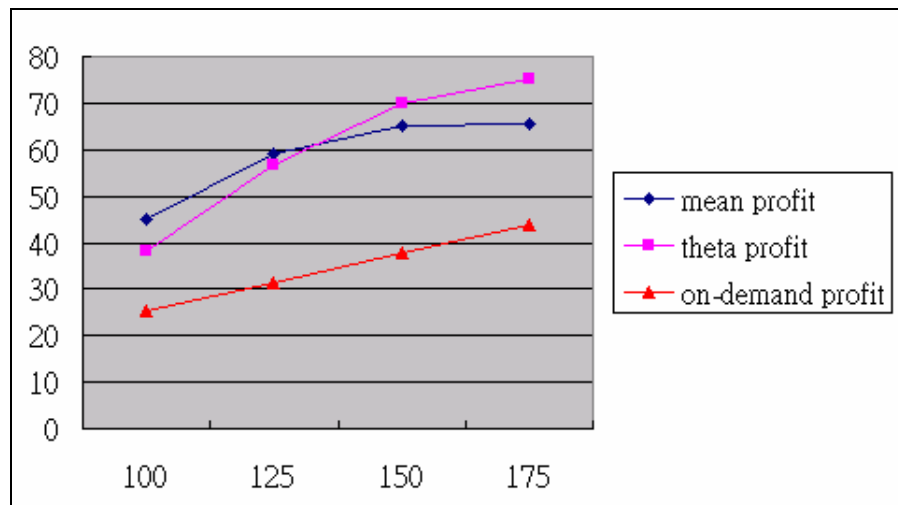


圖 2.10：四種 exponential 分佈對於 mean、 與 total on-demand 之 profit

## 2.4.2執行時段(Current Execution Time Period)資源管理實驗結果

本研究以 traffic type 作為實驗對象。將 traffic type 分為 constant bit rate(CBR)與 exponential on/off , service class 則採用 DiffServ 所定義之 Expedited Forward (EF) QoS class。

執行時段資源管理實驗組一為 CBR traffic 測試，觀察訊務分佈對於是否具資源管理之測試結果；執行時段資源管理實驗組二為 exponential traffic 測試，改變執行時段資源管理實驗組一的訊務傳送方式，觀察訊務分佈對於是否具資源管理之結果。針對每個實驗組在執行時段採用原本 NS2 不進行動態頻寬調整之 policy 與套用本研究所提出之 Current Execution Time Period resource management policy 兩種不同方法，比較以上兩種 policy 之效能並提出結論。

### 2.4.2.1. 訊務分佈對於效能評估指標之影響

此實驗組以 EF 作為固定之 service class，以 CBR 作為受測之 traffic type。實驗開始之初，首先利用訊務分佈產生多組 test set，將每組 test set 中所有的訊務以亂數的方式產生啟動時間，接下來於實驗環境編排(Step3)時，指定訊務統一以 CBR 方式傳送資料，並且套用不同訊務分佈反覆進行實驗，以最後模擬結果觀察 Current Execution Time Period resource management 在不同訊務分佈下對於整體效能的影響。

我們依照選定之 Normal distribution set 重複進行實驗，利用每個 distribution set 隨機產生多組 test sets 分別將每組 test sets 裡所有的訊務設定為 CBR 並賦予起始時間，訊務皆以 CBR 的方式傳送，改變 NS2 頻寬管理 policy，觀察比較兩種管理方式，以各個 test set 測試結果分別就 ratio of fully-satisfied traffic request、ratio of partially-satisfied traffic request 與 ratio of rejected traffic request 表示。

CBR 不具執行時段頻寬管理對於各個訊務分佈(set 1~set 5)之測試結果以 ratio of fully-satisfied traffic request、ratio of partially-satisfied

traffic request 與 ratio of rejected traffic request 表示，分別列於圖 2.11、圖 2.13、2.15。CBR 具執行時段頻寬管理對於各個訊務分佈(set 1~set 5) 之測試結果分別列於圖 2.12、圖 2.14、2.16。由圖 2.11 與 2.12 比較，當訊務分佈範圍與預期相近時，如 set 1 與 set 2，於時間快結束時有可能發生資源不足的現象。

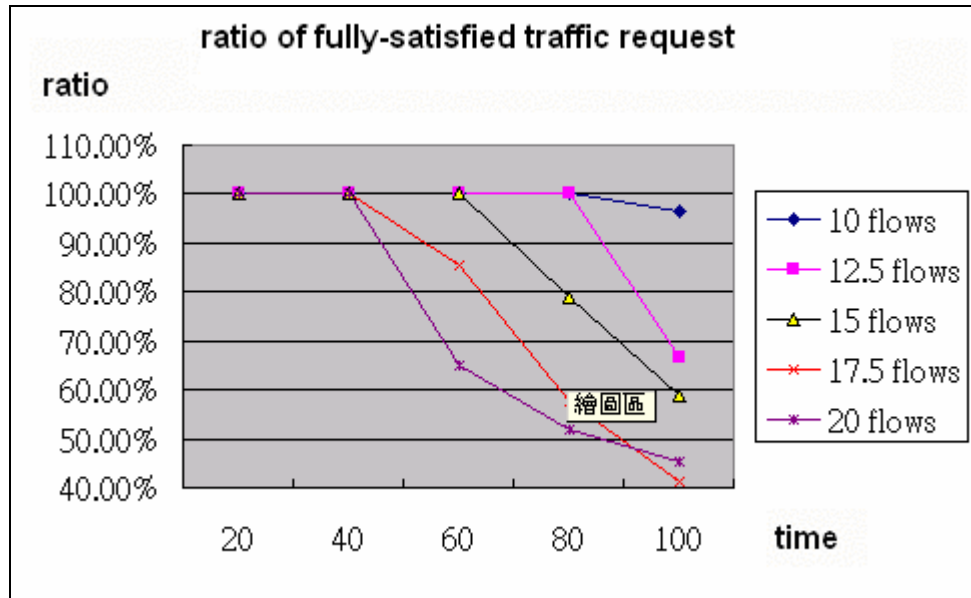


圖 2.11：CBR 不具執行時段頻寬管理之完全滿足比例



圖 2.12：CBR 具執行時段頻寬管理之完全滿足比例

若訊務分佈超過預期較多(set 3-set 5)，不具執行時段頻寬管理組會在實

驗進行到一半時，開始降低 full-satisfied ratio，因為資源不足無法完全滿足訊務，而以部分頻寬滿足(圖 2.13)或是拒絕允入的方式處理(圖 2.15)。在訊務分佈超過預期過多的情況之下，以執行時段頻寬管理進行測試，則可延後資源不足的時間，提高 full-satisfied ratio 降低部分滿足(圖 2.14)或是拒絕允入之比例(圖 2.16)。

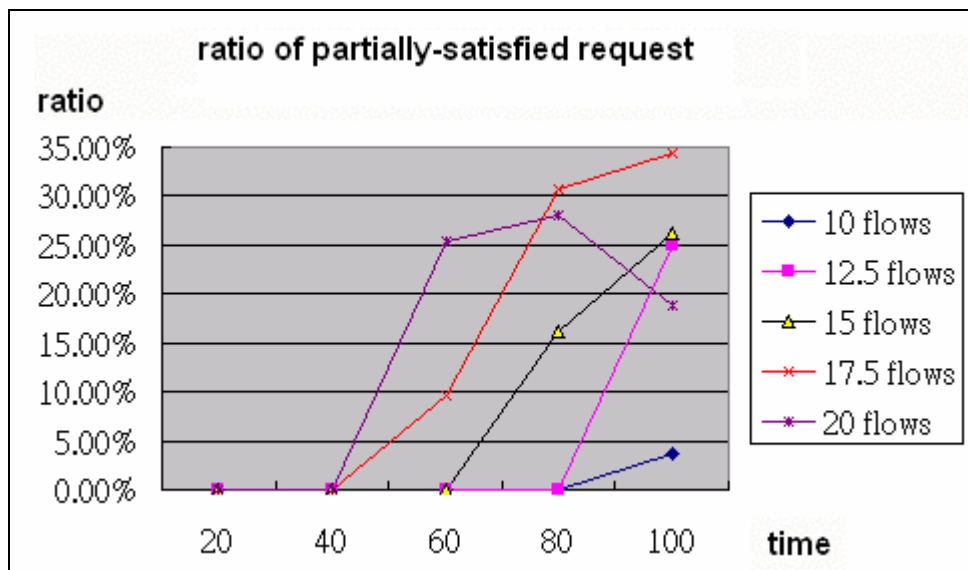


圖 2.13：CBR 不具執行時段頻寬管理之部分滿足比例

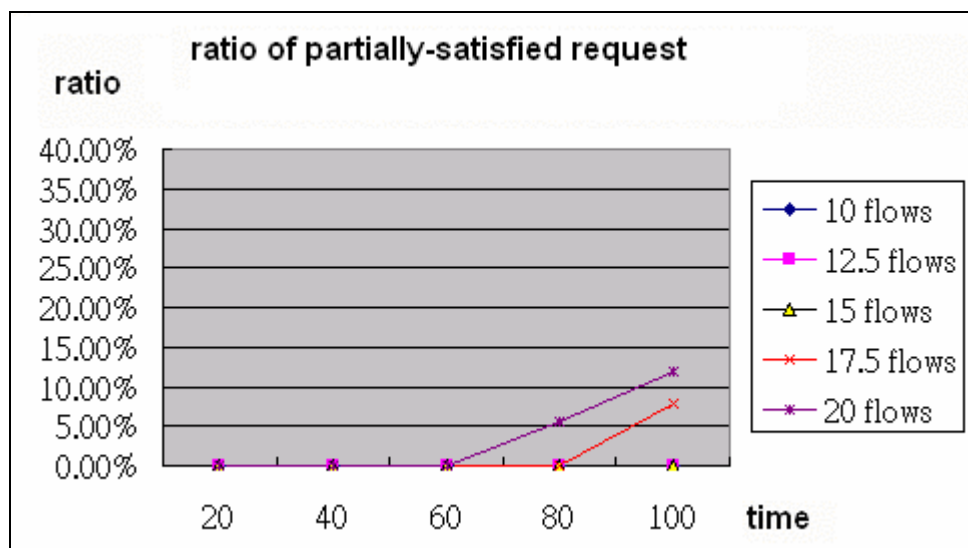


圖 2.14：CBR 具執行時段頻寬管理之部分滿足比例

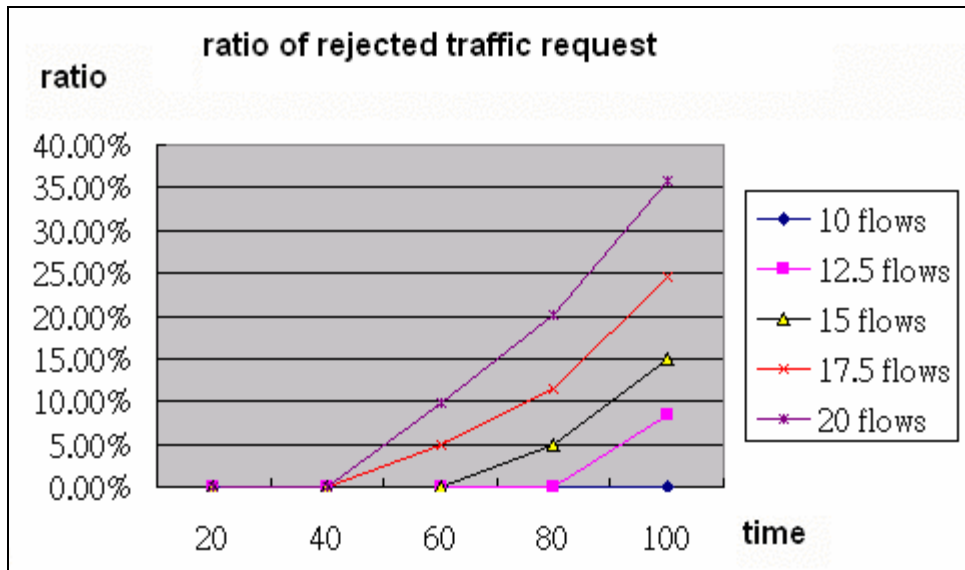


圖 2.15：CBR 不具執行時段頻寬管理之拒絕比例

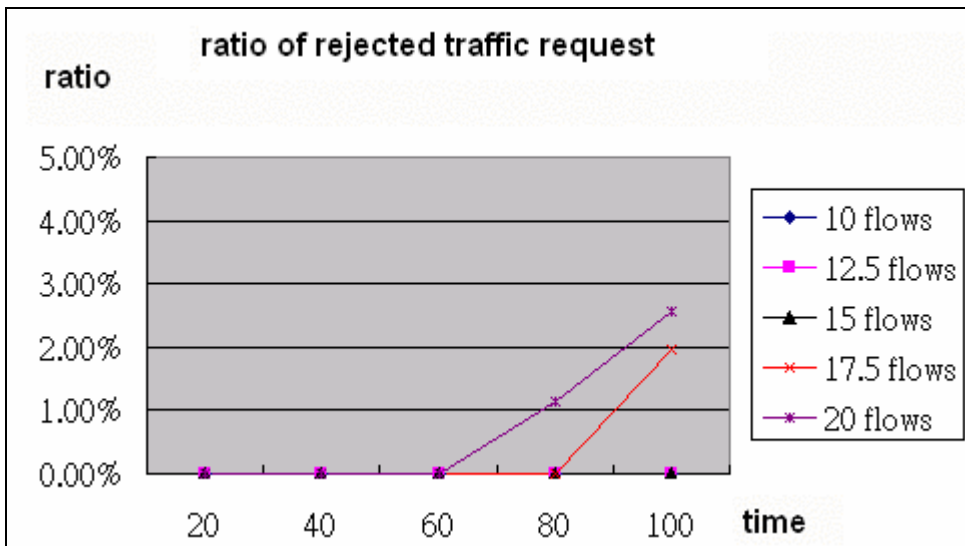


圖 2.16：CBR 具執行時段頻寬管理之拒絕比例

#### 2.4.2.2. 訊務型態對於效能評估指標之影響

實驗設定與前組實驗相同，以 exponential 作為受測之 traffic type。實驗中改變 NS2 頻寬管理 policy，觀察並比較兩種管理方式，以各個 test set 測試結果分別就 ratio of fully-satisfied traffic request、ratio of partially-satisfied traffic request 與 ratio of rejected traffic request 表示。

Exponential 不具執行時段頻寬管理對於各個訊務分佈(set 1~set 5)之測試結果分別列於圖 2.17、圖 2.19、圖 2.21。Exponential 具執行時段頻寬管理對於各個訊務分佈(set 1~set 5)之測試結果分別列於圖 2.18、圖 2.20、2.22。

Exponential 不具執行時段頻寬管理之測試結果顯示(圖 2.17)訊務分佈超過預期時依然會出現無法完全滿足所有訊務需求的情況，隨著超出的範圍越大，出現資源缺乏的情況也就越早出現，但是其完全滿足之比例在各組訊務分佈測試中皆比 CBR 不具執行時段頻寬管理之測試高(圖 2.11)。



圖 2.17 : exponential 不具頻寬管理之完全滿足比例



圖 2.18 : exponential 具頻寬管理之完全滿足比例

Exponential 測試組在不同訊務分佈下，雖然拒絕允入的比例會隨著超過預期的程度增加(圖 2.21)，但是 set 1 至 set 5 各組訊務測試之拒絕允入的比例差距不大，至多不超過 10%。如此現象的原因是因為 Exponential 訊務之需求頻寬較小，所以當資源使用到一定程度時，新出現之訊務只要以降級的方式，使用部分滿足允入即可。所以我們可以從 Exponential 不具頻寬管理之 partially-satisfied ratio(圖 2.19)觀察出，訊務超出預期程度反映出之 partially-satisfied ratio。

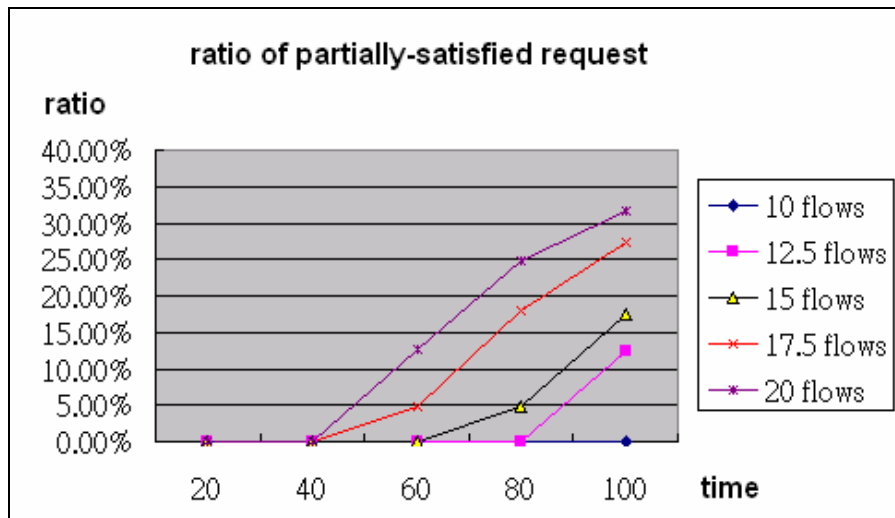


圖 2.19：不具頻寬管理之部分滿足比例

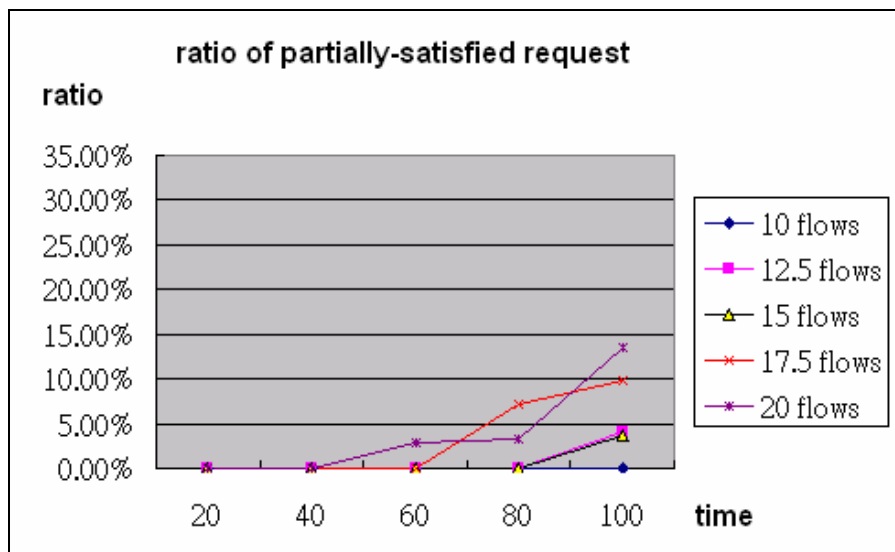


圖 2.20：具頻寬管理之部分滿足比例

Exponential 具執行時段頻寬管理之測試結果顯示，以頻寬管理控制資源存

量對於各組訊務分佈皆可降低 partially-satisfied ratio(圖 2.20) , 並且提升 fully-satisfied ratio(圖 2.18) , 但是對於 reject ratio(圖 2.22)並無明顯的改善。

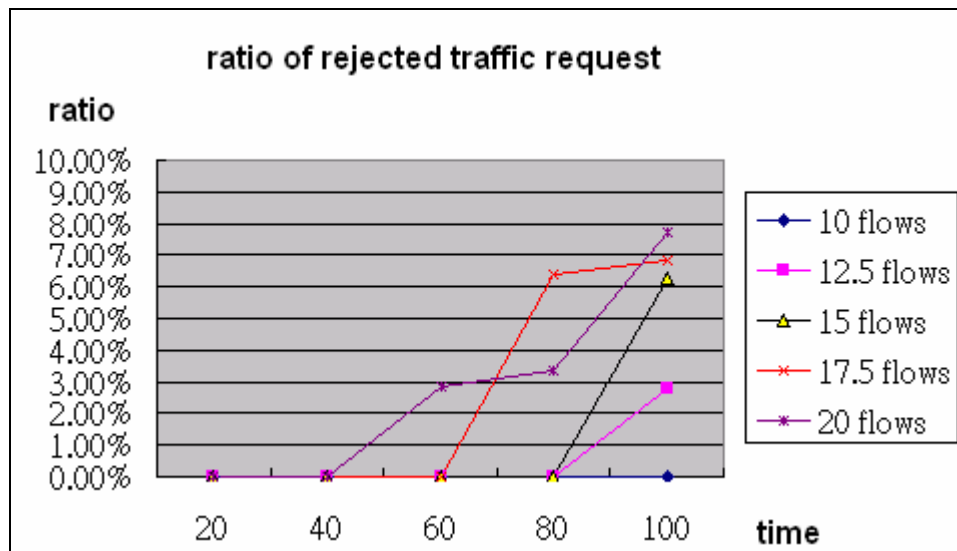


圖 2.21 : exponential 不具頻寬管理之拒絕比例

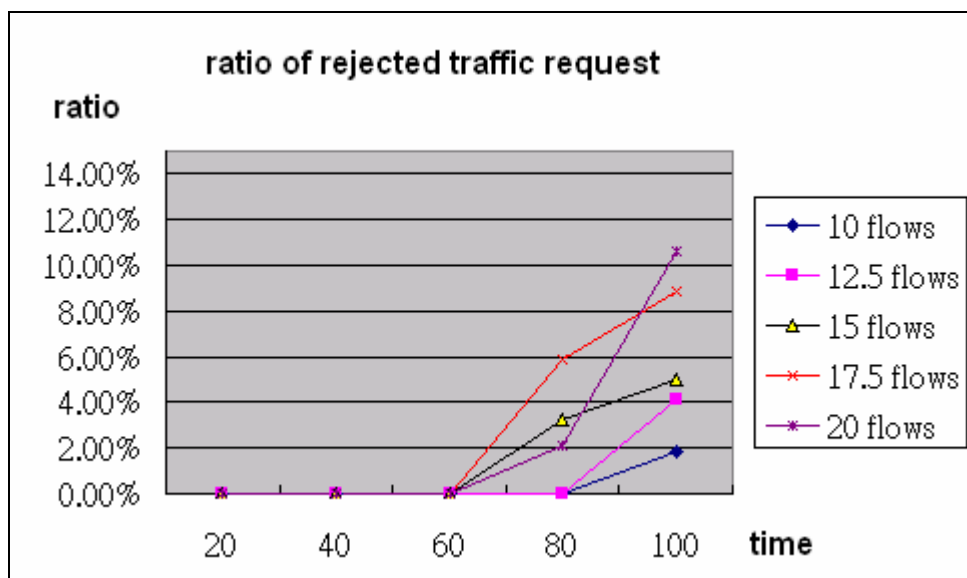


圖 2.22 : exponential 具頻寬管理之拒絕比例

## 2.5 總結

頻寬預購法實驗顯示，訊務預測準確度將影響獲利(profit) , 當預測完全準

確，依照預測結果決定最適當之頻寬預購值，如此可獲得最大獲利。若是預測有一定的誤差存在，以臨時批購(on-demand request)取得頻寬彌補不足的部分需要付出較多成本時，則可採用本研究提出之頻寬預購法，於規劃時多批購部分保留頻寬，以處理於執行時段超過預期之訊務差額。由實驗中可觀察出頻寬預購法所批購之頻寬可以容許 20%之預測誤差，超過 20%之預測誤差時則會產生拒絕允入訊務的現象。

為了彌補頻寬預購法所預購之頻寬無法應付大幅超出預期之訊務或是瞬間湧入之訊務，本研究採用執行時段資源管理以預防因為頻寬不足而造成高比例之拒絕允入比例。從實驗當中可知，採用執行時段資源管理，雖然必須以較高成本批購臨時向 Bandwidth Broker(BB)批購頻寬，但是可以在訊務超過預期範圍時提高允入之訊務或者部份滿足訊務的需求，以維持掌握資源量，順利允入進入核心網路之訊務。從測試中可發現，對於 CBR traffic 採用執行時段資源管理，可有效降低因為預測誤差所造成的拒絕允入比例(ratio of rejected traffic)，亦可以改善部分滿足比例(ratio of partially-satisfied)的情況，以提升允入訊務數量。由於 exponential traffic 所需求的頻寬較 CBR 小，所以在相同之頻寬存量時，預測誤差對於 exponential traffic 所造成的影響較小，但是在誤差範圍過大時同樣有拒絕允入比例(ratio of rejected traffic)攀升的情況。對於 exponential traffic 採用執行時段資源管理，當預測誤差越大時，所改善之部分滿足比例(ratio of partially-satisfied)較明顯，對於拒絕允入比例(ratio of rejected traffic)之改善狀況則不如 CBR traffic 測試組，但是在不同預測誤差下，exponential traffic 測試組之訊務允入比例(部分滿足與完全滿足之總合)還是皆比 CBR traffic 測試組高。

## 第三章

### 結論

#### 3.2 結論

要提供 per-flow end-to-end QoS 是一項管理複雜度極高的工作，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。由於 Per flow QoS 將造成大量的管理負擔，必須使用 aggregation 技術將許多 flow 歸併，減低管理負擔。

本研究團隊提出 Budget-based QoS 架構以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。利用目前提出之服務品質分類方法與網路服務機制，設計一個管理架構，在此架構上提供完整的 End-to-End QoS 保證，以符合 All-IP 網路上各種不同服務需求。於論文當中另外提出以預先批購頻寬的方式進行核心網路資源規劃，並且配合執行時段頻寬管理機制，以達到順利允入網路訊務之目的。

根據 NS2 網路模擬器模擬簡化網路架構與訊務產生分佈，套用論文中所提出之預先頻寬批購法與執行時段頻寬管理機制。我們可發現當 BB 對於預購與臨時批購之費用比例為 1:2 時，出現之訊務超過預期分佈之比例在 20% 以內時，則預先頻寬批購法所額外預購的頻寬皆可以滿足大多數訊務之需求，但是當訊務超過預期之比例更多，則容易因為資源短缺而開始拒絕允入訊務。此外於實驗當中我們亦可觀察出 BB 訂定之費用比例不同，ACA 所可以容忍的訊務誤差也就不同，當 BB 訂定的費用比例高時，預購的頻寬較多，可容忍的訊務誤差範圍也就越大。

### 3.2 結論與未來發展方向

由於預先頻寬批購法與實行時段頻寬管理法目前只適用於 CBR，對於傳輸率不穩定之訊務並未作最佳化修正，所以於實驗中若是採用 exponential 訊務進行實驗，最佳頻寬預購值與資源底限會有高估的現象，形成少部分的資源浪費，因此我們必須針對各種不同傳輸方式之訊務修改最佳頻寬預購值之公式與資源底限管理辦法或是找出一個共通的解法。此外，論文當中尚未提出資源再分配之完整問題描述、議題與實際解決方案，以及不同品質服務之間的關係以及對本文中提出管理方法之影響，並且如何針對各種服務品質進行適當的資源規劃。未來希望能夠結合 traffic type 以及各種品質服務以將運用於更複雜與實際之環境下。

## 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] Jacobson, V., K. Nichols, K. Poduri, "An Expedited Forwarding PHB", RFC 2598, June 1999. C. Hedrick, "Routing Information Protocol", RFC 1058, June 1988.
- [10] Heinanen, J., F. Baker, W. Weiss, and J. Wroclawski, "Assured Forwarding PHB Group", RFC 2597, June 1999.
- [11] 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.
- [12] 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.
- [13] Eleni Mykoniati et al., "Admission Control for Providing QoS in DiffServ IP Networks: The TEQUILA Approach," *IEEE Commun. Mag.* Jan 2003, pp. 38-44.
- [14] 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.
- [15] Clark, D., W. Fang, Explicit Allocation of Best Effort packet Delivery Service, *IEEE/ACM Transactions on Networking*, 6(4):364-373, August 1998.
- [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] Fall, K., K. Varadhan, The ns Manual, <http://www.isi.edu/nsnam/ns/>, April 2002.
- [30] 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"。