

BBQ：All-IP 網路上以預算為基礎之品質管理架構

BBQ: A QoS Management Infrastructure for All-IP Networks

連耀南，張宏慶，蔡子傑

國立政治大學資訊科學系

陸行

國立政治大學應用數學系

摘要

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。此種革命性的整合型 All-IP 網路不但可以降低建置成本、營運管理成本，更重要者，可以提供一個新的服務平台，使得跨網路的應用成為可能。欲達到整合型網路的理想，我們仍須克服許多困難，其中最關鍵的問題之一即是品質問題。All-IP 網路受限於封包交換網路之原有的特性，有三大品質問題有待克服：過長之延遲時間，抖動以及封包遺失。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，由於未來的網路世界必須在異質性極高的網路環境上支援品質要求差異極大的多樣應用服務，其品質管理將變得異常複雜，難以引用現有的品質管理方案。本文旨在探討整合型 All-IP 網路之品質管理之各項問題，並提出適當的管理機制。我們將採用以預算為基礎的品質管理概念以支援 end-to-end 品質管理。本方法將以預算方式控制每個子網路之品質範圍及資源之使用以追求使用者之整體最大滿意度。此外，本文將探討核心網路，3G 接取網路以及無線區域接取網路等三種子網路的品質管理技術。我們提出一套品質管理架構以及相關的管理工具。網路營運者將可運用此項技術輕易的調校自身所營運的網路以追求使用者最高滿意度或營運者的最大滿意度。

關鍵詞：All-IP 網路，QoS，VoIP，行動計算

1、簡介

面對通訊與資訊科技的大幅進步、網際網路的蓬勃發展、以及電信自由化帶來的激烈競爭，通訊網路正在進行一個巨大的變革，要將原有電路交換(circuit switching)與分封交換(packet switching)網路整合成一個單一的 All-IP 網路以支援所有網路應用服務[1,2,14,20]。此種整合型 All-IP 網路將以一個單一 IP 傳輸平台提供固定網路及行動網路上所有服務，包括語音、多媒體、資料等各類服務。推動此種趨勢的主要因素如下：

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

由於以上這些因素，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，例如 VoIP, MPLS, IP Over SDH/Fiber, DWDM 等。這些新興技術中，對現有網路衝擊最大的當屬 Network Convergence，企圖將電路交換與分封交換分離的傳統網路整合成單一的分封網路。為了打破以往各製造商設備不能完全互通的問題，這個整合型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在全球蓬勃發展而成為唯一的選擇。

1.1. 新型跨網路服務

在傳統的網路服務架構中，語音與數據服務是分由電路交換與分封交換網路分別提供，欲提供跨網路的服務有建置上的困難。但整合型 All-IP 網路不但可以降低建置與營運管理成本，更重要者則是可以提供一個新的服務平台，使得跨網路的應用成為可能。

舉例而言，當我們用傳統的電話撥接上網，連上某家公司的網頁，若要用網頁上所提供的聯絡電話與該公司聯絡時，必須將電話掛斷或使用另一部電話另行撥號，而不能直接點選網頁上所提示的電話號碼即可由同一個電話線自動接通到該電話，這個不便之處就是因為同一條電話線只能提供一個語音服務之故，即使用戶是使用 ISDN 或 ADSL 此種多電路的設備，也因為網路並未整合而無法實現此種理想的服務。當整合型 All-IP 網路建置成之後，此類的服務將成為可能。整合型 All-IP 網路無論在品質控制、新服務之設計支援、提供跨網路應用服務之能力、降低營運成本上都有很高的潛力超越傳統的電路與分封分離式網路。

再舉一個 Web-Based 話務轉接之例：在傳統的電信網路架構下，當使用者打電話到某公司總機而事先不知受話者之分機號碼時，總機值機員必須以人工方式查詢受話者分機號碼，才能進行轉接，同樣的，如果使用者打錯分機號碼，而受話者需要幫忙轉接到正確的受話者時，也必須以人工方式查詢受話者分機號碼，這個電話轉接過程非常耗時費力嚴重影響效率。現在雖然有自動總機的設備可用語音方式將部分分機號碼提供給發話者，由發話者自行查詢，如此將可省下受話公司的人工轉接成本，但是自動總機系統對發話者卻造成更大的負擔，整體電信系統的親和力反而大幅倒退，在此例下之轉接程序尚有大幅改進的空間。

在新型跨網路的網路架構下，發話端 CPE 除了傳統電話機之外，也可能是具有接收 http/www/WAP 網頁資訊的 PDA 或電腦，我們可以在收話端(總機)裝設自動偵測發話端 CPE 基本能力之機制，如果偵測到 CPE 具有接收 http/www/WAP 網頁資訊的能力，我們可以在收話端自動將來電轉接到網頁電話簿上，由使用者以瀏覽網頁的方式尋找受話者的電話，更可以用點選方式將電話轉接到受話分機。

1.2、技術挑戰

欲達到整合型網路的理想，我們仍須克服許多品質上及服務機能設計上的困難：

- 現有的服務機能設計受限於老舊的軟體架構以及封閉的程式介面，使得跨網路的服務機能設計困難重重，而且所有的服務機能不能由製造商以外的設計者提供，以致新型服務機能之提供曠日廢時、價格高昂。
- All-IP 網路受限於分封網路之原有的特性，有三大品質問題有待克服：過長之延遲時間，抖動以及封包遺失。

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之 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，台灣連結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，但是對於延遲時間有嚴格要求的語音服務而言，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延遲時間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。

1.2.1. 應用服務之分類與品質要求之分析

UMTS 組織將網路上風行的應用依時效與品質需求概略分為 *Conversational*, *Streaming*, *Interactive*, 及 *Background* 等四大類[2]，這四類服務的特性以及對品質的要求各不相同，表一是簡要分析：

表一、各類服務品質要求

類別	應用之例	延遲時間敏感度	抖動敏感度	封包遺失敏感度	Duplex/Simplex	上下行對稱性
Conversational	語音服務，影像電話	高	高	低	Duplex	對稱
Streaming	VoD	中	高	低	Simplex	—
Interactive	WWW, Telnet	中	低	高	Duplex	不對稱
Background	E-Mail, FTP	低	極低	高	Simplex	—

Conversational 類別服務主要用來支援人類雙向溝通，根據人類感官之經驗歸納，此種服務對延遲時間與抖動相當敏感，使用者在延遲時間超過 300ms 時，就難以忍受其通話品質。反之，對封包遺失則較可忍受。*Streaming* 類別服務則要求持續穩定的封包傳輸，因此對抖動相當敏感，反之，對延遲時間則比 *Conversational* 類別有較高的容忍度。同時，也較不能忍受封包之遺失。以上兩類都屬於高時效性（或即時性，對時間敏感）之服務。*Interactive* 類別與 *Background* 類別都屬於數據傳輸型的服務，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。

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。猶如管理一條大小汽機車互相爭道的一般街道遠比管理車種車速單純的高速公路複雜一樣，All-IP 網路上的品質管理是一大技術挑戰。網路管理系統必須提供適當的資源管理機制管理不同服務的資源運用，並讓管理者可輕易的調校網路，使得各類服務都可以獲得適當的品質服務，並盡力提高資源使用效率。

1.2.2. 網路異質性對 QoS 之影響

現有網路已經具備高度異質性，未來網路之異質性更遠高於現有系統，尤其是接取網路方面，由個人區域網路、無線區域網路、行動通訊接取網路與衛星/數位廣播/固定接取網路等

多種異質接取網路相輔相成所建構而成。要在此種環境下提供 end-to-end QoS 將是一大挑戰。

網路異質性使得一個訊務（或呼叫）可能橫跨數個特性不同的網路，例如由一個 3G 手機連到 3G 無線接取網路，再接到核心網路，最後連到一個無線區域網路(WLAN)。這些不同網路有不同的頻寬、通訊協定以及品質機制或參數，在網路介面上因銜接困難產生的問題，我們暫稱之為 *impedance mismatch* 問題。例如，當一個訊務從一個高頻寬的 WLAN 漫遊到一個低頻寬的 GPRS 網路時，此訊務無法維持高頻寬的服務，必須降低頻寬以配合 GPRS 的速率。又如某一段網域用 DiffServ 作為品質管理機制[4]，每一個訊務都應該根據其品質要求被適當歸類以資提供適當的資源，但另一個鄰接的網路卻未提供 DiffServ 服務，如此 DiffServ 網路無足夠資訊將承接的訊務歸類，以致最後導致 DiffServ 無法順利運作。

除了水平的 *impedance mismatch* 問題之外，另有垂直的 *impedance mismatch* 問題，例如，DiffServ 網域的分類與下層網路（例如 ATM）就大不相同，兩者之間沒有一定的對應關係，難以用統一的轉換公式的定義兩者之間的對應關係，以致網路管理者必須根據個案實際情況將高層的 DiffServ 參數個別對應到下層的 ATM(或其他種類)網路，造成網路管理的極大障礙。因此，有必要積極投入研究，建立系統化的管理方式克服各網域之間或各種通訊協定之間的 *impedance mismatch* 問題。

1.2.3. 接取網路協定對 QoS 之影響

許多接取網路使用共用媒介（例如無線電），而各個使用者要使用接取網路時必須透過一種 Multi-Access 協定協調接取權。而現有的 Multi-Access 協定在資源競爭上耗用太多時間，且沒有分級的功能，甚至無法保證協調接取權所耗用的時間。所以無線接取網路的服務品質之控制，是一大技術挑戰。

1.3. 研究目標

使用者、網路營運者、及研究者對於品質的定義與著眼點俱皆不同，表二是使用者與網路營運者對服務品質之各種不同觀點：

表二、使用者與網路營運者對服務品質之期望

使用者	以最低價格獲得最高品質之服務
	以最低價格獲得期望品質之服務
	以適當價格獲得最高品質之服務
	以最低價格獲得可容忍之品質之服務
網路營運者	以適當價格提供最高品質服務
	以最高價格提供實用者期望之品質之服務
	以最低價格提供最低可接受品質之服務

為了因應莫衷一是的品質要求，我們設定研究目標在於提供一個具有彈性與擴充性的一套品質管理架構及各種管理工具供網路營運者根據自身需求建構其品質管理系統。

- 採用以預算為基礎的品質管理概念研究 end-to-end 品質管理機制
- 以批發零售的方法設計易於管理的核心網路品質管理機制
- 研究 3G 接取網路的服務品質管理問題
- 研究無線區域接取網路及 WLAN/3G 雙網整合的服務品質問題

2. 相關研究探討

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

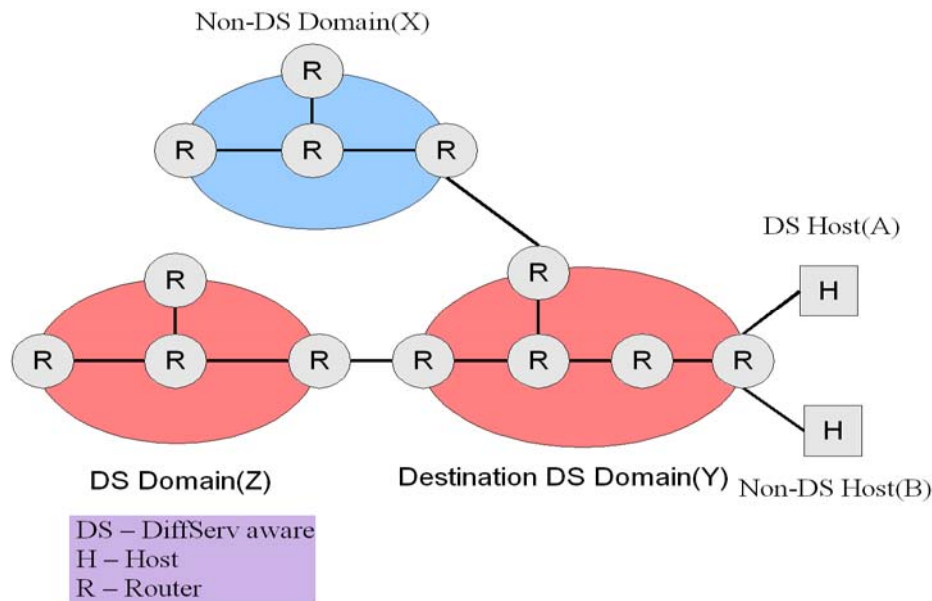
2.1. Integrated Service (IntServ)

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

2.2 Differentiated Service (DiffServ)

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

一個 DiffServ Domain 是由許多個提供 DiffServ 服務執行相同 PHB 且相連的節點所組成，這些節點可分為 *edge router* 和 *core router*。如圖一，X domain 為一沒有 DiffServ 功能的網域，Y 和 Z domain 為各別的兩個 DiffServ 網域，兩者可能執行不同的 PHB，對同類別的資料可有不同的標誌(DSCP)。與其他網域連結的點統稱為 *edge router*，此又分為 *Ingress* 和 *Egress*，分別表示訊務進入網域和離開網域的節點，而沒有與其他 domain 相連接的節點稱為 *core router*。



圖一：DiffServ Domain 架構

DiffServ 中依服務需求型態不同定義了幾種基本的服務種類：

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

DiffServ 架構的設計主要有兩個功能來管理和控制網路上的資料傳遞：

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

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

2.3. 幹管法(Trunk)

減低網管負擔的一個趨勢，是將許多訊務歸併一併處理。幹管法[12]為一個訊務集中管理機制，將相同起點與終點之訊務歸併為一幹管，事先保留資源，統一管理。路由器只需管理幹管，而非個別訊務。所以，當一個訊務要求進入網域時，只需選定一個適當幹管容納該訊務即可，若無適當幹管可用時，則進行資源保留以建立一個合適之新幹管。由於其對每一個幹管都進行資源保留，因此我們稱之為 *per-trunk RSVP*。此種方法之缺點為效率之損失，幹管所保留之資源可能超過所需而無法挪給其他有需求之服務使用，導致網路在有剩餘資源之情況下拒絕欲進入的服務需求。如果將幹管法用於橫跨數個國家的網路時，所浪費的保留頻寬將非常可觀。

2.4. TEQUILA 與 AQUILA

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

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

2.5. 分散式允入架構

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

2.6. BBQ 的作法

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

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

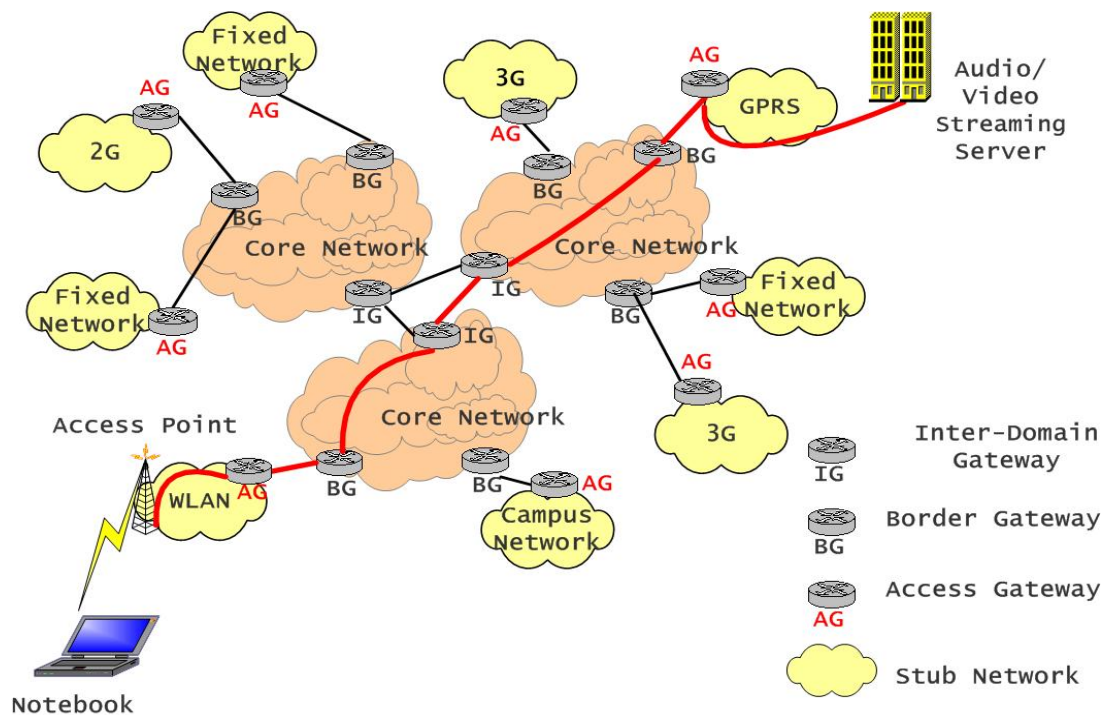
BBQ 的設計，係遵循以上原則，我們提出的架構將能更有效的提高資源使用效率，減低管理負擔，並提供高彈性供營運者有效的調校他們的網路。

3. BBQ 品質管理架構

3.1. 簡化之網路架構

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，多數國家只有一個由政府營運的網路。但過去十多年來，許多國家進行電信自由化，開放許多商業網路執照。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份的地區。本研究假設一個全世界的 All-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，我們假設一個簡單的 All-IP 網路如圖二。

一個 All-IP 網路主要由一些核心網路(Core Network)與接取網路(Stub Network)所構成，每個核心網路接有數個接取網路。使用者之終端設備必須連上某一個接取網路才能獲取服務。所有核心網路的營運者利用互連鏈路相互連接成骨幹網路 (Backbone Network)。呼叫者所連接之接取網路稱為入口接取網路 (Entrance Stub Network)，被叫者所連接者則稱為出口接取網路 (Exit Stub Network)。封包之傳送，先從入口接取網路出發，經過數個核心網路後，最後送到出口接取網路。核心網路中連接接取網路的 edge router，稱為邊界入口閘道器 (Border Gateway, BG)，執行兩個網路間的閘道器的功能。相對的，接取網路中連接核心網路的 edge router，則稱為接取閘道器 (Access Gateway, AG)。為簡化起見，我們假設每一個接取網路只接上一個核心網路。當然實際上為了可靠度等原因，一個接取網路可以接上數個核心網路，我們的解決方案只需做小幅度的修改即可適用。核心網路互連之路由器則稱為 Inter-Domain Gateway (IG)。由於每個核心網路都是獨立運作，因此，核心網路的 edge router 都必須執行允入控制(admission control)，而接取網路則有一個前端允入控制元件(Global Admission Control Agent)，負責執行 end-to-end 的允入控制。



圖二：簡化之 All-IP 網路架構

3.2. 基本設計理念

3.2.1. 簡單原則

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

3.2.2. QoS 責任分工架構

根據簡單原則，我們假設每一個網路元件（例如一個鏈路）可以忠實的提供所承諾的服務品質（例如：95%信度下延遲時間小於 10ms)[5]，而目前我們所設計的最佳化工具都假設品質指標具可加性 (additive)。在這種假設下，上層管理機制可以根據計算結果控制每一個網路元件的品質，而不需依靠即時的網路狀況估計或監測，以得到各個元件之品質狀況。階層式的權責分工如表三所示：

表三、QoS 責任分工架構

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

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

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

3.2.3. 即時資源分配與預先資源管理

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

相較於即時管理法，預先分配法可容忍耗費較高的計算時間，進行較複雜之計算程序以達到資源分配最佳化，但受限於預測不準確而不易針對網路之即時狀況做最佳資源分配，只適用於訊務具高度可預測性之情況。在 BBQ 架構下我們提供一系列的預先規劃工具供營網路營

運者使用。每個 Ingress 記錄過去各時間點各種訊務需求的統計資料，利用這些歷史資料來預測各不同時段所需資源，據以進行預先資源分配。此外，現階段我們假設網域的資源僅涵蓋附有品質保證之鏈路頻寬。

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

3.2.4. 分級服務政策

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

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

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

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

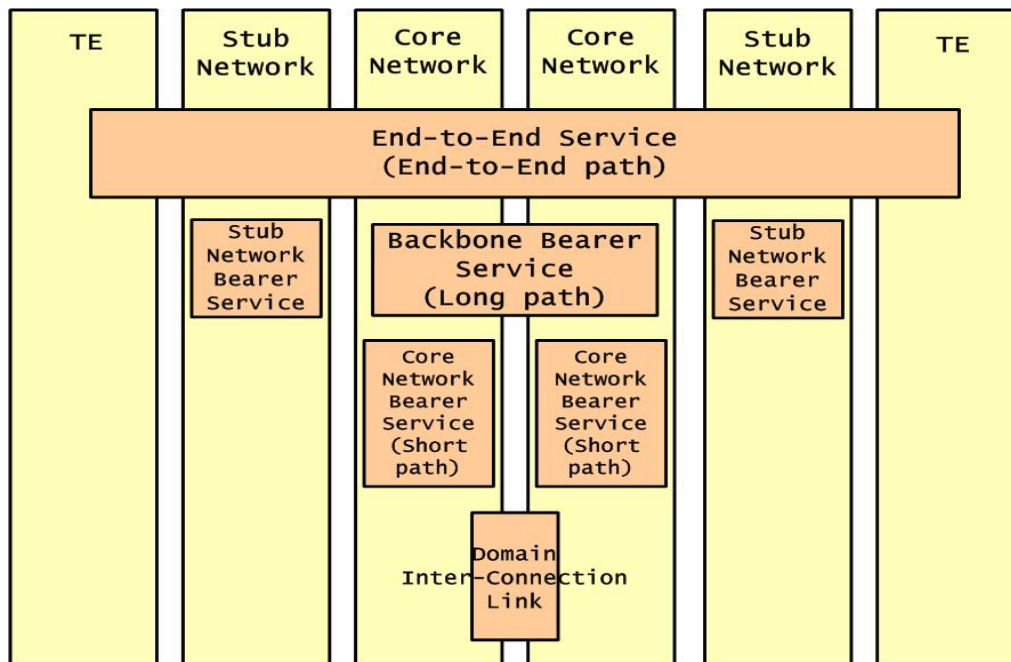
由於封包經過的路徑直接影響其傳遞所需時間，封包如果遵循特定路徑傳送時，其傳輸時間較容易控制。因此 BBQ 採用指定路徑的作法，在 TSCO 類需求欲進入網路時，允入控制元件會為其指定路徑並保留所需資源。指定路徑法可為所允入之訊務保證其品質，品質管理架構之挑戰則在於提供適當機制降低在訊務允入時執行 call setup procedure 所需的負擔 (overhead)，並且盡力提高系統資源的使用效率，以有限資源提供最高的目標達成率。

3.3. 承載服務

3.3.1. 承載服務架構

每當一個封包需要傳遞至目的地時，封包所行經的子網路均須為該封包提供承載服務。根據我們的設計，一個 All-IP 網路須要提供的承載服務，分別為入口與出口接取網路及骨幹網路，而骨幹網路係由多個核心網路互連而成。一條 short-path 由一個核心網路承載，一條

long-path 由幾個核心網路共同承載，而一條 end-to-end path 則由以上這些子網路共同承載，如圖三所示：



圖三：End-to-End 承載服務

3.3.2. 承載服務設計

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

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

3.4. 管理系統架構

為了降低管理的複雜度，BBQ 採用分散式階層式管理系統，負責規劃資源分配及具服務品質之路徑，其主要目標是要讓網路管理者在所擁有的網路資源下，提供最多符合品質的服務。服務品質管理之階層架構如下：end-to-end 服務品質保證協調層（End-to-End Network

QoS Coordination Layer) 負責提供 end-to-end 服務品質保證，利用下層元件所提供之資源，規劃 long-path 和 end-to-end path；核心網路資源管理層 (Core Network Resource Management Layer) 負責核心網路之資源管理分配；核心網路資源控制層 (Core Network QoS Control Layer) 負責執行服務品質保證之策略以提供服務品質保證，例如允入控制等。DiffServ 或其他 IP 層網路則負責執行上層元件所規劃出來之服務品質管理策略，屬於下層網路技術。BBQ 管理架構具有彈性，可更換底層之網路技術，目前 BBQ 假設底層網路架構為 DiffServ。

表四：BBQ 管理系統層級分工

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

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

- **長期事先規劃**
 - 每一個核心網路公佈其 short-path 資訊及其品質保證。
 - 核心網路內的 long-path planning agent 為其網路內預期會產生之訊務規劃合乎品質及頻寬需求之 long-path，再加上接取網路之路徑即成 end-to-end path。
 - 每個核心網路綜合所有經過該網路的 long-path 計算所需的 short-path 資源，並建置足夠容量的網路資源以應付未來所需。
- **短期事先規劃**
 - 各核心網路內的 Bandwidth Broker(BB)依據所預測之需求將所擁有之鏈路頻寬分割，分配給各個 edge router。
 - 各個 edge router 內的 path planning agent 將獲配的鏈路頻寬組成 short-path。如此，各鏈路的頻寬在允入階段之起始時間保留給 short-path。
- **允入階段之資源保留**
 - 當一個訊務欲進入網路時，入口接取網路的允入控制元件啟動一個 call setup procedure，根據訊務之頻寬及品質需求挑選一條符合需求之 long-path，並向 long-path 所經過之核心網路要求保留合適之 short-path 及所需之互連鏈路。
 - 如果 call setup procedure 執行成功則允入該訊務，否則拒絕，並決定是否向 BB 要求更多網路資源（或進行其他資源重整程序以備應付後續的訊務需求）。

我們將時間分成時段，每一時段可採用不同之資源管理機制，而每一個時段在執行允入之前，都在先前的某一個「短期事先規劃」階段規劃所需之 short-path（例如：每天 12-5am 規劃當天所有時段所需資源），而在允入時段之起始點實際保留所需的鏈路頻寬，在執行允入任務時可以立刻決定是否允入一個訊務。「長期事先規劃」之執行頻率則可低於「短期事先規劃」，而且所規劃出的 long-path 並不必要實際保留網路資源，此因太過繁瑣的跨核心網

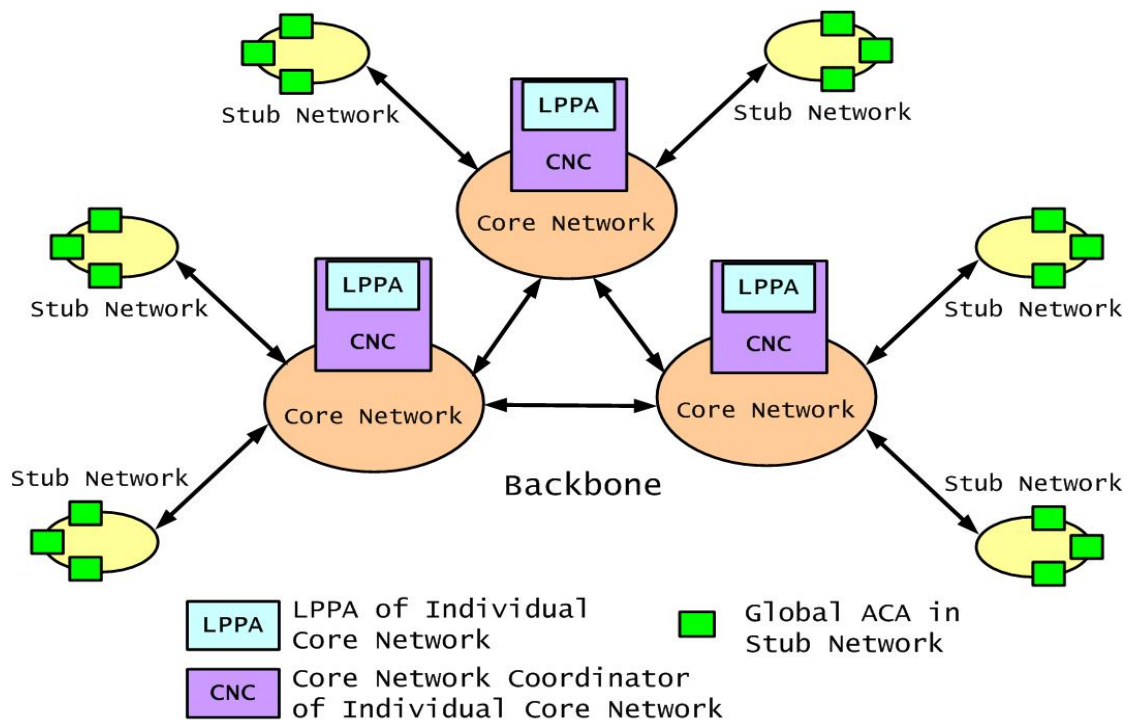
路資源保留方式可能浪費太多寶貴資源而不切實際，其規劃之主要目的在於提供需求資訊給網路營運者，以便其預先建置足夠網路資源。此外，以上的機制都需要強大的資源規劃最佳化工具以提高資源使用效率。我們已經發展了一些工具可供運用 [15,16,17,18]。

4. End-to-End 品質管理

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

4.1. Long-path Planning Agent

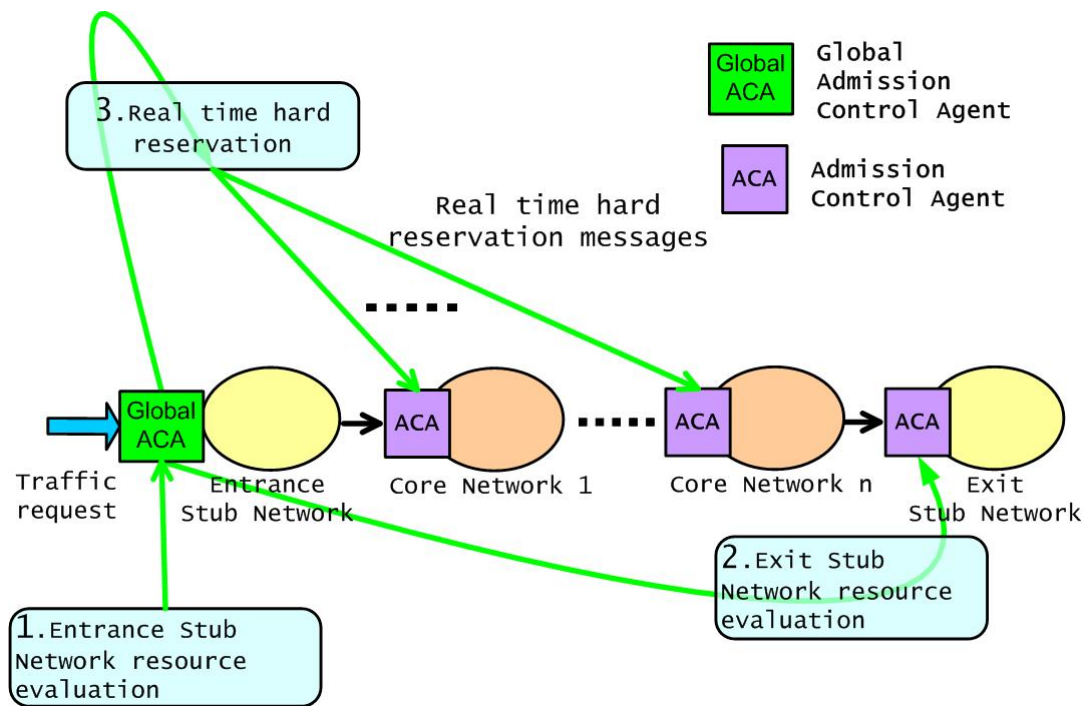
如圖四所示，每個核心網路均有一個軟體元件，CNC (Core Network Coordinator)，是核心網路的中央管理者，負責處理所有須要集中處理之任務，其中一個元件，LPPA (Long-path Planning Agent)，負責規劃 long-path。所有核心網路之 LPPA 互相合作規劃出各自所需之 long-path。



圖四：Long-Path Planning Agent.

4.2. 前端允入控制

接取網路的網路接取伺服器上則有一個軟體元件，Global ACA (Global Admission Control Agent)，負責最前端的允入控制。所有欲進入該接取網路的訊務，均由 Global ACA 負責為其選擇路徑並向各核心網路之 ACA 請求保留所需之 short-path。其程序如圖五所示。



圖五：前端允入控制程序

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

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

4.3. 資源規劃最佳化

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

Maximize

滿意度指標

Subject to

符合有限的資源之限制

符合路徑品質需求

滿足不同種類之需求

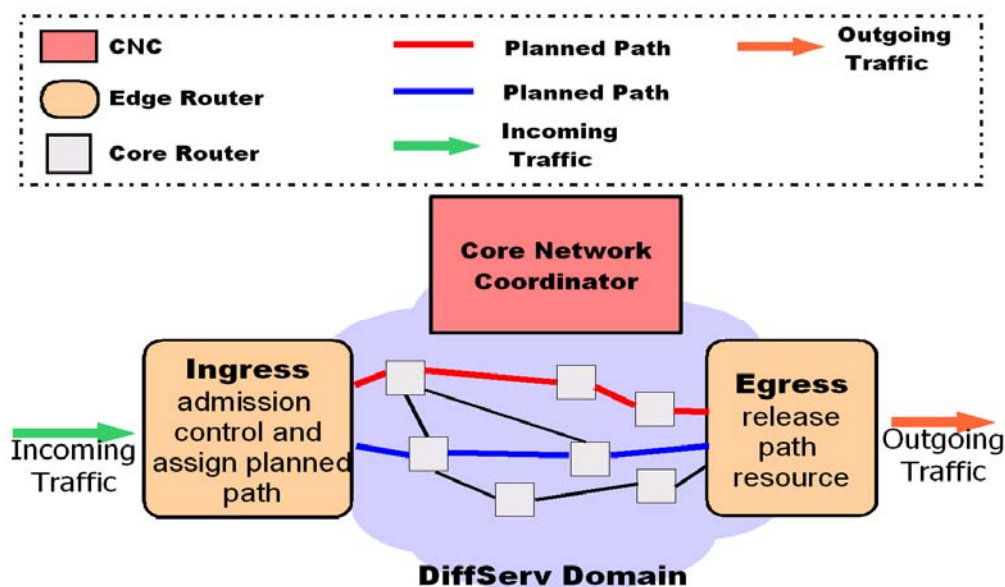
5. 核心網路之品質管理

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

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

5.1. DiffServ-Like 核心網路

我們假設核心網路具有類似 DiffServ 機制之能力如圖一及圖六所示。一個核心網路為由 edge router 與 core router 組成，與其他網域連結的點統稱為 edge router，又分為 Ingress 和 Egress，分別表示訊務進入網域和離開網域的節點；沒有與其他 domain 相連接的節點稱為 core router。



圖六： DiffServ-Like 核心網路架構

5.2. 核心網路品質管理軟體架構

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

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

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

- (a)**Bandwidth Broker, BB**：

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

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

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

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

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

- **入口路由器 (Ingress)**

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

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

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

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

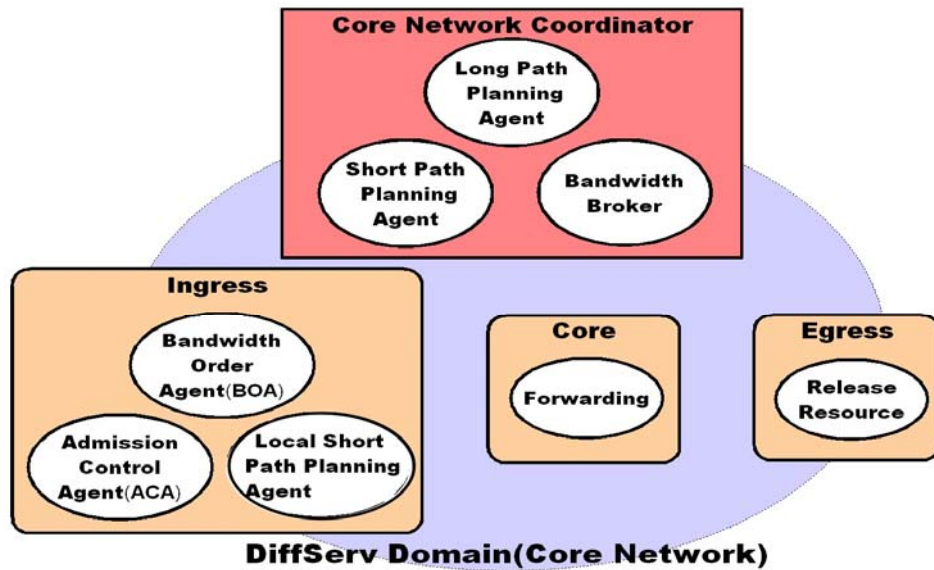
執行允入控制，依據所掌握的 short-path 資源是否可以滿足訊務之頻寬與品質需求決定是否允入某一訊務。

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

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

- **出口路由器(Egress)**

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



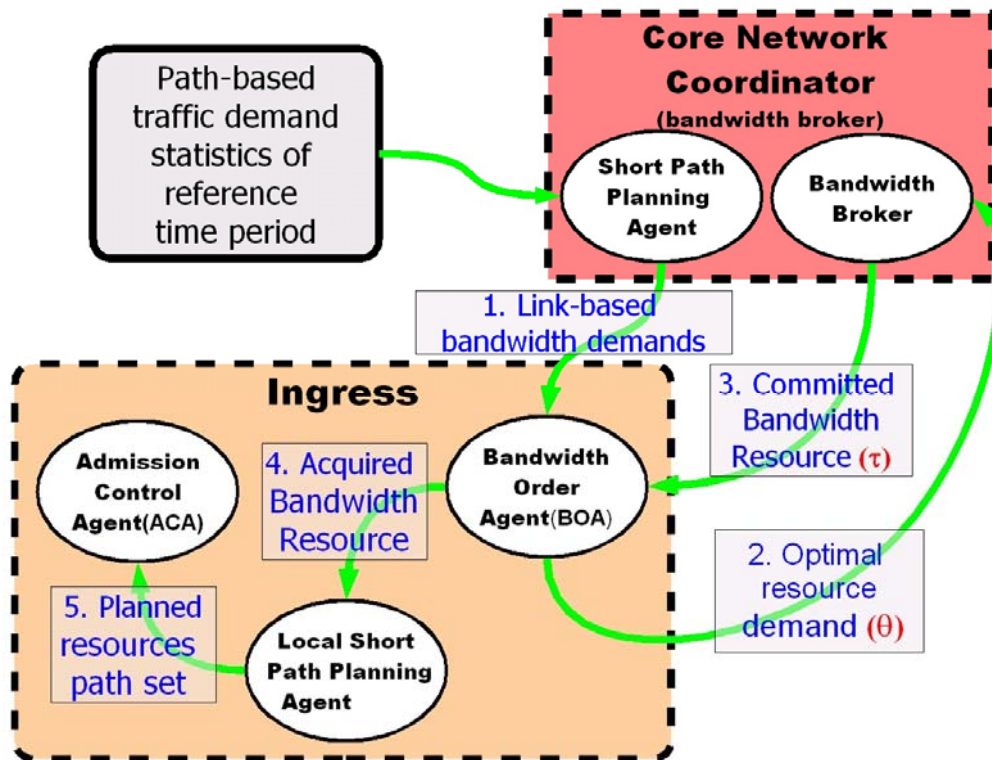
圖七：核心網路品質管理軟體架構

5.3. Short-Path 規劃程序

核心網路內每一個鏈結的頻寬皆由 CNC 中的 Bandwidth Broker 統一分配，BBQ 兼採集中與分散式方法作資源規劃及分配。第一階段採用集中式統一由 CNC 內的 SPPA 規劃與分配，如果有必要時，則進行第二階段分散式的資源分配，由 edge router 內的 BOA 根據需求預測，向 BB 批購每一個鏈結的部份頻寬，批購所得的各段鏈結頻寬由 edge router 自由使用，由 Ingress 內的 Local SPPA 組成各種 short-path 於允入階段分配給進來的訊務使用，整個規劃與分配流程簡介如下：

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

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



圖八：Short-Path 規劃程序

6. 無線接取網路之品質管理

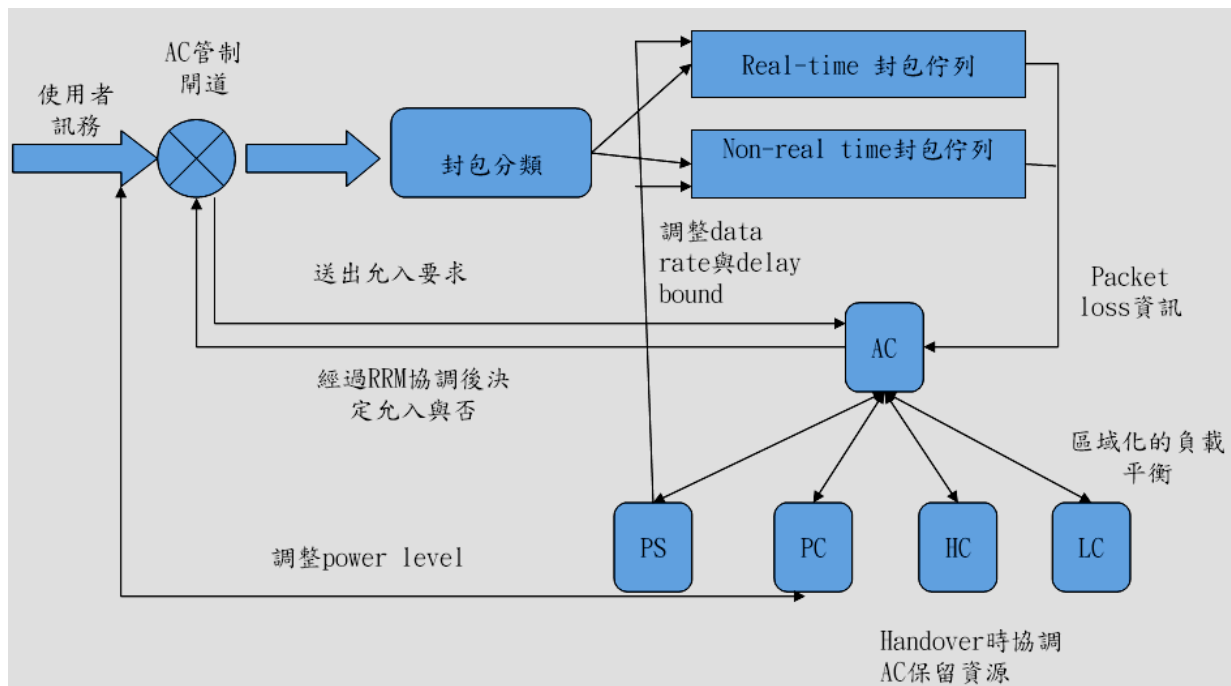
由於第三代行動電話及無線區域網路是 All-IP 網路最重要的兩種無線接取網路，我們也對這兩種網路的品質管理做深入的研究。

6.1. 3G 無線電擷取網路的 QoS 管理

我們對無線電網路控制器(Radio Network Controller, RNC)中之無線電資源管理(Radio Resource Manager, RRM)的功能作了細部設計。我們提出了一個考量無線電功率、環境、使用者移動行為及不同服務需求等因素的訊務模型。該模型可用以分析及追蹤 UMTS 系統的真实訊務情形。

無線電資源管理(RRM)包括五個主要元件，分別負責管理系統與使用者端之間的溝通協調，這些元件包括負責允入控制與壅塞控制的允入控制器(Admission Controller, AC)；在連線過程中控制 Eb/No 值與傳送接收功率調整的功率控制器(Power Controller, PC)；負責各個使用者封包傳送與 QoS 品質的封包排程器(Packet Scheduler, PS)；協調 Node B 間負載平衡的負載控制器(Load Controller, LC)；以及在交遞中負責交遞程序管理的交遞控制器(Handoff Controller, HC)。RRM 的主要功能是確保使用者的 QoS，並提供系統運作時系統容量

(capacity)與涵蓋範圍(converge area)的規劃，藉由 RRM 元件間的協調運作可讓使用者端與系統端運作達到最佳化。此五大元件的簡述及各元件間的運作關係如圖九所示。



圖九：RRM 元件間運作關係

- (1) **允入控制器(AC)**：此為最重要的控制器，藉由 AC 的運作與協調，可得知目前系統狀態並與系統各元件間做協調以取得最佳化的配置。
- (2) **負載控制器(LC)**：控制上下傳負載，以壓縮、降級、通道借調方式控制頻寬，並負責監控網路環境。
- (3) **交遞控制器(HC)**：在蜂巢系統中，當使用者從一個基地台的範圍移動到另一個基地台的範圍時，HC 負責處理使用者移動性的問題。HC 會依照使用者不同的移動方式(soft handoff 或 hard handoff)，減低交遞(handoff)造成的延遲及干擾，並依照使用者不同的服務等級來處理交遞，告知欲移動目的地的基地台保留頻寬及調整信號功率。
- (4) **功率控制器(PC)**：在 WCDMA 中是以無線通訊做為傳輸媒介，在傳送訊號的過程中會遭遇許多干擾，例如因使用者快速移動會導致訊號快速衰減而產生 fast-fading 問題；在傳送過程中遇到障礙物(如建築物)也會因反射電磁波的快慢與強弱而導致接受端接受的訊號會有時間差的 multi-path 問題。此外在傳輸過程中需依據使用者端目前的狀態對功率大小調整 Eb/No 值的設定及 Frame Error Rate (FER)的要求而有 inner-loop PC，outer-loop PC，open-loop PC 等不同方法。
- (5) **封包排程器(PS)**：針對使用者封包依 QoS 需求及優先權高低做排班分配，以期滿足每位使用者所期望的服務品質。因 WCDMA 有四種不同的服務類別，服務類別間對延遲(delay)、延遲變化量(jitter)、封包漏失量(packet loss)的需求各有不同，因此有效利用 PS 可增加系統的使用者最大容量，該部分的運作需搭配 AC 共同來控制。

上述系統元件中以 AC 為主要控制單元，對每位使用者個別的服務需求決定允入與否，使用者藉由傳送 Packet Data Protocol Context(PDP Context)與 RRM、SGSN 及 GGSN 溝通 QoS profile 後，AC、PC 和 PS 會決定一組最佳解來提供使用者可得到的 QoS 品質。當決定最佳解後，PC 會通知使用者調整功率大小至計算的值，以期將干擾降到最低。PS 也會排定使用者封包的傳送順序與優先權，並參考 feedback 的資訊，動態調整封包的傳送速率與優先權以期達到所承諾的 QoS 品質；並且當使用者需要交遞時與 HC 溝通以達到交遞時 QoS 的保證。整體系統的負載平衡則由 LC 負責，LC 會將基地台的負載平衡至多個基地台，不致使某一特定基地台的負載過重，也可因此降低干擾並提升頻道使用率。

我們利用 Hidden Semi-Markov Model (HSMM)結合批次到達(batch process of arrival)的觀念建構出一個複合式訊務模型，包括行為模型、無線電傳播模型、行動模型及會期模型等四個子分析模型。我們也定義出對應於 ALL-IP 網路的相關系統參數。

我們先後研究在無線電擷取層中區別不同的 QoS 類別、規劃無線電資源管理內部元件、提出適合四種類別的訊務模型及佇列模型(Queuing Model)，並提出系統最佳化流程設計。每個部分各自有其不同輸入及輸出的需求參數，需要規劃一個對應機制，將頻道狀態(Channel status)、訊務及系統的負載資料統合送至 RRM 中的 PS 作排班，期能達到系統最佳化的目標。上述技術的相關細節請參照[8,9,10,11,12,13]。

6.2 無線區域網路品質管理

這個章節介紹無線區域網路的服務品質管理機制。我們假設，使用無線區域網路連結上網的行動使用者不僅可以利用單跳接(single hop)直接連上最近的擷取點(access point)，在距擷取點稍遠時也可靠著其他中間的行動使用者的轉接，以多跳接(multihop)的方式連到最近的擷取點。而無線區域網路的網路服務業者(WLAN ISP)，將所管理的無線區域網路擷取點，用無線都會網路骨幹串連，在這服務範圍下無線使用者可以漫遊其中，以致能享有一定的服務品質。

在最近幾年之內，IEEE 802.11b 的產品如雨後春筍般的快速的佔據無線網路的市場，傳輸速率也相對提昇到 54Mbps (11a/11g)。我們將可肯定的是，未來將會有更多需要高頻寬的無線應用會被開發與頻繁使用。未來無線數據服務平台的成功與否，其關鍵因素之一就是，提供高品質的服務。所以相關的服務品質技術必須要被重視，且需要儘快被解決。

這個部份的主要研究目的就是(i)在 IEEE 802.11 無線上網的架構下，研究提供服務品質的關鍵技術；(ii)開發有效的資源管理技術，控制無線區域網路與核心骨幹網路之間的對應參數與效能。我們將無線數據應用根據他們的特性與效能需求作類似 3GPP 所制定的分類。並假設核心網路以差別性服務(Differentiated Service)作為支援服務品質的技術。以下簡單整理我們在不同層的網路協定，所完成的相關服務品質研究成果。

關於無線應用的需求與分級，相對地要提供一定的服務品質滿意度。我們開發了一個數學模型去分析封包傳送延遲與漏失，藉此依據來選擇允入控制的政策，網路服務的參數對應與資源管理機制[28]。

針對不同等級服務的頻寬的控管，我們也研發一個新的 MAC(Medium Access Control)機制可以支援差別性的服務[24]。在實作上則採用了 CBQ (Class-Based Queueing)在擷取點上以控制頻寬[19]。

更進一步，關於 TCP 在無線網路上的不穩定與不公平現象，以及 802.11 無線區域網路的大範圍干擾特性，我們提出一個可調的 RTS/CTS 控制法則，研究指出可以大幅提昇網路吞吐量(throughput)，也就是增進服務品質[25]。

最後再針對無線區域網路漫遊者而言，我們根據 IAPP (Inter-Access Point Protocol)標準實作無間隙漫遊，並且在漫遊換手過程保持相對的服務品質[26]。另外，我們也實作一套室內 802.11b 定位與追蹤系統[27]，來幫助換手的預測，也就是可以事先保留新擷取點的網路資源來維護換手前後不斷線又有相同的服務品質水準。

我們的離型系統包括上述的主要特點：有 IAPP、負載平衡、無間隙漫遊、CBQ 頻寬控管、以及定位功能。至於 MAC 協定包括改良的 RTS/CTS，支援服務品質的媒介存取機制，則以模擬方式來分析我們的結果與評估效能。

7. 結語

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

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

誌謝

本研究是由國科會電信國家型計畫經費所支持，計畫編號為 NSC 92-2219-E-004-001, 002, 003, 004 及 NSC 91-2219-E-004-001, 002, 003, 004, 005。參與本項研究的研究生為陳逸民，陳建同，陳明志，李宗勳，連志峰，涂建明，楊博丞，陳宗儀，楊鎮宇，洪俊勳，林政豪，吳鳳翔，林振欽，徐榮志。

參考文獻

1. 3rd Generation Partnership Project, "Architecture for an All IP network", 3G TR 23.922 version 1.0.0, Oct. 1999.
2. 3rd Generation Partnership Project, "QoS Concept and Architecture (Release 5)", 3GPP TS 23.107 V5.3.0, Jan. 2002.
3. AQUILA, <http://www.salzburgresearch.at>.
4. D. Black, M. Carlson, E. Davies, and Z. Wang, "An Architecture for Differentiated Services", RFC 2475, Dec. 1998.
5. Nicolas Christin, and Jorg Liebeherr, "A QoS Architecture for Quantitative Service Differentiation", *IEEE Communications*, June 2003.
6. Thomas Engel et al., "AQUILA: Adaptive Resource Control for QoS Using an IP-Based Layered Architecture", *IEEE Communications*, Jan. 2003.
7. Janusz Gozdecki, Andrzej Jajszczyk, and Rafal Stankiewicz, "Quality of Service Terminology in IP Networks", *IEEE Communications*, Mar. 2003.
8. Hung-Chin Jang, Roger Hsu, Chen-Chin Lin, and Chen-Yu Yang, "A Framework for Handover with QoS Control," *The 8th Mobile Computing Workshop*, Taiwan, R.O.C., 2002.
9. Hung-Chin Jang, Chen-Yu Yang, Yen-Ju Li, and Hau-Wan Leung, "Planning of the Radio Resource Management in WCDMA Network," *The 8th Mobile Computing Workshop*, Taiwan, R.O.C., 2002.
10. Hung-Chin Jang, Chen-Yu Yang, Chen-Chin Lin, and Hau-Wan Leung, "Optimization of Resource Allocation in WCDMA Network," *The 8th Mobile Computing Workshop*, Taiwan, R.O.C., 2002.
11. Hung-Chin Jang, and Chen-Chin Lin, "Optimization of Bandwidth Allocation for 3G Using Genetic Algorithm," *2002 Symposium on Digital Life and Internet Technologies*, National Cheng Kung University, Taiwan, R.O.C., June 27-28, 2002.
12. Hung-Chin Jang, and Roger Hsu, "3GHOSim: A Handoff Simulation Tool for 3G Mobile Communications System," *2003 Symposium on Digital Life and Internet Technologies*, National Cheng Kung University, Taiwan, R.O.C., Sep. 18-19, 2003.
13. Hung-Chin Jang, and Chen-Yu Yang, "Traffic Model Architecture for UMTS," *2003 National Computer Symposium (NCS 2003)*, Taiwan, R.O.C., pp. 770-777, 2003.
14. Andrzej Jajszczyk, "Telecommunications Networking at the Start of the 21st", *IEEE Communications*, Jan. 2001.
15. Yao-Nan Lien, and Chien-Tung Chen, "Budget-Based End-to-End QoS Management for All-IP Networks", *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
16. Yao-Nan Lien, and Ming-Chin Chen, "Distributed Resource Management and Admission Control in Budget-Based QoS Management for All-IP Core Networks", *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
17. Yao-Nan Lien, and Tsung-Hsung Li, "Path Planning in Budget-Based QoS Management for All-IP Core Networks", *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
18. Yao-Nan Lien, and Yi-Ming Chen, "Forecasting Error Tolerable Resource Allocation in Budget-Based QoS Management for All-IP Core Networks", *NCCU-CS Tech. Report*, Sep. 2003.
19. C-H Lin, F-H Wu, and Tzu-Chieh Tsai, "Wireless Network Bandwidth Control", *Taiwan Area Network Conference*, 2003, Taipei, Taiwan.
20. Stan Moyer, and Amjad Umar, "The Impact of Network Convergence on Telecommunications Software", *IEEE Communications*, Jan. 2001.
21. Eleni Mykoniati et al., "Admission Control for Providing QoS in DiffServ IP Networks: The TEQUILA Approach", *IEEE Communications*, Jan. 2003, pp. 38-44.

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