

寬頻網際網路品質探討

林盈達

摘要

服務品質顯然已經成為網際網路進一步發展所要面對解決的最大問題，以先前的 IETF 組織所研議的 IntServ 方案因延展性 (scalability) 受限而停滯不前，近來的 DiffServ 方案因可解決這項問題而獲得業界的支援。本文將以精簡的文字以及許多比較圖表，首先探討在網際網路上提供服務品質的四種策略，比較它們的差異，接著說明 IntServ 與 DiffServ 兩個方案實施時所需的技術元件，最後討論幾種可能服務架構形態。

1. 提供服務品質之策略

以封包交換技術為基礎的網際網路先天上就很容易壅塞，封包經常因為路線頻寬不足或路由器交換處理不夠快而塞在各個地方的暫存器，甚至因為暫存器過滿而流失封包，這是有別於電路交換技術中，連線一旦建立起來就不會有問題的狀況。解決這個問題的策略，可以歸納為四項，依複雜度由低而高排序，為 over-provisioning、priority、per-class、per-flow。第一種方式 over-provisioning 是提供遠超過目前流量需求的線路與節點的頻寬即絕對頻寬，使擁塞的狀況不太可能發生，網路內部則不使用複雜的服務品質控制機制，這就是像將高速公路路網蓋成是 6 線道，即使沒有任何的 control，塞車的可能性將很低，但這種策略的缺點是頻寬的投資過大，且隨著流量的資長，變化需增加調整，最重要的是，擁塞仍是可能發生，沒有任何保證。第二種方式 priority 是將封包分等級，網路壅塞時高等級的封包將獲得優先處理，所以延遲及流失的現象較輕微，但因為不限制封包的進入，當有太多高級的封包出現在一個節點時，壅塞仍是可能在高等級封包上，只能保證高等級封包比低等級封包有較低的延遲及流失。

要能保證服務品質，先決條件是要有經過嚴謹測量及計算的進入控制 (admission control)，然後再搭配網路節點的監控 (policing) 與排程 (scheduling) 機制，第三、四種方式都是屬於此類，兩者的差異在於後者個別紀錄及處理封包流 (flow，即一串由相同起始與目的的節點及埠所產生的封包，是 connection 在 connectionless IP 網路中的相似詞)，而前者在網路進入點 (即 edge router) 便將封包分類 (classification) 貼成數種等級紀錄及處理各個封包流的特性 (即 traffic 參數) 與需求 (即頻寬參數)。後者即是 IETF 的差別式服務 Differentiated Services (DiffServ) [8.9.10]。我們可以舉經營一家 pizza 店當作一個例子，IntServ 方案就像經營一家沒有 menu 的 pizza 店，顧客可以完全決定所要 pizza 的皮、料、大小等等，當然侍者及廚師也要記住每一個顧客的點單上的細項，並個別依此處理，顯然經營這樣的 pizza 店的營運複雜度是 per-customer 的，這樣的店顯然很難同時應付 500 個顧客的，即使服務生 (即 edge router) 辦的到紀錄顧客的要求，廚師 (即 core router) 也沒有辦法紀錄與處理。在另一方面，DiffServ 方案就像

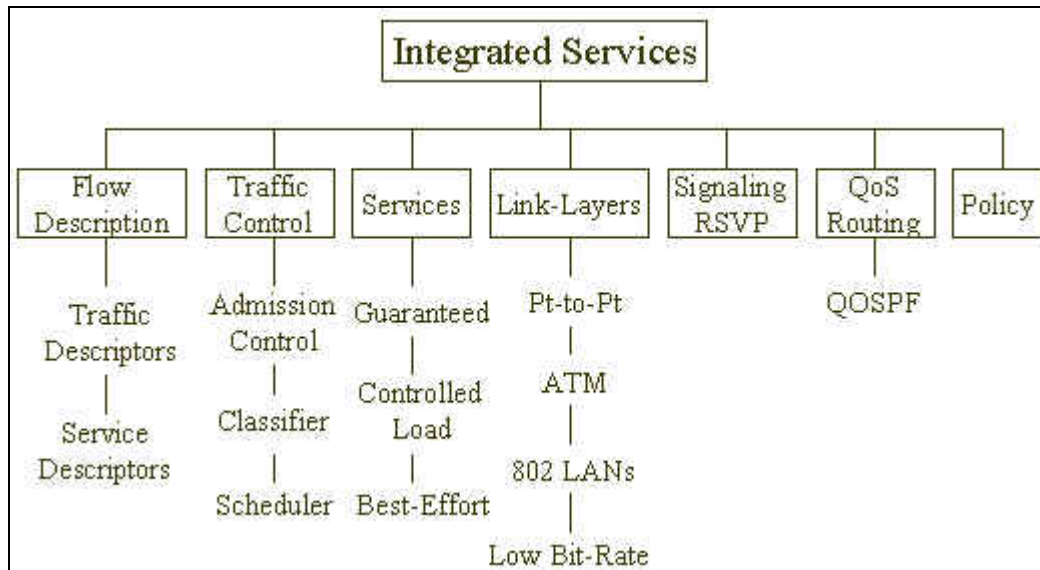
經營一家有固定 menu 的店，如果 menu 有 10 項，服務生及廚師所要紀錄及處理的只是 10 個 counter，這時的營運複雜度是 per-menu_item，即固定在 10 的複雜度，不會因為顧客數增大而提高，因此具有比較好的延展性（scalability）。

2. IntServ 與 DiffServ 的技術元件

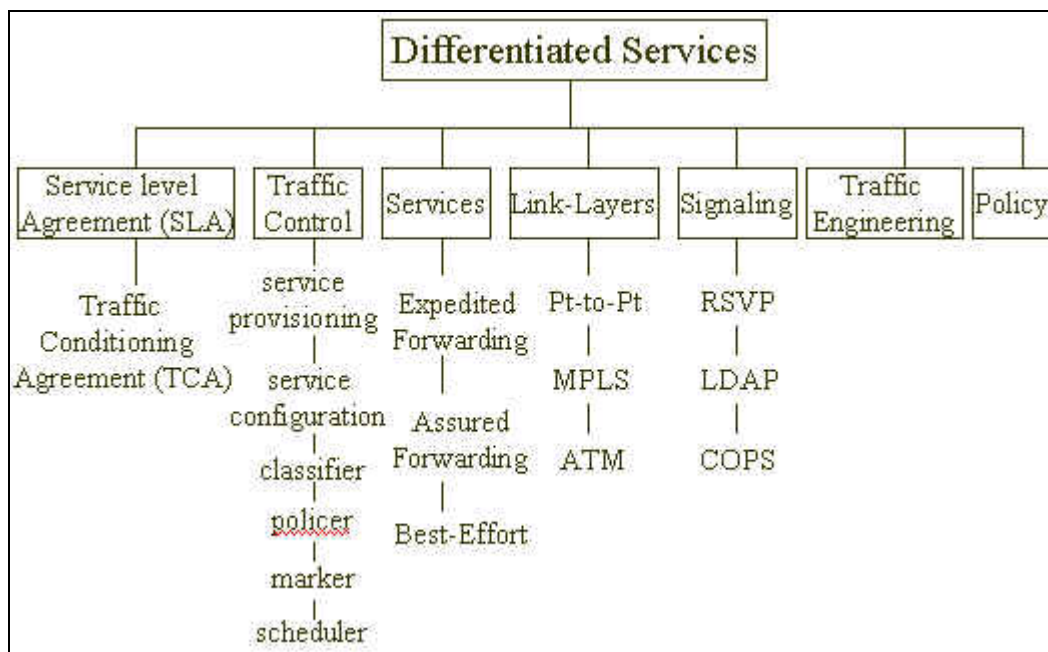
表一比較 IntServ 及 DiffServ 的 QoS 刻度，服務種類頻寬分配方式、訊號種類、封包分類方式與地點、監控與排程地點、以及實施複雜度，圖一與圖二分別表示 IntServ 及 DiffServ 需要支援的技術元件，讀者可檢查此兩圖的對應關係。除了先前提到 per-flow 與 per-class 的差異，兩個方案都定義了定量（quantitative）及定性（qualitative）兩類服務，定量服務要求嚴格的服務品質參數，但定性服務只能敘述性（如 controlled load 的”best effort over uncongested network”）或比較性（Assured forwarding 的 priority class 及 precedence 等級），由表二的比較中我們知道 Controlled Load 沒有使用 RSVP（ReSerVation Protocol）[2,3,4]的 Rspec（Requirement Spec）之參數，直接要求預留多少頻寬，而是由路由器自行根據 Tspec（Traffic Spec）參數決定，而表三則是說明 Assured Forwarding 分成 4 個 class（代表 delay priority），每個 class 再分成 3 個 subclass（代表 loss/drop precedence）。相對來說，定量服務則是要提供嚴格的延遲與流失量之保證，例如表三的 Guaranteed 服務要求任一封包不能超過 delay bound 且不能有 loss。

	IntServ	DiffServ	Best-Effort
Granularity of QoS	Per-flow	Per-class	None (fair to all)
Services	Guaranteed (quantitative) Controlled Load (qualitative)	Expedited Forwarding (quantitative) Assured Forwarding (qualitative)	“best-effort”
Resource Allocation	Dynamic	Static or Dynamic	None
Signaling	RSVP (for host/router)	RSVP (for host) RSVP/LDAP/COPS (for bandwidth broker) COPS for core router	None
Classification	Multi-field at host/router	Multi-field at the edge, DS-field at the core	None
Control	At host/router	Marking at the edge, queue mngt at the core	FIFO only
Complexity	High	Medium	Low

表一.IntServ vs DiffServ



圖一 IntServ Elements



圖二 DiffServ Elements

	Guaranteed	Controlled Load	Best Effort
Parameters	Tspec Rspec	Tspec No Rspec	None
QoS	Delay bound No loss	Best-effort over uncongested network	None
Traffic control	Admission control Policing Scheduling	Admission control Policing Scheduling	FIFO scheduling
RFC	RFC 2212	RFC 2211	Many others

表二 IntServ Services

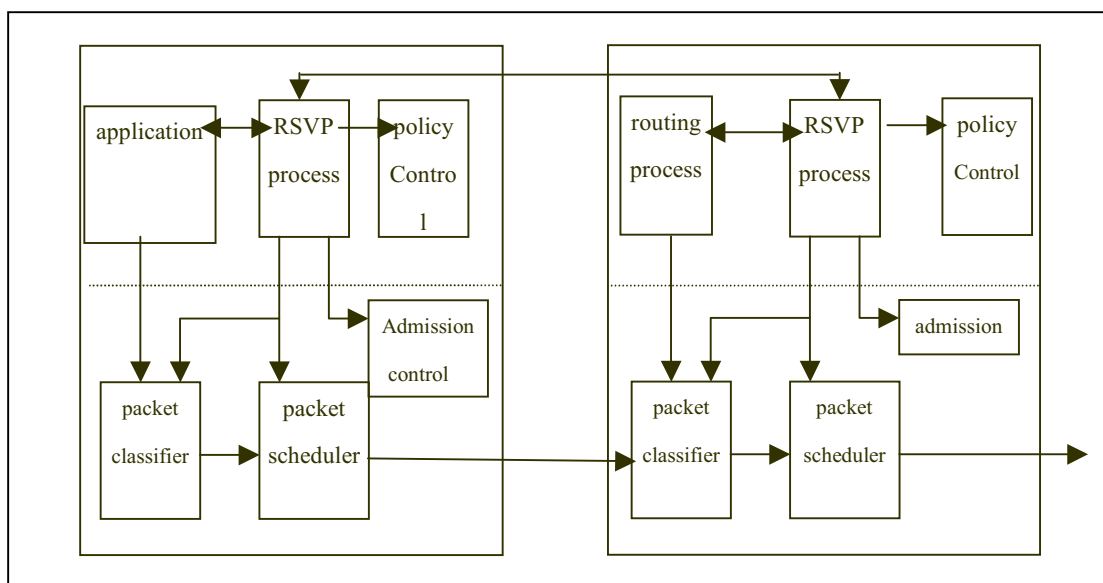
PHB Group	AF (Assured Forwarding)					EF (Expedited Forwarding)	Best-Effort
Features	Olympic service(an example) 4 delay priority classes, each with 3 drop precedence subclasses (quantitative service)					Premium/Virtual Leased Line Service (quantitative service)	none
Recommended DSCP in DS-field		AF1	AF2	AF3	AF4	101110	000000
	Low	010000	011000	100000	101000		
	Middle	010010	011010	100010	101010		
	High	010100	011100	100100	101100		
Traffic Control	Static SLA Policing, classification, marking RIO/WRED scheduling					Dynamic SLA Policing, classification, marking Priority/WFQ scheduling	FIFO scheduling
Non-conforming Traffic	Re-mark as Best-Effort					Drop	Forward

表三. DiffServ Services

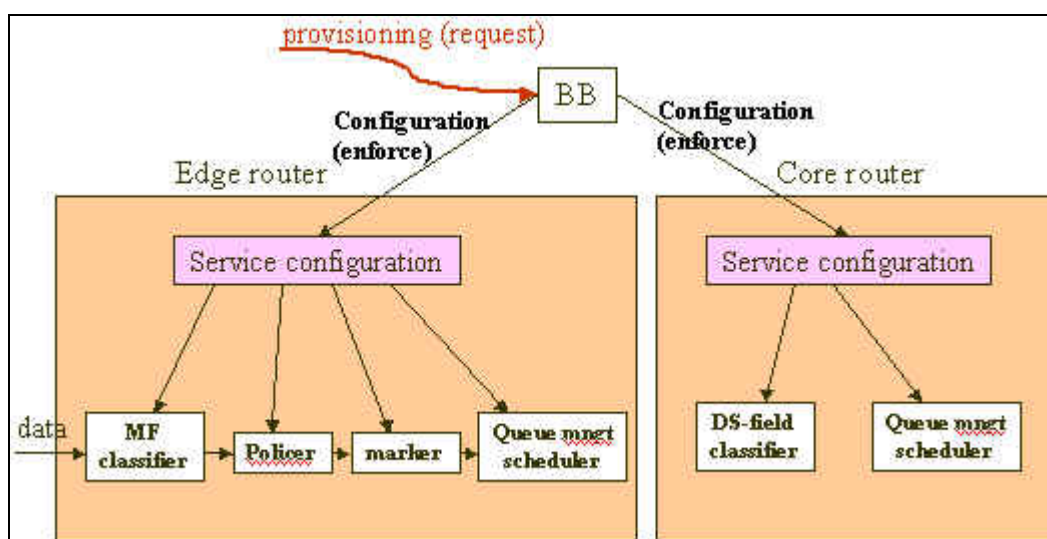
IntServ 的使用者必須透過 RSVP 協定宣告封包流特性 (Tspec) 及保留頻寬 (Rspec)，路徑上的所有路由器都要處理這些 RSVP 協定訊息，進行進入控制，決定是否讓其進入，而 DiffServ 則是將這些訊務處理盡量簡化，作法是除了及時的動態服務 (即 dynamic SLA-Service Level Aggrement) 另外提供靜態的服務 (即 static SLA)，static SLA 即事先已建好的服務，頻寬資源也預先分配，而 dynamic SLA 則需透過 RSVP 向 DiffServ 網路中的 bandwidth broker 要求，經過計算，若將其允入，則透過 COPS (Common Open Policy Service) 去調整 (configure) 所要經過的 edge router 及 core router。

經過訊務處理被允入的封包的封包即可開始進入網路，這些封包必須過監控 (policing)、分類 (classification)、排程(scheduling)等處理，才能確保所預約的服務等級能夠實際用於這些封包，圖三是 IntServ 中一個 RSVP host 及一個 RSVP

router 內部的控制模組，而圖四是 DiffServ 中一個 edge router 及一個 core router 的封包處理機制以及它們與 bandwidth broker 之間的訊務關係，此圖中的 service provisioning 及 configuration 即是用來完成 DiffServ 訊務處理中的 request 及 enforcement 動作。我們可以發現，DiffServ 方案將大部分的訊務處理移至 edge router 及 bandwidth broker，讓 core router 單純專心處理資料封包，而 edge router 與 core router 的封包處理流程也不同（即根據數個欄位進行 MF(Multi-Field) classification），並將它貼上如表三所示的 DSCP（DiffServ Code Point）標籤於 IP header 的 DS-field（即 TOS 的前 6 個 bits），而 core router 只要進行簡單的單一欄位 DS-field classification 即可知道要使用何種服務，即放入那一個 queued 的那個位置進行排程處理。



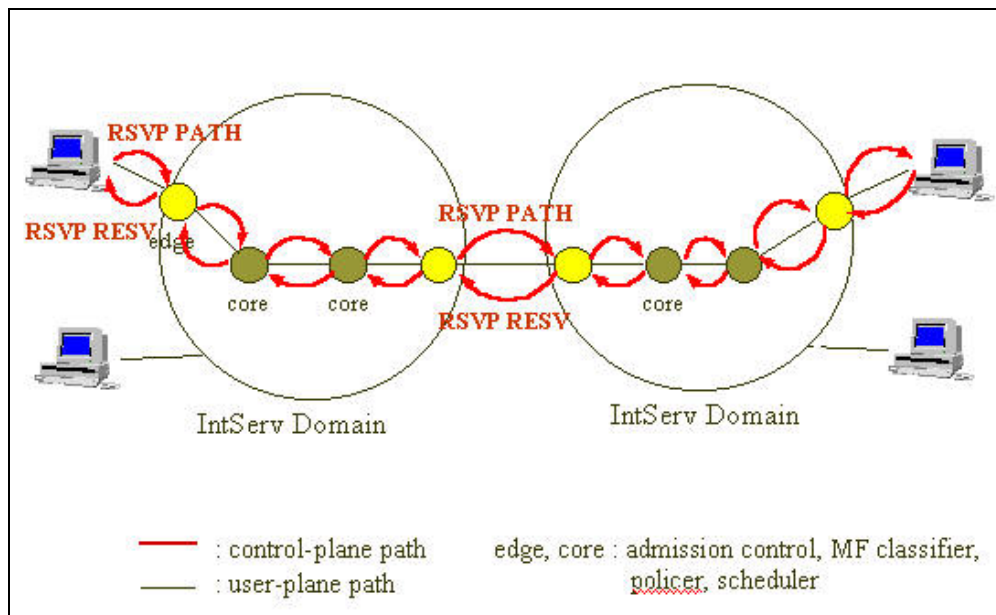
圖三.IntServ RSVP-capable Host/Router



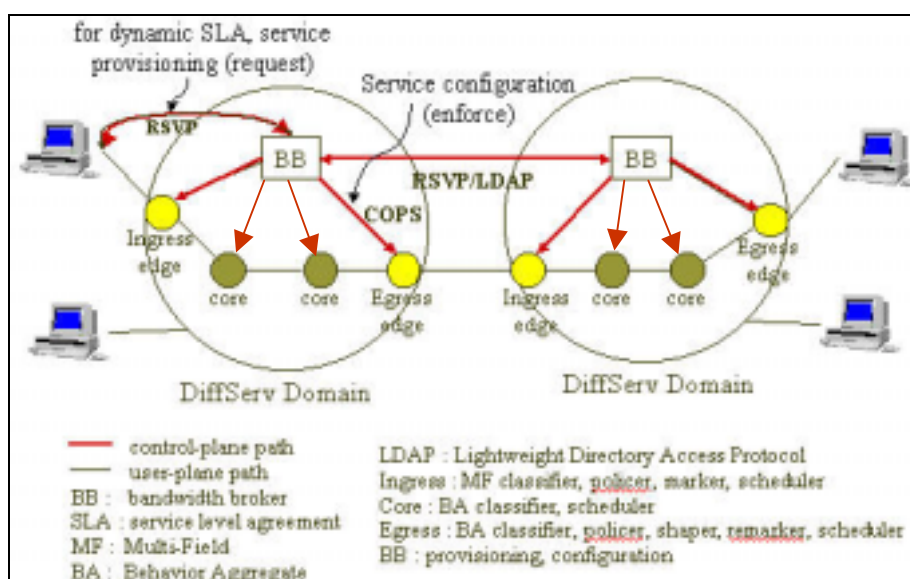
圖四 DiffServ DS-capable Edge/Core Router

3. 服務架構

圖五及圖六分別顯示 IntServ 及 DiffServ 的運作架構，在 IntServ 中路徑上的所有節點，必須紀錄及處理各個封包流的訊務（即 control-plane 封包）及資料封包（即 user-plane 封包），但在 DiffServ 中，訊務移至 bandwidth broker，使 router 負載減輕，此二圖中的 Domain 可能是一個 ISP(Internet Service Provider) 或企業網路。可以預見一個比較可能的情況是 ISP 開始提供 DiffServ 服務，而訂用的企業內部則可能沒有提供任何 QoS 服務或提供 over-provisioning 避免企業內部壅塞，企業內部也有可能使用 DiffServ 或 IntServ 來保證 QoS。但要 ISP 提供 IntServ 顯然在數年內是不可能，除非延展性相對於各種控制模組的速度已經不是問題。



圖五 Generic IntServ Operational Model



圖六 Generic DiffServ Operational Model

4. 結語

服務品質的提升與保證方案大致上可分成四類，DiffServ 方案顯然已經獲得大多數設備廠商的支持與全力投入研發，服務廠商也正引頸期待希望能早日更換新一代能提供 DiffServ 的網路設備，以期能滿足各種用戶的需求，吸引更多網際網路使用者，並提升營業額，我想這次 QoS 的實現是在短期內可以預期的，而不再是畫大餅了。

除了本文提到的協定標準與服務架構，DiffServ 整體實現的效果與效率還有賴非標準的各種控制演算法之設計，包括 admission control，policing，classification，scheduling，QoS routing，policy management 等，許多核心演算法都是廠商可以自己決定的，它們將會決定產品的等級與評比結果，也應是研發高階產品時的重點。

參考資料

1. IETF <http://www.ietf.org>
2. R. Braden, Ed., "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Functional Specification," Internet RFC 2205, September 1997.
3. R. Braden and L. Zhang, "Resource ReSerVation Protocol (RSVP) - Version 1 Message Processing Rules," Internet RFC 2209, September 1997.
4. J. Wroclawski, "The Use of RSVP with Integrated Services," Internet RFC 2210, September 1997.
5. J. Wroclawski, "Specification of the Controlled-Load Network Element Service," Internet RFC 2211, September 1997.
6. S. Shenker, C. Partridge, and R. Guerin, "Specification of Guaranteed Quality of Service," Internet RFC 2212, September 1997.
7. S. Shenker and J. Wroclawski, "General Characterization Parameters for Integrated Service Network Elements," Internet RFC 2215, September 1997.
8. T. Li, Y. Rekhter, "A Provider Architecture for Differentiated Services and Traffic Engineering", Internet RFC 2430, October 1998.
9. K. Nichols, S. Blake, F. Baker, D. Black, "Definition of the Differentiated Services Field (DS Field) in the IPv4 and IPv6 Headers", Internet RFC 2474, December 1998.
10. S. Blake, D. Black, M. Carlson, E. Davies, Z. Wang, W. Weiss, "An Architecture for Differentiated Service", Internet RFC 2475, December 1998.

(本文作者林盈達為交大資訊科學系教授)

Background of author

Ying-Dar Lin was born in Hsi-Lo, South Taiwan, in 1965. He received the Bachelor's degree in Computer Science and Information Engineering from National Taiwan University in 1988, and the M.S. and Ph.D. degrees in Computer Science from the University of California, Los Angeles in 1990 and 1993, respectively. At UCLA Computer Science Department, he worked as a Research Assistant from 1989 to 1993 and worked as a Teaching Assistant from 1991 to 1992.

In the summers of 1987 and 1991, he was a technical staff member in IBM Taiwan and Bell Communications Research, respectively. He joined the faculty of the Department of Computer and Information Science at National Chiao Tung University in August 1993 and is Professor since 1999. His research interests include design and analysis of high-speed LANs/MANs/WANs, high-speed switching and routing, and network-centric computing. Dr. Lin is a member of ACM and IEEE. He can be reached at ydlin@cis.nctu.edu.tw.

Research Areas

- Design, Analysis, and Implementation of Network Protocols and Algorithms
- Internet QoS Switch Router
- Interactive CATV
- Network-Centric Computing: Platforms and Applications

Please visit the homepage for more information

<http://atm5.cis.nctu.edu.tw/~ydlin/>