

國家實驗網路上以政策為基礎的差別式服務環境之建置與測試†

Establishment and Experiments on Policy-based Differentiated Services for National Broadband Experimental Networks

‡周立德¹ 孫雅麗² 陳奕明³ 高啟嘉¹ 陳瑞明¹ 翁培釗⁴

¹ 國立中央大學資訊工程學系

² 國立台灣大學資訊管理學系

³ 國立中央大學資訊管理學系

⁴ 國立台灣大學電子計算機中心

Email: cld@csie.ncu.edu.tw

摘要

傳統網路只提供最簡單的 best effort 資料傳送,毫無網路服務品質可言,差別式服務(Differentiated Services, 簡稱 DiffServ)可針對特定的網路訊務及應用提供不同等級的服務品質,對網路資源做合理而有效的運用。本論文使用 Optivity Policy Services (OPS) 軟體於國家實驗網路上之 Nortel Bay Router System 5000 建置一以政策為基礎的 DiffServ 環境,並以 SmartBits 智慧型多埠網路效能分析器與網路監控程式配合,設定與測試訊務分類、頻寬控制及重訂標籤等功能。本論文並同時於中大與台大設定頻寬政策以測試其可行性及效能。

1. 前言

現有網路採 best effort 的方式傳送資料,不保證網路服務品質,所有訊務均一視同仁地共享頻寬。隨著網路應用的多元化,除了傳統的數據資料之外,影像、語音等多媒體網路應用有不同的服務品質(Quality of Service, 簡稱 QoS)需求,若能依據使用者身份與網路應用之特性來決定頻寬之分配量與使用優先權,將可提昇網路傳輸之效益,並對網路資源作合理而有效的運用。具有 QoS 保證之網路可設定訊務的優先權、分配網路頻寬及資源予應用程式和使用者,並提供安全保護措施,以提昇頻寬使用率,對網路資源做最佳運用,減少非必要的硬體投資。目前被廣泛研究與討論的服務品質型態為整合式服務(Integrated Services, 簡稱 IntServ)[1]及差別式服務(Differentiated Services, 簡稱 DiffServ)[2]。IntServ 對訊務流預留資源以保證 QoS,但必須知道整個網路的拓樸架構而較不具 scalability,一般使用於 Intranet 或小型的網路內。DiffServ 依據每一訊框內之 DSCP (DiffServ Code Point) 欄位分類後給予不同等級之 QoS,但 scalability 較佳,適用於範圍較大的 Internet 網路。

國家寬頻實驗網路(National Broadband Experimental Networks, 簡稱 NBEN)由十二個網接中心(Point of Presence with Gigabit capacity, 簡稱 GigaPOP)組成,每一網接中心均由一部 ForeRunner ASX1000 ATM 交換機及一部 Nortel Bay Router System 5000(BayRS 5000)路由器構成。BayRS 5000 之作業系統為 BayRS 14.00 版,支援 DiffServ 協定並可利用 Technician Interface (TI)、Site Manager 軟體及 Optivity Policy Services (OPS) 軟體設定 DiffServ 功能之參數。其中 TI 之 Command Line 設定方式需記憶繁瑣指令;Site Manager 軟體雖具圖形介面,但須安裝於每一控管 BayRS 5000 之電腦方能操作;而 OPS 伺服器於安裝後,任一要控管路由器之電腦可藉由瀏覽器進行設定。本論文採用 OPS 軟體設定 DiffServ 環境。

OPS [3][4] 軟體採用共同開放政策服務(Common Open Policy Service, 簡稱 COPS) [5] 協定控管 BayRS 5000,相關資訊存放於 Oracle8 Database Server 中,並利用輕量級目錄存取協定(Lightweight Directory Access Protocol, 簡稱 LDAP) [6] 存取資料庫資訊。OPS 軟體對該公司 BayRS 5000 路由器提供 DiffServ 相關的操作介面,建置一以政策為基礎(policy-based)的 DiffServ 環境,使 BayRS 5000 可作為 DiffServ 環境中之邊界路由器(edge router)或核心路由器(core router)。

本論文於 NBEN 之路由器建置以政策為基礎的 DiffServ 環境,並進行測試以驗證其可行性及傳輸效能。本論文除單獨對中央大學之 GigaPOP 進行測試外,並擴大實驗範圍至台灣大學,測試 OPS 所定之頻寬政策在多個 GigaPOP 之運作狀況。

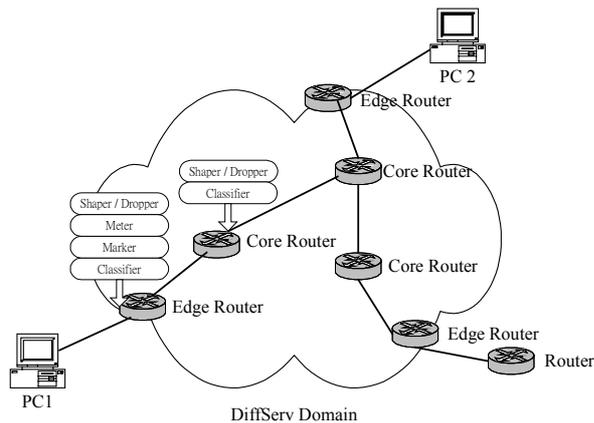
2. Diffserv、COPS 與 LDAP

2.1 DiffServ

IntServ 對每一訊務流進行資源預留,以得到

† This research was supported by NBEN QoS Group, National Science Council of the Republic of China.

‡ Corresponding author.



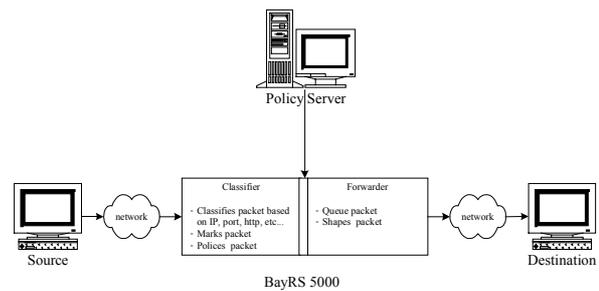
圖一 DiffServ 環境中邊界路由器及核心路由器之分佈與功能

服務品質保證，但也因路由器必須以訊務流為單位處理大量的資料，除增加工作負載外，其 scalability 亦不佳。相較之下，DiffServ 並非以訊務流為處理單位，而是以類別 (class) 為單位，大部分的工作交由邊界路由器處理，而核心路由器只需進行簡單的類別確認及轉送即可，此方面的資訊記錄於單次跳躍行為 (Per Hop Behavior, 簡稱 PHB) [7] [8] 上，並迅速放入適當的佇列進行排程處理，以減輕路由器的負擔，提昇網路資料傳輸效率。訊務流在進入 DiffServ 環境時，邊界路由器依據事先訂好的分類規則，將訊務流分類再送入差別式服務區域 (DiffServ Domain) 中。圖一為 DiffServ 環境中邊界路由器及核心路由器之分佈與功能，邊界路由器內含有分類器 (Classifier)、標示器 (Marker)、計量器 (Meter)、塑造器 (Shaper) 及丟棄器 (Dropper) 等模組。而核心路由器之構造較簡單，僅包含分類器、塑造器及丟棄器。以下介紹這些模組：

- (1) 分類器：邊界路由器內之分類器由 IP 標頭中的來源地址、目的地址、服務型態、協定識別號碼、來源埠及目的地埠等資訊，依內定法則將訊務流予以分類。而核心路由器內之分類器則僅讀取 DSCP 標籤得知此訊務流之等級後，交由塑造器及丟棄器對其進行適當處理。
- (2) 標示器：經過分類之訊務流由標示器將分類資訊填入 DSCP 標籤。
- (3) 計量器：用於統計訊務流量。若訊務量超出訂定之法則，則通知標示器降低訊務流等級，或交由塑造器和丟棄器進行後續處理。
- (4) 塑造器：利用不同長度的緩衝器，針對延遲時間等不同需求將訊務流依特定順序送出，可達到依類別等級調整傳送先後順序之目的。
- (5) 丟棄器：拋棄部份或全部之封包，使訊務流得以符合特定之 traffic patterns。

2.2 COPS

COPS 協定是藉由政策執行端 (Policy



圖二 使用 OPS Policy Server 設定 BayRS 5000 路由器之 DiffServ 功能

Enforcement Point, 簡稱 PEP) 與政策判斷端 (Policy Decision Point, 簡稱 PDP) 之間的詢問與回應方式來交換政策相關資訊，以 TCP 來傳送 PDP 與 PEP 之間的訊息。PEP 向 PDP 傳遞 request、update 及 delete 之訊息，而 PDP 將會回傳 decision 之資訊。OPS 軟體之 Policy Server 使用 COPS 協定將管理者設定之 DiffServ 政策傳遞至 BayRS 5000 路由器，若客戶端傳送資料經過 BayRS 5000 路由器時，其依據 Policy Server 所設定之政策對訊務流分類並填入 DSCP 標籤後，將訊務流轉送至下一路由器。圖二說明 OPS Policy Server 如何設定 BayRS 5000 路由器之 DiffServ 功能 [3]。

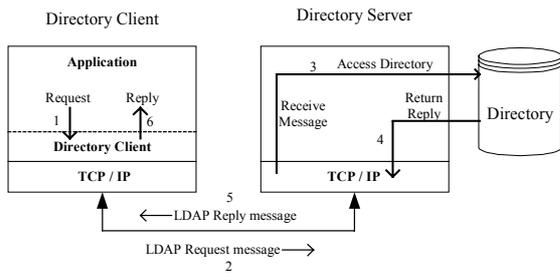
2.3 LDAP

OPS 軟體採用 LDAP 協定存取存放政策之資料庫。LDAP 為目錄伺服器 (directory server) 與目錄客戶端 (directory client) 間的通訊協定，定義目錄客戶端在存取目錄時所使用的訊息傳遞方式及格式。目錄為一有組織的資訊物件列表，使用者及應用程式可藉由某特性搜尋所需之資訊物件。LDAP 協定允許資訊在不同的目錄服務間相互傳遞，並允許使用者建造和查詢目錄。圖三為 LDAP 目錄客戶端與伺服器端之架構 [3]，執行步驟如下：

- (1) 目錄客戶端之應用程式發出請求。
- (2) 透過 TCP 連線傳送 LDAP 之請求訊息。
- (3) 目錄伺服器端接收 LDAP 請求訊息，據此存取或查詢目錄。
- (4) 將存取或查詢之結果回傳。
- (5) 以 TCP 連線傳回 LDAP 回覆訊息。
- (6) 目錄客戶端之應用程式獲得結果。

2.4 OPS 與 COPS 及 LDAP 之關聯

本論文於 NBEN 上利用 OPS 軟體建置一以政策為基礎的 DiffServ 環境，OPS 軟體採用 COPS 協定控管 BayRS 5000 路由器及 LDAP 協定存取資料庫之政策資訊。圖四為 OPS 軟體與 COPS 及 LDAP 之關聯，網路管理者設定政策之運作流程如下：



圖三 LDAP 之目錄客戶端與伺服器端之架構圖

- (1) 網路管理者於客戶端電腦利用瀏覽器登入 OPS Policy Server，使用 HTTP 協定傳送登入與設定政策之相關資料。
- (2) 使用 LDAP 協定將政策傳送至 Netscape Directory Server，並寫入 Oracle Database。

由 OPS Policy Server 所控管之 BayRS 5000 路由器每分鐘定時連上 OPS Policy Server 詢問是否需要更新政策，其運作流程如下：

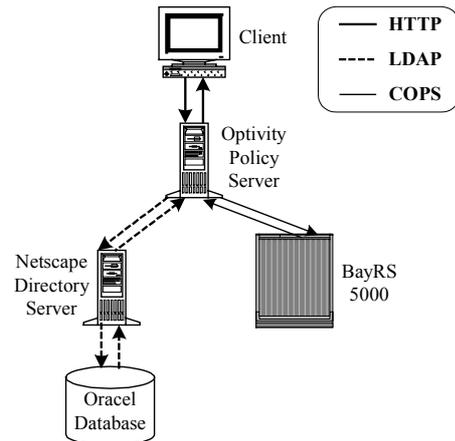
- (1) BayRS 5000 路由器連上 Optivity Policy Server (COPS 伺服器)。
- (2) 若無政策需更新，Optivity Policy Server 回應 BayRS 5000 不必更新；若網路管理者新增或更新過政策，Optivity Policy Server 使用 LDAP 協定向 Netscape Directory Server 要求取得政策設定資訊，Netscape Directory Server 使用 LDAP 協定查詢 Oracle Database 取得政策設定資訊後，Optivity Policy Server 以 COPS 協定將政策設定資訊傳回 BayRS 5000。

3. 以政策為基礎的 DiffServ 環境之建置

本節先詳述建置 NBEN 之 DiffServ 環境時所需之軟硬體設備。NBEN 之 BayRS 5000 路由器作業系統版本為 BayRS 14.0，配置一片 ATM 介面卡連接 ForeRunner ASX1000 ATM 交換機，並有一片 Fast Ethernet 網路卡，其上有四個連外 ports，每個連外 port 形成一虛擬 interface，並配有一 IP 位址。ATM 網路卡之 port 為 BayRS 5000 路由器之 port 1，乙太網路卡上之四個 ports 分別為 port 2、port 3、port 4 及 port 5。OPS 軟體安裝於 IBM e-server xSeries 230 上，中央處理器為 Pentium III 1GHz，記憶體容量為 512 MB，硬碟大小為 18 GB，作業系統為 Windows NT 4.0 搭配 Service Pack 6a，IP 為 140.115.155.189，圖四所示之 Optivity Policy Server、Netscape Directory Server 及 Oracle Database 皆安裝於此。建置以政策為基礎的 DiffServ 環境之流程如下：

Step 1：設定 BayRS 5000 路由器

由於 OPS 軟體是以 COPS 協定來控制 BayRS 5000 路由器，因此 BayRS 5000 路由器需



圖四 OPS 軟體與 COPS 及 LDAP 之關聯

先設定為可由 COPS 協定管理，方可接收 OPS 軟體所派送之政策。BayRS 5000 路由器所提供的管理介面有 TI 及 Site Manager 軟體。由於 Site Manager 於設定上較為方便及安全，因此本論文採用 Site Manager，並以中央大學 BayRS 5000 路由器之設定為例，其步驟如下：

- (1) 於裝有 Site Manager 軟體之電腦執行 Site Manager，連上中央大學 BayRS 5000 路由器。
- (2) 於 BayRS 5000 路由器 port 5 之 211.73.66.254 interface 上新增 DiffServ 通訊協定，並將該 interface 之管理模式設為 COPS，圖五為以 Site Manager 設定 DiffServ 介面後之 DiffServ 介面列表，其中 211.73.66.254.5 表示 211.73.66.254 位於路由器之 port 5。
- (3) 將 COPS Client 設為 (2) 中設定之介面的 IP 位址：211.73.66.254，COPS Server 設為安裝 OPS 軟體之 IBM e-server 的 IP 位址：140.115.155.189。

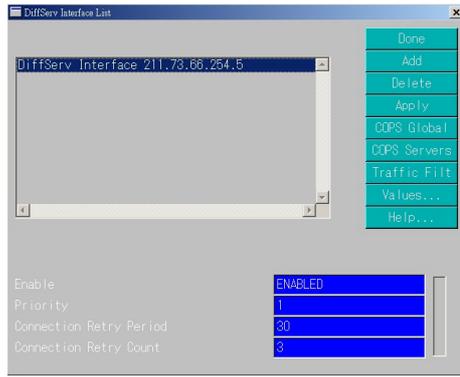
Step 2：利用 OPS 連結 BayRS 5000 路由器

網路管理者利用瀏覽器登入 Optivity Policy Server，設定 BayRS 5000 路由器之子網域為 211.73.66.0，IP 位址為 211.73.66.254；在網路設備部分新增 interface 之 IP 位址為 211.73.66.254。圖六即為 Optivity Policy Server 之設定畫面。

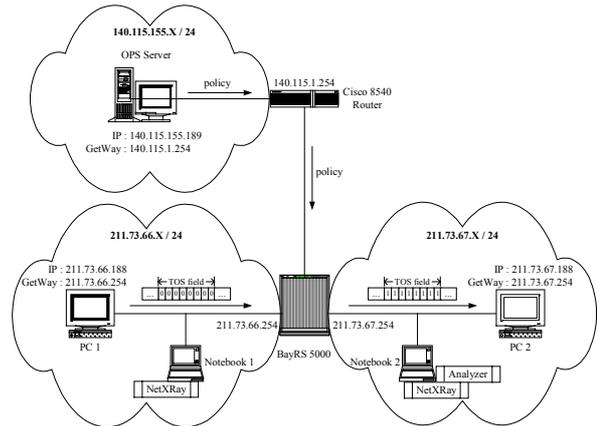
完成上述步驟後即將路由器與 OPS 設定完成，亦即建置完成以政策為基礎的 DiffServ 環境。

4. 實驗內容與結果

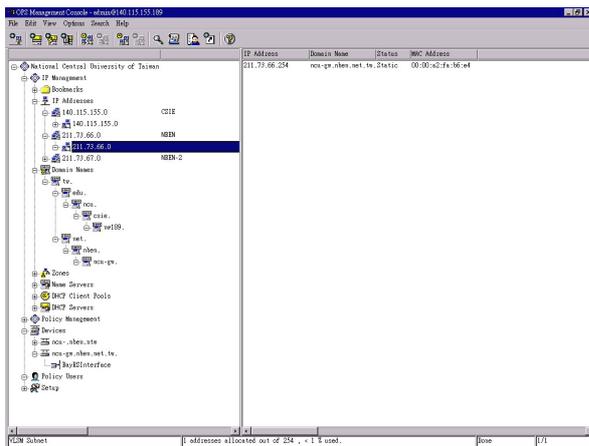
本節設計四個實驗，測試 OPS 軟體是否可設定政策來控管 BayRS 5000 路由器、測試所設定之頻寬政策是否有作用、測試 BayRS 5000 路由器是否可重新標示標籤，最後將實驗範圍擴大至台灣大學，分別設定流經兩校路由器之傳輸速率上限，測試頻寬政策是否可於多個 GigaPOPs 同時實施。



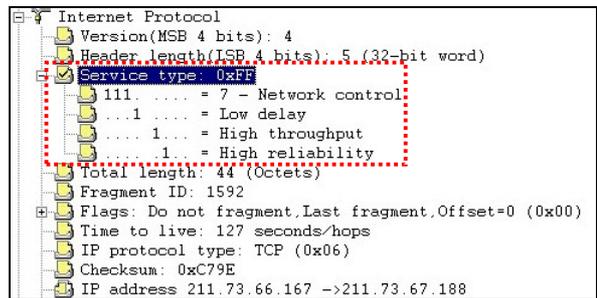
圖五 Site Manager 軟體之 DiffServ 介面列表



圖七 測試網路之架構圖 (一)



圖六 Optivity Management Console



圖八 NetXRay 所擷取之 IP 訊框

實驗一：以 OPS 設定政策之測試

本實驗測試是否確能以 OPS 軟體設定 BayRS 5000 路由器，且 BayRS 5000 能正確執行所設定之政策。本實驗所設定之政策為將流經 BayRS 5000 訊務流之 IP 標頭內的 TOS 欄寫入 11111111。圖七為本實驗之網路架構圖，在 BayRS 5000 兩端之子網域為 211.73.66.X 及 211.73.67.X，分別於其中架設 PC1 及 PC2 兩台電腦，負責發送及接收測試之訊務流，Notebook1 及 Notebook2 以 NetXRay 擷取經過路由器之訊務流。OPS 伺服器所在之 140.115.155.X 子網域需經由 Cisco 8540 Router 連接至 BayRS 5000。實驗步驟如下：

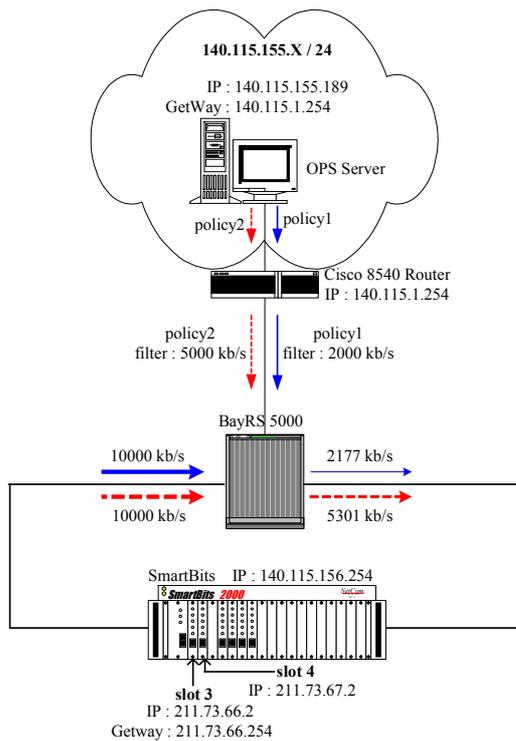
- (1) 由 OPS 伺服器設定 BayRS 5000 路由器，將流經路由器之訊務流 IP 標頭內的 TOS 欄寫入 11111111。
- (2) 由 PC 1 傳送 FTP 訊務流至 PC 2，並在 Notebook 1 及 Notebook 2 以 NetXRay 監測 BayRS 5000 路由器兩端封包的內容。

圖八為 Notebook 2 所接受到的封包內容，顯示 TOS 欄位已被設為 11111111，而 Notebook 1 監測到傳送封包之 TOS 欄位為 00000000。由此證明 OPS 伺服器已成功下達政策予 BayRS 5000 路由器，並可正確執行類別欄位之設定。

實驗二：以 OPS 設定頻寬政策之測試

本實驗以 OPS 伺服器設定 BayRS 5000 路由器之頻寬政策，對訊務流之傳輸速率設限，並以 SmartBits 2000 協助測試，以驗證頻寬設限之效果。SmartBits 為一智慧型多埠網路性能測試器，具有封包產生、記錄及計數等功能，搭配 SmartWindow [9]、SmartApplications [10]，及 Advanced Switch Test 等軟體即可產生模擬訊務以測試網路設備或實際網路之性能。所產生之模擬訊務將依序以 64、128、256、512、1024、1280 及 1518 bytes 大小之訊框測試 BayRS 5000 路由器之 throughput。圖九為本實驗之測試網路架構圖。本實驗另準備一 PC 作為 SmartBits 之 Console，以令其產生訊務並蒐集測試結果。本實驗之步驟為

- (1) 以 SmartApplications 軟體設定 SmartBits 上 slot3 之 IP 位址為 211.73.66.2，Gateway 為 211.73.66.254，將 slot4 之 IP 位址設為 211.73.67.2。由於 slot4 只負責接收訊務，因此不需設定 Gateway。
- (2) 設定 OPS 伺服器對所有 UDP 封包過濾，限定自 BayRS 5000 路由器傳送之 UDP 封包的頻寬為 2 Mbps，對超量之封包予以丟棄。
- (3) 以 SmartBits 產生模擬訊務，由 Slot3 以 10 Mbps 之速率透過 BayRS 5000 路由器將訊框傳至 Slot4。
- (4) 重複 Step 2，但令頻寬為 5 Mbps。



圖九 測試網路之架構圖 (二)

圖十為以 SmartApplications 測得之數據，自 slot3 分別送出 64、128、256、512、1024、1280 及 1518 bytes 等數種訊框大小之訊務流，經過 BayRS 5000 路由器後由 slot4 所測得之通過率。為求結果精確，每項測試至少收集三個數據，而三個數據之結果皆相當一致。圖十(a) 為未設定任何政策之結果，所有訊框自 slot3 發出後全數通過 BayRS 5000 回到 slot4。圖十(b) 與 (c) 分別為當頻寬設限為 2 Mbps 及 5 Mbps 時訊框之通過率，自 slot3 發出的 10 Mbps 訊務流僅 21.77% 及 53.01% 回流至 slot4，可知 OPS 伺服器已成功地達成政策，並由 BayRS 5000 路由器確實執行。

本實驗另採圖七之網路架構，由 PC 1 以 FTP 傳送大小為 100 Mbytes 之檔案至 PC 2。圖十為於 PC 2 上以 Analyzer 協定分析軟體所測得設定頻寬政策前後流量之差異。前半段為未設定政策前之傳輸速率，後半段為頻寬設限為 10 Mbps 後之速率。由圖中可觀察到 BayRS 5000 路由器確可於收到政策後將傳輸速率降至 10 Mbps 上下微幅震盪。

實驗三：以 OPS 設定重訂標籤政策之測試

本實驗將 BayRS 5000 路由器視為 DiffServ 邊界路由器，接收由其他 DiffServ Domain 傳送來之訊框，檢查 DSCP 標籤判定類別等級，予以重新標示後，再將訊框轉送至所屬的 DiffServ Domain 中，以測試 DiffServ 重標示政策是否能正確執行。由於 SmartApplications 並未提供 TOS 欄位之設定，因此改用 SmartWindow 軟體來設定及監測

Frame Size	Passed Rate(%)
64	86.26
128	100.00
256	100.00
512	100.00
1024	100.00
1280	100.00
1518	100.00

(a)

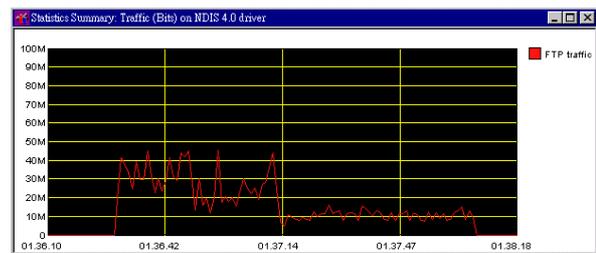
Frame Size	Passed Rate(%)
64	38.12
128	28.11
256	24.33
512	23.06
1024	21.72
1280	21.83
1518	21.77

(b)

Frame Size	Passed Rate(%)
64	93.72
128	69.36
256	59.99
512	55.57
1024	53.63
1280	53.01
1518	53.01

(c)

圖十 當 (a) 未設定 (b) 頻寬設限為 2Mbps 及 (c) 5Mbps 時以 Smart- Applications 所測得通過 BayRS 5000 路由器之比率



圖十一 頻寬政策設定前後之傳輸速率之差異

訊框。由於 SmartWindow 可使一 SmartBits 模組傳送數個訊務流，因此本實驗同時設定兩種政策，以 SmartWindow 傳送兩個來源端之訊務流，並以兩個政策分別處理不同類別之資料。實驗步驟為：

- (1) 開啟 SmartWindow，設定 slot3 之 IP 位址為 211.73.66.2，Getway 為 211.73.66.254，MAC 位址為 00:00:00:00:00:03；slot4 之 IP 位址為 211.73.67.2，MAC 位址為 00:00:00:00:00:04。
- (2) 編輯所模擬之兩個來源端訊務流的 UDP 訊框資料，包括 TOS 欄位、來源端與目的端之 MAC 位址、IP 位址和埠號。來源端 MAC 位址為 slot3 之 MAC 位址 00:00:00:00:00:03，目的端 MAC 位址為 BayRS 5000 路由器之乙太網路卡 MAC 位址 00:00:A2:FA:B6:E4，TOS 欄位填入 10111000 (即 DiffServ 中之 Expedited Forwarding PHB [8]，簡稱 EF PHB)，來源端 IP 位址為 211.73.66.2，目的端 IP 位址為 211.73.67.2。本實驗產生之兩個來源端訊務流以 UDP 埠號做區隔，訊務流訊框之來源埠及目的埠分別設為 1 及 2。
- (3) 於 OPS 伺服器新增兩個政策：若 BayRS 5000 路由器所接收之 UDP 訊框之來源埠及目的埠

