

TANet 台北區網 ISP ATM VC 訊務的量測與分析

楊素秋

曾黎明

國立中央大學 資訊工程研究所 電子計算機中心

center7@cc.ncu.edu.tw

tsenglm@cc.ncu.edu.tw

摘要

隨著 Web, 視訊/音訊應用軟體的擴展, streaming media 網路應用的用戶數及訊務量均有大幅成長, 支援多元訊務及動態資源分配的 ATM 寬頻網路也因應頻寬需求廣佈於世界. 由於 ATM 容易因壅塞訊務的 TCP Collapse 劣化 TCP 傳輸效能. 我們實作一個經濟的 VC 訊務 QoS 量測系統, 以台北區網中心 ISP 訊務的量測為例, 配合過境 switch VC 訊務 snoop 的設定, 選擇擷取區網 router ATM 介面 point-to-multipoint 連外 N 個 PVCs 中的一個: Moe-Isp VC 訊務 log, 撰寫 Perl 程式統計該區網 ISP TCP/UDP 互連訊務特性及 TCP 重送封包頻次的分布, 分別統計 VC TCP/UDP 訊務與重送封包量的相關, 並分析該 VC 的單日 Internet 網路應用訊務比率. 以具體的訊務統計數據, 協助網路用戶及管理者了解骨幹 ISP VC 的實際訊務特性. 提供網路管理決策的參考.

關鍵字: Internet traffic measurement, TCP retransmission, ATM VC traffic snooping, Internet traffic pattern and composition.

1. 研究動機

TANet 骨幹網路以 Moe, Nhc switch 連接不同地理區域的 switch 及 core router, 藉由動態 Private Network to Network Interface (PNNI) 尋徑, 接受各區網 router ATM 子介面 (ATM Interface Processor, AIP) 的 point-to-multipoint PVCs 建立要求, 動態構建 Fully meshed 骨幹網路, 轉送區域間的 Internet 訊務. 初期 TANet Isp 傳訊集中由 Moe 節點的 Isp_router 轉送, 由於過境 Moe_sw ISP 訊務的重複佔用沿徑連線頻寬. 主要的 TANet 骨幹及各 ISP 業者 uplink Moe Isp_router 連線均成為傳訊瓶頸.

目前 TANet 已完成各區網與部分 ISP 業者的區域連線, 經由區域的 T1/T3 連線及 ATM PVC 交換其 ISP 訊務, 紓解 Moe 節點的 ISP 訊務壅塞瓶頸. 為協助用戶及管理人員掌握台北區網中心 - Moe (Ministry of Education), ISP 訊務的實際

改善狀況; 我們以 Moe_Isp 訊務的量測為例, 建置一 Linux ATM PC, 配合 Moe switch 過境 VC 訊務 snoop 的設定, 選擇監聽與擷取 Moe-Isp ATM VC 訊務 log - 區網 router ATM 介面 point-to-multipoint 連接各區網 N 個 PVCs 中的一個, 撰寫 Perl 程式統計該區網的 ISP TCP/UDP 互連訊務特性及 TCP 重送封包分布, 並分析 Internet 網路應用訊務比率. 以具體的訊務統計數據, 提供網路管理決策的參考.

1.1 相關研究

Internet 連網的開放特性 (Open) 雖然使 TCP/IP 協定迅速成為網路通訊主流, 卻也伴隨著許多網路管理問題, 如常見網路錯誤尋徑導致的訊務壅塞, 更甚者如網路攻擊程式的癱瘓網路傳訊. 網路管理人員唯有實做 layer 4 的 TCP/UDP 訊務量測與分析, 才能藉由具體的訊務統計數據了解實際的網路應用狀況, 規劃有效的網路管理策略.

Barnet (1992) 曾運用 Sun 工作站及 Ethernet 網路卡 Tcpdump 監聽 GE Research and Development Lan 網段的訊務 headers. 以 Perl script parsing 訊務 logs, 統計 NFS UDP, UDP, TCP, Decnet, Apple 協定的訊務特性. 其量測數據顯示: NFS UDP 訊務有最高 mean-rate 及 autocorrelation. 佔有總 Lan Traffic 量的 75%; UDP, TCP, Decnet, Apple Lan 協定的訊務量遠小於 NFS. Kushida (1998) 以 Tcpdump 監聽 Japan research FDDI 網路的 packet headers, 其量測數據顯示 TCP 訊務佔有 98.2% 的總訊務量, 及說明該網段的 Internet 訊務為 self-similar.

Thompson (1997) 也曾利用 MCI OC3MON [Apisdorf] 硬體與軟體量測 Internet MCI ATM backbone switch 連往 core router 的 OC3 trunk 訊務. 其量測數據顯示 TCP 訊務佔有該 trunk 95% 的訊務量, UDP 訊務僅佔 5%. TCP 網路應用以 WWW 75% 最高, 其次為 Ftp 5%, SMTP 2%, NNTP 2%, Telnet 1%. DNS 應用佔總 UDP 訊務的 2%, RealAudio 網路音樂為 0.5%. Aracil (1999) 利用 OC3MON 量測 Spanish Navarra 大學連外 OC3 trunk 訊務, 其量測數據顯示 TCP 訊務量佔總訊務的 88.78%, UDP 訊務佔 1.38%, ICMP 佔 0.11%. 網路應用訊務以 WWW 的 80% 最高,

本論文接受 教育部補助

(計劃編號: MOE-89156878)

[學術網路流量統計、規劃、建置及管理] 計劃

Ftp/ SMTP/ NNTP/ Telnet應用訊務量遠小於 WWW.

我們建置的 ATM VC 訊務量測系統，則允許針對區網 router 連外 N 個 point-to-multipoint PVCs 中的一個 VC，進行該 VC 過境訊務的量測與分析。提供具體的訊務統計數據，供作網路管理決策參考。本文將於第二節陳述 ATM VC 訊務量測系統硬體與訊務統計演算法，第三節分析實測的 TANet Moe-Isp VC 訊務數據，說明單日的 VC 訊務特性，TCP 封包重送頻次分布，及該 VC TCP/UDP 訊務變量與封包重送變量間的迴歸相關。第四節說明 Moe-Isp VC 承載 UDP/TCP 網路應用訊務的分布，最後於第五節做成結論。

2. Point-to-Multipoint VC 的訊務量測系統

2.1 ATM VC 訊務的監聽與擷取

我們首先建置能分別蒐集 VC 輸入(input) 與輸出(output) 訊務 log 的 ATM hosts- 插有 ATM 網路卡的 Linux PCs. 再將 PC ATM 卡上接到 central switch OC3 port (MOE_SW). 配合骨幹 switch snoop-vc 訊務監聽功能的設定，將選定的

point-to-multipoint VC 訊務 snoop 到 ATM host 的監聽 PVCs 上 (Figure 1). ATM PC 始得以透過 ATM 網路卡擷取 VC 的過境訊務 headers.

本文以 TANet 台北區網中心，教育部電算中心 router (Ministry of Education, MOE) 連往 Isp router 的 Moe-Isp VC 訊務量測為例，擷取 24 小時 per 10-min interval 的 VC 過境傳訊 log 存檔，作為 VC 訊務統計與分析的基礎。由於區網 router 下接各級學校，研究機構的連外訊務相當龐大，加上 ATM PC 擷取的訊務 log 相當詳細，包括各轉送封包的：packet time-stamp (hh:mm:ss.usec), stream_id (src_ip_port/dst_ip_port), TCP/UDP packet operator, packet sequence (start_byte_number/end_byte_number), packet size ,flag 等，因此，per 10-min interval 的 VC 傳訊 log 量便有數十萬筆封包轉送記錄，會佔用 0.1GB ~ 0.4 GB 磁碟儲存空間。因此基本的 Linux PC 配備必需包括：512MB main memory, ATM 網路卡, Fast Ethernet 網路卡, 及 36 GB SCSI Hard Disk.

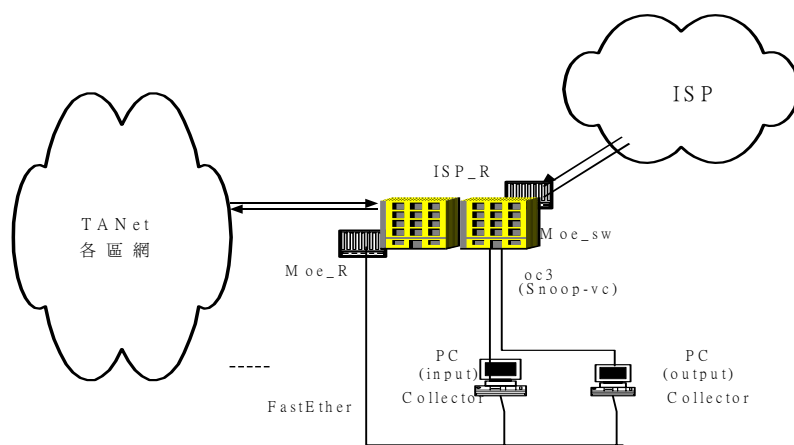


Figure 1. 區網 ISP ATM VC 訊務 header 量測網路

2.2 ATM VC 的訊務統計演算法

我們以擷取單日(06-11-2001)的 VC snoop traffic log 分析為例，於 ATM PC 完成所選擇 VC 單日 per 10-min interval 傳訊 log 的擷取與存檔後，才離線地執行 Perl script, periodically parsing 各 traffic 訊務檔的紀錄 - 包括 Src_ip, Src_port, Src_interface, Dst_ip, Dst_port, Dst_interface, protocol, bytes, packet 等，實做 Moe-IspVC 訊務的特性分析。

首先, Perl Script 依據 packet operator 辨識 TCP 或 UDP 封包，累計對應 stream 的 TCP/UDP

訊務及封包量變數 (io.tcp{stream_i}, io.udp{stream_i}, io.tcp.pkt{stream_i}, io.udp.pkt{stream_i}), 計算各 UDP/ TCP streams 的訊務量。其次 Perl script 比對 stream_i 循序紀錄的 TCP package sequence, 依據是否滿足 last_byte_start{stream_i} == byte_start{stream_i} 條件, 判斷封包是否為重送封包, 並據以更新對應 stream 的重送頻次變數 (retran_cnt{stream_i}). Perl script 需重複 parsing 及累計所擷取的 per 10-min 訊務儲存資料, 據以累計得 VC 的單日訊務量及傳輸品質數據。

3. ATM VC 訊務數據分析

3.1 TCP/UDP 訊務分布

Figure 2 為台北區網的單日 ISP TCP 訊務量分布圖，區網 output 到 Isp router 的 TCP 訊務明顯高於 input 者。區網的 TCP 訊務自 8:00 有明顯增量，TCP 訊務高峰分布於 8:00 ~ 9:30, 12:00~13:20, 深夜及凌晨。而訊務離峰分佈於 5:00 ~ 7:50, 9:30 ~ 11:50, 13:30~15:30。顯然，上班時段的 TCP 傳訊量變化較大。

Figure 3 為單日的區網 ISP UDP 訊務量分布圖。Isp router Input 到區網的 UDP 訊務明顯高於 Output 訊務。UDP Input 訊務尖峰分布於下班

時段(18:00 ~23:00)與凌晨時段(0:00~4:30)，UDP Input 訊務離峰落在 5:00 ~6:00。凌晨與深夜時段出現明顯的 UDP output Burst，我們將對應時間的鉅量 UDP 應用訊務表列於 Table 1，其中以使用 1871 UDP port 的 CanoCentral 及使用 27015 UDP port 的 Counter_Strike 量最明顯。

依據 Figure 2 & 3 分布於下班時段，深夜與凌晨的訊務尖峰數據可以看出，上班時段(8:00 ~ 18:00) TCP 的傳輸狀況並不好-TCP 訊務量變化相當大，TCP 訊務量不高。為了解該 VC 上班時段的 TCP 傳訊品質，我們會於下一節分析 VC TCP 封包長度及封包重送頻次分布。進一步確認之。

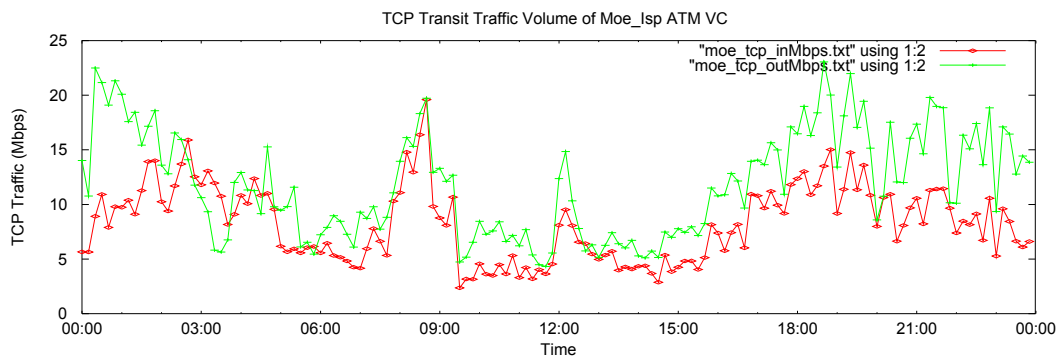


Figure 2. Moe_Isp VC 的單日 TCP 訊務分布

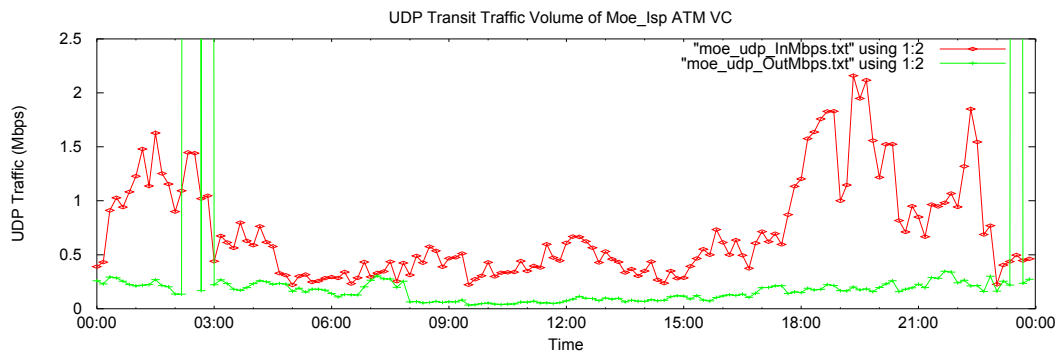


Figure 3. Moe_Isp ATM VC 的單日 UDP 訊務分布

Table 1. Traffic Streaming Log of UDP Output Burst

Time_Interval	UDP_Burst_Stream	Traffic (KB)	Pkt
02:20	140.118.4.108.1871>61.216.28.252.2364:	4194312.963	404
	140.129.71.91.1225>210.85.177.54.1935:	4727.197	1209
02:30	140.118.4.108.1871>61.216.28.252.2364:	25165887.084	2757
	140.118.4.108.1871>61.13.251.219.2328:	8388669.826	2518
	140.118.4.108.1871>61.217.121.93.2385:	4194365.874	2494
	140.129.71.91.1225>210.85.177.54.1935:	8284.385	2542
02:50	140.118.4.108.1871>61.216.28.252.2364:	16777259.305	1899
	140.118.4.108.1871>61.13.251.219.2328:	12582955.991	1875
	140.118.4.108.1871>202.132.61.158.2378:	4194344.070	1748
23:50	140.129.33.141.27015>61.216.132.190.27005	4194331.683	146

3.2 TCP 重傳封包頻次分布

Figure 4 為台北區網 Moe_Isp VC 的單日 TCP 封包長度分布圖，對應於凌晨時段(0:00 ~9:30)的 ISP TCP 封包長度明顯高於 9:30 ~11:50，及 13:30~15:30 的訊務低峰時段。對應於 Figure 5 的單日區網 ISP 訊務的封包重送頻次分布圖，8:00

~9:30 的封包重傳尖峰顯然與 8:00 開始的 TCP 明顯訊務增量及 9:30 ~12:00 的訊務離峰有關。而 11:30~14:00 的封包重傳尖峰顯然與分佈於 13:30~15:30 的訊務離峰有關 (Figure 2 & 5)。

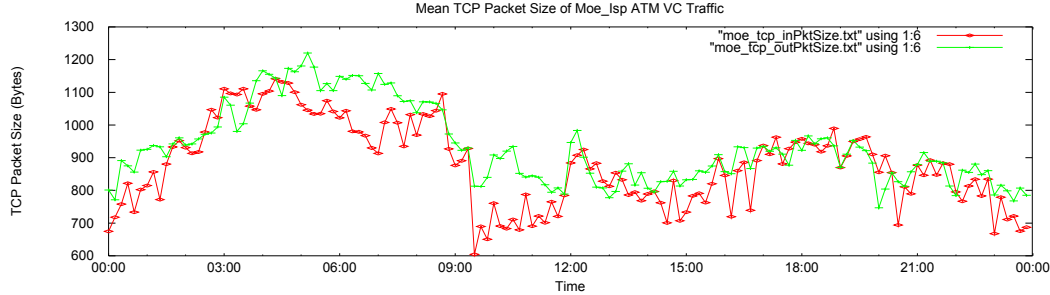


Figure 4. Moe_Isp ATM VC 的 TCP 封包長度分布

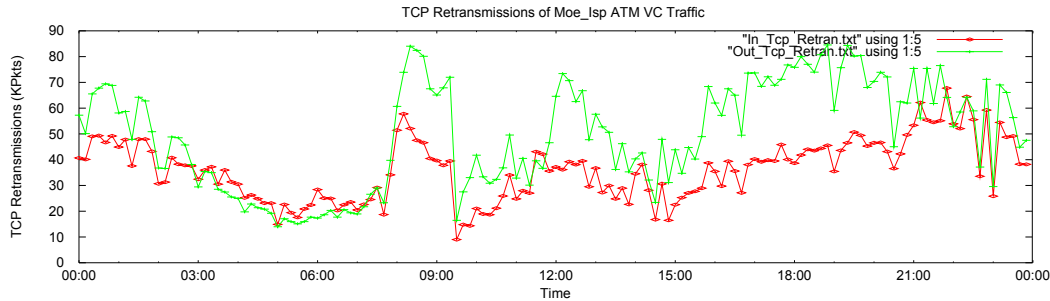


Figure 5. Moe_Isp ATM VC 的 TCP 封包重送數分布

3.3 TCP/UDP 訊務與重傳封包頻次的相關

為比較 ATM VC TCP/UDP 訊務對 TCP 傳輸品質的影響程度，本節利用量測的 VC 單日 10-min TCP 重送頻次與 UDP/TCP 訊務統計數據，依據兩變數 X, Y 樣本相關係數 r (sample correlation coefficient) 的計算式(1) [Walpole, 1989]，分別計算每 6 個 time interval TCP/UDP 輸入/輸出訊務量與 TCP 封包重送變量的相關。

$$r_i = \frac{(S_{xy})_i}{\sqrt{(S_{xx})_i (S_{yy})_i}} \quad \text{----- (1)}$$

$$(S_{xx})_i = \sum_{j=i}^{i+n} (x_j - \bar{x})^2, \\ i = 0, 1, 2, \dots, (144-5); \quad n = 6.$$

$$(S_{yy})_i = \sum_{j=i}^{i+n} (y_j - \bar{y})^2, \\ i = 0, 1, 2, \dots, (144-5); \quad n = 6.$$

$$(S_{xy})_i = \sum_{j=i}^{i+n} (x_j - \bar{x})(y_j - \bar{y}), \\ i = 0, 1, 2, \dots, (144-5), \quad n = 6.$$

Figure 6 & 7 為依據 (1) 式計算 Moe_Isp VC 單日 TCP 輸入/輸出，UDP 輸入/輸出訊務，分別與 TCP 重送頻次 (Retransmission input/output, RI/RO) 樣本的相關係數分布。整體而言，ATM VC 的 TCP 訊務量對其重送頻次的影響顯然不及其 UDP 訊務。雖然該 VC 各 time interval 的 TCP 訊務量均遠大於 UDP 訊務，但不具訊務調節功能的 UDP 輸入/輸出訊務卻持續影響該 VC 的 TCP 傳訊品質：因傳輸錯誤引起的封包重傳頻次。

TCP 輸入與重送頻次間的明顯相關出現於 0:00, 1:00~3:00, 4:00~5:00, 6:00~11:30, 12:00~17:00, 19:00~21:00, 22:00~23:00 (Figure 6)，其餘時段的 TCP 訊務與重送頻次相關並不明顯。Figure 7 為 VC UDP 輸入/輸出訊務量與重送頻次變量樣本的相關係數分布。可以發現：除了 19:00~20:30 時段的 UDP 輸入訊務與 TCP 重送頻次無相關外，整日各時段的 UDP 輸入訊務與重送頻次均為明顯迴歸相關。除了凌晨 (0:30~1:30) 與清晨 (6:30~8:00) 時段外，VC 的 UDP 輸出訊務與 TCP 重送頻次也明顯迴歸相關。

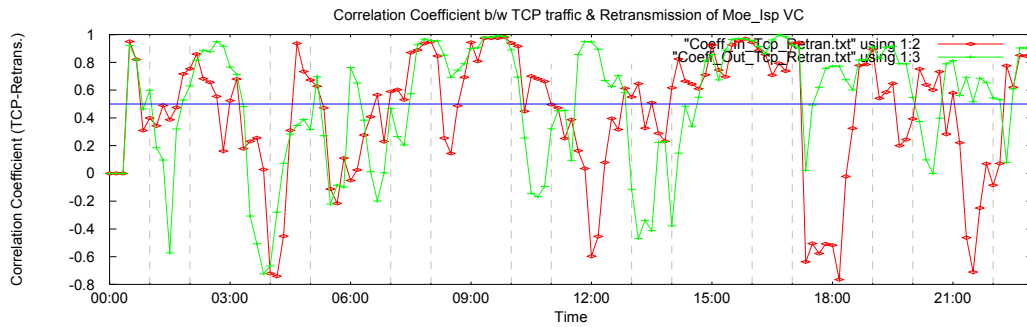


Figure 6. Moe-Isp VC TCP 訊務量及重傳封包數的相關係數

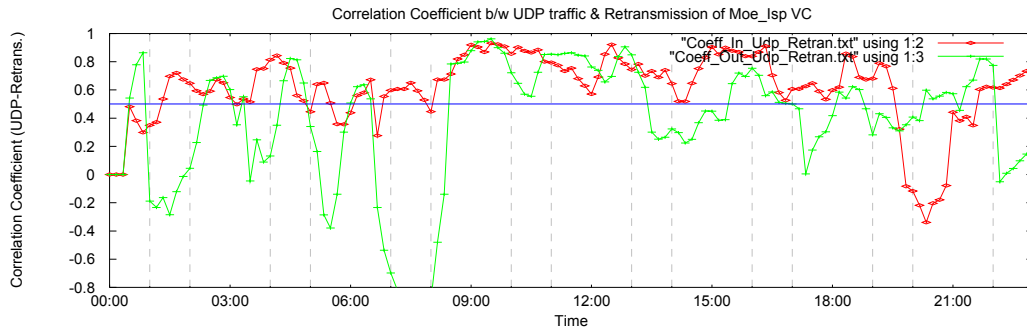


Figure 7. Moe-Isp VC UDP 訊務量及重傳封包數的相關係數

4. ISP 網路應用訊務分布

4.1 Internet 網路應用特性

分析 Moe_Isp VC 的大量 IS 訊務 log, 可發現熱門的網路應用訊務: 除了包含使用固定 well-known server prot 的應用協定外, 為滿足網路 Video/Voice 傳播 time-urgent 的通訊特性, Video/Voice 應用協定大多使用用廣範圍的 well-known TCP 及 UDP server prots 傳輸其控制與 multimedia content. 目前廣泛使用的網路 Video conference 及 music broadcasting 工具-MicroSoft Media Server 則依循 RTSP (Real Time Streaming Protocol) [Schulzrinne H., 1998], 藉 TCP port 1775 接受 Media Player (client) 連線要求, 動態建立 server & client 間的 UDP

connections: 分別傳輸 voice, video content 及 communication monitoring .

4.2 TCP 應用訊務

Table 1 & 2 分別為 Moe_Isp VC 的 TCP 網路應用訊務分布. 區網 ISP TCP 輸出/輸入訊務量分別為 118.8 / 183.4 GB. WWW 應用訊務佔最大的 TCP 總訊務比率: 56.7 / 17.6 %. 其次為 FTP 應用訊務: 5.2 / 13.1 %. Email (SMTP & Pop3) 的 12.4 / 11.8 %. Napster 應用訊務的 3.9 / 6.5 %. Web Proxy 應用訊務的 1.6 / 20.5 %. Telnet 與 News 的 TCP 訊務比率很小, 而無法由 well know socket port 辨識應用類別的 Others TCP 輸入/輸出訊務量分別為 17.5 / 29.1 %.

Table 1. Moe_Isp VC 的 TCP 應用訊務分布

TCP_Services	TCP_Input (MB/ KPkt)		TCP_Output (MB/KPkt)	
WWW	67377.003 (56.7 %)	64481.931 (44.0 %)	32313.293 (17.6 %)	42797.453 (21.9 %)
FTP	6120.838 (5.2 %)	5906.664 (4.0 %)	24021.844 (13.1 %)	20537.247 (10.5 %)
Mail	14763.539 (12.4 %)	17296.940 (11.8 %)	17059.348 (9.3 %)	20208.175 (10.4 %)
MS Media_Req	2174.886 (1.8 %)	2501.777 (1.7 %)	63.597 (0.0 %)	146.854 (0.1 %)
Telnet	765.135 (0.6 %)	10843.700 (7.4 %)	2609.542 (1.4 %)	13072.782 (6.7 %)
Proxy	1945.405 (1.6 %)	3607.948 (2.5 %)	37660.797 (20.5 %)	30339.403 (15.5 %)
Napster	4646.110 (3.9 %)	4444.202 (3.0 %)	11883.572 (6.5 %)	10504.593 (5.4 %)
News :	196.378 (0.2 %)	2988.542 (2.0 %)	4373.686 (2.4 %)	5372.021 (2.8 %)
Real_Req	0.371 (0.0 %)	1.070 (0.0 %)	3.364 (0.0 %)	6.027 (0.0 %)
Others	20815.787 (17.5 %)	34412.627 (23.5 %)	53380.169 (29.1 %)	52224.229 (26.8 %)
Total	118805.450 (100 %)	146485.402 (100 %)	183369.211 (100 %)	195208.784 (100 %)

4.3 UDP 應用訊務

Table 2 為 Moe_Isp VC 的 TCP 網路應用訊務分布。區網 ISP UDP 輸出/輸入訊務量分別為 8.6 / 18.2 GB。CanoCentral 佔有最高的 UDP 訊務量：0.0 / 67.9 %。其次為 Counter_Strike 網路遊戲的 12.7 / 28.4 %。Media Player 傳輸量的 10.9 /

0.0 %。分散式查詢的 DNS 服務訊務的 9.3 / 1.9 %。Real network 訊務的 3.6 / 0.2 %。StarCraft 網路遊戲的 0.8 / 0.3 %。無法由 well know socket port 辨識應用類別的 Others UDP 輸入/輸出訊務量分別為 62.6 / 1.3 %。

Table 2. Moe_Isp VC 的 UDP 應用訊務分布

UDP_Services	UDP_Input (MB/ KPkt)		UDP_Output (MB/KPkt)	
CounterStrike_Game	1095.282 (12.7 %)	17081.166 (29.9 %)	5164.370 (28.4 %)	14307.166 (41.4 %)
MS_play	941.925 (10.9 %)	421.656 (0.7 %)	1.513 (0.0 %)	71.996 (0.2 %)
Real_play	313.459 (3.6 %)	537.504 (0.9 %)	38.804 (0.2 %)	228.470 (0.7 %)
Starcraft_Game	71.343 (0.8 %)	3099.147 (5.4 %)	61.592 (0.3 %)	2652.771 (7.7 %)
DNS	796.598 (9.3 %)	19979.474 (35.0 %)	346.399 (1.9 %)	6182.528 (17.9 %)
CanoCentral	2.092 (0.0 %)	16.622 (0.0 %)	12352.425 (67.9 %)	34.019 (0.1 %)
Others	5381.570 (62.6 %)	16008.825 (28.0 %)	227.421 (1.3 %)	11110.944 (32.1 %)
Total	8602.373 (100 %)	57146.229 (100 %)	18192.608 (100 %)	34589.424 (100 %)

5. 結論

本文主要陳述我們實際量測 ATM VC TCP/UDP 訊務及 TCP 封包重傳頻次的經驗，ATM switch 的 VC 訊務監聽功能允許我們選擇擷取區網 router ATM 子介面連外 N 個 point-to-multipoint PVCs 中的單一 VC 訊務 log (台北區網的 Moe-Isp VC 訊務量測為例)，撰寫 Perl 程式累計單一 point-to-multipoint VC 的單日 VC 訊務及 TCP 封包重送頻次分布，統計該 VC TCP/UDP 訊務與封包重送量間的迴歸相關，及分析 VC 承載的 UDP/TCP 網路應用訊務分布。

區網的單日 Moe_Isp ISP 訊務數據顯示：自 8:00 起 VC 有明顯的 TCP 訊務增量，上班時段的 TCP 傳訊量變化明顯。訊務高峰分布於 8:00 ~ 9:30, 12:00~13:20, 深夜及凌晨。而訊務離峰分布於 5:00 ~ 7:50, 9:30 ~11:50, 13:30~15:30。UDP Input 訊務尖峰分布於下班時段(18:00 ~23:00)與凌晨時段(0:00~4:30)，凌晨與深夜時段出現明顯的 UDP output Burst。我們進而分析 VC TCP 封包長度及封包重送頻次分布，並計算每 6 個 time interval 的 TCP/UDP 訊務與 TCP 封包重送變量的相關係數分布，進一步了解影響該 VC 上班時段 TCP 傳訊品質的因素。整體而言，該 ATM VC TCP 訊務對其重送頻次的影響不及其 UDP 訊務。顯然不具訊務調節功能的 UDP 訊務對 VC TCP 傳訊品質：封包錯誤傳輸引起的重傳頻次變量的影響較大。

Moe-Isp VC 的 TCP 訊務以 WWW 應用佔最大的總訊務比率：56.7 / 17.6 %。其次為 FTP 應用訊務的 5.2 / 13.1 %。CanoCentral 佔有最高的 UDP 訊務量：0.0 / 67.9 %。其次為 Counter_Strike 網路遊戲的 12.7 / 28.4 %。Media Player 傳輸量

的 10.9 / 0.0 %。其中以 CanoCentral 與 Counter_Strike 網路遊戲的 burst 訊務量最嚴重。由於新的網路應用均允許 client 選用 option connection port (1024~65525) 傳訊，以避開 firewall filter 對固定應用協定 port 的過濾。因此，無法由 well know port 辨識應用類別的 UDP Others 訊務比率仍相當高。

參考文獻

- (1) Barnett, B. G. & Saulnier, E. T., High Level Traffic Analysis of a LAN Segment, Local Computer Networks, 1992. Proceedings., 17th Conference on, 1992, pp 188 - 197.
- (2) Hodson, O. & Varakliotis, S., A Software Platform for Multiway Audio Distribution over The Internet,
- (3) Kushida, T., The traffic measurement and the empirical studies for the Internet, GLOBECOM Volume:2, 1998, pp 1142-1147.
- (4) Schulzrinne, H. Real Time Streaming Protocol, RFC 2326, Columbia University, 1998.
- (5) Tesink, K., Definitions of Managed Objects for ATM Management, RFC 2515, Bell Communications Research, 1999.
- (6) Thompson, K., Miller, G. J., Wilder R., Wide-Area Internet Traffic Patterns and Characteristics, IEEE Network, Nov/Dec, 1997, pp 10-23.
- (7) Walpole, R. E. & Myers, R. H., "Probability and Statistics for Engineers and Scientists, MacMillan London, 1989.