

WAN Access Router 實機測試與效能比較

余少棠 林盈達

國立交通大學資訊科學所

新竹市大學路 1001 號

TEL : (03)5712121 EXT. 56667

E-Mail : gis88530@cis.nctu.edu.tw, ydlin@cis.nctu.edu.tw

摘要

網路設備產品可分成三大類：Access、Core 及 Service。台灣產業在 Access 類別的發展已經逐漸成熟，並慢慢朝 Core 及 Service 類別發展。Access 類別產品中最具代表性的，即台灣第一大路由器製造商 ZyXEL 的 WAN Access Router。我們將比較 ZyXEL Prestige 1100 以及 Cisco 2514 兩項產品的功能與效能，以檢視台灣與外國 WAN Access Router 研發技術的差異。比較的方式是藉由 SmartBits 2000 對兩項產品作加壓測試，並用一些曲線圖及長條圖顯示產品的效能差異。

關鍵字：WAN Router, SmartBits, Benchmark, Throughput, Latency, Packet Loss,

Back-toBack, Frame Variance, Prestige 1100, Cisco 2514

一、簡介

網路設備產品可根據產品的功能分成三大類：上網(Access)、核心(Core)及伺服器(Service)。其中 Access 負責讓企業、家庭及行動用戶分別透過 LAN Access、WAN Access 及 Wireless Access 方式上網，Core 負責網際網路內部之運作，而 Service 負責提供各種額外的服務。國內廠商過去偏重於 Access 類別，且有些產品在國際上已打出品牌，近年來則開始投入 Core (如 Layer 3 Switch)及 Service (如 VoIP) 的研發。在 Access 市場逐

漸壯大的同時，我們有興趣檢視台灣 Access 產品技術的成熟度，所以計畫選擇一台 WAN Access Router 來與國外的產品作功能與效能上的比較，希望能找出台灣與外國在 WAN Access Router 的技術上是否有差異。

二、待測物的選擇

ZyXEL[1]是台灣第一大路由器製造商，其 SOHO 路由器與數據機在國際上已打出知名度，而且其路由器在功能上正符合台灣中小企業的上網需求。經過我們與 ZyXEL 工程師討論過後，決定選擇他們剛推出的 Prestige 1100 當作測試對象，Prestige 1100 屬於 Small-to-Medium Business 等級的產品，具有兩個 10/100 auto-sensing 的 LAN port 以及一個 WAN port，符合中小企業連上網路及 LAN-to-LAN 連接的需求。至於國外的產品，則選擇我們已有的 Cisco 2514 當作測試對象，Cisco 2514 為世界第一大路由器製造商 Cisco[2]的產品，擁有兩個 AUI LAN port 及兩個 WAN port，正好也是一台 Small-to-Medium Business 等級的 WAN Access Router。除了多了一個 WAN port 外，比較可惜的是，兩個 AUI LAN port 屬於 10Base-5 的介面，只有 10Mbps 的資料傳輸量，所以在 LAN 的規格上輸 ZyXEL Prestige 1100。表一為兩項產品在功能上的比較。

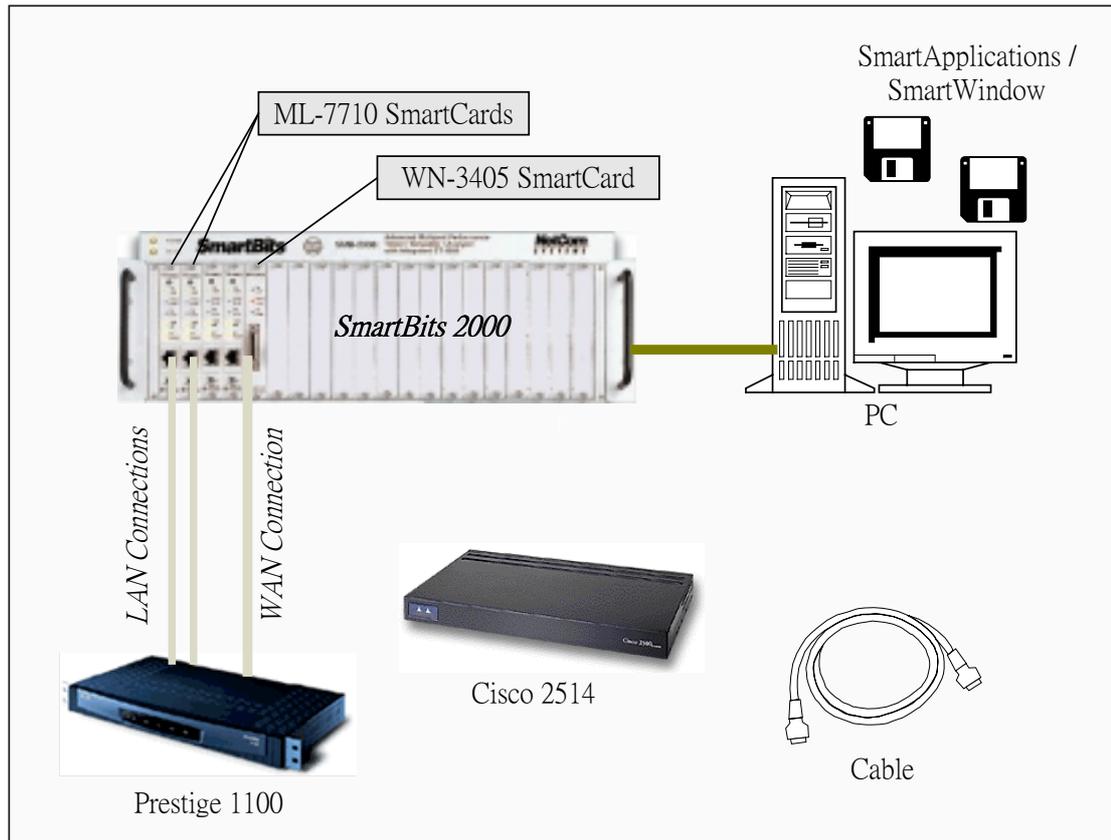
| Vendor | Product | LAN Ports | Hardware Capacity | IP/IPX multi-protocol routing | IP policy routing | IP Multicast | WAN Protocol |
|--------|---------------|----------------------------------|---------------------|-------------------------------|-------------------|--------------|----------------------|
| Cisco | Cisco 2514 | AUI * 2 WAN * 2 | 8MB ROM 8MB RAM | Yes | Yes | N/A | PPP/Frame Relay/X.25 |
| ZyXEL | Prestige 1100 | 10/100 auto-sensing*2 WAN * 1 | 8MB ROM 16MB RAM | Yes | Yes | Yes | PPP |

表一：WAN Access Router 產品比較

三、測試環境與方法

SmartBits[3] 2000 為一硬體機架，上面可安裝不同類型的 SmartCards，並藉著產生封包、封包擷取與資料流分析來完成複雜的網路產品測試。目前的 SmartCard 支援 Ethernet、Gigabit Ethernet、Token Ring、ATM、PPP 及 Frame Relay 等網路架構。我們

使用一台 SmartBits 2000 插上四片 ML-7710 Multi-layer SmartCards 以及一片 WN-3405 WAN SmartCard，並將 SmartBits 與設定好的待測物接上後，利用 SmartApplications 以及 SmartWindow 兩套軟體來驅動 SmartBits 硬體送封包到待測物，藉此量測待測物的效能。測試環境如圖一所示，SmartBits 2000 的 ML-7710 SmartCards 接到待測物的 LAN ports，WN-3405 接到待測物的 WAN port。



圖一：WAN Access Router 測試環境

我們所要量測的項目可分為兩大類，包括 LAN port 之間的效能以及 LAN port 與 WAN port 之間的效能。在 LAN port 之間的測試中，將量測待測產品在處理 One-to-One 資料流的狀況。One-to-One 是指封包從一個 port 進入待測物，並從待測物的另一個 port 送出。此項測試可以得到四項測試結果，包括 Throughput、Latency、Packet Loss 以及 Back-to-Back。Throughput 指在沒有封包遺失的情況下，待測物所能達到的封包傳送速率；Latency 指封包經過待測物所花費的時間；Packet Loss 指在某一個固定的封包傳送率下，遺失封包數量對於所有傳送封包數量的比率；Back-to-Back 指以線速(wire-speed)

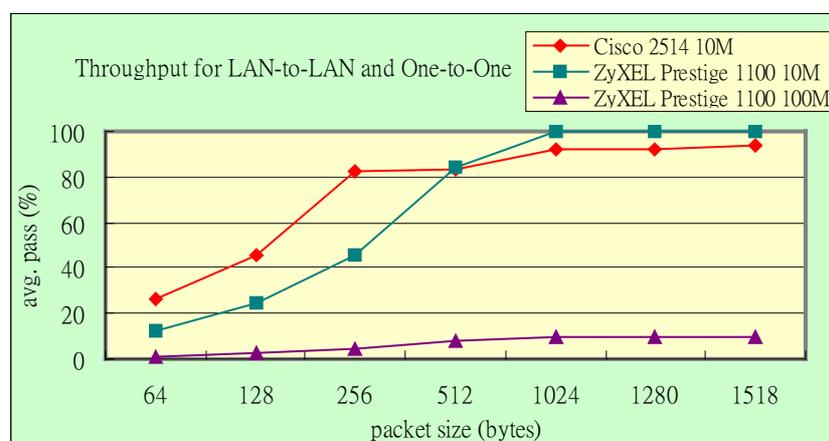
將封包送往待測物，而待測物所能成功傳送的封包個數。

在 LAN port 與 WAN port 之間的測試中，除了量測 One-to-One 資料流的效能外，還要量測產品在處理 One-to-Many/Many-to-One 資料流的狀況。One-to-Many/Many-to-One 指封包從一個 port 進入待測物，並從待測物的其他 port 送出；或是封包從多個 port 進入待測物，並由待測物的另一個 port 送出。在此所要探討的數據包括 Latency、Packet Loss 以及 Frame Variance。其中 Frame Variance 是指封包 Latency 的分佈狀況。

四、LAN port 之間的效能

4.1 Throughput

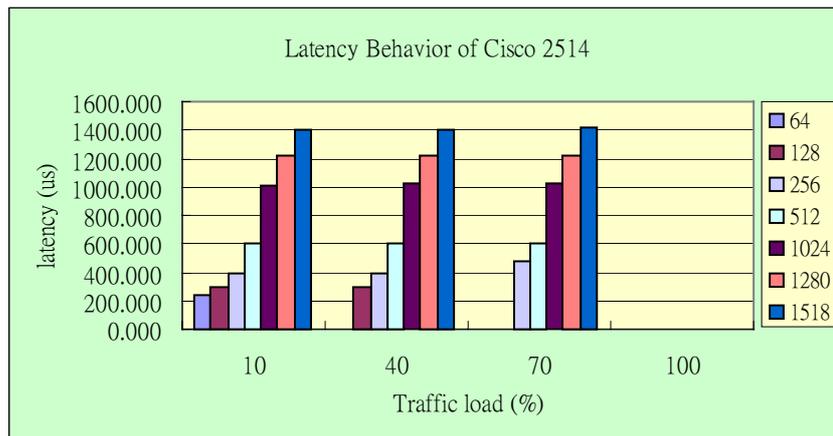
在 One-to-One 的測試項目中，我們測試了在一個單位時間內(10 秒)，64、128、256、512、1024、1280 及 1518-byte 各種大小封包的 Throughput，如圖二所示。可以發現 Prestige 1100 在單位時間內，對於處理大量封包的能力有待加強，但所需處理的封包數不多時，效能反而比 Cisco 2514 好。這個結果還可以與 Latency 與 Packet Loss 的測試結果互相印證。此外因為 ZyXEL 產品的 LAN port 是 100Mbps，所以我們又單獨測試了 Prestige 1100 在 100M 環境下的 Throughput。結果發現 Throughput 出奇的低，單位時間內處理 64-byte 封包的 Throughput 只有 1.29%且處理 1518-byte 封包的 Throughput 也只達 10.03%。



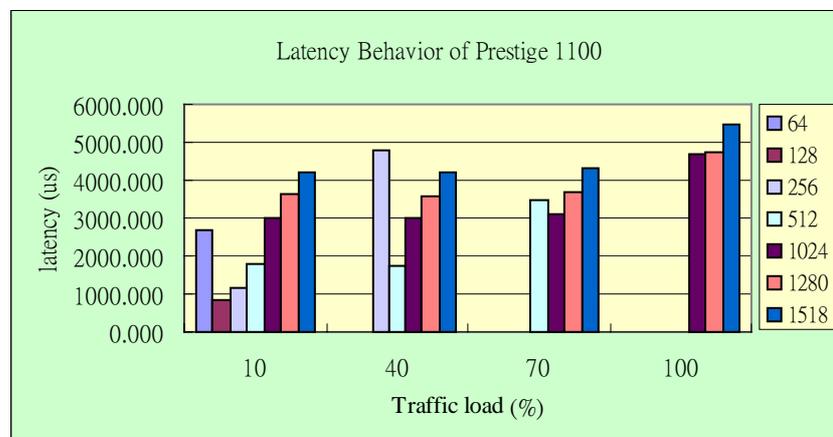
圖二：Throughput for LAN-to-LAN and One-to-One

4.2 Latency

接著我們分別測試負載($Traffic_load = Input / Capacity$)在 10%、40%、70%與 100%時，封包的 Latency。結果可以發現 Cisco 2514 在負載達 100%時，並不能正確處理封包，所以沒有測試結果的資料，如圖三所示。Prestige 1100 在負載達 100%時，產品仍然可以正常處理大封包，如圖四所示，這跟 Throughput 的結果互相印證。對於三個比較特殊的數據，即負載分別在 10%、40%與 70%時，64、256 與 512-byte 封包的 Latency 值特別高，這表示 Prestige 1100 對於頻頻而來的封包已經快接應不暇，也就是快要無法應付該種網路環境。至於 Prestige 1100 在 100M 環境時的 Latency 狀況是：負載為 10%時，對於 1024、1280 與 1518-byte 的封包，Latency 分別為 4633.3us、3486.6us 與 3132.8us。而在其它負載的情況下 Prestige 1100 則不能正常運作，所以沒有數據資料。

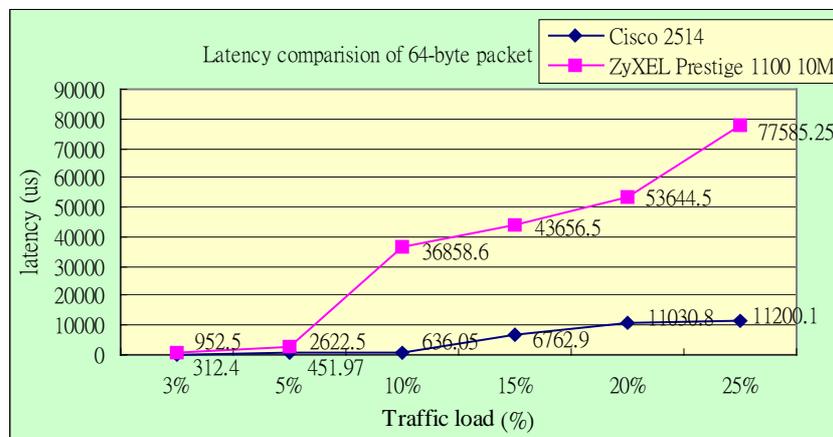


圖三：Latency Behavior of Cisco 2514

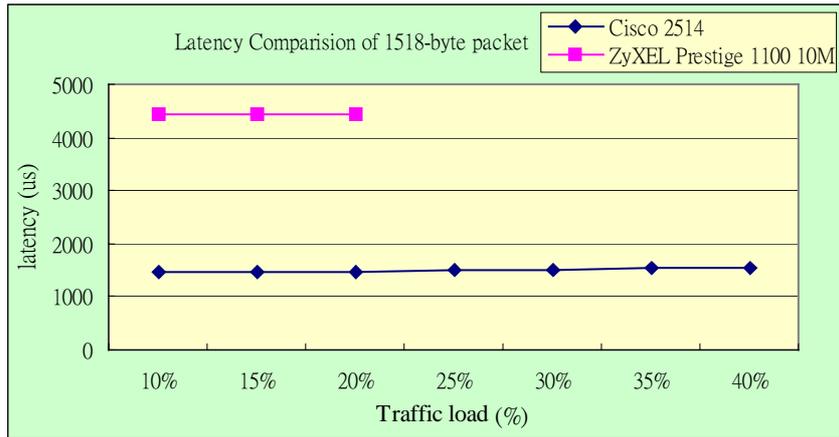


圖四：Latency Behavior of Prestige 1100

比較圖三與圖四的 y 軸後，還可以發現 Prestige 1100 傳送封包需要花費較久的時間，而且所需的時間是 Cisco 2514 的幾倍。對此我們做了一個詳細的測試，即利用 SmartBits 來模擬待測物的兩個 LAN port 上分別接上了 500 台主機，並且計算兩端主機一對一互相傳送封包時，封包的 latency 為何，以反應較真實的網路環境。對於 10 秒鐘內只傳送 64-byte 封包的情況，我們發現 Prestige 1100 有三個現象：(1)相對於 Cisco 2514 產品，當負載介於 5~10%時，封包的 Latency 已經開始暴增，如圖五所示。(2)當負載超過 26%後，Prestige 1100 會因 SmartBits 送封包的速度太快，而快速將其內部 buffer 塞滿並且被 block 住，直到 SmartBits 停止送封包時，Prestige 1100 才會將 buffer 中的封包處理送出。(3)當測試到負載達 80%以上時，Prestige 1100 有時會當機，並且必須重新開機啓動。Cisco 2514 則是當負載達 54%時，會有一些 flow 的接收端收不到封包的情形。圖六為 30 秒內只傳送 1518-byte 封包的情況，Prestige 1100 在負載介於 21%~24%時，Packet Loss 比率非常的高；且當負載達 24%時，會有一些 flow 的接收端收不到封包的情形。Cisco 2514 則是在負載介於 41%~42%時，Packet Loss 比率非常的高；而當負載達 43%時，也會有一些 flow 的接收端收不到封包的情形。另外還可以發現處理 1518-byte 的封包，兩產品的 Latency 差 3 倍之多。當然我們還是有單獨測試 Prestige 1100 在 100M 環境下的效能，結果是對於 64-byte 的封包，負載分別為 1%與 2%時，Latency 為 37255.9us 與 52342.8us，而當負載達 3%時，就會有一些 flow 的接收端接收不到封包。對於 1518-byte 的封包，當負載從 3%到 4%時，Latency 也從 4500.1us 提高到 788195.9us。



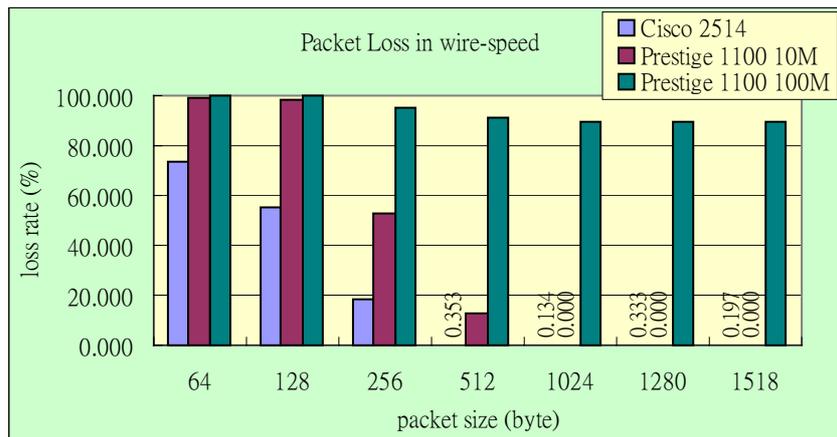
圖五：Latency Comparison of 64-byte packet



圖六：Latency Comparison of 1518-byte packet

4.3 Packet Loss

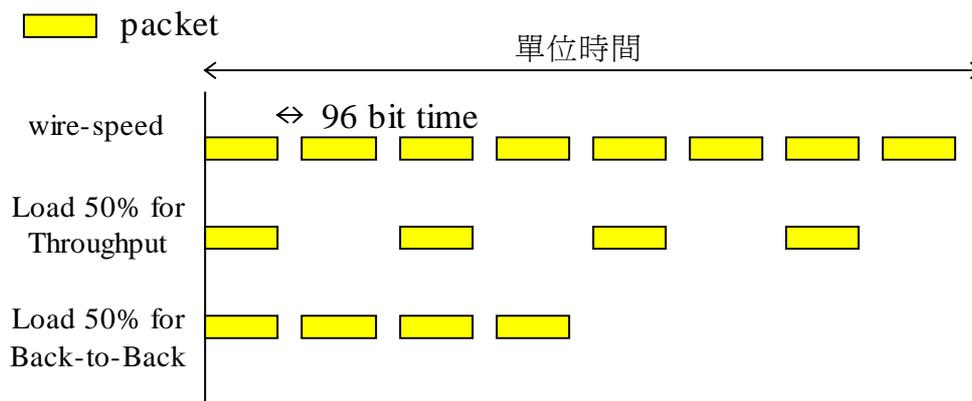
圖七即是在 wire-speed 下產品 Packet Loss 的比率。結果 Prestige 1100 在單位時間內，處理小封包的效能真的不理想，但處理大封包卻可達 No Loss。總而言之，如果單位時間內所需處理的封包數不太多的話，Prestige 1100 會有比較好的效能。另外 Prestige 1100 在 100M 環境下，Packet Loss 的比率似乎太高了。到此已經找出 Prestige 1100 急需改進的地方，包括單位時間內處理大量封包的能力以及對於 100M 網路環境的處理能力。



圖七：Packet Loss in wire-speed

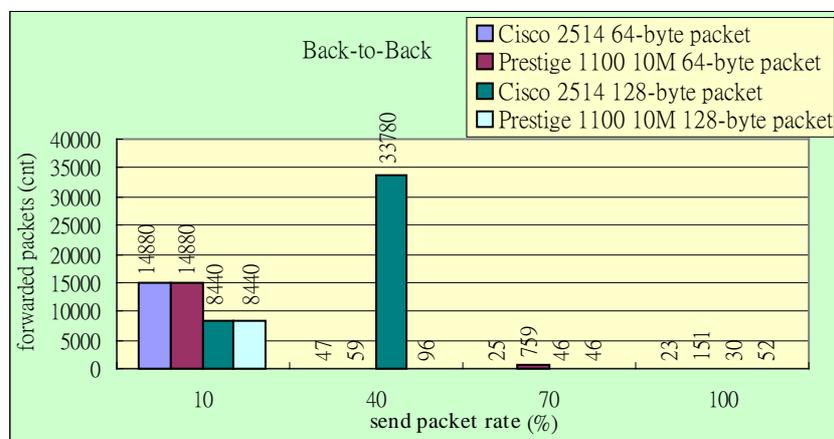
4.4 Back-to-Back

Back-to-Back 是以 wire-speed 的速度將封包送往待測物，看看待測物最多可以成功傳送幾個封包，這主要是測試待測物 buffering 的能力。或許有人會問：「如果將負載降低，怎麼還可能達到 wire-speed 的速度呢？」其實負載降低對於 Back-to-Back 來說，只是減少傳送的封包數，並沒有加大封包之間的時間；相反的負載降低對於 Throughput 來說，不但減少封包數，還加大封包間的時間，如圖八所示。



圖八：Throughput 與 Back-to-Back 的差別

測試結果發現兩項產品對於大封包，Back-to-Back 的測試結果差不多，比較不同的是 64、128、256 與 512-byte 封包的測試結果。我們抽出 64 與 128-byte 封包的測試結果來比較，如圖九所示，可以發現負載較高時，Prestige 1100 可傳送比較多封包。值得一提的是，Cisco 產品在某些情況下可以傳送相當多 wire-speed 的封包。



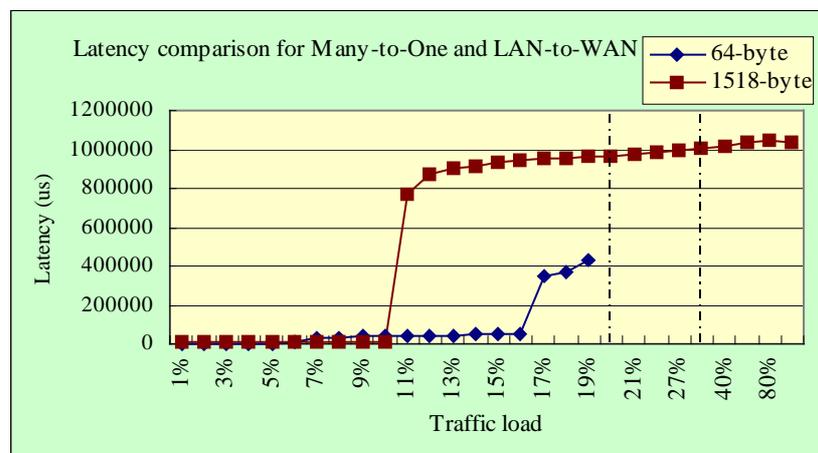
圖九：Back-to-Back

五、LAN port 與 WAN port 之間的效能

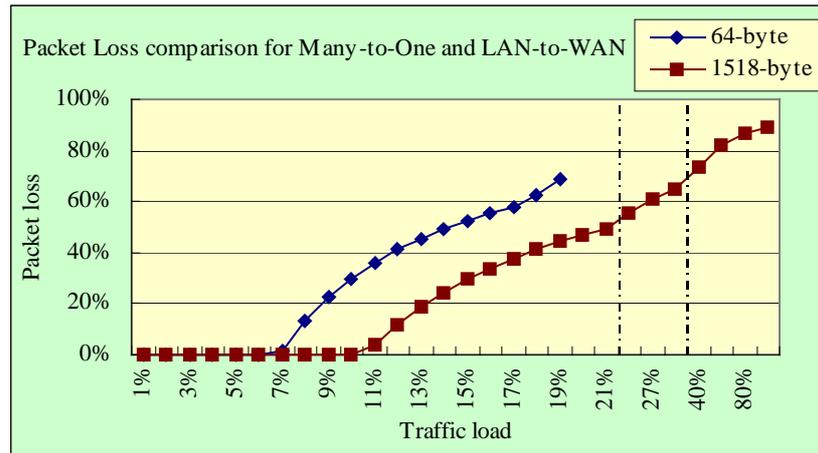
要測試 WAN port 的效能，首先必須將待測物的 WAN port 接到 SmartBits 上的 WN-3405 WAN SmartCard，並在調整好待測物與 SmartBits 之間的 Line Rate 後，於 Layer 2 上跑 Frame Relay 或 PPP 通訊協定。我們所用的測試軟體中，SmartAppliactions 只支援 Frame Relay 通訊協定；而 SmartWindow 必須要最新版的才支援 Frame Relay 與 PPP 兩種通訊協定。此外在測試 Cisco 2514 時，發現封包送一小段時間後，Cisco 2514 的 WAN port 與 WAN SmartCard 之間的連線就斷了，使得測試無法進行，猜測是 Line Rate 無法同步的關係。所以我們只用 SmartWindow 來對 Prestige 1100 作兩項測試，包括兩個 LAN port 與一個 WAN port 之間的效能，以及一個 LAN port 與一個 WAN port 之間的效能。兩項測試中再分資料流由內部網路到 Internet 以及資料流由 Internet 到內部網路兩種情況。至於 Prestige 1100 WAN 介面的 Line Rate 最高只能調到 2048Kbps。

5.1 兩個 LAN port 與一個 WAN port 之間的效能

圖十是 64-byte 與 1518-byte 封包從兩個 LAN port 送往一個 WAN port，並在不同的負載下的封包延遲。圖十一則是對應的 Packet Loss 比率。64-byte 的封包在負載達 20% 時，產品就會因封包來的太快而被 block 住，直到 SmartBits 停止送封包時，才把 buffer 內的封包處理送出。1518-byte 的封包則是在 Packet Loss 一發生時，Latency 就突然暴增。

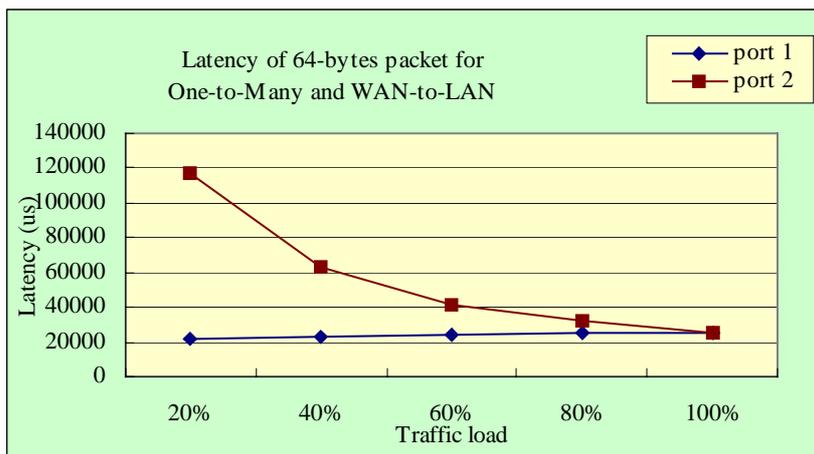


圖十：Latency comparison for Many-to-One and LAN-to-WAN

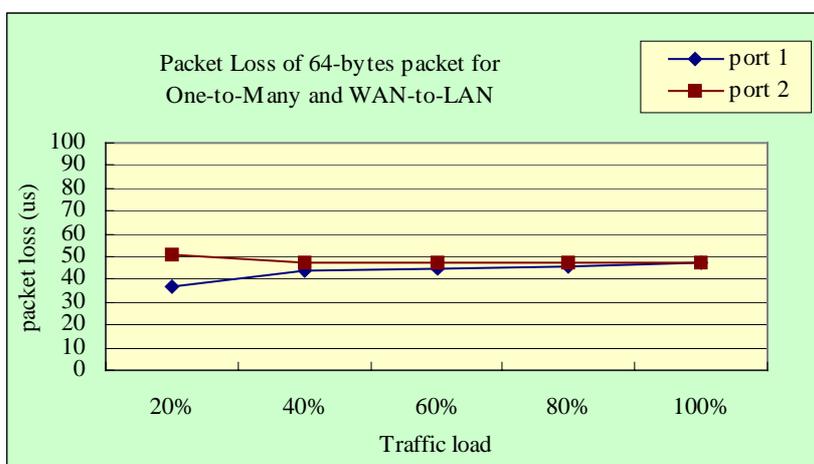


圖十一：Packet Loss comparison for Many-to-One and LAN-to-WAN

圖十二是 64-byte 的封包從 WAN port 送往兩個 LAN port，並在不同的負載下的封包延遲。結果顯示兩個 LAN port 的封包延遲在負載越小時差異越大，對照圖十三的 Packet Loss 比率，得知兩個 LAN port 的 Packet Loss 比率差不多。因此我們從 WAN port 同時各送約 15 萬個封包到兩個 LAN port，並去量測兩個 port 各自的 Frame Variance，如表二所示，表中最上面一排分別代表 WAN port 負載、接收端的 LAN port、LAN port 收到的封包，及代表 Latency 範圍的數值(單位 us)，Latency 範圍下的數質則代表多少個封包落在該範圍內。可以發現 port 2 的 Frame Variance 比 port 1 大，因此猜測可能是兩個 port 的 Priority 不同所致。至於比 128-byte 大的封包，都不會有 Packet Loss；且像 1024-byte 的大封包，Latency 大概在 2210us 左右。



圖十二：Latency of 64-byte packet for One-to-Many and WAN-to-LAN



圖十三：Packet Loss of 64-byte packet for One-to-Many and WAN-to-LAN

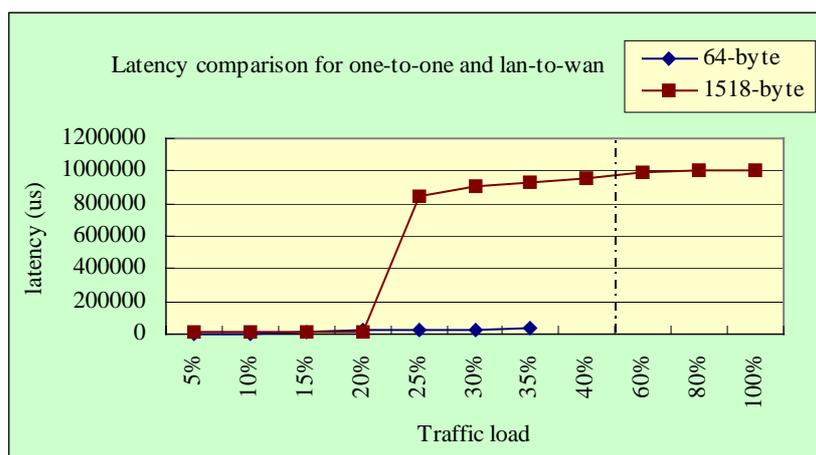
| load | Port | Frame Rcvd | <=100 | <=500 | <=1000 | <=5000 | <=10000 | <=50000 | <=100000 | <=500000 | <=1000000 |
|------|------|------------|-------|-------|--------|--------|---------|---------|----------|----------|-----------|
| 100% | 1 | 78763 | 51 | 77278 | 2 | 62 | 1294 | 3 | 0 | 29 | 44 |
| 100% | 2 | 78492 | 65 | 76966 | 0 | 105 | 1279 | 3 | 0 | 33 | 41 |
| 80% | 1 | 81379 | 39 | 79769 | 1 | 110 | 1365 | 2 | 1 | 0 | 92 |
| 80% | 2 | 78427 | 74 | 76874 | 0 | 102 | 1193 | 7 | 3 | 163 | 11 |
| 60% | 1 | 82447 | 42 | 80691 | 2 | 210 | 1374 | 4 | 0 | 1 | 123 |
| 60% | 2 | 78310 | 66 | 76736 | 1 | 106 | 1153 | 9 | 8 | 200 | 31 |
| 40% | 1 | 84950 | 33 | 82993 | 1 | 372 | 1365 | 2 | 0 | 0 | 184 |
| 40% | 2 | 78215 | 61 | 76575 | 1 | 101 | 1107 | 15 | 11 | 197 | 147 |
| 20% | 1 | 96196 | 30 | 93356 | 1 | 928 | 1507 | 4 | 0 | 0 | 370 |
| 20% | 2 | 74223 | 57 | 72550 | 0 | 72 | 822 | 13 | 17 | 351 | 341 |

表二：封包經過兩個 LAN ports 的 Frame Variance

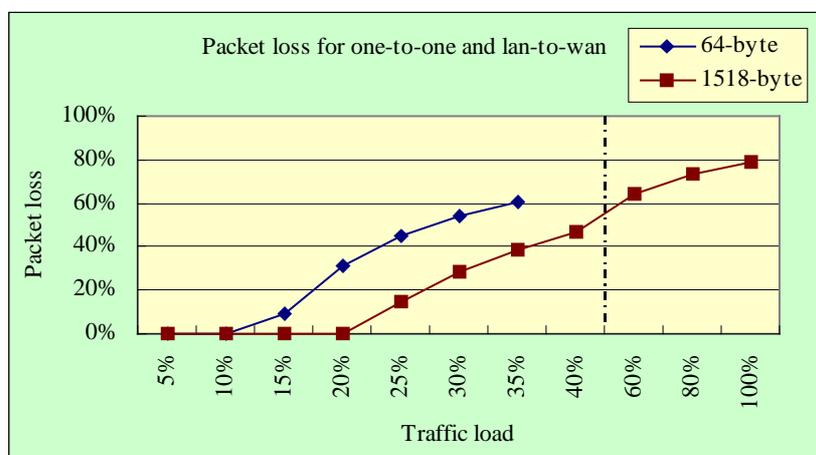
(<= value 中的 value 為 Latency；其下的數值為封包數)

5.2 一個 LAN port 與一個 WAN port 之間的效能

圖十四是 64-byte 與 1518-byte 的封包從 LAN port 送往 WAN port，並在不同的負載下的封包延遲。圖十五則是對應的 Packet Loss 比率。這兩個圖表的 Behavior 與之前封包從兩個 LAN port 到 WAN port 的結果類似，只是待測產品只要處理從一個 LAN port 來的封包，因此負擔比較輕，曲線也比較慢上揚。

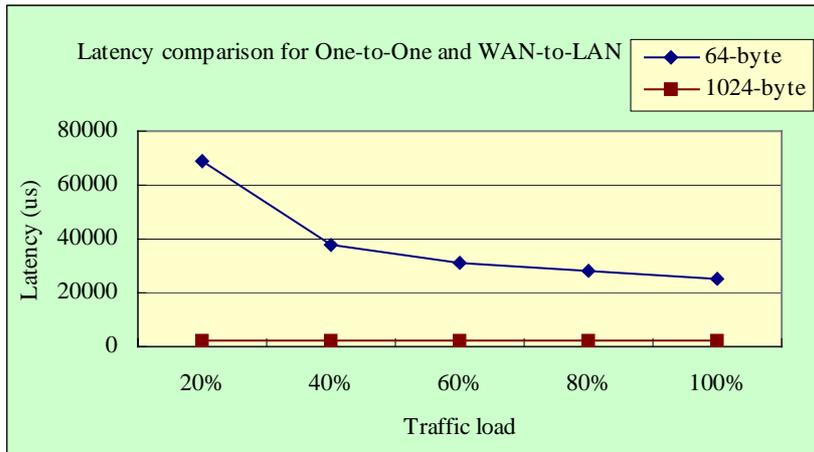


圖十四：Latency comparison for one-to-one and lan-to-wan

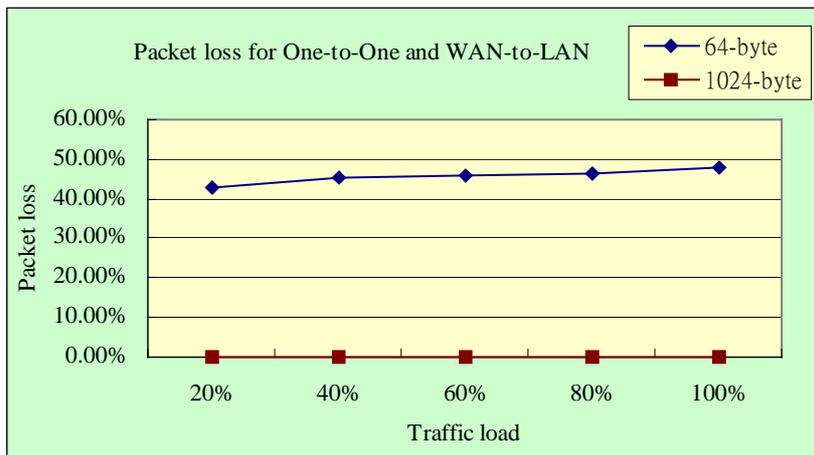


圖十五：Packet Loss for one-to-one and lan-to-wan

圖十六則是 64-byte 與 1024-byte 封包從 WAN port 送往一個 LAN port，並在不同的負載下的封包延遲。圖十七則是對應的 Packet Loss 比率。從圖中可發現負載比較小時，Latency 反而比較高，所以我們再去量測 64-byte 封包在不同負載下的 Frame Variance，結果負載越小時，Frame Variance 越大。同樣地比 128-byte 大的封包也不會有 Packet Loss。



圖十六：Latency comparison for One-to-One and WAN-to-LAN



圖十七：Packet loss for One-to-One and WAN-to-LAN

| Frames load | Rcvd | Frame Variance | | | | | | | | |
|-------------|--------|----------------|--------|--------|--------|---------|---------|----------|----------|-----------|
| | | <=100 | <=500 | <=1000 | <=5000 | <=10000 | <=50000 | <=100000 | <=500000 | <=1000000 |
| 100% | 156997 | 83 | 154226 | 1 | 95 | 2586 | 5 | 1 | 0 | 0 |
| 80% | 159668 | 83 | 156741 | 1 | 164 | 2568 | 10 | 9 | 91 | 1 |
| 60% | 161061 | 75 | 158015 | 3 | 241 | 2557 | 7 | 19 | 144 | 0 |
| 40% | 163205 | 73 | 159919 | 2 | 420 | 2499 | 16 | 22 | 147 | 107 |
| 20% | 170700 | 78 | 166685 | 3 | 951 | 2321 | 39 | 32 | 298 | 293 |

表三：封包在不同負載下的 Frame Variance

六、結論

經過這一番測試，我們分別檢視了產品的 LAN port 之間以及 LAN port 與 WAN port 之間的效能，可以發現 Prestige 1100 與 Cisco 2514 各有優缺點，包括：(1) LAN port 之間的測試中，Prestige 1100 在單位時間內，如果必須處理大量封包，效能會比 Cisco 2514 差；但在單位時間內所需處理的封包數不會太多時，Prestige 1100 將有比 Cisco 2514 更好的效能。(2) Cisco 2514 在 LAN port 之間的效能測試中，表現出產品的穩定性；可惜在測試 LAN-to-WAN/WAN-to-LAN 的效能時，產品與 SmartBits 之間的連線常常斷線，使得測試無法進行。(3)如果將 Prestige 1100 放置在 100M 網路環境時，兩個 LAN port 之間的通訊將感受不到 100M 網路的暢快。(4)在模擬真實網路環境時，Prestige 1100 似乎沒有優勢，這將是國人研發網路產品時可以參考借鏡的數據。(6) LAN-to-WAN 效能測試中發現：1518-byte 封包一旦發生 Packet Loss，Latency 就馬上暴增。(7)WAN-to-LAN 效能測試中發現：(a)在負載較輕時，兩個 LAN port 之間的 Latency 差異頗大，並發現 port 2 的 Frame Variance 較大。(b)最後一項 One-to-One 測試中，64-byte 封包在負載較輕時，Latency 反而較高。更發現負載輕時，Frame Variance 也較大。另外 Packet Loss 也在 40%~50% 左右。

六、參考資料

- [1] ZyXEL, <http://www.zyxel.com>
- [2] Cisco System Inc., <http://www.cisco.com>
- [3] NetCom System, "SmartBits User Guides"
- [4] David Newman, Tadesse Giorgis Farhad Yavari-Issalou, "Brainier Boxes", Data Communications, vol 27, no. 16, pp.71~80, November 1998.
- [5] S. Bradner, "Benchmarking Terminology for Network Interconnection Devices", RFC 1242, July 1991.
- [6] S. Bradner, "Benchmarking Methodology for Network Interconnection Devices", RFC 1944, May 1996.
- [7] R. Mandeville, "Benchmarking Terminology for LAN Switching Devices", RFC 2285, February 1998.