

Gigabit 交換路由器之測試

Experiments on Gigabit Switch Routers

周立德 楊正鼎 陳瑞明 劉士誠 蔡能聰 涂國祥 郭乃榮

國立中央大學資訊工程學系
桃園縣中壢市五權里 38 號
E-mail : cld@csie.ncu.edu.tw

摘要

Gigabit 交換路由器 (switch routers) 除了具備高傳輸速率之外，並有全功能的路由和交換能力，特別是可達線速 (wire-speed) 之 IP/IPX 單播 (unicast) 與群播 (multicast) 路由能力，因此極適合作為具有高頻寬需求之多媒體即時應用之傳輸平台。本論文對 Gigabit 交換路由器在流量統計、虛擬區域網路 (Virtual LANs)、ACL (Access Control List) 存取控制、過濾 (filtering) 及連接埠鏡射 (port mirror) 等功能進行測試，以瞭解其在實際運作時之效能。

關鍵詞：Gigabit 交換路由器、虛擬區域網路、ACL 存取控制、過濾、連接埠鏡射

1. 緒論

由於網路應用日漸蓬勃，加上多媒體技術的引進，使得網路更貼近人們的生活，但其對頻寬的要求也與日俱增。Gigabit 交換路由器 (switch router) 兼具了交換機 (switch) 及路由器 (router) 的功能，且具備高交換速率與傳輸速率，因此極適合做為各項整合影像、聲音及數據之多媒體應用的傳輸平台。交換機在 OSI 參考模型的第二層運作，路由器則在第三層運作，因此交換機的操作速率遠較路由器快，但路由器具備強大的功能而擁有各項增值服務。交換路由器則兼具高交換速率與路由功

能，能以線速 (wire-speed) 且更低的成本對 IP/IPX 等標準通用的通訊協定提供傳統 software-based 路由器支援的所有路由功能，且其交換速率可達 Gigabit，並支援第二層交換 (Layer 2 Switching)、第三層路由 (Layer 3 Routing)，甚至是第四層交換 (Layer 4 Switching) 之功能 [1]。

交換路由器與 Layer 3 交換機的差別在於 Layer 3 交換機可視為路由器，是利用硬體轉送封包，完全不需改變 IP 位的址結構，非但速度更快，價格也更便宜；交換路由器則提供完整的路由控制功能，在執行控制功能時依然保持高速，而 Layer 3 交換機並不包含所有的路由控制功能，於執行控制功能時會影響到其運作效能 [2-4]。

Gigabit 交換路由器可提供虛擬區域網路 (Virtual Local Area Networks, 簡稱 VLAN) [5]、ACL (Access Control List) 存取控制、過濾 (filtering)、連接埠鏡射 (port mirror)、保密、流量統計、RMON、RMON2 等功能。虛擬區域網路可將實際上不一定相連的工作站或個人電腦邏輯地連結在一起，而這些同屬一虛擬區域網路的電腦間之通訊狀況如同在一區域網路內一般。其優點是只需更改一些設定，而不需移動電腦或重新佈線，此外虛擬區域網路也可避免同一網域中不屬於此虛擬區域網路的電腦收到該虛擬區域網路的訊息。ACL 存取控制功能可針對 IP、連接埠、連線

方式或服務型態決定是否允許其進行存取。而過濾功能則可對網路卡 MAC 卡號或連接埠來設定存取的權限，以保障合法使用者。連接埠鏡射的功能可將某個連接埠所接受到的訊務，複製到另一指定的連接埠，以方便網路管理者進行流量或封包內容之監測。

為能對 Gigabit 交換路由器之性能及效率有更進一步的認識，本論文針對部分較有興趣之功能，規劃並進行下列測試：

1. 兩點間傳輸速率之測試：

利用兩台個人電腦透過 Gigabit 交換路由器進行傳輸，以統計實際傳輸速率。

2. 虛擬區域網路環境下之傳輸速率測試：

利用三台個人電腦透過 Gigabit 交換路由器進行資料的傳輸，其中兩台同屬一虛擬區域網路，第三台則屬另一虛擬區域網路。再量測同屬一虛擬區域網路及不同虛擬區域網路之兩部電腦間傳輸速率的差異。

3. ACL 存取控制之測試

測試在 Gigabit 交換路由器中以 ACL 技術對單一 IP 或一群 IP 進行存取權限設定與管制之效果。

4. 過濾功能之測試：

此過濾功能是依網路卡 MAC 卡號或是依連接埠來限制使用者的存取權限，屬於較底層的安全設定。本測試主要在實驗過濾功能之有效性。

5. 連接埠鏡射之測試：

將所有流經一埠的訊務，複製到另一指定的埠，再由鏡射埠對所複製的訊務進行監測。

本論文將於第二節介紹進行各項測試時所使用之軟硬體配備，並詳述各項測試之內容

及步驟。各項測試所量測之數據則於第三節呈現，並對結果詳加討論。最後於第四節做一結論。

2. 測試環境與內容

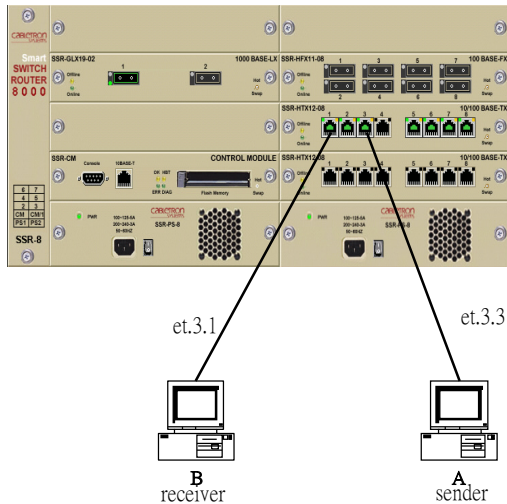
本測試所使用 Gigabit 交換路由器之機型為 Cabletron Smart Switch Router 8000 (SSR-8) [6]，配備有八個插槽，其中共有 8 個 100 BASE-FX Ethernet 連接埠、16 個 10/100 BASE-TX Ethernet 連接埠及 2 個 1000 BASE-LX Gigabit Ethernet 連接埠 [7-8]，是全功能、高速率的路由器，並支援 Layer 2 Switching、Layer 3 Routing 及 Layer 4 Switching 的應用控制和策略，也相容於其他標準的交換機及路由器。

在 Gigabit 交換路由器的軟體方面，前面四個測試使用 v1.2 版，最後的連接埠鏡射測試則是用 v2.1 的版本。在 SSR-8 中有兩種介面可供使用，一為以指令形式來操作設定的指令列介面 (Command Line Interface，簡稱 CLI) 透過 Java-based GUI 圖形介面來操作設定的 CoreWatch。

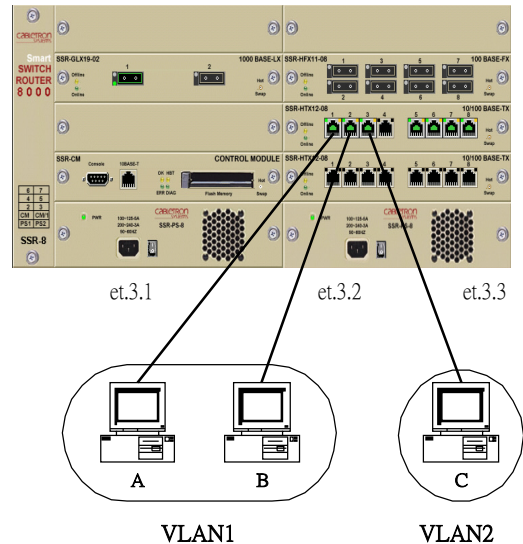
所有測試所使用的個人電腦均配備有 K6-200 之 CPU，32MB 之記憶體及 100 BASE-T 的網路卡，作業系統均為 Microsoft Windows 98。接下來詳述各項測試的內容及步驟。

測試一 兩點間傳輸速率之測試。

本測試之網路架構如圖一所示，利用兩台個人電腦透過 Gigabit 交換路由器連線，再以 ping 指令，測試兩電腦間之傳輸速率。首先由發送端 A 以 ping 指令送出封包，經由 et.3.3 連接埠進入交換路由器，再從 et.3.1 連接埠輸出至接收端 B，再量測單位時間內流經之位元數及封包數，即可得 A 與 B 兩點間之傳輸速率。



圖一 測試一中兩點間傳輸率之測試架構圖



圖二 測試二中虛擬區域網路之架構

測試二 虛擬區域網路環境下之傳輸率測試

如圖二所示，本測試以三台個人電腦連結至 Gigabit 交換路由器，並設定個人電腦 A 及 B 同屬於一個虛擬區域網路，稱之為 VLAN1，而個人電腦 C 則屬於另一個虛擬區域網路，稱之為 VLAN2。本測試主要觀察隸屬於不同虛擬區域網路之兩電腦間的傳輸速率，並與兩電腦同屬一虛擬區域網路時的情況相比較。

為了避免外來的干擾，Gigabit 交換路由器並未連上外部網路。首先由個人電腦 A 以 ping 指令送出封包至隸屬於同一虛擬區域網路之電腦 B，再改由電腦 B 送至電腦 A，量出兩次傳輸之平均速率。其後改為由電腦 A 送出封包至電腦 C，以量測隸屬於兩不同虛擬區域網路間電腦之傳輸速率。

進行網路流量之量測時，必須先執行 clear 指令以清除資料，因為 Gigabit 交換路由器會不斷地累計各個連接埠的流量狀況。累計的方式是由開機時起算，或是由上一次執行 clear 指令後起算，所以在準確的測試與統計前，必須清除先前的資料。

測試三 ACL 層存取控制之測試

SSR-8 可以 ACL 之技術對單一 IP 或一群 IP 進行存取限制。本測試即是對此 ACL 功能之有效性進行實驗。設定 ACL 所使用的指令格式為

```
acl name permit(deny) tcp source-addr
dest-addr source-port dest-port tos
```

其中 name 代表一 ACL 過的名稱，可由網路管理者自行設定。ACL 設定有隱含的拒絕設定 (Implicit deny) 之含義，即建立一 ACL 後，除了符合此 ACL 允許或拒絕條件之封包外，其他的封包一律拒絕通過。指令

```
acl 101 deny tcp 203.72.243.0/24 any any any
```

表示所有 TCP 封包均被允許通過 Gigabit 交換路由器，但是網路遮罩為 /24 及來源位址為 203.72.243.0/24 的子網路之 IP 封包則被濾去，其中 /24 表示遮蔽了 24 個位元。指令

```
acl 101 permit tcp any any any any
```

則是拒絕任何 TCP 封包通過。本測試之細部

項目如下：

1. 設定 ACL 以濾去某一 IP 之封包，使該 IP 無法傳送資料。使用的指令為：

```
acl 101 deny ip 203.72.243.250 any any any  
acl 101 permit ip any any any any
```

2. 設定 ACL 使之濾去所有 IP 封包，所使用之指令為：

```
acl 102 deny ip any any any any
```

3. 設定 ACL 使某一 IP 可透過 Gigabit 交換路由器對外互連。所使用之指令為：

```
acl 103 permit ip 203.72.243.250 any any any  
acl 103 permit ip any 203.72.243.250 any any
```

測試四 過濾功能之測試

本測試是依 MAC 位址或依連接埠來限制使用者的存取權限，過濾的指令格式為

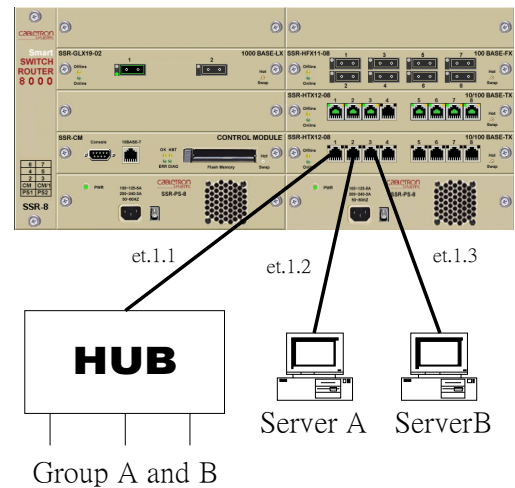
```
filters add address-filter name <name>  
direction source vlan <VLAN-num>  
in-port-list <port-list>
```

表示將所有經過 <port-list> 連接埠且來源端屬於 <VLAN-num> 這個虛擬區域網路的封包濾掉，而 <name> 則代表此過濾器 (filter) 的名字，可由網路管理者自訂。而指令

```
filters add address-filter name <name>  
direction destination vlan  
<VLAN-num> in-port-list  
<port-list>
```

則表示將所有經過 <port-list> 連接埠且目的地屬於 <VLAN-num> 這個虛擬區域網路的封包濾掉。

本測試之網路架構如圖三所示，其中 Group A 及 Group B 分別代表一虛擬區域網



圖三 測試四中過濾功能之網路連接架構

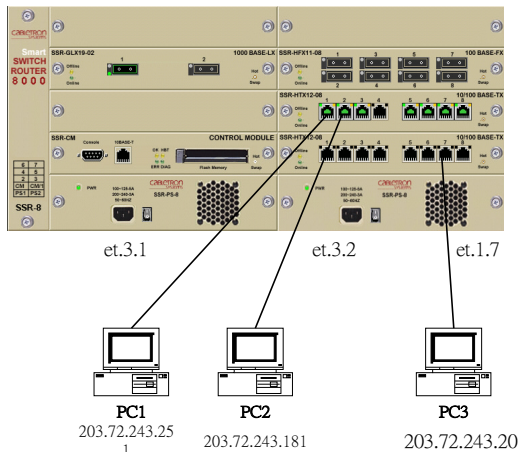
路。假設 Server B 網路卡的 MAC 位址為 AABBCC:DDEEFF，則指令

```
filters add address-filter name serverB  
dest-mac AABBCC:DDEEFF vlan  
Agroup in-port-list et.1.1
```

表示從所有經過連接埠 et.1.1 且隸屬於 Agroup 這個虛擬區域網路之封包中，將目的地為 AABBCC:DDEEFF 之 MAC 位址的封包濾掉。亦即所有連至 et.1.1 埠的電腦中，只有不屬於 Group A 的電腦才可將封包送達 Server B。

測試五 連接埠鏡射之測試

本測試主要瞭解連接埠鏡射之功能，以協助進行網路監測，瞭解訊務之傳輸情形與內容。本測試利用 FTP 檔案傳輸來觀察連接埠之鏡射結果，其網路架構如圖四所示。實驗環境中有三台電腦，PC1 為 FTP 的伺服器端，作業系統為 Linux Red Hat 6.0，並於其上提供一大小為 108,164,913 bytes 之檔案。PC2 為 FTP 的客戶端，並同時安裝 CoreWatch 監控軟體，以分析 Gigabit 交換路由器的運作情形。設定 Gigabit 交換路由器，使之將所有傳



圖四 測試五連接埠鏡射之測試的網路架構

送至 et.3.2 連接埠的封包全部複製到 et.1.7 連接埠，再將安裝有 Net-X-ray 軟體之電腦 PC3 連至 et.1.7 連接埠，以擷取所鏡射到的訊務，供對照 et.3.2 及 et.1.7 兩連接埠所接收及鏡射之訊務的狀況。本測試之實驗步驟如下：

1. 對 Gigabit 交換路由器設定鏡射功能，其指令為

```
monitor-port et.1.7 target-port et.3.(1-8)
```

2. 將所有用到的埠進行初始化。
3. 設定 Net-X-Ray 軟體。
4. 在進行檔案傳輸時，PC3 同時擷取封包。
5. 在檔案傳輸完畢後，PC2 停止一切網路活動，同時 PC3 停止封包擷取的動作。
6. 觀察各個埠接收的封包數和位元數，並做成紀錄。

3. 測試結果與討論

本節為上述五項測試之結果，並對其詳加討論。在測試一中進行兩點間傳輸速率之實驗中，由於個人電腦之網路卡為 100 BASE-T，加上個人電腦之配備與等級等因素，因此僅能測到約 74.69 Mbps 之傳輸速率，如表一所示。

表一 測試一中點對點測試傳輸結果

Port Stats	Received	Transmitted
Average bit/sec	74,690,944	0
Unicast packets	43355	43352
Packet errors	4	43351

表二 測試二中由電腦 A 送出資料至隸屬於同一虛擬區域網路之電腦 B 時的傳輸結果

Port Stats	Received	Transmitted
Average bit/sec	63,012,512	0
Unicast packets	11,479	3,099
Packet errors	0	0

表三 測試二中由電腦 A 送出資料至屬於另一虛擬區域網路之電腦 C 時的傳輸結果

Port Stats	Received	Transmitted
Average bit/sec	37,570,232	2,350,400
Unicast packets	4,001	2,239
Packet errors	0	0

表二為測試二中隸屬於同一虛擬區域網路之電腦間傳送資料時的傳輸結果，其傳輸速率為 63,012,512 bps。表三則為不屬於同一虛擬區域網路之電腦間傳送資料之結果，其傳輸速率為 37,570,232 bps，速率較慢的原因是其尚須在不同的虛擬區域網路間進行路由運作。

在測試三 ACL 存取控制的實驗方面，在設定濾去某一 IP 為 203.72.243.250 之電腦前，該電腦可正常傳送資料，但設定後則完全無法自 Gigabit 交換路由器送出資料；其次在設定 ACL 以濾去所有 IP 封包之實驗中，在設定前連通皆正常，設定後所有 IP 的確無法連進 Gigabit 交換路由器，也無法互連。在設定 ACL 使某一 IP 可透過 Gigabit 交換路由器對外互連之測試中，設定前連通皆正常，但設定之後則僅 203.72.243.250 這台個人電腦可對外連通。

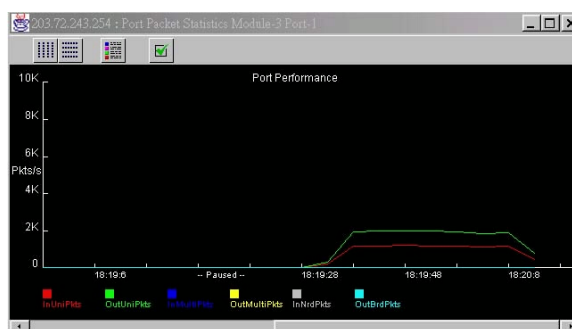
表四 測試五連接埠鏡射的實驗中，三連接埠在起始與結束時所接收到與傳送出的封包數及位元組數

Port 位置	et.3.1 (ftp server)		et.3.2 (ftp client)		et.1.7 (Net-X-Ray)	
	接收	傳送	接收	傳送	接收	傳送
狀態	接收	傳送	接收	傳送	接收	傳送
IP 位址	203.72.243.251		203.72.243.181		203.72.243.20	
起始時封包數	0	0	4	0	4	4
起始時位元組數	0	0	280	0	0	0
結束時封包數	44,913	74,474	74,188	44,596	119,337	0
結束時位元組數	2,963,809	112,467,943	112,470,289	2,854,036	115,506,113	0

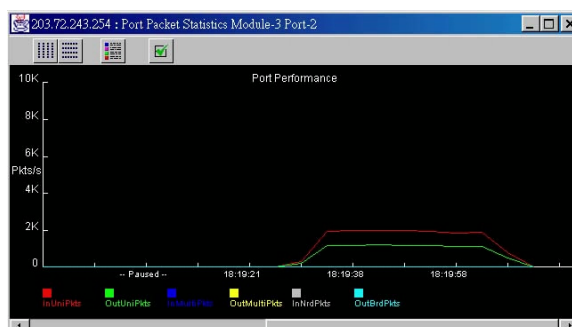
ACL 功能可針對 OSI 模型的第三層 IP 封包進行允許/拒絕的存取控制設定，網路管理者可對任意 IP 或 IP 領域 (IP domain) 進行權限的管理及設定，也可設定每個連接埠與特定 IP 或 IP 領域彼此間的權限關係。由於 ACL 有內含的隱藏拒絕設定，所以在設定拒絕一 IP 或 IP 領域前，必須先下連接受所有 IP 封包的指令，否則不只該 IP 或 IP 領域之封包被拒絕，其他來源之封包也會因隱含拒絕的因素導致被拒絕存取。

由於 ACL 可對 IP 或 IP 領域作整體的設定，因此較過濾功能方便；但因過濾功能是在 MAC 層或根據連接埠進行過濾，因此在處理速度上較有效率，且在以網路卡收費的宿舍網路環境中，更能突顯此優點。在過濾功能的測試中，各電腦均可自由相互連接；但在設定過濾功能後，隸屬 Group A 的使用者的確無法連結至 Server B。

在連接埠鏡射的測試部分，以 FTP 傳輸一大小為 108,164,913 bytes 之檔案。圖五為連接埠 et.3.1 及 et.3.2 之訊務傳輸狀況，圖六則為由鏡射埠 et.1.7 以 Net-X-Ray 所擷取之各種訊務的分類。表四顯示三台電腦在起始與結束時所接收到與傳送出的封包數及位元組數。由於本測試是以 FTP 傳輸一大小為 108,164,913 bytes 之檔案，因此三台電腦所傳送或接收到之位元組數應相同，但表四所顯



(a) 連接埠 et.3.1



(b) 連接埠 et.3.2

圖五 測試五連接埠鏡射的實驗中 (a) 連接埠 et.3.1 及 (b) 連接埠 et.3.2 之訊務傳輸狀況

Dashboard					
Network:		Detail errors:		Size distribution:	
Packets	119337	CRCs	0	64s	44580
Dropped	50	Runt	0	65-127s	84
Broadcasts	55	Oversize	0	128-255s	160
Multicasts	1	Fragment	0	256-511s	301
Bytes	115506113	Jabber	0	512-1023s	165
Utilization	0	Alignment	0	1024-1518s	74047
Errors	0	Collision	0		

圖六 測試五連接埠鏡射的實驗中鏡射埠 et.1.7 所擷取之訊務分類

示的位元組數及封包數均不同，這是因為有 FTP 的 command 封包加入傳輸鏈路，且在傳送過程中，可能有封包遺失導致重送的情形發生，加之有 CoreWatch 及 Net-X-Ray 軟體之相關控制封包的緣故。但傳送、接收與鏡射的位元組數大致相同，因此可判斷出鏡射功能是成功的。

4. 結論

網路發展日趨蓬勃，各式多媒體應用相繼誕生，頻寬需求日益增加，因此兼具高速交換速率與強大路由能力的 Gigabit 交換路由器已成為眾人注目的焦點 [9]。為了更瞭解 Gigabit 交換路由器之功能，本文對傳輸速率、虛擬區域網路、ACL 存取控制、過濾和連接埠鏡射等部分較有興趣之功能進行測試，但可能由於配合實驗之個人電腦配備不夠新穎齊全，加之部分測試在進行時尚未更新 Gigabit 交換路由器韌體之版本，因此尚未能完全表現出 Gigabit 交換路由器之特性與效能。

參考文獻

- [1] Cabletron Systems, "SmartSwitch Routers," <http://www.cabletron.com/smart-switch-router/>, Sept. 1999.
- [2] Newman Peter, et al., "Ipsilon's General Switch Management Protocol Specification," *IETF RFC 1987*, Aug. 1996.
- [3] Newman Peter, Greg Minshall, Tom Lyon and Larry Huston, "IP Switching and Gigabit Routers," *IEEE Communications Magazine*, Jan. 1997.
- [4] Rekhter Y., et.al., "Cisco Systems' Tag Switching Architecture Overview," *IETF Internet Draft*, Mar. 1997.
- [5] IEEE 802.1Q/D8: *Virtual Bridged Local Area Network (VLAN)*, Dec. 1997.
- [6] Cabletron Systems, "SmartSwitch Router 8000," <http://www.cabletron.com/products/items/SSR-8>, 1999.
- [7] Gigabit Ethernet Alliance, "Gigabit Ethernet 1000 BASE-T," http://www.giga-bit-ethernet.org/technology/whitepapers/gige_11.97/wp_11.97.pdf, Nov. 1997.
- [8] Gigabit Ethernet Alliance, "White Paper: Gigabit Ethernet," http://www.gigabit-ethernet.org/technology/whitepapers/gige_0698/papers98_toc.htm, June 1998.
- [9] John C. Collins, Joel Dunn and Phil Emer, "Gigabit Junction with the Next-Generation," *IEEE Spectrum*, Vol.36, No.2, 1999.