

骨幹路由交換器測試評比：功能、效能、符合性與互通性

測試計畫主持人：林盈達

測試人員：郭以謙、姚長利、陳育良、吳政璟

工研院交大網路測試中心

新竹市大學路 1001 號電子資訊大樓 604 室

<http://www.nbl.org.tw/>

摘要

為了建構高速的網路環境，骨幹路由交換器的性能成為關鍵的影響因素。骨幹路由交換器測試計畫的對象定位在 Backplane Capacity 在 128Gbps、Routing Throughput 在 60Mpps 以上的骨幹路由交換器(Layer 3 Backbone Switch)。本次計 5 家廠商 5 項產品參與測試計畫：Alcatel (OmniSwitch7800)、Cisco(Catalyst6509)、Enterasys(ER-16)、Extreme (BlackDiamond 6808)、Foundry(BigIron 8000)。比較的項目計有 3 大類，功能性(Functionality)、效能性(Performance)、符合性及互通性(Conformance and Interoperability)總共 12 項指標，包括備援功能(Redundancy Function)、價值比(Value-to-Price)、操作簡易度(Ease of use)、有效文件資源(Effective Documents)、擴充性(Scalability)、Layer 2 效能(Layer 2 Performance)、Layer 3 效能(Layer 3 Performance)、群播效能(Multicast Performance)、路由收斂速度(Routing Convergence Performance)、乙太網路互通性(Ethernet Interoperability)、橋接互通性(Bridge Function Interoperability)、路由通訊協定互通性(Routing Protocol Interoperability)。測試結果之圖表除 Cisco 無回應外，均經過受測廠商確認。與先前本中心舉辦的其他公開測試評比比較而言，此次各產品的整體成績差異不大，各家產品互有所長，但某些項目仍有較大差異，包括備援功能、有效文件資源及群播效能。最後百分等級成績 Alcatel OmniSwitch7800 為 91，Cisco Catalyst6509 為 86，Enterasys ER-16 為 86，Extreme BlackDiamond 6808 為 93，Foundry Big Iron8000 為 93。

一、簡介

在中大型企業網路或校園網路中，骨幹路由交換器扮演核心的角色，它必須具有線速(Wire-speed)快速轉送封包的能力，同時必須支援多種通訊協定，確保與其他路由交換器的互通，並能處理大量路由資訊以應付變動的網路環境。本測試報告檢視各家廠商的骨幹路由器產品，比較各家產品的功能、效能、符合性及互通性，以提供採購者選購之參考。

功能指標：5 項

在功能方面由於各家廠商骨幹路由器的各項功能支援皆相當完整，包括

Layer 2、Layer 3、QoS (Quality of Service)、擴充性等功能，差異不大，所以在功能面部分我們選取 5 項差異性較大指標來進行比較，包括(1)備援功能、(2)價格因素、(3)操作簡易度、(4)有效文件資源及(5)擴充性。

效能指標：4 項

在本測試報告中將骨幹路由交換器(Layer 3 Backbone Switch)的效能測試分為 4 大類 4 項指標，包括(1)Layer 2 效能、(2)Layer 3 效能、(3)Multicast 效能及(4)路由收斂速度，前三者屬 Data-plane，後者屬 Control-plane。

符合性及互通性指標：3 項

在符合性及互通性測試部分區分為 3 大類 3 項指標，包括 (1)Ethernet、(2)Bridge Functions 及(3)路由通訊協定互通性。

本報告的最後的評分將依此 12 項指標來進行評分。

二、測試對象及測試工具

測試對象

本次測試之對象我們主要以 backplane capacity 在 128Gbps，routing throughput 在 60Mpps 以上之產品為邀請目標，同時撰寫測試計畫，並由網路通訊雜誌社出面對各廠商發出邀請函，其中 Cisco Taiwan 雖經評估不參加本次測試，但由於其產品市占率頗高，我們仍然從用戶借用符合測試需求之模組型號來進行測試。表一列出所有邀請的產品型號基本資料，最後進入測試評比的產品共 5 項，圖一為待測產品照片。

Device Under Test	Modules	參考定價	國內代理商	備註
Alcatel OmniSwitch7800	1. Management module *2 (OS7800-CMM) 2. Giga Module *4 (OS7-GNI-U2) 3. 10/100 Module*2 (OS7-ENI-C24) 4. Power Supply *4 (OS7-PS-0600AC) 5. GBIC *8 (Finisar 1000Base-TX) 6. Chassis *1 (OS-7800)	3,250,000.	Alcatel Taiwan	各廠商之定價除 Cisco Catalyst 6509 是依其借測模組報價(僅含 4 giga ports)外其餘各廠皆依下列規格報價: 1. Management module *2 2. Giga Module *8 ports 3. 1000-SX GBIC * 8 個 4. 10/100 Module * 48 ports 5. Power Supply *2 6. Chassis *1
Cisco Catalyst 6509	1.Management module *2 (WS-X6K-SUP2-2GE) 2.GBIC * 4 3.10/100 Module * 1(WS-X6348) 4.Power Supply * 2 5.Switch Fabric Module * 1(WS-C6500-SFM) 6.Chassis * 1	4,020,000	由用戶處取得	
Enterasys ER-16	1. Management module *2 (ER16-CM3-128) 2. 8 ports TX Giga Module *1 (ER16-GTX32-08) 3. 24 ports 10/100 Module*1 (ER16-TX-24) 4. Power Supply *2 (ER16-AC) 5. switching fabric module*2 (ER16-SF) 6. Chassis *1 (ER16-CS)	3,150,000	騰蒙科技	
Extreme BlackDiamond 6808	1. Management module *2 (MSM64i, 50015) 2. Giga Module *1, Port *8 (G8Ti, 51033) 3. 10/100 Module *1, Port *48 (F48Ti, 52011) 4. Power Supply *2 (50020) 5. Chassis *1 (50011)	3,095,000	陸德資訊	
Foundry BigIron 8000	1. Management module *2 (J-BxGMR4) 2. 10/100 Module*1 (J-B48E) 4. Power Supply *2 (RPS3) 5. Mini GBIC *8 (E10G-SR) 6. Chassis *1 (BI8000)	3,180,000	麟瑞科技	

表一：受測廠商及受測產品





圖一：待測產品

測試工具

本次測試中所使用的工具包括 Spirent Smartbits 6000B、Agilent RouterTester 900、IXIA ANVL，表二中列出測試工具之硬體型號、相關軟體版本及各個工具應用的測試項目，圖二為測試儀器照片。

	模組型號	使用軟體及測試項目
Spirent Smartbits 6000B	1.Smartbits 6000B(Chassis) 2.LAN3101A (6ports 10/100Mbps module) 3.LAN3301A (2ports 10/100/1000Mbps module) 4.LAN3300A (2ports 10/100/1000Mbps module)	1.AST ver2.10.017 (Layer 2 效能及互通性測試) 2.SmartWindow ver7.40 (Layer 2 效能及互通性測試) 2.SmartFlow ver1.50 (Layer 3 效能) 3.SmartMulticastIP1.26(Multicast 效能)
Agilent Router Tester 900	1.E7900A(4 slots chassis) 2.E7906A (16 ports 10/100Mbps module)	Router Tester and QA Robot release 5.1(收斂速度測試)
IXIA ANVL	N/A	ANVL VER5.40 (符合性測試)

表二：測試工具列表



圖二： 測試儀器 Spirent Smartbits 6000B、Agilent Router Tester 900、IXIA ANVL (安裝於 PC 內)

本次送測各廠商之待測產品內部硬體規格如表三所示，其中 Fabric Capacity 及 Routing Throughput 為外國原廠網站上之資料並未經過本中心驗證。

Device Under Test	Processor	OS	RAM	Flash	Firmware version	Fabric Capacity*	Routing Throughput*
Alcatel OS7800	Sparc-V9/400	AOS	128MB	32MB	5.1.3.148	128 Gbps	N/A**
Cisco Catalyst 6509	RM 7000 CPU 300Mhz Implementation 39	IOS	128MB	32MB	IOS 12.1(11b)E CatOS 7.1(1)	256 Gbps	170Mpps
Enterasys ER-16	MIPS R7000 292MHz	N/A	128MB(256 MB Max)	8MB(32 MB Max)	E9.0.3.1	128 Gbps	70Mpps
Extreme BD 6808	MIPS R5000 233MHz	Extremeware	256MB	16MB	6.2.2	128 Gbps	96Mpps
Foundry BI 8000	Power PC processor 750 466 MHz	Ironware	512MB	16MB	07.6.02cT53	256 Gbps	178Mpps(with Giga module)220Mpps(with 10Giga module)***

*Fabric Capacity 與 Routing Throughput 之數值為國外原廠網站型錄宣稱之數值未經本中心驗證。
**Documents on Alcatel website (www.alcatel.com) do not indicate the routing throughput of Alcatel OS7800.
*** The routing throughput of Foundry BigIron8000 claimed by vendors are aggregated based on switching capacities of the line card.

表三：待測物內部硬體規格

外部硬體規格依各模組區分分別列於表四(a)、表四(b)。

Device Under Test	Chassis					Power	
	Model	Slots(Including 2 management)	Fan	Size	Weights	Model	Power output
Alcatel OS7800	OS-7800	18	3	17.40"x 29.75"x14.75" in. WxHxD	80lbs or 188lbs (fully loaded)	OS-7-PS-0600AC	600W
Cisco Catalyst 6509	WS-C6509	9	9	25.2"x17.2"x18.1" in. WxHxD	65lb(29.4kg) 242 lb (110kg)(fully loaded)	WSC6009-1300AC	1300W
Enterasys ER-16	ER-16CS	16	4	19"x 35"x19" in. WxHxD	56.25kg(125lbs)	ER-16-AC	2400W
Extreme BD 6808	50011	10	3	17.32"x26.25"x18" in. WxHxD	60lbs or 188 lbs	50020	1800W
Foundry BI 8000	BI8000	8	6	17.5"x20.75"x15.25" in. WxHxD	117lb(43.7kg) (fully loaded)	RPS3	550W

表四(a)：外部硬體規格 (Chassis/Power modules)

Device Under Test	Management Module		10 / 100 Ethernet Modules		Gigabits Ethernet Modules	
	Model	Management Connectivity	Model	Port Density	Model	Port Density
Alcatel OS7800	OS-7800-CMM	DB-9, RJ45	OS7-ENI-C 24	24	OS-GNI-U2	2(1000BaseSX,2 GBIC)
Cisco Catalyst 6509	WS-CAC-1300W	DB-9	WS-X6348-RJ-45	48	Management module include 2 giga interface	2(1000BaseSX,2 GBIC)
Enterasys ER-16	ER-16-CM3-128	DB-9, RJ45	ER16-TX-24	24	ER-16-GTX32-08	8(1000Base-TX)
Extreme BD 6808	MSM64i 50015	DB-9, RJ45	F48Ti 52011	48	G8Ti 51033	8(1000Base-TX)
Foundry BI 8000	J-BxGMR4	DB-9	J-B48E	48	Management module include 8 giga interface	8(1000BaseTX)

表四(b)：外部硬體規格 (Management/Ethernet Modules)

三、功能比較

就產品功能面而言，我們將功能區分為 6 大類，包括(1)管理功能、(2)備援

功能、(3)Layer 2 功能、(4)Layer 3 功能、(5)QoS 功能及(6)擴充性，然因各家產品在功能支援上皆相當完整且差異性不大，故最後的評分我們以(1)備援功能、(2)價格因素、(3)操作簡易度、(4)有效文件資源、(5)擴充性，5 項指標來進行評分。

管理功能

在管理介面方面，我們檢視幾項工具，包括是否有 Web 介面，是否支援 SNMP(Simple Network Management Protocol)、RMON(Remote Monitoring)以及 port mirroring 和 firmware update 功能，其中 Web 介面可讓使用者以圖形化介面進行管理，SNMP 及 RMON 可讓網管人員能夠從遠端進行設定、監控操作，port mirroring 則使管理者可以在不干擾網路運作下監控其他 port 的封包內容。

表五為管理功能比較表，其中 Enterasys ER-16 並未內建 Web 介面的管理工具，而 Cisco Catalyst6509 內建之 Web 介面管理工具功能比較少。而 CLI(Command Line Interface)介面各家皆有支援，其中 Extreme BD6808 CLI 介面僅有一層較為簡單，而 Cisco Catalyst6509 設定最為繁瑣(需分別於不同 session 設定 Layer2 Layer3 功能)，另本次測試並未測試各家特有之管理工具程式。

Device Under Test	Management Interface		SNMP	RMON 1	RMON 2	Port Mirroring	System maintenance	
	GUI	CLI	Version Support	Group Support	Group Support		Configuration Backup/Restore	Firmware Upgrade
Alcatel OS7800	Web, Omnivista	Yes	V1,V2,V3	1,2,3,9	N/A	Yes	Yes(FTP)	Yes
Cisco Catalyst 6509	Web(Layer3),CiscoWroks	Yes	V1,V2,V3	1,2,3,9	N/A	Yes	Yes(TFTP)	Yes
Enterasys ER-16	Netsight	Yes	V1,V2,V3	all groups	all groups	Yes	Yes(TFTP)	Yes
Extreme BD 6808	Web, EPICenter	Yes	V1,V2	1,2,3,9	9	Yes	Yes(TFTP)	Yes
Foundry BI 8000	Web, IronView Network Management (INM),	Yes	V1,V2c,V3	1,2,3,9	N/A	Yes	Yes(TFTP)	Yes

表五：管理功能比較表

SNMP、RMON 1(group 1, 2, 3, 9)、Port mirroring 功能各家皆有支援，RMON 2 Extreme BD6808 支援 group 9、Enterasys ER-16 則支援 RMON 1、RMON 2 全部的 group，另外 Extreme BD6808 只支援 SNMP 的 V1 及 V2。Firmware update 方式則僅有 Alcatel OS7800 採用 FTP(File Transfer Protocol)方式其他廠商皆使用 TFTP(Trivial File Transfer Protocol)，由於 FTP 採用 TCP，TFTP 則是 UDP 方式傳遞資料，採用 FTP 若在升級 Firmware 時遇到斷訊狀況比較不會造成無法開機的情況。

備援功能

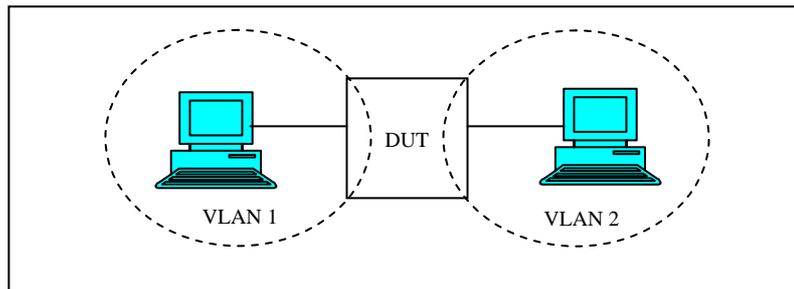
在備援功能方面，我們主要檢視骨幹路由交換器的各個模組是否具有 Hot Swap 之功能、管理模組故障時是否能迅速移交控制權至備援管理模組以及是否支援 VRRP(Virtual Router Redundancy Protocol)之功能，表六為備援功能列表。

Device Under Test	Power Module	NI Module	Management Module			VRRP Support
	Hot Swappable	Hot Swappable	Hot Swappable	FTP connection continuity	Recovery Time	
Alcatel OS7800	N+1 Redundant	Yes	Yes	Yes	<1 sec	Yes
Cisco Catalyst 6509	1+1 Redundant	Yes	Yes	No	30 sec	Not support
Enterasys ER-16	2+1 Redundant	Yes	Yes	No	23 sec	Yes
Extreme BD 6808	1+1 Redundant	Yes	Yes	No	10 sec	Yes
Foundry BI 8000	N+1 Redundant	Yes	Yes	Yes	<1 sec	Yes

表六：備援功能比較列表

在 Hot Swap 部分，各家的網路介面模組及電源模組在傳送資料時進行抽換動作皆可順利更換不會影響到其他正傳遞資料模組的動作，管理模組部分除 Enterasys ER-16 外其餘各家皆可直接抽出管理模組進行 Hot Swap 動作，而 Enterasys ER-16 在更換管理模組前需先按下管理模組上的按鈕將控制權切換到備援的模組上才可移除主要的管理模組。

在控制權移交速度方面，我們利用兩台電腦做連續互 ping，及用 FTP 方式在兩台電腦間傳送大檔案(200MB)兩種方式來做測試，測試架構如圖三所示。



圖三：備援功能測試架構

首先在 ping 的過程中我們手動移除電源模組、網路模組、管理模組來模擬模組故障的狀況，並察看 ping 是否有中斷現象。在移除管理模組後各家廠商由主要管理模組切換至備份管理模組的時間會有所不同，其中 Foundry BI8000 與 Alcatel OS7800 的機器表現最好，兩者完全不會觀察到 ping 中斷現象，其餘 3 家產品中 Extreme BD6808 中斷 10 秒，Cisco Catalyst 6509 中斷 30 秒而 Enterasys 則中斷 23 秒。另外比較特別的是 Enterasys ER-16 的機器設計無法允許管理模組同時出現 Hot Swap 及 redundancy 狀況發生，該設備做 Hot Swap 時要先手動按下機器上的 Hot Swap 鈕，等要更換的模組切換控制權至備援管理模組後才能移除，所以我們無法直接用移除管理模組方式模擬故障的狀況來進行測試，表六中 Enterasys ER-16 之 Recovery Time 數據是以按下 Hot Swap 鈕方式切換控制權測得之時間。FTP 傳遞資料的測試僅 Foundry BI8000 及 Alcatel OS7800 兩家 ping 不會中斷的廠商可維持連線不中斷並順利傳完資料。VRRP 功能部分除 Cisco Catalyst 6509(僅支援 Cisco 專屬之 HSRP)外各家廠商都有支援。在備援功能評分

中我們給予 FTP 及 PING 都不會中斷的 Alcatel OS7800、FoundryBI8000 兩家產品五顆星，中斷時間較短的 Extreme BD6808 給予四顆星，其餘兩家為三點五顆星。

Layer 2 功能

在 Layer 2 功能方面各家皆有支援 Link Aggregation，VLAN 支援個數皆為 4096 個，VLAN 設定方式亦大同小異，在 Flooding Limiting 部分，Alcatel OS7800、Cisco Catalyst6509、Extreme BD6808 可支援 per port 的 Flooding Limiting，詳細規格請參見表七。

Device Under Test	Link Aggregation (802.1ad)	Flooding Limiting	VLAN(802.1Q Tag)	VLAN Configuration
Alcatel OS7800	1. Port failure recovery, load balancing based on MAC 2. 32 trunk group per switch 3. 16 links per aggregates	Per port	4096	Per port, MAC, L3-based, port binding, protocol type, and custom, user authentication VLAN
Cisco Cat 6509	1. Port failure recovery, load balancing based on MAC 2. 64 trunk group per switch 3. 8 links per aggregates	Per port	4096	Per port, MAC, L3-based, port binding, protocol types, and custom
Enterasys ER-16	1. Port failure recovery, load balancing based on MAC 2. 256 trunk group per switch 3. 16 links per aggregates	N/A	4096	Per port, L3-based, port binding, protocol types, and
Extreme BD 6808	1. Port-based, Address-based, Round-Robin Load-Balancing 2. 8 ports per group	Per port	4096	Per port, MAC, L3-based, port binding, protocol types, and custom
Foundry BI 8000	1. Port failure recovery, load balancing based on MAC 2. 64 trunk group per switch 3. 8 links per aggregate(Fastethernet ports) or 8 links per aggregate (Giga ports)	Per chassis	4096	Per port, MAC, L3-based, port binding, protocol types, and custom

表七：Layer 2 功能比較表

Layer 3 功能支援

在 Layer 3 功能支援部分主要要檢視各家對主要通訊協定的支援程度，由表八中可見各家皆有支援主要的 RIP(Routing Information Protocol)、OSPF(Open Shortest Path First)、BGP(Border Gateway Protocol)，在 Multicast 部分則都有支援 IGMP(Internet Group Management Protocol)、DVMRP(Distance-Vector Multicast Routing Protocol)、PIMSM(Protocol Independent Multicast-Sparse Mode)，另外在 IPv6 及 MPLS(Multiprotocol Label Switching)方面則都是屬於需另外購買之配件。

Device Under Test	Routing protocol support	Multicast protocol support	Other Protocol Support
Alcatel OS7800	RIPv1v2,OSPF,BGP	IGMP, DVMRP, PIMSM	IPX, AppleTalk, DECnet MPLS(optional), IPv6(optional)
Cisco Cat6509	RIPv1v2,OSPF,BGP,IGRP,EIGRP,IS-IS	IGMP, CGMP, DVMRP, PIMSM, PIMDM,GMRP	IPX, AppleTalk, RSVP, NTP, CDP, DECnet, Vines, OSI,CLNS
Enterasys ER-16	RIPv1v2,OSPF,BGP	IGMP, DVMRP, PIMSM	IPX, AppleTalk, IPv6, MPLS(optional)
Extreme BD 6808	RIPv1v2,OSPF,BGP, IS-IS(supported on firmware7.0 or later)	IGMP, DVMRP, PIMSM, PIMDM	IPX, AppleTalk, DECnet, IPv6(optional), MPLS(optional)
Foundry BI 8000	RIPv1v2,OSPF,BGP,IS-IS	IGMP, DVMRP, PIMSM, PIMDM, MBGP	IPX, AppleTalk, MPLS(optional), IPv6(optional)

表八：Layer 3 功能比較表

QoS 功能

QoS 功能方面主要比較硬體方面 per port queue 數及最小管理頻寬單位和 QoS 的設定方式。在硬體的 queue 數量方面 Extreme BD6808 的 queue 數最多，queue 數多可對 traffic 做較精細的控制。在 QoS 802.1p 的設定方式各家大同小異，詳細項目請參見表九。

Device Under Test	Hardware Queue per Port	Min. Unit of Bandwidth Management	QoS (802.1p) Configuration
Alcatel OS7800	4	1k bps	Based on MAC DA, IP SA/DA, TCP/UDP SA/DA, Destination Slot/Interfaces, Destination interface types, Destination VLAN, Multicast IP
Cisco Catalyst6509	4	N/A	Based on Mac, IP SA/DA, TCP/UDP ports Diffserv (IP TOS), 802.1p,physical source port, VLAN
Enterasys ER-16	4	Configure by percentage	Based on Mac, IP SA/DA, TCP/UDP ports Diffserv (IP TOS), 802.1p,physical source port, VLAN
Extreme BD 6808	8	Configure by percentage	Based on Mac, IP SA/DA, TCP/UDP ports Diffserv (IP TOS), 802.1p,physical source port, VLAN
Foundry BI 8000	4	256kbps	Based on Mac, IP SA/DA, TCP/UDP ports Diffserv (IP TOS), 802.1p,physical source port, VLAN

表九：QoS 功能比較表

擴充性

骨幹交換路由器單價較一般網路設備高，企業或機關在購買後必定希望能夠保有未來擴充的可能性，以因應未來組織成長的需求，因此擴充性的考量也是購買者需考量的重要因素。目前 Ethernet 主要有 10/100Mbps、Gigabit、10-Gigabit 三種傳輸速度的介面，而 10-Gigabits 模組價格過於昂貴且一般使用者應該用不到此種速度，10/100Mbps 速度比較慢比較不會是骨幹路由器上主要使用的介面速度，因此在這個項目中我們主要比較各家在 Gigabits 介面部分可支援的 port 數。各家可支援 Gigabits port 數如表十所示，其中以 Cisco Catalyst6509、Alcatel OS7800、ExtremeBD6808 所支援的 port 數較多，其他 2 家廠商支援 port 數較少。

Device Under Test	Alcatel OS7800	Cisco Catalyst6509	Enterasys ER-16	Extreme BD6808	Foundry BI8000
Maximum Gigabits Port Density	192	194	120	192	120
High Port Density Module Model	OS7-GNI-U12 (12 ports* 16 modules)	WS-X6416-GBIC(16ports *8modules) plus WS-X6K-SUP2-2GE(2 ports * 1 module)	ER16-08 (8 ports* 15 modules)	G24Ti (24 ports * 8 modules)	J-B 16Gx (16 ports *7 modules) plus J-BxGMR4 (8 ports *1 modules)

表十：擴充性支援比較表

四、效能比較

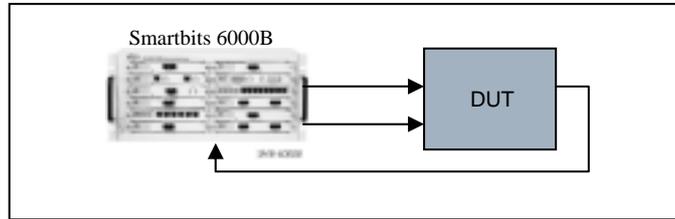
效能比較主要包括 4 大類：(1)Layer 2 效能、(2)Layer 3 效能、(3)Multicast 效能及(4)路由收斂速度。

Layer 2 效能

Layer 2 的效能測試部分共分為四個項目，分別是(1)address learning、(2)address caching、(3)layer 2 forwarding 及(4)layer 2 broadcasting 測試。

(1) Address Learning Test

本測試項在測試待測物單一 port 的最佳 MAC(Media Access Control)位址的學習速度為何，在本測試中設定 MAC Table 大小為 32000。測試之架構如圖四而測試使用工具為 AST II ver. 2.10.017，AST II 的設定參數如表十一所示。



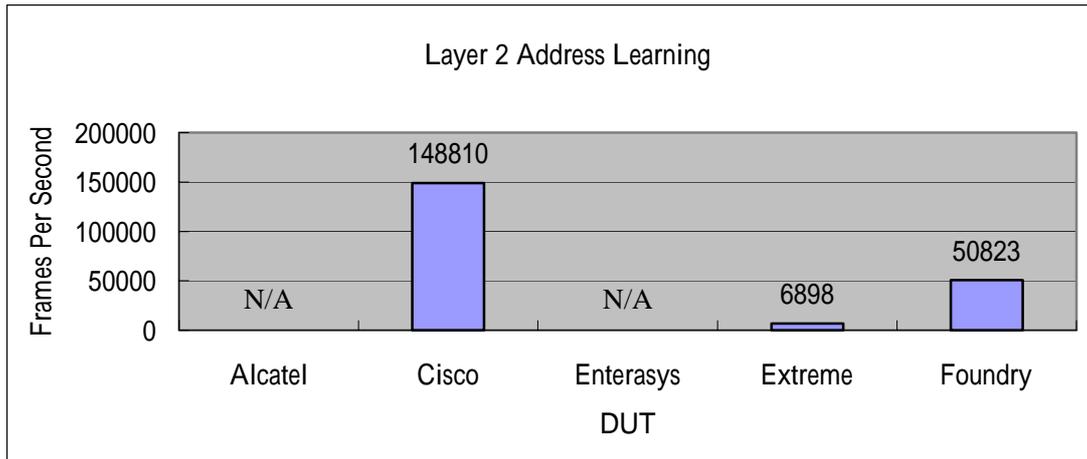
圖四：Address Learning 測試架構

參數項目	設定值	參數項目	設定值
Number of Addresses 設定 MAC 位址變動的數目	32000	Port Offset	0
Frame size	64	Node Offset	3
Burst size	1	Port Increment	1
Aging Time	10sec		

表十一：Address Learning 測試參數設定

一開始將待測物的 MAC Address Aging Time 一律設成 10000 秒，並且確認 MAC address table 內是清空的，然後在 AST II 中選定某一個 Learning Rate，啟動 AST II 開始測試，若在此速率下能將所有 32000 MAC Addresses 都學習到，則將 Learning Rate 提高，否則予以降低，以此方式逼近最高的 Learning Rate。再測試一個新的 Learning Rate 前，必須將待測物的 MAC Address Table 清空。

測試結果如圖五，Alcatel OS7800 回送封包時一直會有 Flood 狀況出現，所以無法成功測出 Learning Rate (Alcatel OS7800 要連續回送第 3 次才會 PASS，正常情況下必須在第 1 次回送時就要 PASS)。Enterasys ER-16 受限於 MAC table 大小，僅能記憶 13370 MAC addresses，以此 MAC Address Table Size 所測出的最佳 Learning Rate 為 5952 Frames per second，因其他各家 Learning Rate 皆是在變動 32000 MAC Addresses 狀況所測出之數值，故未列出 Enterasys ER-16 數據。而 Cisco Catalyst6509 的 MAC address 的 Learning Rate 可以達到 Wire-speed 是表現最優秀的。



圖五：Address Learning 測試結果

(2) Address Caching Test

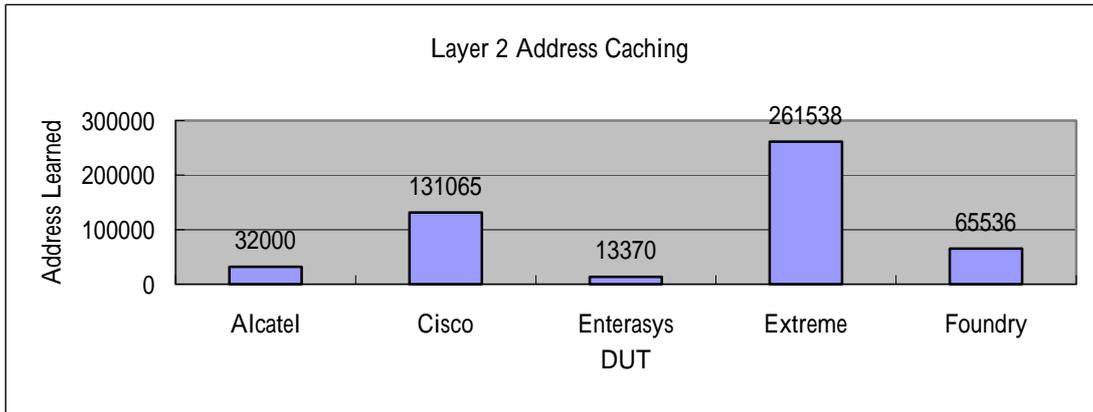
本測試項目測試待測物單一 port 的最大 MAC 位址的學習數目為何。測試之架構與 Address Learning 相同，測試使用工具為 Smart Windows ver. 7.40。SmartWindows 參數設定如表十二所示。

參數項目	設定值	參數項目	設定值
Frame size	60 bytes (without 4 bytes CRC)	Utilization (frame sending rate)	1% (即 1488 frame per second)
Cycle count	由測試者輸入以測試待測物是否能 Cache 此數目之 MAC addresses		
Sending port configuration			
Source MAC address	incremental(從最右邊一個 byte 開始變動)	Destination MAC address	static(固定不變，將右邊數過來第三個 byte 設成 1)
Receiving port configuration			
Source MAC address	static(固定不變，將右邊數過來第三個 byte 設成 1)	Destination MAC address	incremental(從最右邊一個 byte 開始變動)

表十二：Address Caching 測試參數設定

一開始將待測物的 MAC Address Aging Time 一律設成 10000 秒，並且確認 MAC Address Table 內是清空的，然後在 Smart Windows 中選定某一個 Cycle Count，即 MAC 的變動數目，並將 Smart Windows 傳送 frame 的速度設成 1488 fps，啟動 Smart Windows 開始測試，若能將所有的 MAC Address 都學習到，則將 Cycle Count 提高，否則予以降低，以此方式逼近最高的 Cycle Count。在測試一個新的 Cycle Count 前，必須將待測物的 MAC Address Table 清空。

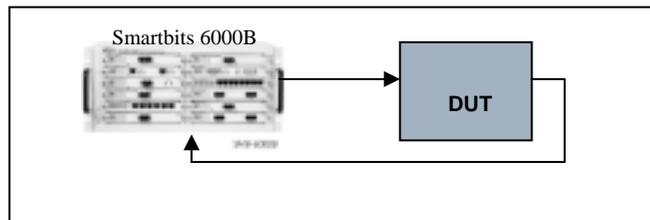
測試結果如圖六，Enterasys 使用 per port 的 MAC Table 而非如大部份廠商使用 share MAC Table 或許是造成其數據偏低的原因。由本表中可知 Extreme BD6808 的 MAC Address Table size 為 261538 遠超過其他四家。



圖六：Layer 2 Address Caching 測試結果

(3) Layer 2 Forwarding Test

本測試測試待測物是否能達到 Layer2 部分 Wire-speed Forwarding 的速度。測試之架構如圖七所示，測試工具為 AST II ver. 2.10.017，AST II 的設定參數如表十三。

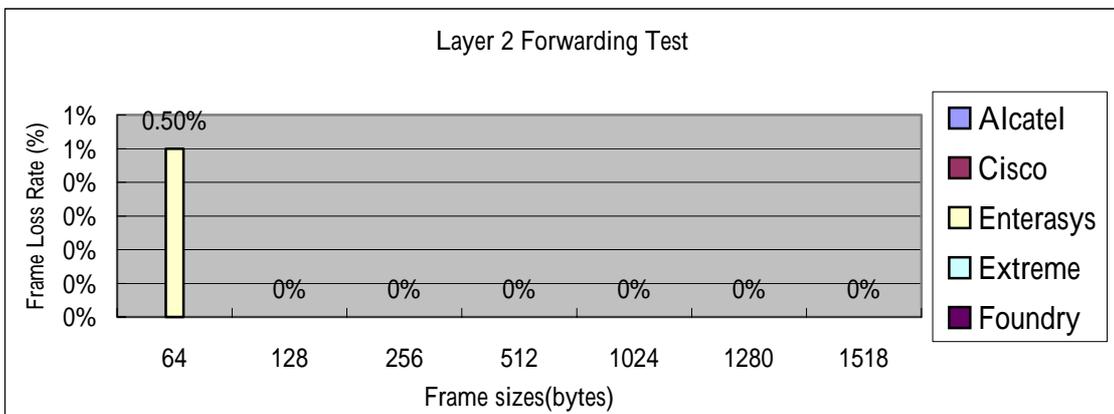


圖七：Layer 2 Forwarding 測試架構

參數項目	設定值	參數項目	設定值
Duration	10 sec	Load	100%
Frame size	64, 128, 256, 512, 1024, 1280, 1518	Traffic type	Fully Meshed
Burst size	1		

表十三：Layer 2 Forwarding 測試參數設定

測試結果如圖八，Enterasys ER-16 在 Frame size 為 64 時無法達到 Wire-speed，約有 0.5% 的 Frame loss rate，Frame size 大於 128 時就可以達到 Wire-speed。其餘四家在各種 Frame size 都可以達到 Wire-speed。



圖八：Layer 2 Forwarding 測試結果

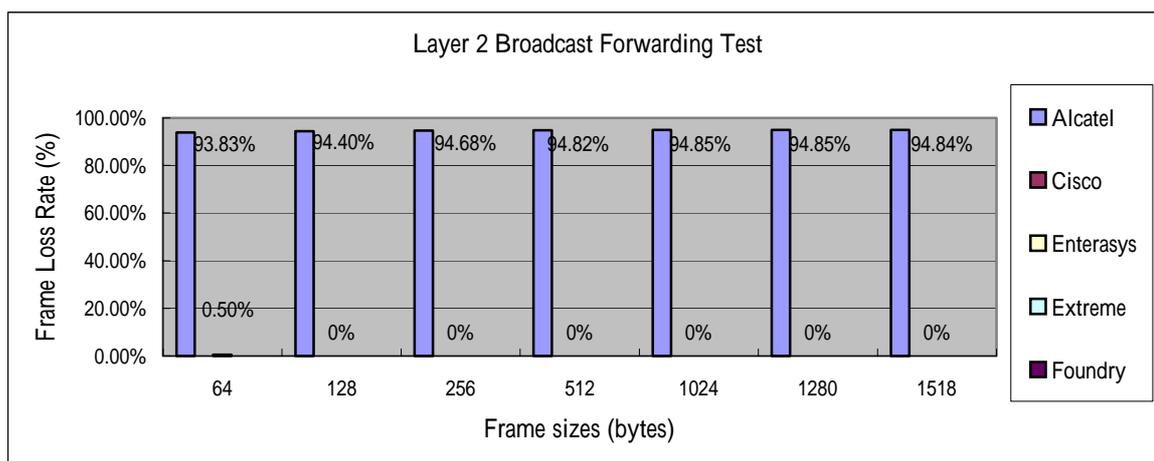
(4) Broadcast Performance Test

此測試項目測試待測物對於 Broadcast Traffic 是否能達到 Wire-speed Forwarding 的速度。測試架構與 Layer 2 Forwarding 相同。本測試項目使用工具為 AST II 版本是 2.10.017 相關 AST II 的設定參數如表十四。

參數項目	設定值	參數項目	設定值
Duration	10 sec	Load	100%
Frame size	64, 128, 256, 512, 1024, 1280, 1518	Traffic type	1 port 送 broadcast 封包給 13 個 ports
Burst size	1		

表十四：Broadcast 測試參數設定

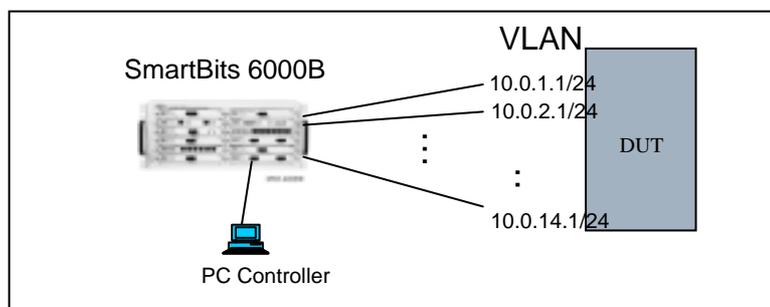
測試結果如圖九， Alcatel OS7800 由於其在 Firmware 中已設定每個 port input 的最大 Broadcast Rate 為 5%(使用者無法調整,另 Output 之 Braodcast Rate 則未設限制)，因此在各種 Frame size 下都會有約 95% 的 Frame loss rate。Enterasys ER-16 在 Frame size 為 64 時會有 0.5% 的 Frame loss rate，但在其他的 Frame size 則是 Wire-speed。由圖九可知 Cisco Catalyst6509、Extreme BD6808、Foundry BI8000 表現最佳，在所有的 Frame size 下都是 Wire-speed。



圖九：Layer 2 Broadcast 測試結果

Layer 3 效能

Layer 3 效能測試是利用 SmartBits 的 14 個 port，模擬 14 個網段的主機，並連線至待測物 14 虛擬區域網路，測試環境如圖十所示。



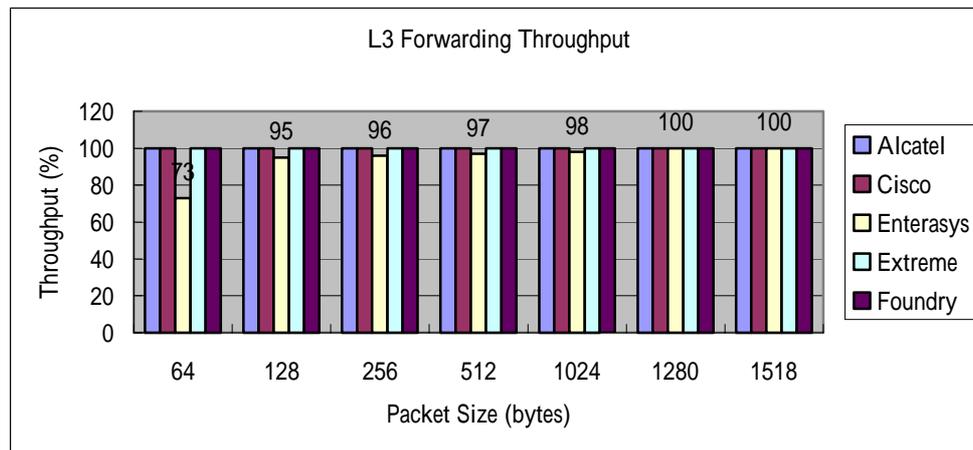
圖十：Layer 3 效能測試架構

由每個連接埠分別傳送 7 種不同大小的封包(64 bytes、128 bytes、256 bytes、512 bytes、1024 bytes、1280 bytes 與 1518 bytes)到下一個連接埠所連接的 subnet (採用 fully mesh)，我們量測到無封包遺失的最大輸出效能(Zero-loss Maximum Throughput)與封包延遲(Latency)兩個主要的結果。SmartFlow 測試軟體會以 Binary Search 方式尋找測出待測物之 Zero-loss 最大輸出，本測試所定義的 Zero-loss 是封包無任何遺失。這時骨幹路由交換器的設定為利用 14 個 10/100 Mbps 的連接埠分割成 14 個 VLAN(10.0.1.0 ... 10.0.14.0)，封包須在 14 個 Subnet 中正確傳送，待測物未設定任何封包處理規則。我們的目的是要檢視骨幹路由交換器在 Layer 3 (網路層)之效能。

在檢視效能比較之前，我們認為影響網路層效能的關鍵有下列幾項：(1) 比對 Routing Table 的演算法；(2)佇列(Queue)長度；(3)硬體規格(尤其是處理器及加速器效能)；(4)作業系統以及硬體設計的差異。

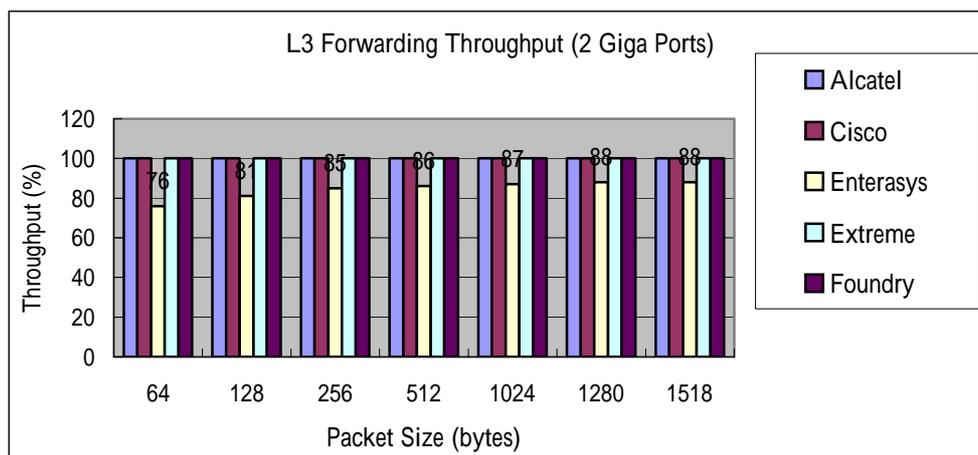
圖十一至圖十三是測試的結果。我們可以歸納下列幾點：(1)較大的封包因為封包數目較少，有較佳的效能；(2)越長的封包長度會造成較大的時間延遲，這是因為每個封包越長，通過路由交換器的時間相對變長；(3)以低於設計規格之流量負載測試各產品效能，原本以為各產品皆能輕鬆過關，然 Enterasys ER16 表現較不理想，可能跟產品設計與待測物設定有關。

圖十一中各產品在 Forwarding 效能上的差異，因為本次僅對十四個連接埠進行測試，距離各產品所設計效能規格尚遠，所以多數產品皆能達到 Wire-speed。僅 Enterasys ER16 傳送的封包長度需於 1280 bytes 以上才能達到線速，效能表現差強人意。



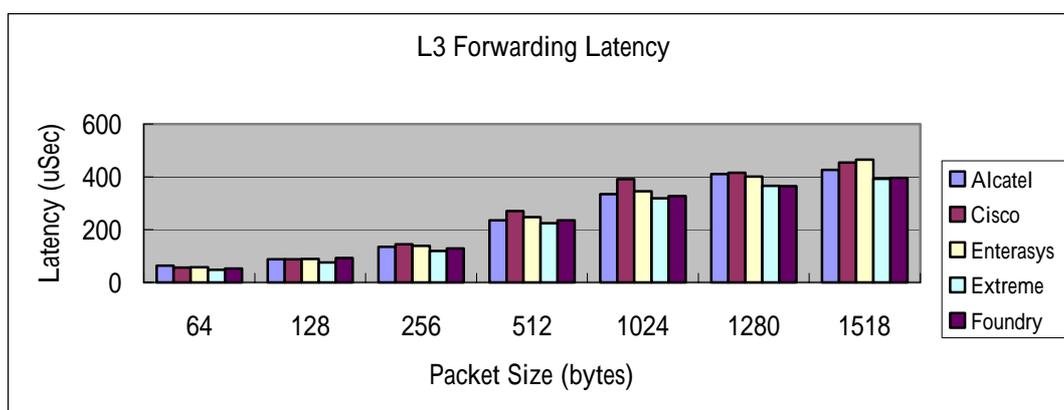
圖十一：Layer 3 Forwarding 測試結果

圖十二中呈現的是只使用待測物兩個 Giga 埠，以 SmartBits 進行網路層封包轉送效能測試，每個 port 分別以 1000Mbps 送封包至另一個 port，以 SmartFlow 軟體進行無封包遺失的最大輸出效能測試，如預期大部分產品都可以達成 Wire-speed，此部分亦僅有 Enterasys ER-16 於所有測試封包大小，皆無法達成 Wire-speed。



圖十二：Giga port layer 3 Forwarding 測試結果

圖十三中為網路層封包轉送在線路負載 20% 時所測得時間延遲結果，可看到各家產品皆因轉送之封包變大而增加延遲時間，在測試結果部分可看到各產品差異性不大，但相對地以 Extreme BD6808 在延遲時間部分較其他產品來的低，表現較亮眼；Foundry BI8000 與 Alcatel OS7800 亦有不錯表現。



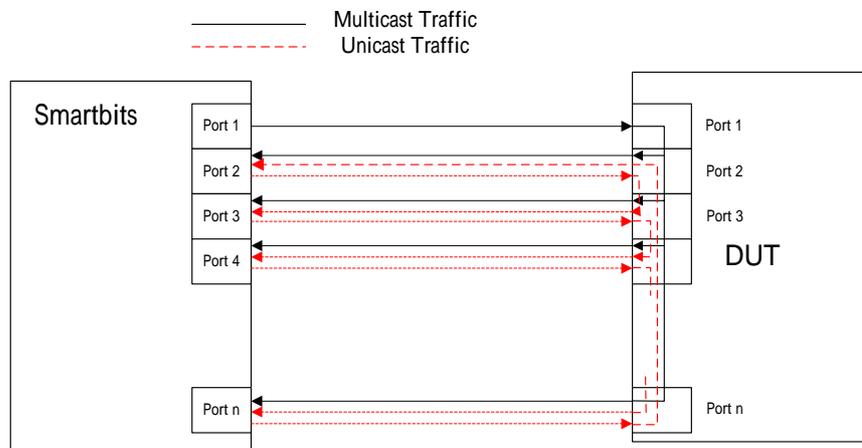
圖十三：Layer 3 Forwarding Latency 測試結果

綜觀而言，由於本次在網路層轉送效能測試中，給各產品的負載對各產品的設計規格而言應遊刃有餘，Throughput 效能四家皆相當稱職，僅有 Enterasys ER16 無論在 100Mbps 或 1000Mbps port 的 Throughput 可能需再調整以符合正常水平，所以我們給了 Enterasys ER16 較低的分數。

Multicast 效能

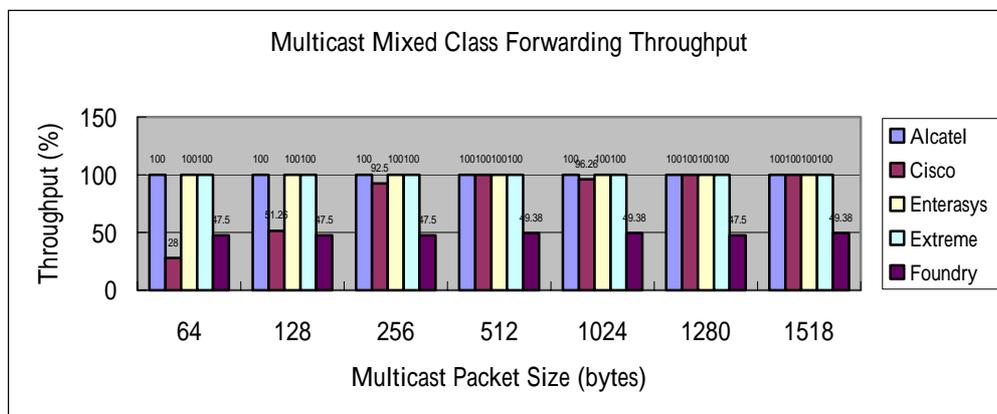
Multicast 效能測試部分，我們將骨幹路由交換器設定開啟 IGMP 與 DVMRP 之 mulitcast 功能支援，使用軟體 SmartMulticastIP 在 Smartbits 中由第 1 個 port

傳送 7 種不同大小的 Multicast 封包(64 bytes、128 bytes、256 bytes、512 bytes、1024 bytes、1280 bytes 與 1518 bytes)到其餘的 13 個 ports，並且在這 13 個 ports 之間有 Unicast 封包傳送（固定封包大小為 64 bytes），測試封包流向如圖十四所示，而 Unicast 的封包流量設定為與 Multicast 的流量相同，且同步變動。我們量測到無封包遺失的最大輸出效能(zero-loss maximum throughput)與封包延遲(latency)兩個主要的結果。SmartFlow 測試軟體會以 binary search 方式尋找測出待測物之 zero-loss 最大輸出，本測試所定義的 zero-loss 是封包無任何遺失。這時骨幹路由交換器的設定為利用 14 個 10/100 Mbps 的连接埠分割成 14 個虛擬網段（10.0.1.0 ... 10.0.14.0），封包須在 14 個網段中正確傳送，待測物上不設定任何封包處理規則。我們的目的是要檢視骨幹路由交換器在支援傳送 multicast 封包時的效能。



圖十四：Multicast 效能測試架構

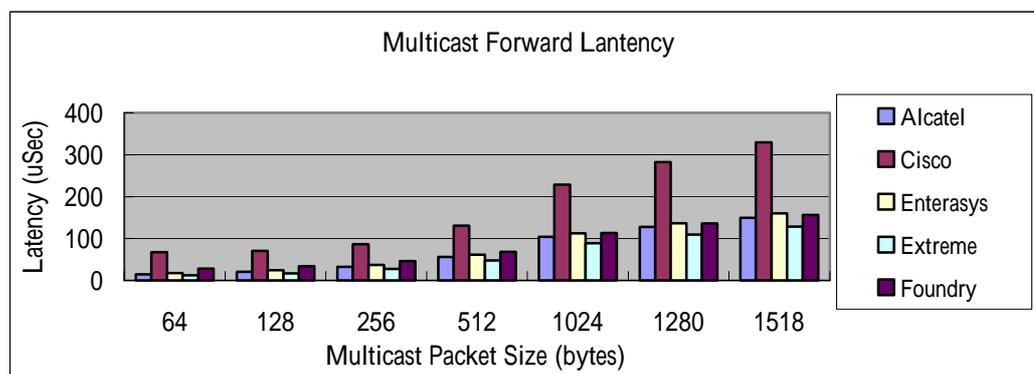
圖十五及圖十六是測試的結果。我們可以歸納下列幾點：(1)較大的封包因為封包數目較少，有較佳的效能；(2)越長的封包長度會造成較大的時間延遲，這是因為每個封包越長，通過路由交換器的時間相對變長。



圖十五：Multicast Forwarding latency

首先要比較圖十五中各產品在轉送 multicast 封包效能上的差異，Enterasys

ER-16、Extreme BD 6808 皆可達到 100%效能，而 Alcatel OS7800 經過廠商更新成最新的 firmware 之後開啟硬體支援亦能達到 Wire-speed，此三家表現極為出色；而 Cisco Catalyst6509 Catalyst 6509 則須在封包大小超過 512 bytes 之後才有 100%效能表現，Foundry BI8000 在 Multicast throughput 的表現就差強人意，無論封包大小為何，throughput 始終僅維持百分之四十幾的表現，若廠商能調整參數成最佳設定，則效能應該可以再提升。



圖十六：Multicast Mixed Class Forwarding 測試結果

圖十六中為 multicast 封包在線路負載 10%時所測得時間延遲結果，本測驗與測 throughput 時不同處在於 13 個接收端不送 Unicast 封包，我們只測量單純 Multicast 封包傳送的時間延遲，可看到各家產品皆因轉送之封包變大而增加延遲時間，在測試結果部分可看到除 Cisco Catalyst6509 外，另外四產品的時間延遲差異不大，相對地 Cisco Catalyst6509 在延遲時間部分都超過其他產品的兩倍時間，表現較差。

綜觀而言，在 Multicast 傳送效能測試中，相對下無論在 Throughput、Latency 上，Enterasys ER-16、Extreme BD 6808、Alcatel OS7800 三家皆相當稱職，而 Cisco Catalyst6509 與 Foundry BI8000 則較不理想。

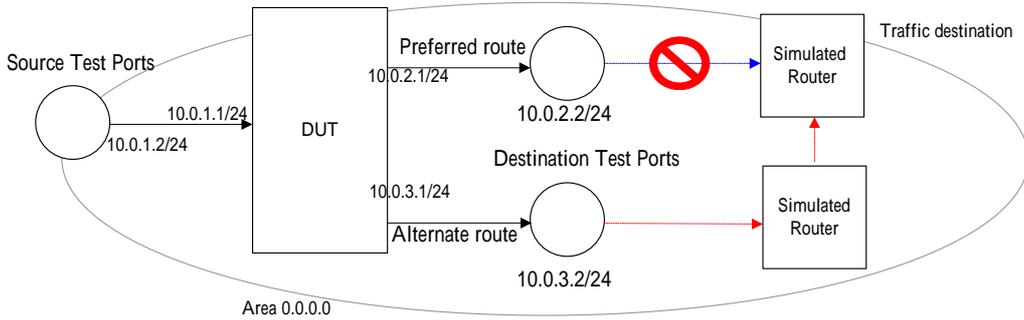
路由收斂速度

在網路環境中路由可能會隨著各種因素影響而有所變動，例如線路中斷、路由器故障，當發生此種狀況時路由器應該要有能力迅速計算出新的最佳路徑，以避開不通的路徑將封包轉送至目的地。在這項測試之中，我們測試在利用 OSPF、BGP 協定交換路由資訊時，當路由器遇到路由變動時要花費多少時間才能重新計算出新的路由並將封包送往正確目的地。

(1)OSPF 收斂速度測試

在 OSPF 的收斂測試中我們利用 Agilent Router Tester 900 模擬出 Source、Destination Test Port 及其他 Simulate Routers，參數設定為 Traffic Loading =50% ，packet size = 256 bytes。Router Tester 首先會經由 Preferred Route 送 Traffic 至目的地，接著再將 Preferred Route 移除，使路由器重新計算新路徑，沿

著 Alternate Route 將 Traffic 送至目的地。



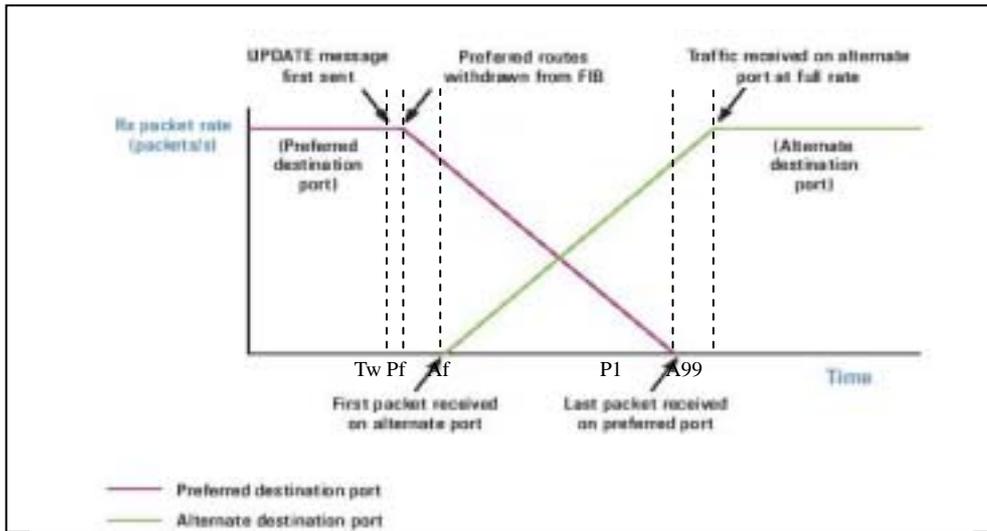
圖十七：OSPF 路由收斂時間測試架構

在過程中 Router Tester 會計算路由器所花費的時間 T1、T2、T3，如圖十八所示。其中 T1 是移除所有 Preferred route 所要花費的時間，T2 是 Alternate Port 接受到所有 Alternate Route 的時間，T3 是從開始移除 Preferred 路徑到完成收斂過程的所有時間。計算方式如下：

$$T1 = P1 - Tw$$

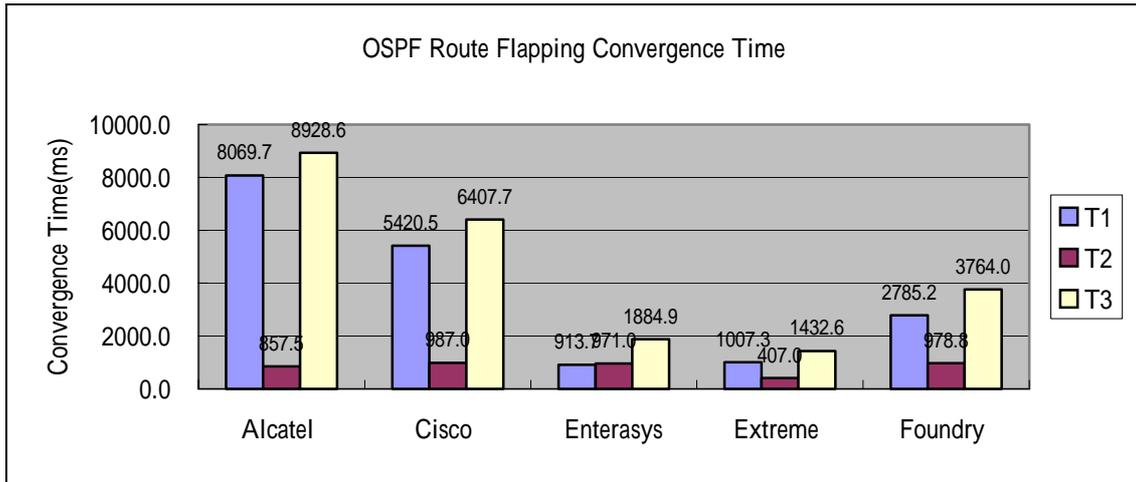
$$T2 = A99 - Af$$

$$T3 = A99 - Tw \text{ (A99 為 alternate port 頻寬達到 } 99\% \pm 1\% \text{ 時)}$$



圖十八：路由收斂時間測試收斂時間示意圖

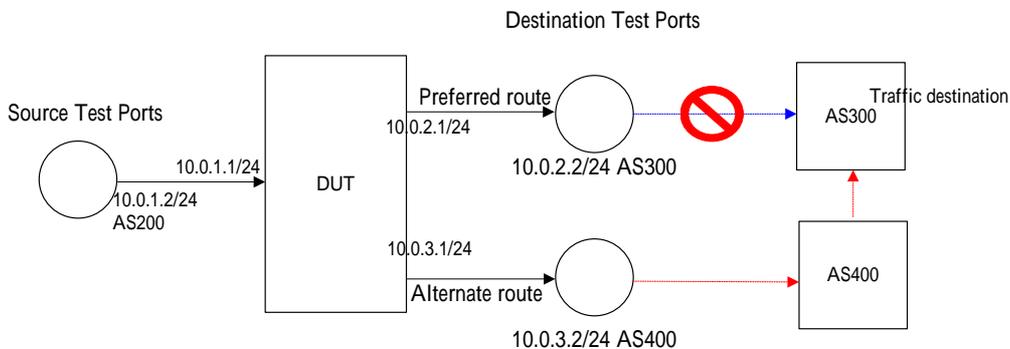
測試結果如圖十九。由圖中可看出各家產品在接受 Alternate Route 的速度 (T2) 相差不多，但在移除 Preferred Route 部分差距就很大，總收斂時間則以 Extreme BD6808 及 Enterasys ER-16 之表現最佳，而 Alcatel OS7800 及 Cisco Catalyst6509 較差。



圖十九：OSPF 路由收斂時間測試結果

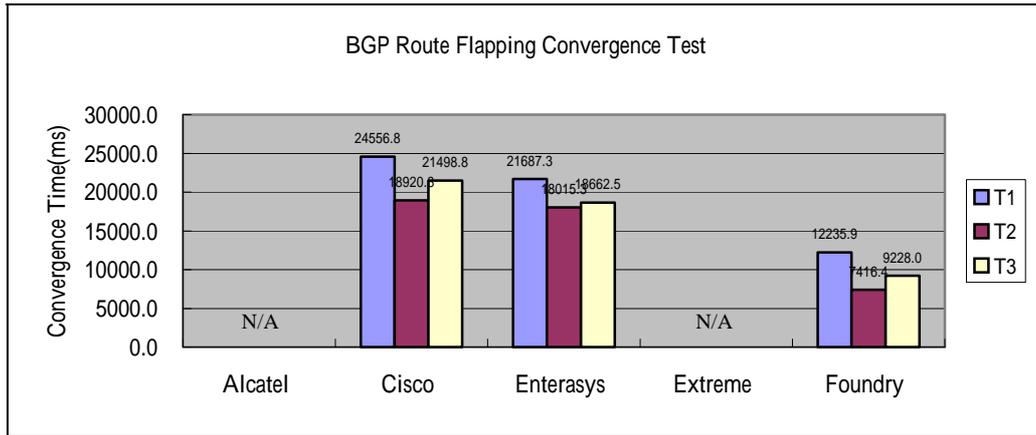
(2)BGP 收斂速度測試

在 BGP 部分的收斂測試我們一樣利用 Router Tester 來進行測試，在 Router Tester 的設定上，traffic load=50%，packet size =256bytes，我們設定有五萬筆 Preferred Route 變動改由 Alternate Route 送 Traffic 至目的地。測試時如圖二十所示，首先會經由 Preferred Route Traffic 至目的地，接著再將 Preferred Route 移除，使路由器重新計算新路徑，沿著 Alternate Route 將 Traffic 送至目的地。



圖二十：BGP 路由收斂時間測試架構

在 BGP 收斂速度的測試中，Alcatel OS7800 由於 Firmware 5.1.3.148 尚未正式支援 BGP 所以此項並未測試，而 Extreme BD6808 則由於設定上的問題一直無法克服，造成其無法計算出收斂時間（待測物不會隨 Router Tester 移除路由動作進行路由移除重新計算），故此二者在此項測試成績不列入計分。由圖二十一中可看到 Foundry BI8000 在此項測試擁有最佳表現。



圖二十一：BGP 路由收斂時間測試結果

五、符合性及互通性測試

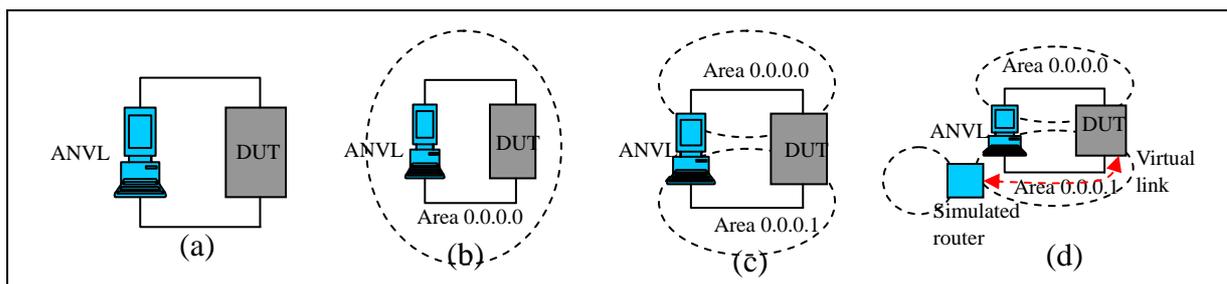
符合性測試(Conformance Test)

網路通訊依賴三千多份 IETF RFC 文件規範互通的方式，若所有廠商的機器皆能符合 RFC 定義的標準機器間的互通、資料交換就應該不會出現太大的問題，所以各家廠商都會盡量去設計出符合標準 RFC 規範的設備。在這次測試中我們採用 IXIA 的 ANVL 測試軟體進行符合性測試。這套軟體是針對規範各種通訊協定的 RFC 文件進行詳細分析後，每件規範的事項就設計出一項測試，來徹底驗證設備是否有符合 RFC 規範，也因為如此其多，以 RIP 部分測試就有四十八項測試，而 OSPF 部分更是高達兩百多個測試項目。因此在此次測試中我們挑選 RIP 中主要的測試項目包含 RIP input processing、request、responses、output processing、及 RIP version 2 packet formats、RIP version 2 authentication 等六大類。OSPF 的部分則選擇三大類包含 OSPF routing table lookups、routing table changes 及 OSPF operations，來進行測試。詳細測試項目如表十五所示，其中 Test Items 為 IXIA ANVL 軟體中測試項目之編號，Test Description 為詳細測試內容說明。

RIP 測試項目		OSPF 測試項目	
Test Items	Test Description	Test Items	Test Description
5.1	Version 0 datagrams must be ignored.	3.1	DUT forwards IP packet to the correct interface and next hop based on an entry in the OSPF routing table.
5.2	Version 1 datagrams must check 'must be zero' fields and ignore messages that contain non-zero values in these fields.	3.2	DUT sends an ICMP destination unreachable if there is no route to the destination.
6.1	Responses are generated for all valid requests.	3.3	DUT sends an ICMP destination unreachable if there is no intra-area route for a packet destined for the router's configured area.
6.5	The entire routing table should be sent if request contains exactly one entry with address family identifier of 0 and a metric of 16.	3.4	DUT forwards IP packets based on the most preferential path type.
6.6	Verify that replies to requests are filled in correctly.	3.5	DUT forwards IP packets based on the most specific address/mask match.
6.8	If the request is for a complete host table, split horizon and subnet hiding are done.	3.7	DUT stays up when receiving an excessive number of Link State Updates.
7.1	Response must be ignored if it is not from port 520.	3.8	Range summaries of an area may contain subnets in different areas provided that subnets belonging to other areas are not summarized.
7.2	IP source address should be checked to see whether the datagram is from a valid neighbor.	3.9	Intra-area backbone and inter-area paths are of equal preference. In this case, the path to use must be determined based on cost.
7.3	Response from one of the host's own addresses must be ignored.	4.1	New summary link advertisements are generated when the cost or path type of a routing table entry changes.
7.9	If the version number of the datagram is 1 and if any of the unused octets of the address field is nonzero, the entry is to be ignored.	4.2	New summary link advertisements are reflooded with LS Age = MaxAge when routing table entries are deleted or are no longer advertisable.
7.10	If metric is greater than 16 ignore entry, otherwise: metric = MIN(metric+cost, 16) ('cost' assumed to be 1).	4.3	DUT attempts to bring up a virtual link when a changed routing table entry indicates that the endpoint of the virtual link is reachable.
7.12	If the metric is infinite and the route doesn't exist, don't add an entry.	4.4	DUT brings down a virtual link when a changed routing table entry indicates that the virtual link endpoint is no longer reachable.
7.13	Existing routes are updated if advertised with metric 16.	4.5	DUT generates new summary link advertisements when the cost of a path to a virtual link endpoint changes in the routing
8.1	Verify that a response to a request is sent to only one destination.	12.1	The router sends Hello packets to its neighbors, and in turn receives their Hello packets.
8.3	Whenever the metric for a route is changed, an update is triggered.	12.2	On broadcast networks, the router dynamically detects its neighboring routers by sending its Hello packets to the multicast address AllSPFRouters.
8.5	Verify that multiple triggered updates are delayed by 1-5 seconds.	12.4	A router periodically advertises its state, which is also called link state.
8.18	If the gateway for the route is on the network for which the datagram is being prepared, the metric in the entry is set to 16, or the entire entry is omitted. Omitting the entry is simple split horizon. Including an entry with metric 16 is split horizon with poisoned reverse.	12.5	Link state is also advertised when a router's state changes.
8.22	The network administrator should be able to specify a list of destination addresses to allow or disallow.	12.6	The OSPF protocol runs directly over IP, using IP protocol 89.
9.1	Test all new version 2 fields (header).	12.7	Routing protocol packets should always be sent with the IP TOS field set to 0.
9.2	Test version 2 fields (tuples).	12.8	OSPF protocol packets should have their IP precedence field set to the value Internetwork Control.
10.1	If the address family identifier of the first (and only the first) entry in the packet is 0xffff, the entry contains authentication.	12.9	Each LSA is tagged with the ID of the originating router and a checksum of its link state contents. This test is for Router-LSA.
10.2	If authentication isn't in use, no family identifier should be 0xffff.	12.10	Each LSA is tagged with the ID of the originating router and a checksum of its link state contents. This test is for Network-LSA.
10.3	Only authentication type is type 2, plain text, max 16 chars, left-justified and zero padded if less than 16 chars.	12.11	Each LSA is tagged with the ID of the originating router and a checksum of its link state contents. This test is for a Type-3 Summary LSA.

表十五：符合性測試細項

測試的架構如圖二十二，其中 RIP conformance test 以圖二十二(a)方式進行，OSPF conformance test 則隨測試項目的不同而有如圖二十二(b) (c) (d)三種不同測試架構。



圖二十二：符合性測試架構圖

在測試過程中 ANVL 會要求測試人員將待測物依照目前測試的項目進行調整，例如在進行 RIP10.1 測試時就要設定 RIP 的 authentication key word，若待測物的設定未做好相對應之調整則測試出來的結果也必為 FAIL。然而有些測試項目無法確定是因為待測物未調整至正確設定造成 FAIL 或者是其未符合 RFC 規格，故本項測試最後並未列入計分僅提供結果於表十六做為參考。

RIP 符合性測試結果						OSPF 符合性測試結果					
Test Items	Alcatel OS7800	Cisco Cat6509	Enterasys ER-16	Extreme BD6808	Foundry BI8000	Test Items	Alcatel OS7800	Cisco Cat6509	Enterasys ER-16	Extreme BD6808	Foundry BI8000
5.1	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	3.1	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
5.2	PASS	FAIL	PASS	FAIL	PASS	3.2	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
6.1	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	3.3	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
6.5	PASS	FAIL	PASS	FAIL	PASS	3.4	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
6.6	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	3.5	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
6.8	PASS	PASS	FAIL	FAIL	PASS	3.7	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
7.1	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	3.8	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
7.2	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	3.9	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
7.3	PASS	PASS	PASS	FAIL	PASS	4.1	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	PASS
7.9	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	4.2	PASS	FAIL	FAIL	FAIL	PASS
7.10	PASS	FAIL	PASS	PASS	PASS	4.3	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
7.12	PASS	FAIL	PASS	PASS	FAIL	4.4	PASS	FAIL	PASS	FAIL	FAIL
7.13	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	4.5	FAIL	FAIL	PASS	FAIL	FAIL
8.1	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	12.1	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
8.3	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	12.2	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
8.5	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	12.4	PASS	FAIL	PASS	FAIL	FAIL
8.18	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	12.5	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
8.22	PASS	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	12.6	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
9.1	PASS	FAIL	FAIL	PASS	FAIL	12.7	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
9.2	PASS	FAIL	FAIL	FAIL	FAIL	12.8	FAIL	PASS	PASS	PASS	PASS
10.1	PASS	FAIL	PASS	FAIL	FAIL	12.9	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
10.2	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS	12.10	PASS	PASS	PASS	PASS	PASS
10.3	PASS	PASS	PASS	FAIL	PASS	12.11	PASS	PASS	PASS	PASS	FAIL
Total	1 FAIL	13 FAIL	5 FAIL	9 FAIL	6 FAIL	Total	3 FAIL	5 FAIL	2 FAIL	5 FAIL	9 FAIL

表十六：符合性測試結果

互通性測試

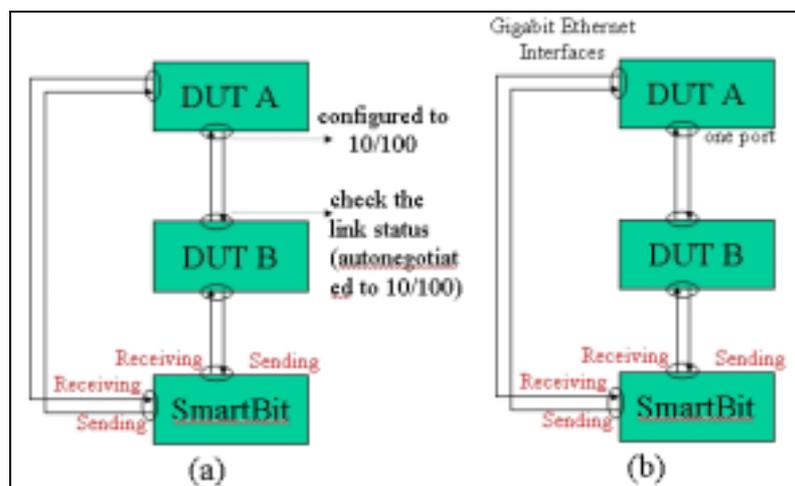
在一個網路環境中，通常都是使用相同廠牌的網路設備，但是當網路的規模成長，一開始規劃購買的網路設備已經不敷使用的時候，就需要添購新的網路設備，如果買到的新設備廠牌跟一開始買的一不一樣，或是廠牌一樣型號不同，不同的網路設備之間的互通性就非常地重要。雖然每一家廠商實作產品的時候，遵循

的網路標準是一樣的，但是相同的文字敘述可能有不同的解釋，也因此會影響產品的實作，在這種情形下，相容於相同標準的產品就可能沒有辦法互相溝通，互通性的測試就是為了這個原因所做的測試，從這項測試的結果，我們可以知道不同的交換器，面對相同的網路標準時，是不是可以在一起運作。這項測試分成三個部分，分別是 Ethernet、Bridge Functions 和 Routing，以下分別討論這幾個部分的測試細項，並討論該項目的測試結果。

(1) Ethernet

目前的以太網路標準以速度來區分總共有 3 種，分別是 10Mbps、100Mbps 和 1Gbps (Gigabit Ethernet)，使用者最常使用的是 10/100Mbps 雙模組的網路卡，這種網路卡可以跟連線的集線器(Hub)或交換器(Switch)那一端的連線埠，自動協調連線速度是 10 或是 100Mbps，這就稱為 auto-negotiation，對於使用者來說，不需要自行設定模組的組態就可以使用，相當地方便，另外 Gigabit Ethernet 的標準還不成熟穩定，所以我們也簡單地測試了不同廠牌交換器的 Gigabit 模組，是不是可以達到 Wire-speed full duplex 的要求。

圖二十三 (a)描述測試 auto-negotiation 的網路架構，在 auto-negotiation 中，兩部交換器的其中一部先設定一個網路埠為 10Mbps，另一台交換器上的 auto-negotiation 機制應該要能夠自動偵測並設定為 10Mbps，這時候用 Smartbits 產生 layer 2 的 forwarding traffic 驗證是不是能夠通過 10Mbps 的資料，接下來再設定為 100Mbps，重複相同的測試，並以 Smartbits 驗證是不是能夠通過 100Mbps 的資料，圖二十三(b)描述 Gigabit Ethernet 的網路架構，將兩部交換器的 Gigabit 一個埠連線到另一部交換器上，並以 Smartbits 傳送雙向 1000Mbps 的資料流，測試 Gigabit Ethernet 的雙工與互通性。



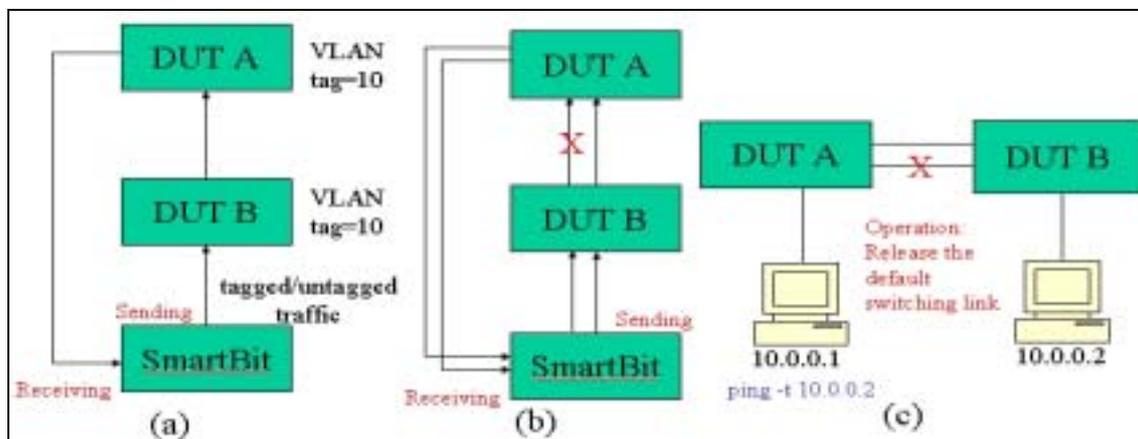
圖二十三：Ethernet 測試環境設定(a)Auto-negotiation (b) Gigabit Ethernet

這個部分的測試結果 5 家廠牌的交換器都通過了測試，因為 auto-negotiation 跟 Gigabit Ethernet 模組的運作是交換器最基本的功能，每一家廠牌的交換器都可以正常地跟另一家廠牌的产品一起運作，這樣子的結果非常地合理。

(2) Bridge Functions

這一個部分測試三項 Layer 2 的功能，分別是 tagged VLAN、Link Aggregation 和 Spanning Tree Protocol，VLAN 是交換器上最重要的概念，利用 VLAN 的設定可以輕鬆地劃分不同的網路區段，在 IEEE802.1Q 中制訂了 VLAN 上標記的使用方式，所以 VLAN 的互通性對交換器來說是非常重要的。當一條實體連線的資料流量不敷使用的時候，就需要 Link Aggregation 將數條實體線路整合成一條大的管線。舉例來說，兩條 100Mbps 的連線可以整合成一條 200Mbps 的管線，在不同交換器之間的大量資料流，必須要有相通的 Link Aggregation 設定才能夠滿足實際的需求。當兩個終端機之間有兩條以上的路徑的時候，Spanning Tree Protocol 可以用來解決無窮迴圈的問題，在兩條路徑中，如果其中一條路徑突然斷線了，這個時候 Spanning Tree Protocol 便會偵測出這種狀況，並自動使用另一條路徑傳送資料，而不會讓網路線路一直中斷下去。

圖二十四 (a) 描述測試 tagged VLAN 的網路架構，兩台交換器同樣設定了 tagged VLAN，相同的 VLAN tag，然後利用 Smartbit 產生具有標記的資料流，這些具有標記的資料流必須要能夠通過兩個交換器，另外再用 Smartbit 產生不具有標記的資料流，這些資料流因為不具有標記，所以 Smartbit 將會收不到這些資料。圖二十四 (b) 描述測試 Link Aggregation 的測試環境，我們各在兩台交換器上使用兩個埠設定為 Link Aggregation，然後使用 Smartbit 以兩個埠傳送資料，另外兩個接收，因為傳送到交換器的資料為 200Mbps，如果 Link Aggregation 可以正常地運作，那麼接收端就可以完整地收到所有的資料，另外我們也將兩台交換器之間的兩條連線其中一條斷線，接收端就只能收到一半的資料。圖二十四 (c) 描述測試 Spanning Tree Protocol 的測試環境，兩台交換器之間連接了兩條線路，然後各在兩台交換器上連接一部終端機，持續以 ping 測試兩台交換器之間的路徑有沒有中斷，然後將交換器之間的連線，拔掉正在運作的那條線路，這時候 ping 會發生錯誤，而交換機的 Spanning Tree Protocol 開始運作，找出替代性的路徑之後，ping 又會回復正常。



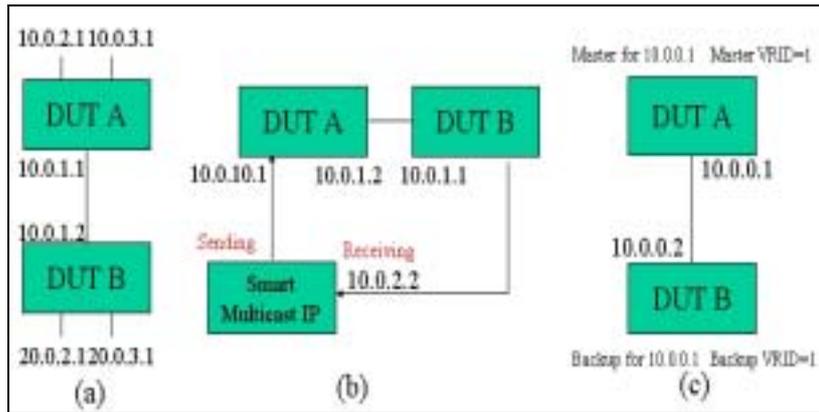
圖二十四： Bridge Functions 測試環境設定(a) Tagged VLAN (b) Link Aggregation
(c) Spanning Tree Protocol

關於測試結果，因為 Cisco Catalyst6509 在 VLAN 與 Link Aggregation 兩項沒辦法正常地設定出來，所以我們不把 Cisco Catalyst6509 列入分數評比。在 VLAN 的部分，除了 Cisco Catalyst6509 之外其他四台交換機都可以正常地運作；在 Link Aggregation 部分，除了 Cisco Catalyst6509 以外，Alcatel OS7800、Enterasys ER-16、Extreme BlackDiamond 6808 與 Foundry BI8000 之間都可以互通。Spanning Tree Protocol 部分，這五台交換器都可以通過測試。

(3) Routing

這個部分又可以分成三個類別，第一類是 IP 相關的繞徑協定，包括了 RIP、OSPF 和 BGP，這些封包繞徑協定在網際網路上已經使用了相當長的時間了，所以基本上不管什麼網路設備只要支援這些協定時，就必須要跟其他的網路設備可以互相溝通。第二類是 Multicast 相關的封包繞徑協定，Multicast 目前應用還不廣，但是支援 Multicast 相關的繞徑協定標準，包括 DVMRP、PIM-SM 與 PIM-DM，可以對未來可能會遇到的狀況先作準備。第三類是 VRRP，也就是 RFC 2338 中制訂的 Virtual Router Redundancy Protocol，這個協定主要的功能是要讓區域網路上的兩部交換機可以互相作備援，當其中一部交換機失效的時候，已經設定好的另一部交換機就會接管對外溝通的任務，持續讓網路連線不會中斷。

圖二十五 (a)描述測試 RIP、OSPF 與 BGP 的網路架構，兩台交換機先設定了不同的 subnet，然後再根據繞徑協定的不同設定不同的參數，例如 OSPF 就必須要設定不同的 area，而 BGP 要設定不同的 AS 號碼；圖二十五 (b)描述測試 DVMRP、PIM-SM 與 PIM-DM 有關 Multicast 封包繞徑的協定，在設定好交換機之後，我們利用 Smartbit 配合 Smart Multicast IP 這個軟體傳送 Multicast 封包，如果可以正常地收送，就表示 Multicast 可以正常地運作。圖二十五 (c)描述測試 VRRP 的設定方式，兩台交換機一台是 Master，一台是 Backup，一開始把 Master 交換機關機的時候，Backup 這台交換器會自動成為 Master，接著再把 Master 交換器打開，變成 Master 的交換器又會成為 Backup 的交換器。



圖二十五： Routing 測試環境設定

(a) RIP, OSPF, BGP (b) DVMRP, PIM-SM, PIM-DM (c) VRRP

測試結果，因為 Cisco Catalyst6509 在 Multicast 中這 3 項都沒辦法正常設定出來，所以我們不把 Cisco Catalyst6509 列入分數評比。首先在 RIP、OSPF 與 BGP 的部分，都可以在不同的交換器之間互相傳遞路徑；Multicast 的部分，DVMRP 與 PIM-SM，除了 Cisco Catalyst6509 沒辦法設定出來之外，其他四台交換器都可以正常地在一起運作，而 PIM-DM 的部分，Alcatel OS7800 與 Enterasys ER-16 不支援 PIM-DM，剩下 3 台交換器雖然都有支援，但是設定出來的結果都沒辦法跟其他交換器在一起運作；VRRP 部分除了 Cisco Catalyst6509 不支援外，其他 4 台交換器都可正常運作。

在完成所有互通性測試項目後，我們把所有結果列於表十七，其中 P 代表該項測試，5 台交換器彼此都可互通，Fail 代表雖然交換器有支援該功能，但是卻無法正常地跟其他交換器一起運作，N/A 表示交換器沒有該項功能，其他的部分，分別列出交換器可以跟哪一家廠牌的交換器一起運作。整體來說，在 Ethernet 的部分，各家產品都可以通過測試，所以評分都是最高分；在 Bridge Functions 的部分，除了 Cisco Catalyst6509 不計分外，其他各家產品的評分為 5 分；在 Routing 的部分，Cisco Catalyst6509 的產品也不計分，另外因為 Alcatel OS7800 與 Enterasys ER-16 的產品不支援 PIM-DM，所以分數比較低得 4 分，而 Extreme BD6808 與 Foundry BI8000 的產品雖然可以支援 PIM-DM，但是卻無法互通，所以給予 4.5 分，雖然 PIM-DM 互通性測試結果很糟糕，但是因為在 Multicast 封包繞徑上，PIM-DM 的 Overhead 比較高，所以會被使用到的機會比較少，所以這項功能並不會影響到這些交換器的使用情況。

Testing Items	Ethernet		Bridge Functions			Routing						
	Autonegotiation	Gigabit Connectivity	VLAN	Link Aggregation	Spanning Tree Protocol	RIP	OSPF	BGP	DVMRP	PIM-SM	PIM-DM	VRRP
Alcatel OS7800	P	P	En, Ex, F	En, Ex, F	P	P	P	P	En, Ex, F	En, Ex, F	N/A	En, Ex, F
Cisco Cat6509	P	P	Fail	Fail	P	P	P	P	Fail	Fail	Fail	N/A
Enterasys ER-16	P	P	A, Ex, F	A, Ex, F	P	P	P	P	A, Ex, F	A, Ex, F	N/A	A, Ex, F
Extreme BD6808	P	P	A, En, F	A, En, F	P	P	P	P	A, En, F	A, En, F	Fail	A, En, F
Foundry B18000	P	P	A, En, Ex	A, En, Ex	P	P	P	P	A, En, Ex	A, En, Ex	Fail	A, En, Ex

P: All Pass, N/A: Not Available, Fail: All Fail, A: Alcatel, C: Cisco, En: Enterasys, Ex: Extreme, F: Foundry

表十七：互通性整體測試結果

六、總結評比

關於測試報告的結論，我們對所有比較的功能、效能及互通性做評分，滿分為五顆星。每項指標評分依據前面所述各項測試結果來評比，在操作簡易度方面由所有測試人員於操作過五家廠商的管裡介面後所給予之評分，有效文件資源指的是測試人員在測試時是否能很容易查詢到相關指令文件及範例說明，並能根據測試架構進行設定。價值比計算則依其他十一項指標之平均值對照各產品國內售價再由所有測試人員投票決定。此次評比結果各產品的整體成績差異不大，各家產品互有所長，但某些項目仍有較大差異，包括備援功能、有效文件資源、以及群播效能。成績計算方式以各待測物測試項目星等總和除以測試項目數再換算為百分等級，最後百分等級成績 Alcatel OmniSwitch7800 為 91，Cisco Catalyst6509 為 86，Enterasys ER-16 為 86，Extreme BlackDiamond 6808 為 93，Foundry Big Iron8000 為 93。

	Redundancy Functions	Value to Price	操作簡易度	有效文件資源	擴充性
Alcatel Omniswitch 7800	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Cisco Catalyst 6509	★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★★
Enterasys ER-16	★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Extreme BlackDiamond 6808	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★★
Foundry BigIron 8000	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★	★★★★★

表十八：基本功能總評

	Layer 2 performance	Layer 3 performance	Multicast Performance	Routing Stability
Alcatel Omniswitch 7800	★★★★	★★★★★	★★★★★	N/A
Cisco Catalyst 6509	★★★★★	★★★★★	★★★★★	★★★★
Enterasys ER-16	★★★★	★★★★	★★★★★	★★★★★
Extreme BlackDiamond 6808	★★★★↓	★★★★★	★★★★★	N/A
Foundry BigIron 8000	★★★★↓	★★★★★	★★★★★	★★★★★

表十九：效能比較總評

	Ethernet	Bridge Functions	Routing Interoperability
Alcatel Omniswitch 7800	★★★★★	★★★★★	★★★★
Cisco Catalyst 6509	★★★★★	N/A	N/A
Enterasys ER-16	★★★★★	★★★★★	★★★★
Extreme BlackDiamond 6808	★★★★★	★★★★★	★★★★↓
Foundry BigIron 8000	★★★★★	★★★★★	★★★★↓

表二十：互通性總評

Alcatel Omniswitch 7800	Cisco Catalyst 6509	Enterasys ER-16	Extreme BlackDiamond 6808	Foundry BigIron 8000
91	86	86	93	93

表二十一：產品總分平均表

一、 參考文獻

廠商

[1] Alcatel, <http://www.alcatel.com>

[2] Cisco, <http://www.cisco.com>

[3] Enterasys, <http://www.enterasys.com/home.html>

[4] Extreme, <http://www.extremenetworks.com>

[5] Foundry, <http://www.foundrynet.com/>

工具

[6] SmartBits, <http://www.netcomsystems.com>

[7] AST II, <http://www.netcomsystems.com>

[8] SmartFlow, <http://www.netcomsystems.com>

[9] SmartWindow, <http://www.netcomsystems.com>

[10] SmartMulticastIP, <http://www.netcomsystems.com>

[11] Router Tester, <http://advanced.comms.agilent.com/routertester/>

[12] IXIA ANVL, <http://www.ixiacom.com/products/caa/>

其他

[13] RFC Documents, <http://www.ietf.org/rfc.html>

廠商回應

Alcatel 回應

感謝工研院交大網路測試中心對於市場上主要的骨幹級路由交換器所做的詳細測試。Alcatel 最新型的 OmniSwitch 6600, 7000, 8000 系列路由交換器是採用最先進的技術，以電信等級(99.999%)為設計理念所衍生的產品。為使使用者在設定操作上更簡易，Alcatel switch 的指令使用彈性化設計，因此同一指令可因使用者需要彈性增減，必且 Flash 中的 firmware 使用目錄架構，因此使用者可使用 FTP, WWW 等直接存取目錄，就好像一般的 internet 操作方式，同時配合系統軟體與設定檔案 AutoRollback 功能，大幅降低因操作錯誤造成系統停機的機率而達到系統不中斷的電信等級系統可用度(Availability)。而 MAC Address Table 則以每片 module 各有 32k 的 source MAC address table 與 32k 的 destination MAC address table，雖因此設計方式導致在此測試方式下，只能有 32k 的數值，但卻能保證當系統中任何一片模組（包含管理模組）發生故障時，交換器上所有路由與交換功能完全不中斷地繼續。我們相信使用者在實際使用時必能發現此設計理念所帶來的好處。

Enterasys 回應

Enterasys 產品一向以穩定及符合 RFC 標準為目標，所參加之產品測試絕不會以工程模式 Firmware 以提高數據效果，並且由始至終皆由同一版本 Firmware 完成測試。由測試結果看來，Enterasys 以穩定性最佳、支援最多標準、最適合企業使用的網路設備見長。在 GUI 管理介面，Enterasys 並以 Netsight 網管來負責。Enterasys 並提供 Fully RMON 與 Link Aggregation 等功能，是其他品牌所未能提供，可惜此次測試中無法顯示出來。展望未來網路應用上 Content Delivery 將是兵家必爭重點，Enterasys 在 Multicast、OSPF 與價格效能比方面的卓越表現與標準性，將是下一代企業網路最佳選擇。

Extreme 回應

骨幹級交換器為網路架構中最主要的設備，除本測試所列舉項目外，尚有可供讀者考量的重點：

- 一、系統備援及安全：除電源供應器及管理模組需為模組式、可抽換設計外，交換核心（Switch Fabric）為整體交換器的資料交換中心，更應以模組式設計。若置於機體背板（Backplane）上，一旦故障，所導致的停機時間將達數小時之久，損失更難以計算。
- 二、介面模組效能：於選擇介面模組時，應了解該模組是否為線速(Wire Speed)或為多埠共用頻寬（Oversubscribed）之設計，以免影響主幹使用效能。
- 三、多點傳輸協定：骨幹交換器為符合各種傳輸應用，尤其在多媒體之應用實為時勢所趨。此類應用必須提供多點傳輸(Multicast)協定。此次測試以 DVMRP

方式進行，而目前普及之標準應以 PIM DM/SM 的為主並其效能最佳。

其餘如 ACL， QoS… 或其他功能使用時，是否影響該設備的效能，均應列為採購考量之重點。

Foundry 回應

感謝主辦單位用心安排此次測試計劃，網捷網路公司(Foundry Networks Inc.)為網際網路端到端交換及路由解決方案的領導者。其主要產品包括都會網路路由、第二/三層交換器、以及提供流量管理的第四至七層交換器。目前網捷為全球的企業和運營商提供解決方案，客戶遍及電信、金融、製造業、政府部門及教育機構等。

BigIron 第三層交換器具備電信級別的備援能力，無可比擬的超高速以太網和10G以太網端口密度，在網捷網路的Enterprise IronWare或Metro IronWare操作系統的支持下，BigIron 第三層交換器可以為要求嚴格的運營商和企業環境提供線速(Wire-speed)、無阻塞的性能，豐富的服務質量 (QoS)， sFlow線速網路監控和統計功能，以及先進的頻寬管理功能，是實現高性能企業網和都會以太網解決方案的理想產品選擇。如需更詳細網路產品資訊，請直接上網查詢 www.foundrynet.com 或來電台灣辦事處(02)8712-7271.