

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

赴美國『實習網際網路技術』報告

服務機關：中華電信股份有限公司

數據通信分公司

出國人：職稱 姓名

助理工程師 郭喜振

出國地點：美國

出國期間：91年10月27日至91年11月9日

報告日期：92年5月

H6/
c09>01888

系統識別號:C09201888

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 61 含附件: 否

報告名稱:

實習網際網路技術

主辦機關:

中華電信數據通信分公司

聯絡人/電話:

/

出國人員:

郭喜振 中華電信數據通信分公司 網際網路處 助理工程師

出國類別: 實習

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 10 月 27 日 -民國 91 年 11 月 09 日

報告日期: 民國 92 年 05 月 19 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: Metro Ethernet, MPLS

內容摘要: 目前各電信業者最大的營收仍然來自於語音服務，如何讓相關網路設備建置成本降到最低則是電信業者的第一個課題。另一方面，整合語音、影像、視訊、及文字資料於單一的電信環境中，並提供簡單、容易、可靠的多媒體應用服務是業者亟需努力的方向。隨著寬頻到府、光纖到府，激增的頻寬需求與各式各樣加值應用服務不斷的推陳出新，使得都會網路也面臨革新。不但在提高頻寬、整合語音、數據之外，還要能夠提供多重加值服務。由於技術日漸成熟的多協定標籤交換(Multiprotocol Label Switching : MPLS)技術可提供更具彈性之應用，針對上述問題似乎能提供很好解決方法。遂成爲目前熱門的話題。本次出國實習內容主要學習關於Juniper ERX在多協定標籤交換(MPLS)上面的應用及MPLS網路技術的探討，包括BGP/MPLS虛擬私有網路(VPN) 與MPLS訊務工程(Traffic Engineering)的技術。另外，除了區域網路(LAN)與都會網路(MAN)外，由於在通訊接取市場，Ethernet的地位似乎也呼之欲出，因此對於Optical Ethernet相關的網路技術，特別是Metro Ethernet的技術趨勢及相關產品內容進行了解。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

摘要

目前各電信業者最大的營收仍然來自於語音服務，如何讓相關網路設備建置成本降到最低則是電信業者的第一個課題。另一方面，整合語音、影像、視訊、及文字資料於單一的電信環境中，並提供簡單、容易、可靠的多媒體應用服務是業者亟需努力的方向。隨著寬頻到府、光纖到府，激增的頻寬需求與各式各樣增值應用服務不斷的推陳出新，使得都會網路也面臨革新。不但在提高頻寬、整合語音、數據之外，還要能夠提供多重增值服務。由於技術日漸成熟的多協定標籤交換(Multiprotocol Label Switching : MPLS)技術可提供更具彈性之應用，針對上述問題似乎能提供很好解決方法。遂成為目前熱門的話題。

本次出國實習內容主要學習關於 Juniper ERX 在多協定標籤交換(MPLS)上面的應用及 MPLS 網路技術的探討，包括 BGP/MPLS 虛擬私有網路(VPN) 與 MPLS 訊務工程(Traffic Engineering)的技術。另外，除了區域網路(LAN)與都會網路(MAN)外，由於在通訊接取市場，Ethernet 的地位似乎也呼之欲出，因此對於 Optical Ethernet 相關的網路技術，特別是 Metro Ethernet 的技術趨勢及相關產品內容進行了解。

目錄

第一章 前言.....	3
第二章 研習行程及課程.....	4
第三章 Metro Ethernet 技術趨勢及產品內容.....	5
第四章 ERX MPLS 課程介紹.....	20
第五章 研習心得.....	61

前言

目前各電信業者最大的營收仍然來自於語音服務，如何讓相關網路設備建置成本降到最低則是電信業者的第一個課題。另一方面，整合語音、影像、視訊、及文字資料於單一的電信環境中，並提供簡單、容易、可靠的多媒體應用服務是業者亟需努力的方向。隨著寬頻到府、光纖到府，激增的頻寬需求與各式各樣加值應用服務不斷的推陳出新，使得都會網路也面臨革新。不但在提高頻寬、整合語音、數據之外，還要能夠提供多重加值服務。由於技術日漸成熟的多協定標籤交換(Multiprotocol Label Switching : MPLS)技術可提供更具彈性之應用，針對上述問題似乎能提供很好解決方法。遂成為目前熱門的話題。

本次出國實習內容主要學習關於 Juniper ERX 在多協定標籤交換(MPLS)上面的應用及 MPLS 網路技術的探討，包括 BGP/MPLS 虛擬私有網路(VPN)與 MPLS 訊務工程(Traffic Engineering)的技術。另外，除了區域網路(LAN)與都會網路(MAN)外，由於在通訊接取市場，Ethernet 的地位似乎也呼之欲出，因此對於 Optical Ethernet 相關的網路技術，特別是 Metro Ethernet 的技術趨勢及相關產品內容進行了解。

研習行程及課程

本次實習時間自民國九十一年十月二十七日至十一月九日為期十四天，本次實習行程及課程如下：

91年10月27日：行程，搭機赴美國舊金山。

91年10月28日~11月7日：研習 Metro Ethernet 技術趨勢及產品內容。

研習 ERX MPLS 課程。

91年11月7日~11月9日：返程，搭機返回台北。

第三章 Metro Ethernet 技術趨勢及產品內容

3.1 都會網路發展趨勢

乙太網路 Ethernet 因具有架構簡單、價格便宜與傳輸速度的優點，因此在 LAN 的市場，Ethernet 一直是最廣泛採用的技術。在許多應用如 Content Server Aggregation、Internet Exchange、Cluster/Grid Computing 及 Campus Backbone，等均需高效能的交換設備，以提供急速成長的訊務及資料交換，而 Ethernet 技術的演進由 10/100Mbps 逐漸提昇至 1G/10G Ethernet，正契合這些服務的需求。

傳統 Ethernet 受制於傳輸距離的限制，使 Ethernet 的應用領域過去一直侷限於區域網路的範圍內，近年來隨著 Optical Ethernet 的發展，使得傳輸距離可以延伸至 70 公里以上。傳輸技術的進步使得以克服距離的限制，其應用也逐漸跨出區域網路的界限，提供 MAN (Metropolitan Area Network) 技術有新的選擇。加上各項技術如 10GE WAN PHY 界面、Ethernet-over-SDH 的支援，使 Ethernet 應用的範圍更可延伸至 WAN 的領域。除了 Optical Ethernet 的發展，目前高效能 L2 Switch、IP routing 及 MPLS 設備發展愈趨完備，使得 Ethernet 在 MAN、WAN 的領域裡甚至接取網路均成為重要的發展趨勢，目前 Metro Ethernet 已成為提供新服務的重要代表。

目前各種新穎的應用充斥整個市場，從整合性語音、數據、影像通訊到 MP3 檔案交換應用服務，許多新的服務層出不窮。事實上，連語音服務也逐漸整合到 IP packet 網路之中，當商務活動日漸頻繁的同時，語音服務需求當然急劇大增，然而以 Circuit Switch 方式提供之語音訊務成長並不大，而是改以 IP 封包方式提供。各類應用已逐漸偏向以數據通訊形式為基礎。早期剛開始時在現有之語音網路附帶提供數據服務，但經過實際演變結果，數據訊務需求量已大於語音，並且更快速的大幅度超前。

但是傳統的都會網路基礎是架構在同步光纖網路(SONET)上，這項技術是在 1980 年代中期所設計，當初的目的是要攜載語音而非資料。SONET 是一項多工技術，這意味著它可以執行精密的分時多工 (Time-Division Multiplexing；TDM) 電訊階層。雖然這個方式對語音來說很適合，但是對資料來說卻是相當不合適的媒介。電

信業者必須把資料流塞入固定的通道之中，最慢的 VT-1.5 通道的執行速率為 1.7Mbps，次慢的 STS-1 則躍升到 51.84Mbps 的速度，而在這些通道中沒使用到的容量都被浪費掉了。隨著公共網路上資料通訊至語音通訊的比例的增加，這些效率不彰的問題更加突顯出來。

同時人們除了通訊頻寬要求越來越大，但是希望所付出之價格卻要求更低。而以上這些特點，皆非昨日高價位 SONET 技術可以提供的。

3.2 Ethernet 的特點

Ethernet 曾經只被認為是一種短暫的技術，預估很快地會被 Token-Ring、FDDI 等技術取代，但是結果卻顯示 Ethernet 界面持續發展，並成為最廣泛應用之通訊傳輸媒介。

為何 Ethernet 可以在多種市場佔一席之地，其原因在於幾個主要的原因：

- 擴展性：Ethernet 已經成功地持續從很低的速率 1Mbps 擴展到 10M、100M、1Gbps 並達到 10Gbps 高的速率。而更新的發展，可望 Ethernet 仍可輕易的提昇到 40G、80G 或甚至 100Gbps。這些速率的提昇須歸功於高效能之交換設備的發展，使得 Ethernet 的最佳效能可以一再提高。
- 經濟性：Ethernet 相較於其它 SDH、ATM、Frame Relay 等技術，其價格低廉是它最大的競爭優勢。尤其當頻寬提昇時，其它技術須付出複雜昂貴的代價，而 Ethernet 卻仍能保持低價位高頻寬的特點。
- 界面容易：許多設備都具備 Ethernet 界面，使相互間的界接非常輕易，而且 Ethernet 隨插即用的特性，而且可以由低速輕易地升級到高速界面，對於網路整合界接提供單純簡便的方式。

另外值得一提的是，Ethernet 在過去也曾逐漸嘗試應用於廣域及都會(Metro)的環境，但早期只有少許成就，而主要原因有：

- 頻寬與需求不匹配：早在 1990 年中期，曾試將 Ethernet 應用於 WAN/MAN 的領域，如校園網路例子，然而當時的企業市場卻尚未有大量的頻寬需求。
- 交換效能有限：早期 Ethernet 交換設備效能未能滿足 WAN/WAN 所需之頻

寬需求。

- 無服務等級：Ethernet 尚未有精細的 Qos、Cos 機能。
- 供裝距離有限：早期 Ethernet 技術傳輸距離均低於 2 公里的範圍，此距離不足以應用於 Metro 的環境。

因此當時的其它技術如 Frame Relay、FDDI、FDDI II、ATM 和 SONET 陸續被採用於 WAN/MAN 的領域，大部分的製造商對於此類技術的推展也較積極。然而這些當時所謂的新技術，由於標頭比例過重而漸喪失吸引力，而 Ethernet 在交換器效能提升、供裝距離延長以及服務等級可以提供下，情況有所突破，再者兼具低價位的特點，使得 Ethernet 重回主流之中。

相對地在 LAN 的市場上，Ethernet 一直就處於主導的地位，其它傳統的 WAN/MAN 所使用的技術由於建設方式複雜、標頭比例高及其 circuit 式的特性，從未在此取得任何優勢。

3.3 都會網路發展契機

由於用戶使用頻寬的需求愈來愈大，而且在 LAN 環境，Ethernet 頻寬的成長相當迅速，對外的都會網路頻寬若不提昇，將成為通訊的瓶頸所在，因此都會區域的頻寬需求以往未有今天般的迫切。

目前都會網路市場的擴展，曾先須解決的問題是：現階段的 SONET 技術太貴。若是與相同等級的 Optical Ethernet 相較，SONET 貴了約 2 到 3 倍的價格，若要提供服務到用戶端所花代價很高。因此對於都會網路市場，Optical Ethernet 是一個很好的解決方案，結合高速的界面和交換設備滿足都會網路市場激增的頻寬需求。

由於以下幾項因素，可以預測都會網路可利用 Optical Ethernet 獲得更快速的發展。

- Gigabit Ethernet 已經標準化，在各企業及服務提供者已經採用。
- 10/100Mbps Ethernet 在企業及服務提供者已大量使用，同時在一般住宅市場使用率非常高。

- 光纖到社區可提供更高頻寬的服務以滿足需求。
- Ethernet 供裝距離目前已可涵蓋都會網路範圍。
- Terabit 級的高效能交換設備已陸續提供，而未來更高速率的光交換器正快速發展中。
- 10G Ethernet 標準已在最後完成階段，可望將 Ethernet 的效能提升到另一層次。

3.4 Metro Ethernet 技術發展關鍵

Metro Ethernet 技術發展關鍵在於必須提供高效能、服務種類須具擴充性，而且網路必須可靠及安全。

3.4.1 高效能考量

Ethernet 由於高效能的特點，使其保持領先的優勢

(1) 匯集層交換器須可提供高密GE界面:

Metro Ethernet網路基本上可分為骨幹、匯集及接取三部份，一般用戶大都先連接至10/100Mbps接取交換器上，這些接取交換器透過Gigabit Ethernet (GE) 的界面連接至匯集層的交換器，在此匯集交換器須具備高密度GE埠以及高交換效能，並且可透過10GE界面與骨幹交換器界接。

(2) 高效能10GE界面:

10 Gigabit Ethernet的標準，IEEE 802.3ae草案初步制訂完畢。IEEE802.3ae工作小組主要是在10 Gigabit Ethernet的實體層(Physical Layer, PHY)上制訂了幾套不同的光纖通訊系統，並分類有LAN PHY與WAN PHY兩種。兩者主要的差別是WAN PHY方面比LAN PHY多了一層所謂的廣域網路介面層(WIS- WAN Interface Sublayer)。WIS可提供簡化的SONET封包功能，使出去的Ethernet封包在管理上能與SONET/SDH相容。

10 Gigabit Ethernet另一個主要特色是首次採用了WWDM (Wide Wavelength Division Multiplexing)技術，有別於Gigabit Ethernet時代僅有TDM (Time Division Multiplexing)技術，容許1275nm、1300nm和1325nm，以及1350nm等四道光波長分別以2.5Giga bps (OC-48)的速度於光纖中傳送資料。所謂的XAUI (10 Gigabit Attachment User Interface)即在規範這些光與電的轉換介面。

各形式的10 Gigabit Ethernet皆採用一對光纖以利全工(Full-duplex)作業，所傳輸的距離可從短短的幾十公尺至40公里的長途距離。例如，10Gbase-EW (Extended-reach with WAN PHY)採用1550nm LD，搭配單模光纖(SMF- Single Mode Fiber)，其傳輸距離可達40公里。10Gbase-LX4 (Long-reach, 10Gigabit) 利用了1310nm附近的4道光波長，搭配多模光纖(MMF- Multi Mode Fiber)或單模光纖，傳輸距離可達300公尺至10公里。而幾十公尺的短傳輸(Short-reach)距離則僅只需要850nm的VCSEL (Vertical Cavity Surface Emitting Laser- 垂直面射型雷射)搭配多模光纖(MMF- Multi Mode Fiber)即可。

高效能10GE界面對於都會網路骨幹部分將是必備的界面。在都會網路的POP點內訊務交換可經由10GE LAN實體界面溝通，而POP點之間的訊務則透過10GE WAN實體界面溝通。

(3) 可提供Ethernet Over SONET/SDH和WDM等多種界面

許多服務提供業者現有之傳送網路為SONET/SDH，為減低建置成本，若可提供Ethernet和IP可於現有之SONET/SDM網路的傳送功能是相當重要的。如Ethernet over SONET/SDH (EoS, ITU X.86)，Packet Over SONET/SDH(PoS)以及與SONET/SDM相容之10GE WAN實體界面都是經常使用的界面。像利用Ethernet over SONET/SDH以OC-3C和OC-12C用於接取設備與骨幹設備間的連接，而10GE WAN實體界面可使用OC-192C /STM-64c鏈路用於POP點之間或都會網路間的連接。

當都會網路服務成長時，DWDM傳送網路就比SONET/SDH具吸引力，例如DWDM環路經過POP點及高用量用戶大樓，使用Optical ADM設備可將其中載於某些波長的GE鏈路解出，提供給高用量的客戶。而POP點之間的許多10GE WAN實體界面鏈路也可以經由Optical ADM將OC-192C解出，以提供更高寬頻寬或更長傳送距離的需求。

(4) Link Aggregation (IEEE 802.3 ad)

Link Aggregation的功能將數條實體鏈路集束成一邏輯上的高頻寬鏈路。此功能在都會網路經常使用在POP點之間以提供備援功能並提供較大的頻寬。

3.4.2 服務種類具擴充性

都會網路現有的服務包括VPN、INTERNET服務甚至是TDM式的專線若都可在相同網路上提供，多樣化的服務特點可以更具競爭優勢，取代傳統的傳送網路。

(1) L2 Virtual Private Network (VPN)

L2 VPN 在 Metro Ethernet 可另稱為 Transparent LAN Service (TLS) 服務。此服務可使多點之用戶彼此互聯，並具備透過特性，用戶也可以使用私有的 IEEE 802.1Q VLAN 互連。在都會區可形成點對點、點對多點或網狀互連的架構。

服務提供者可以選擇使用的技術有幾種方式：

- Ethernet over SONET/SDH 或 WDM: 此種方式為點對點，且頻寬為固定。
- VLAN Stacking: 此方式為多點連接，且頻寬為彈性
- Ethernet over MPLS: 此方式可為點對點或多點對多點相連，且頻寬為彈性提供。

VLAN Stacking 雖然非為標準化方式，但與 L3 技術比較起來，它的維護方式比較簡單，且由於基本上已具統計多工的特點，因此 VLAN Stacking 成為 L2 VPN 最簡單便宜的提供方式。

所謂的 VLAN Stacking 是在每一個碼框封包中，在原來的 VLAN ID 外另加第二個 VLAN ID，以區別不同用戶的訊務，如圖 3 所示。VLAN Stacking 可以讓服務提供者指定第二個 VLAN ID 分配給 4000 個不同用戶，而每個用戶可以使用第一個 VLAN ID 做為自己內部使用的 4000 個不同 VLAN。在用戶的封包進入接收設備時，第二個 VLAN ID 即附加上去做為識別該用戶之用，而在離開接收設備時，該 VLAN ID 即去除。

Eo MPLS 在 L2 VPN 服務中使用的情況愈來愈普遍，目前在 IETF draft 主要有 EoMPLS point-to-point (Draft Martini) 及 Multipoint (Draft Kompella)。用戶的 Ethernet 封包在服務提供者的 MPLS 網路傳送時，會外加 MPLS 標籤，網路不須對所傳送的封包內容有所了解，因此 MPLS 在服務多樣化的提供較具優勢，而且在同時提供 L2 及 L3 VPN 的情形下，服務提供者的網路只須使用相同的基礎網路架構。

EoMPLS 可以克服 VLAN Stacking 4000 個用戶數量的限制，MPLS 標籤的欄位為 20bit 遠大於 VLAN ID 的 12bit 如圖 4 所示，最重要的是 MPLS 標籤是本段標示方式(local Significance)，使得其擴充性遠遠超過 VLAN ID 的方式。MPLS 也提供多層式籤標方式。

MPLS 支援路徑中斷時備援路由快速切換功能，提供使用戶訊務保護、訊務規劃及備援保護的功能。MPLS 也可支援 L3 路由規約 (如 OSPF) 及籤標資料傳送規約 (如 LDP、RSVP)，因此在網路管理方面比單純依賴 STP 的 L2 網路更佳。

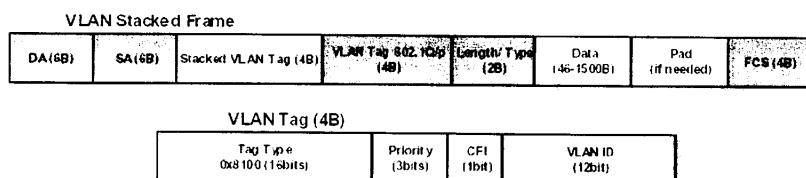


Figure 3: Organization of a stacked VLAN Ethernet frame

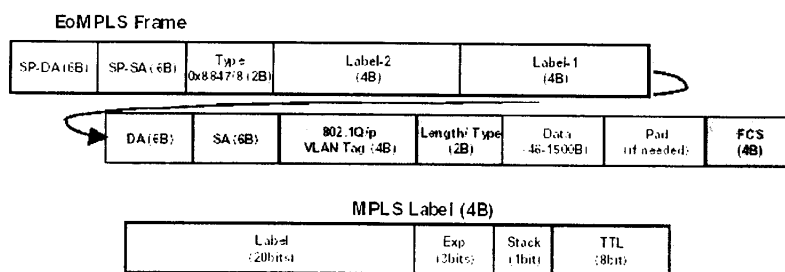


Figure 4: Organization of Ethernet frames in MPLS

(2) Internet Access 及 L3 VPN

利用不同的 VLAN 可以使個別用戶連接到 ISP，以提供 Internet Access 服務，用戶到接取設備即使只有一路實體鏈路，仍可以利用不同的 VLAN 提供 Internet Access、L2 VPN 或 L3 VPN 服務，如圖 5 所示。骨幹網路配合使用 MPLS 技術時，擴充性會更佳，因為 VLAN 就可成為本地標示(local significance)特性，網路不會受限於 VLAN ID 只有 4095 的限制。不同地區上網的用戶可使用相同的 VLAN 值，在與 ISP 之界面處轉成不同的 VLAN 值即可。

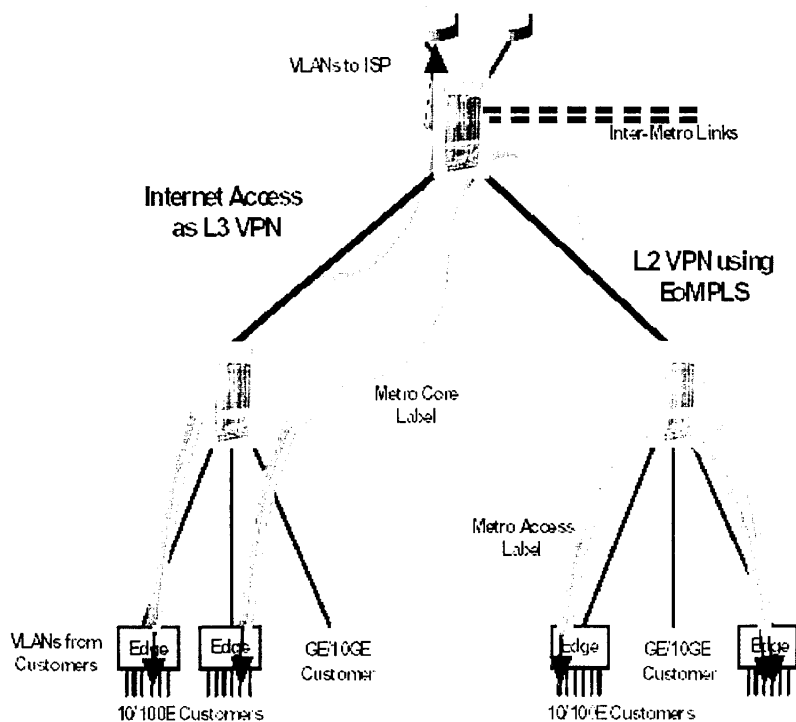


Figure 5: EoMPLS can provide both L2 VPN service and

(3) 等級化服務(Differentiated Service)

對於 Metro Ethernet 服務，提供等級化服務及計費的方法是相當重要的。服務提供者有 10/100 Ethernet、GE、10GE 全速率頻寬或者以較小的頻寬供用戶選擇，例如使用 Committed Access Rate (CAR) 的功能，用戶瞬間頻寬可超出至一定程度，而平均速率保持不超過特定值。藉著利用精細的頻寬控制及 QoS 機能，可提供等級化服務，加上訊務流量紀錄的功能，計費的機制可以很有彈性且精確。

服務提供者可以定義幾種不同等級的服務，如金/銀/銅等不同等級品質。訊務等級分類的方式可以依通訊埠或封包內容區分，如依來源位址、目的地位址、VLAN ID 做分類。分類化後可結合限制頻寬功能，對不同類別訊務給予不同頻寬。同時分類後的訊務，也可以 IEEE 802.1P、IP Diffserv 或 MPLS Exp 方式標示類別。分類為不同類別的訊務，在頻寬擁塞時能以 Weight Random Early Detection (WRED) 方式丟棄封包。

(4) 對於語音/影像服務提供的低延遲、低顫抖特性

服務提供者一般而言都需要在同一網路上同時提供數據、語音及影像的服務，而語音及影像比數據訊務更需低延遲及低顫抖的傳送特性。在網路設備啟用 ACL (access control list) 或 Qos 功能時，設備的效能必須不受影響，以保持低延遲及低顫抖的特性。通常網路設備是以純硬體方式處理及傳送封包，才能達到需要的品質。

3.4.3 網路可靠性

都會網路必須是可靠安全才能提供用戶穩定服務品質。網路的容錯保護機制必須藉由各交換器或路由器監測節點或網路的失效情形，並具自動快速恢復的機制。網路的穩定性由系統內各組成元件之可用性決定，而網路的安全性須靠限制功能以防止非法用戶攻擊或誤動作的行為。

(1) 保護機制

由於 Ethernet 原始是應用在 LAN 的環境，在使用於都會網路的場合時，遭遇以下的限制：備援恢復時間過慢。Ethernet 利用 Spanning Tree 的運作機制，在路徑故障時提供保護，然而恢復連線之時間需耗費數十秒，如果網路越大時，所須的時間將更久。相對於 SONET 的自動保護切換時間只須 50msec，Ethernet 切換恢復時間太久，對於語音、影像或其它敏感的服務很難提供良好的保證品質。目前除了 Spanning Tree 的保護方式外，還有其他幾種已實現或發展中的技術標準，可提供較佳的保護機制：

- IEEE 802.1s (Multiple Spanning Tree) :

可以提供在 VLAN 的環境下有多個 Spanning Tree，比原先只有單一個路徑有更多的保護，當然所花費的代價是管理上比較複雜。

- IEEE 802.1w (Rapid Reconfiguration of Spanning Tree) :

提供一種較快速收斂的運算方式，它可加快恢復時間到約一秒大小，對於一些服務已經夠用，但是與 SONET 的恢復時間 50msec 比較起來還是太慢，無法符合某些服務的需求

- IEEE 802.3ad (Link Aggregation) :

提供同一群組鏈路低於一秒之斷線保護。除了備援保護外，此技術也使用於增加鏈路頻寬及平衡負載。

- IEEE 802.17 (Resilient Packet Ring) :

可提供次於 50 msec 之備援保護。

- MPLS 提供具彈性擴展性之解決方案：

如可建立備援 LSP、提供快速路徑轉送 (Fast Reroute) 及 LSP preemption 等功能。這些方式可以讓服務提供者對不同服務等級提供不同的備援方式。

(2) 障礙維護機制

Ethernet 規格並無內建障礙告警維護機制，不像 SONET 有信號遺失告警 (LOS)、遠端信號告警 (RDI) 等可以用來執行障礙區間判斷。同時 Ethernet 也沒有品質監測機制以監視誤碼率 (BER)，除此之外，有關 OA&M 功能如折回測試功能也無法提供，而這些功能對於障礙判斷是非常有用的。

目前相關品質監測、OA&M 功能的技術標準正於 IEEE 802.3ah Ethernet in the First Mile (EFM) 工作小組討論中，主要有兩種方式選擇中：一種提案建議使用 Ethernet 的前導欄位 (Preamble)，另一種提案建議使用以碼框方式提供。

3.5 參訪廠商相關資料

數家於 Optical Ethernet/MPLS 領域有特殊表現的廠商，如 Atrica、Force10、Laurel 及 Juniper 等，以下為這些廠商對於市場、技術標準及產品的相關資料摘要。

3.5.1 Atrica

Atrica 主要著重於提供 Optical Ethernet 產品，以應用於都會區網路市場如

- Ethernet Internet Services
- Optical Ethernet Private Line Services
- Optical Ethernet Transparent LAN Services (TLS)
- Optical Ethernet Metro Core Transport Services

目前該公司現有之產品為 A-8800/A-8100 Optical Ethernet Core Switch 及 A-2100 Optical Ethernet Edge Switch。

- A-8800/A-8100 主要為提供高效能 MPLS 交換功能之骨幹設備，可支援 1G/10G Ethernet、DWDM 及 OADM 等界面，交換效能可達 150Gps。其 MPLS 功能可支援百萬條路徑，保護切換時間 50ms 以內，可取代現有之 SONET/SDH transport 架構或與之相容共存。

- A-2100 為 L2 switch 之接取設備，可支援 10/100 Ethernet、Gigabit Ethernet 及 TDM 界面。

利用以上設備構成網路，配合該公司之供裝軟體 ASPEN (Atrica Service Platform for Ethernet Networks) 所提供的 GUI 或 API 界面，可快速供裝下列服務及界面：

- 提供 point-to-point、point-to-multipoint、multipoint-to-multipoint 服務：Fast Ethernet 及 Gigabit Ethernet 界面。
- 提供 Circuit Emulation 服務並且保證頻寬：T1/E1、T3/E3、STM-1/OC3 及 STM-4/OC12 之 TDM 界面。

3.5.2 Force10 Networks

Force10 主要的產品為 E1200 及 E600 兩種，為具備 L2 switching 及 L3 Routing 功能之高效能 Switch/Router 設備，可提供 1G/10G Ethernet、Ethernet over SDH、POS 等界面，其交換效能分別可高達 1.2Tbps 及 600Gbps。

如此超高交換效能使其產品可應用於

- Content Server Aggregation
- Cluster/Grid Computing
- Internet Exchange
- Metro Ethernet service

該公司產品之主要特點為

- 其 1.2Tbps Non-blocking Switch Fabric 之建構方式不同於一般的 Optical Backplane 解決方案，改以 Passive Copper Backplane 解決高速交換的問題，由於沒有使用昂貴的光-電、電-光轉換元件，因此製造成本大為降低，並同時避免主動元件可能造成的單點障礙問題，這也是 Force10 於同類產品中頗具競爭力的主因。
- 不論傳送封包大小不同或是任何複雜功能啟用時，傳送效能均可保持 Line-rate，並保持低延遲及低顛抖時序之穩定特性，對於下一代 Streaming Media 及相關應用可提供最佳交換網路。

- 可提供可高達 336 埠 Gigabit 界面或 28 埠 10 Gigabit 界面。

3.5.3 Laurel Networks

Laurel 主要的產品為 ST200，可做為 IP/MPLS 網路之 edge 設備。此產品除 Layer 2 transport over MPLS 功能外，同時具有 L3 Routing 及 MPLS IP VPN 功能，並可支援多種界面如 ATM、Frame Relay、POS/PPP、Cisco HDLC、TDM、Ethernet、X.86 Ethernet Over SONET/SDH 等，其交換效能可達 160Gps。

Laurel 另提供整合供裝軟體 LPS (Laurel Provisioning System)，可提供快速供裝及維護功能。其 GUI 界面便於操作，同時也提供 API 界面可與業者自己的 OSS 系統整合。

藉由 Laurel 的產品可提供的服務主要為：

- ATM、Frame Relay 及 Ethernet 網路服務：藉由 Layer 2 transport over MPLS 的技術，此產品可將原 ATM、Frame Relay 及 Ethernet Private Line Service 於同一 IP/MPLS 網路傳送，除將原有之 ATM、Frame Relay 網路升級外並可降低成本。
- MPLS IP VPN 服務
- Internet Access 服務

Laurel 產品主要特點為

- 該公司與 Level (3) 通訊公司充份合作，領先業界將 IETF Draft Martini 實現並應用於實際之商用服務，提供 Multi-Service Over MPLS。目前 Level (3) 營收大為提高，有望擺脫先前提供傳統 ATM、Frame Relay 傳統服務時，營收困頓不前的狀況。
- resilience 保護切換時間小於 16ms，該公司強調為目前業界中最佳效能者。

第4章 ERX MPLS Configure Basics課程介紹

4.1 課程目的

Juniper 主要產品為高效能之 IP 骨幹路由器，2002 年併購 Unisphere 後，預計對於 edge router 的產品可有更強的支援。Unisphere ERX1400 為多功能之 Edge 設備，除可做為 BRAS，收容 XDSL 服務外，亦可做為 Edge Router，提供 IP VPN、MPLS 等服務。

ERX MPLS Configure Basics課程之目的旨在學習如何利用Juniper ERX構建基本的多協定標籤交換MPLS網路。在課程中將介紹MPLS基本的概念，除MPLS基本功能外，相關的主題如BGP/MPLS VPN、MPLS Traffic Engineer有進一步的實習，透過實際地設定路由協定OSPF (Open Shortest Path First)、BGP (Border Gateway Protocol)與各種信號協定方式如:LDP (Label Distribution Protocol)信號協定與RSVP (Resource Reservation Protocol)信號協定，來建立基本的MPLS 網路，進一步設定具備訊務工程(Taffic Engineering)的MPLS 網路，並且完成BGP/MPLS VPN (虛擬私有網路)的建立。

4.2 課程內容

- 4.2.1：多協定標籤交換(MPLS)技術簡介
- 4.2.2：MPLS Downstream On Demain LSPs
- 4.2.3：MPLS Topology Driven LSPs
- 4.2.4：BGP-MPLS VPNs
- 4.2.5：MPLS Traffic Engineering

4.2.1 多協定標籤交換(MPLS：MultiProtocol Label Switching)技術介紹

4.2.1.1 概說

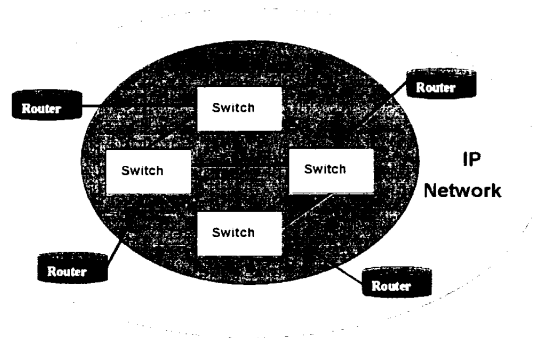
Multi-Protocol Label Swithing (MPLS)是一項新的傳送標準技術，藉由將標籤貼在訊務封包上，以在網路上傳送訊務。此技術在發展過程中，主要須解決的三項問題：(1) ATM 到 IP 網路互連問題 (2) 增進骨幹路由器之傳送效率 (3) 實現具服務品質 (Qos)之路由。MPLS 並不只侷限於 IP 網路，但其他的網路層通訊規約不如 IP 重要。在此，多種通訊規約的意義在於：可以在不同種類之第 2 層界面上提供單一傳送機制及 Qos 功能。

重疊模式(Overlay Model)

目前現有許多網路服務提供者(ISP) 的網路使用的是重疊模式網路，其核心網路中使用 ATM 交換機而 IP 路由器在邊緣端(如圖示)。對於 IP 路由器而言，ATM 交換機是屬於透通的，與 IP 路由器彼此分屬於不同的網路，這意味著我們必須解決 ATM 交換機與 IP 路由器之間網路互連(Inter-working)的問題。

圖 4.1

IP/ATM Overlay Model:
IP Access Utilizing ATM Core



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

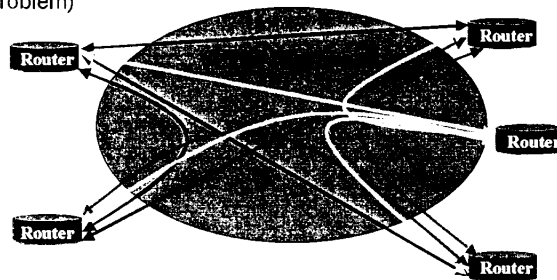
因為連結狀態(link-state)路由協定(如 OSPF 和 ISIS)，節點需要與鄰近節點互連建立關係，因此重疊模式需要路由器之間建立虛擬電路(VC)以互傳訊息。ATM VC 路

徑須事先建立，且為了效率緣故，路由器必須使用 VC 路徑直接與其他路由器連接，而這種方式需要建立完全互連網狀方式(fully-mesh)之 ATM VC 路徑。因此，隨著網路的成長，其所需要 VC 的數量將成幾何級數成長 $[(N^2-N)/2]$ ，並且嚴重影響網路的發展與擴展性。

圖 4.2

Scalability: Overlay Model Requires Full Mesh of VCs to Connect Routers

Problem: as network grows, # of VCs grows geometrically (i.e., the n^2 problem)



Copyright 2002, Juniper Networks, Inc.

多協定標籤交換(MPLS)架構將重疊模式改變成同質性網路(peer-model)，使網路成為單純的標籤交換環境，解決了虛擬電路(VC)幾何級數成長的問題，大大增加了網路的擴充性能。藉由 MPLS 快速之標籤交換達成 IP 封包在網路中的快速傳送，提昇了網路效能與穩定性，而這種方式使交換器有能力支援多種通訊協定，服務提供者原有之交換網路基礎建設可以保留並節省投資，同時保有第 2 層設備原有之效能及訊務控制機制，而且更增加了網路的彈性。

4.2.1.2 多協定標籤交換(MPLS)架構

- LSR - Label Switched Router
- LER - Label Edge Router
- FEC - Forwarding Equivalence Class
 - Group of packets that are treated the same way for forwarding purposes
- LDP - Label Distribution Protocol
 - Runs between LDP peers to form session
- LSP - Label Switched Path
 - Built from egress to ingress to form multipoint-to-point trees (unidirectional)

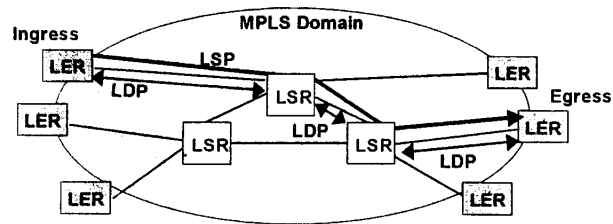


圖 4.3 Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

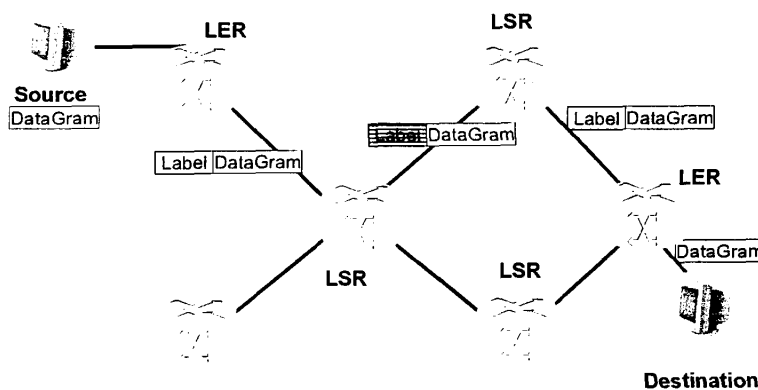
MPLS 名詞定義：如上圖 4.3 所示。

- 標籤交換路由器 LSR (Label Switched Router)：位在 MPLS 網路內，依據封包的標籤值、而非其 IP 封包頭的內容轉送該封包到目的之網路設備。
- 標籤交換邊緣路由器 LER (Label Edge Router)：LER 設備主要做為 LER 設備的角色。界於 MPLS 網路與非 MPLS 網路之間，主要工作是將進入 MPLS 網路之 IP 封包貼上標籤後送入 MPLS 網路區內(Ingress LSR)，或欲離開 MPLS 網路前將 MPLS 網路封包的標籤拿掉 (Egress LSR)。
- 標籤交換路徑 LSP (Label Switched Path)：在 MPLS 網路中由進入端到輸出端之間所形成的路徑，此 LSP 是單向性。
- 傳送服務對應等級 FEC (Forwarding Equivalence Class)：(具備相同傳送目的地、相對應服務或某些特定因素的封包，被視為具有相同的傳送特性，享有相同的傳送對應等級，可以是一整組方式或細節特定方式。
- 標籤分配規約 LDP (Label Distribution Protocol)：一種信號協定使用於 LSP 彼此之間用來協調如何傳送 MPLS 標籤對應 FEC 之方式。

多協定標籤交換MPLS處理技術是整合傳送(Forwarding)技術與網際網路的路由協定(Routing Protocol)技術所發展出來的網路處理技術。一開始主要是希望透過ATM高性能之細包交換(Cell Switching)技術優勢來協助達成。引用與ATM交換技術類似之VPI/VCI作標籤(Label)之交換技術來載送IP封包到達它的目的地。原本傳統網路在處理IP封包是採取逐級方式一個節點一個節點做路由選址傳送到目的地(Hop by Hop)。MPLS用嶄新的方法來處理網路封包傳送工作。在各級節點上，它是透過目的地IP位址與標籤(Label)之轉換映射而得到各級節點的標籤傳送表(Label Forwarding table)。在IP/ATM網路環境中，其MPLS的標籤就是ATM交換機的VPI與VCI(但是MPLS的標籤也可以是訊框傳送的DLCI ...)。簡單的說：MPLS就是希望將第二層的快速交換機制整合至IP層，建立具有彈性而且利用快速之標籤交換優點來達成IP封包在網路中的快速傳送訊務，以提昇網路效能與穩定性。這也是MPLS原始發展的動機。

MPLS 運作方式

圖4.4 Multi Protocol Label Switching



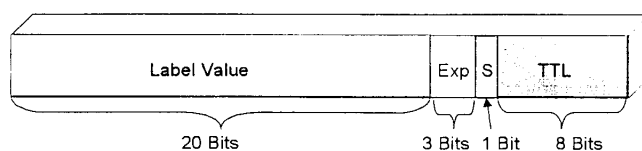
Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

如圖4.4所示，當一個IP封包進入MPLS網路時，入口路由器會先檢查進入MPLS網路的IP封包頭(Header)，再根據此IP封包頭找出其相對應服務等級(FEC)之標籤，然後將此IP封包貼上此標籤後送入MPLS網路區內之下一站(next hop)。位於MPLS網路內部的LSR收到貼上標籤後的IP封包時，該LSR是依據封包的標籤值與目的地IP位

址之轉換映射而得到標籤傳送表(Label Forwarding table)，進而透過硬體交換轉送該封包到目的地、而非透過其IP封包頭的內容轉送該封包到目的地。當貼有標籤的IP封包到達MPLS網路之最末端時，出口路由器會先拿掉標籤然後檢查IP封包頭(Header)，再根據一般IP路由表找出其下一站，封包則是延著此LSP作傳送。很明顯地，MPLS機制並不去檢查IP封包的內容，取而代之的是透過LSP的建立與標籤的置換(如下圖)，封包則是延著此LSP作傳送。MPLS LSR設備僅使用標籤判定下一個路由器節點，路由建立類似ATM或Frame Relay 虛擬路徑，如此簡化了封包傳送過程，進而增進效率及彈性。

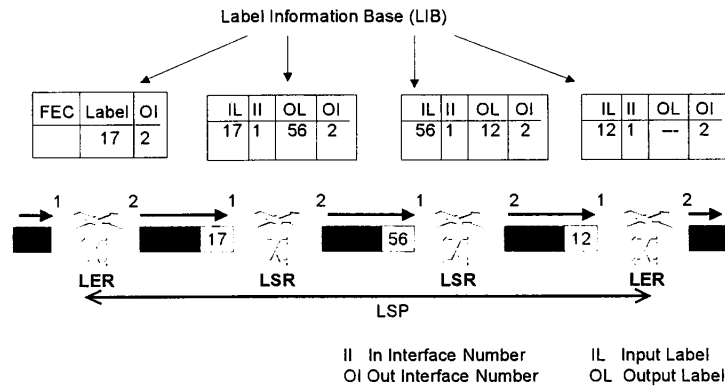
MPLS 標籤包含 4-bytes 的資料標籤分成四個主要欄位，其中 20 位元標籤值(Label Value)主要是 LSR 用來查詢下個傳送界面、下一個新標籤值等，以決定下一站時使用；實驗用的 3 個位元是設計於對應 IP 封包頭的內容中的 TOS (type of service) 值；一個位元之 S 欄位用來標示註記是否屬於標籤堆疊的最下層；8 位元的 TTL(Time To Live)存活時間則等同於 IP 封包頭的內容中 TTL 欄位，用來偵測是否造成迴路。

圖 4.5 MPLS Shim Label



MPLS 傳送效能的增進

圖 4.6 MPLS Service - Performance Improvement



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

由於 MPLS 的機制並不檢查每個 IP 封包的內容，在核心網路設備只做貼上標籤、查詢輸出標籤及界面並將新的標籤貼上以及去除標籤，完全不需檢查網路層的訊息，封包傳送方式單純化，因此效能可大幅提高。

另外 MPLS 對所有的訊務可提供單一化的傳送機制，在傳統的 IP 路由器需要有三種不同的傳送機制，分別對 unicast、multicast 和 QoS 應用的 IP 封包有不同方式的處理。對 unicast IP 封包而言，路由器在它的傳送路由表中找尋目的地位址最長符合者(longest match)，如果相符就以路由傳送表所列的界面傳送封包出去，若不相符則再與傳送路由表次長的子網路做比較的動作，並依此類推。在今日路由表愈來愈大的情形，動作將過於繁複。

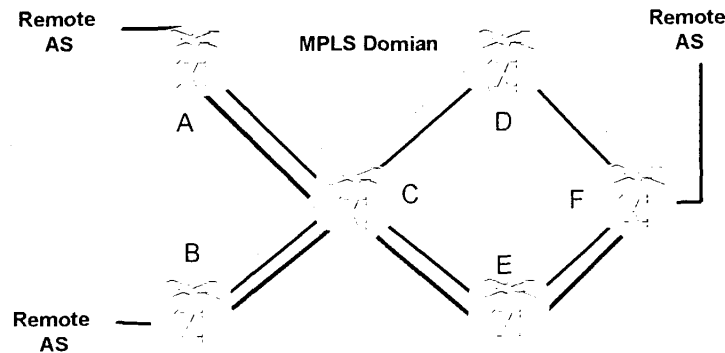
對於 multicast 封包而言，傳送機制是不同的。有些情況必須完全符合來源及目的地位址。對於 IP QoS 應用，除最長位址相符的原則仍然使用，同時必須再符合 TOS 欄位相同者。但以 MPLS 而言，完全無須考量訊務形式，只用單一傳送機制即可達成。

如圖 4.6 所示，封包在入口之 LER 設備依 FEC 比較結果分類，LER 設備在標籤資料表內找尋適當的標籤值與輸出界面，然後將輸出用的標籤貼在封包上，並由輸出界面送出。每一個 LSR 設備將進來的標籤取出並在它自己的標籤資料表依此標籤值

與輸入界面決定輸出標籤與輸出界面。而最後一個出口 LER 設備將 MPLS 標籤去掉，並依一般的傳送機制轉送封包。

BGP協定的省略

圖4.7 Performance Improvement-BGP Elimination



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

網路效能的提昇外，MPLS 另一個特點是簡化網路的複雜度，在核心網路不須執行 BGP 的協定。在傳統 Hop by Hop 的網路中核心網路所有路由器需要知道完整路由表，以執行各點傳送 IP 封包。藉由 MPLS 我們可以免除這種要求，核心網路所有路由器只須有相關路由資料，可以建立 MPLS LSP 路徑到達 BGP 節點即可，因此只有 LER 設備需要知道完整的網際網路路由資料。在圖 4.7 的例子可以看到路由器 A、B、F 執行 BGP，彼此間互換訊息並與外界互換 EBGP 訊息。其中每個設備都有完整網際網路路由資料，路由器 C、D、E 只有執行 IGP，只須知道自己網路(AS)內的路由即可，僅藉此建立與 LER 設備連通之 LSR 路徑，所有的訊務進入此網路都會以標籤貼示，訊務透過在 LER 之間所形成的 LSR 內傳送，因此內部的路由器不需知道所有的 IP 路由資料，減少了管理及設定複雜度。

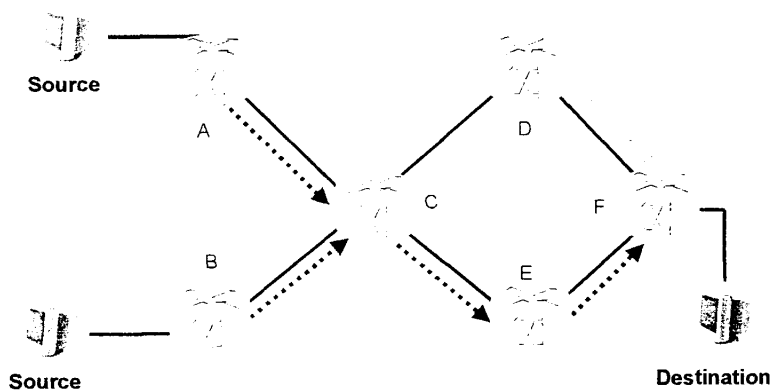
4.2.1.3 多協定標籤交換(MPLS)服務

MPLS一次路由，多次標籤交換帶來網路效能的提昇透。過MPLS衍生出來的訊務工程(Traffic Engineering：TE)、服務品質分級(Quality of Service：QoS)、虛擬私有網路(Virtual Private Network：VPN)等服務技術則提供了更多更好的服務。

MPLS 服務—訊務工程(Traffic Engineering)

MPLS 主要可提供訊務工程 (Traffic Engineering)。一般傳統的 IP 網路的 IGP 如 OSPF、ISIS 用來決定網路內最佳路由。在圖 4.8 的例子以 IGP 為基礎的傳送方式會將所有要到目的地的訊務經過路由器 C 與路由器 D 間的路徑，這將造成在路由器 C 與路由器 E 間的路徑使用率過低。MPLS 訊務工程可以讓我們設計 LSP 路徑不必循著 IGP 最佳路徑，例如可以規劃語音類別的訊務走路由器 C 到路由器 E 的路徑。MPLS 訊務工程可以使訊務由特定 LSP 路徑傳送，以提高頻寬使用率、區隔特殊的應用或依不同 QoS 做不同方式傳送。

圖4.8 MPLS Services - Traffic Engineering

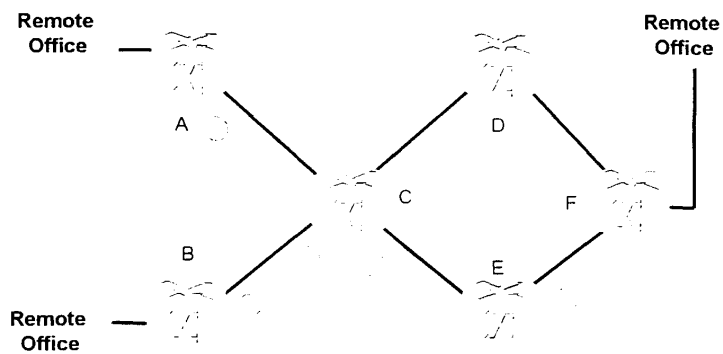


Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

MPLS 服務－虛擬私有網路

MPLS 可以應用在虛擬私有網路 (VPN) 上。虛擬私有網路具自己的路由領域，但是使用公眾網路來傳送訊務。MPLS LSP 路徑可以建立隧道穿過公眾網路來傳送私有的訊務，如圖 4.9 所示，在 LER 設備 LSP 路徑建立後，從 A 公司的訊務分穿過公眾網路卻不會和網路其它訊務混雜在一起，A 公司自己的路由表及 IP 位址配置完全與公眾網路分開。

圖 4.9 MPLS Services-Virtual Private Networks

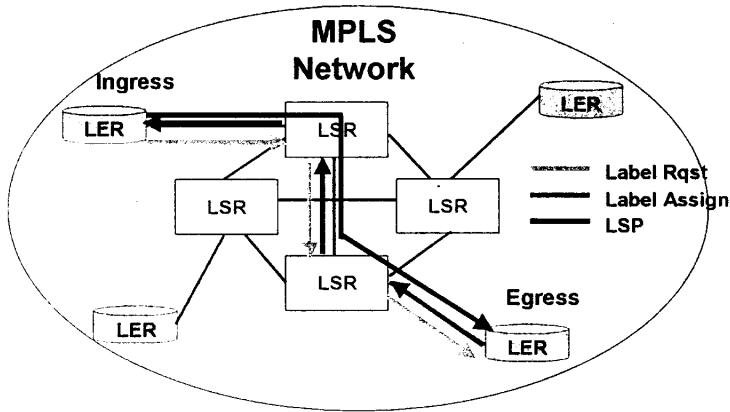


Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

4.2.1.4 MPLS LSP 建立方式

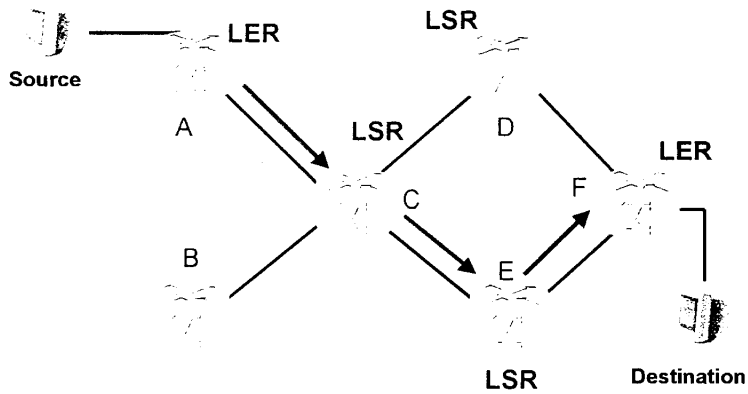
如圖 4.10：LSP 由 LSR、LER 再配合 LDP(Label Distribution Protocol)信號協定所建構形成。

圖4.10 Creating Label Switched Paths (LSPs)



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

圖4.11 Label Switched Path Establishment



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

在圖 4.11 中 LSP 由設備 A、C、E、到 F，建立了 LSP 路徑。以下是 MPLS 實際上設計與實現的問題：

■ LSP 是何時建立？

Control Driven : MPLS LSP 建立是依據網路拓撲資訊。當 FEC、LSP 路由資料更新或隧道建立時馬上建立。

Data Driven : 須等到有訊務進來參照 FEC 才建立 LSP。

■ LSP 是如何建立？

Ordered Control : LSP 在出口端的 LER 設備開始建立，然後逐步往進入端的 LER 設備，如果端到端的 LSP 路徑無法建立，這路 LSP 路徑最後為不成功。

Independent : 每一個相鄰 LSR 設備互通 FEC 之標籤訊息，若 LSP 路徑不能由端到端建立，則只有部分路徑成功。

■ 誰指定標籤值？

下游節點 LSR 設備告訴它的上游節點自己配定給 FEC 標籤值。

■ 標籤值何時指配？

On Demand : 當建立 LSP 時指定標籤值給 FEC

Unsolicited : 即使無建立 LSP 的要求，相鄰的 LSR 設備仍到處送出 FEC 的標籤資料。

■ 標籤值如何維護？

Conservative : 假設標籤的容量有限，所以 FEC 的標籤對映是暫時存放，當 LSP 不存在時，原指定標籤回收，並可以重新再利用。

Liberal : 標籤很多足以供 FEC 做固定式的指配。

ERX 支援以下兩種方式

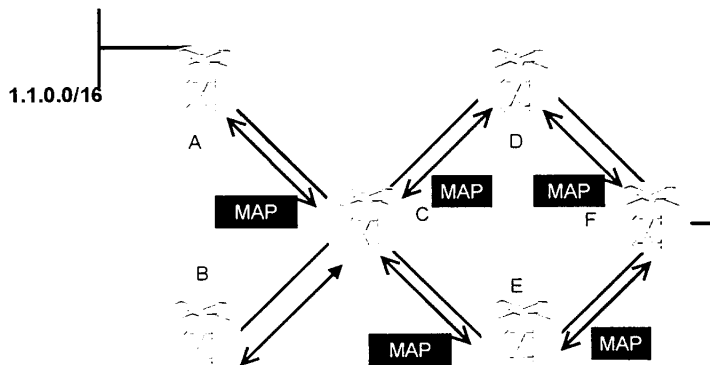
Downstream Unsolicited with Independent Control

Downstream on Demand with Ordered Control

建立 MPLS 的 LSP 有兩種基本方法：(1)使用 LDP(Label Distribution Protocol) 信號協定來建立 LSP。(2) 使用 CR-LDP(Constraint-Based Routing Label Distribution Protocol)信號協定來建立 LSP。前者是 Hop-by-Hop Routing 方式來完成。後者則是明確路由(Explicit Routing)方式，且有 CR-LDP 與 RSVP 兩種。

(1) Label Distribution Protocol (LDP)

圖 4.12 MPLS Label Assignment in Down Stream Unsolicited Mode



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

圖 4.12 為 MPLS 標籤如何利用標籤分配規約(Lable Distribution Protocol, LDP)來指配標籤。在此例 LDP 使用 Downstream Unsolicited with Independent Control，又稱為 Topolgy Driven LSP。

當路由器 A 有一項新的 IP 路由資料增加時，它會自動在 FEC 指定此新項目之 MPLS 標籤。路由器 A 同時產生 LDP 標籤對映訊息(MAP)，並傳送到它的 LDP 鄰點。此對映訊息通知鄰點任何往 1.1.0.0/24 的訊務可使用此標籤。

在網路核心部分，IGP 將新的路由分佈到網路所有的路由器，相同地這些路由器依序指定標籤給 FEC 並傳送 MAP 訊息給它們的相鄰節點。

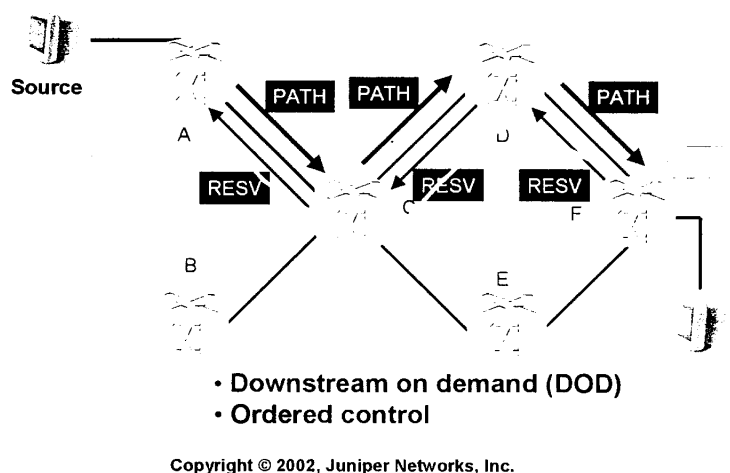
值得注意的是，當路由器收到鄰點的 MAP 訊息，但不是它的 IGP 的下個節點時，例如圖 19 中路由器 D 收到路由器 F 給它的關於 1.1.0.0/24 的 MAP 訊息，有兩種處理方式：(1) Liberal 模式使路由器保持此標籤/FEC 對映資料，在網路拓撲改變時收斂速度可以較快 (2) Conservation 模式使路由器 D 丟棄此標籤訊息。

分佈標籤並未建立 LSP，MPLS LER 設備仍必須設定指定何種訊務可做標籤式的交換動作。

若有訊務工程其它的需求，MPLS 可以依這些需求如高頻寬、低延遲設定穿過網路的其它 LSP 路徑。

(2) Resource Reservation Protocol (RSVP-TE)

圖4.13 RSVP-Based LSP Setup



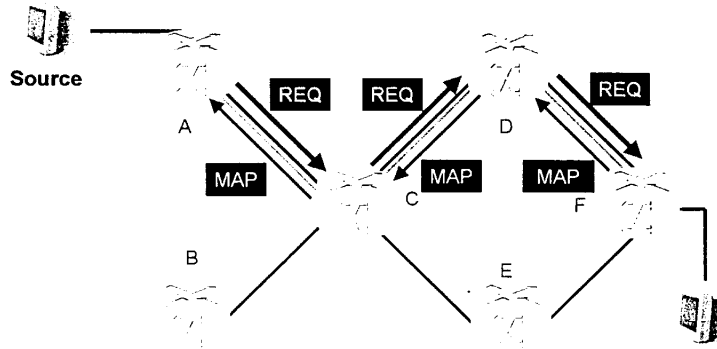
RSVP 原始使用為 IP QoS 整合服務架構之信號通信規約，現在被修改以提供 MPLS 分佈標籤的方法。

藉由 RSVP-TE，LSP 建立的要求是置於 RSVP 的 PATH 訊息內，而標籤指定的訊息包含在 RESV 的訊息內。RSVP-TE 永遠使用 Downstream on Demand with ordered control，也就是下游節點指定標籤，但是依 PATH 訊息的要求才配出標籤值，而且 LSP 的建立是以出口端往入口端的方向逐一建立，如圖 4.13。藉著 RSVP-TE，最後只會有一完整路徑或無路徑兩種情形，如果在路徑上有某些節點無法指定標籤時可選擇 LSP 在特定時間到後就失效，或永遠等待標籤的指配。

當訊務工程的需求不單純是依循 IGP 的最佳路徑，而需要考慮其它限制時，RSVP-TE 可以提供各種訊務需求(如路徑頻寬、QoS、延遲)的溝通方式。

(3) Constraint-based Routing for Label Distribution Protocol (CR-LDP)

圖4.14 CR-LDP-Based LSP Setup



- Downstream on demand (DOD)
- Ordered control

Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

圖 4.14 使用此種方式與上例類似，但為使用 CR-LDP 方法。CR-LDP 是 LDP 的延伸，當需要提供 LDP，並以 Downstream on Demand 的方式時可以使用這種規約，

另外 CR-LDP 可用來配合特別的訊務工程限制(如限定路徑、頻寬需求)。注意 Label Request (REQ) 訊息運作方式類似 RSVP 的 PATH 訊息，有關頻寬或限定路徑的訊息都在此 REQ 內。而 Label Mapping (MAP) 訊息則類似 RESV 訊息，為使用確認資源分配以建立所需的 LSP 路徑。

4.2.2.1 設定逐級方式一個節點一個節點盡力傳送的MPLS

在本單元將介紹如何在 ERX 上作 MPLS 基本設定以支援相關的 MPLS 功能，使用路由表決定到達 LSP 端點的最佳路徑，並藉此建立逐節點盡力傳送的 MPLS 路徑。所謂 LSP 端點指的是以下種方式

- MPLS 入口路由器與出口路由器。
- BGP 的下一站。
- 如果 MPLS 網路結合 OSPF，則指 OSPF 邊界路由器。(ABR)
- 如果 MPLS 網路結合 IS-IS，則指 IS-IS 第二層路由器。(ISIS level2 router)

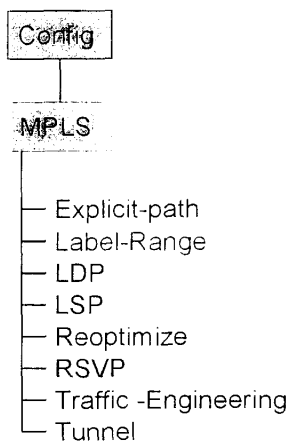
MPLS的基本設定

欲利用ERX 建立基本的MPLS網路，設定上可以分成四部分：

- MPLS Global Configuration Tasks
- MPLS Interface Configuration Tasks
- MPLS Tunnel Configuration Tasks
- MPLS Tunnel Profile

(一)全域設定(MPLS Global Configuration Tasks)：在虛擬路由器(virtual router)底下啟動 MPLS，並且設定虛擬路由器相關參數。

MPLS Global Configuration Tasks



範例：

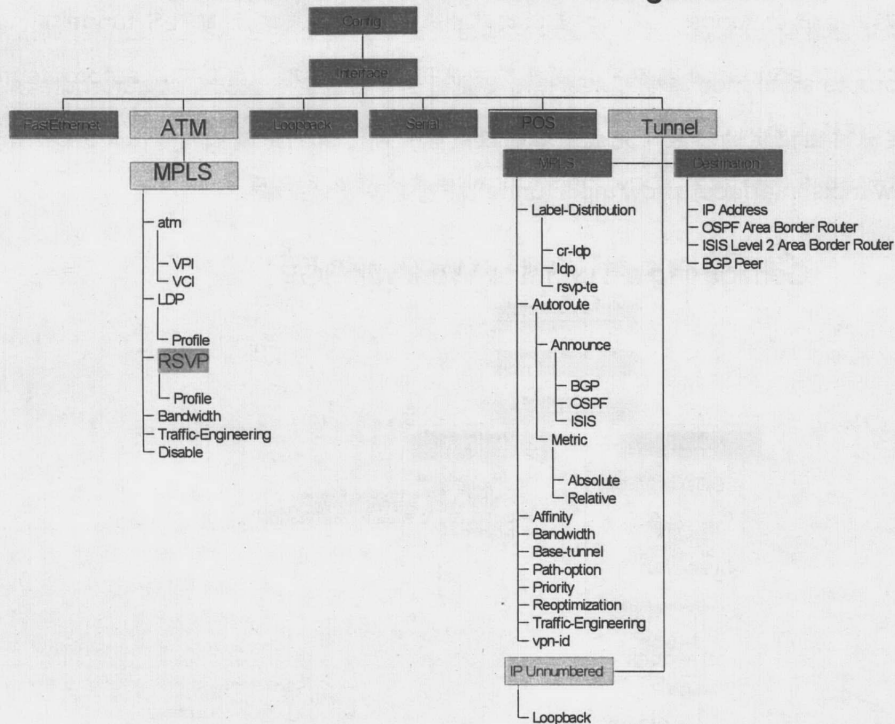
```
ERX1MPLS : pe1(config)#mpls
```

```
ERX1MPLS : pe1(config)#mpls lable-range 1100 1199
```

```
ERX1MPLS : pe1(config)#
```

(二) 介面設定(MPLS Interface and Tunnel Configuration)：設定虛擬路由器之後，必須在介面啟動 MPLS，並且設定此介面之 MPLS 相關參數：選擇建立 LSP 之信號方式及建立隧道(best effort hop by hop MPLS tunnel)。

MPLS Interface and Tunnel Configuration



範例：

首先建立ATM的sub-interface並啟動MPLS，選擇建立LSP之信號方式(如LDP、RSVP等)，接著使用靜態路由建立隧道(best effort hop by hop MPLS tunnel)。

```
ERX4MPLS : pe1(config)#int atm6/1.30
```

```
ERX4MPLS : pe1(config-subif)#mpls
```

```
ERX4MPLS : pe1(config-subif)#mpls rsvp
```

```
ERX4MPLS : pe1(config-subif)#exit
```

```
ERX4MPLS : pe1(config)# interface tunnel mpls : to-pe2
```

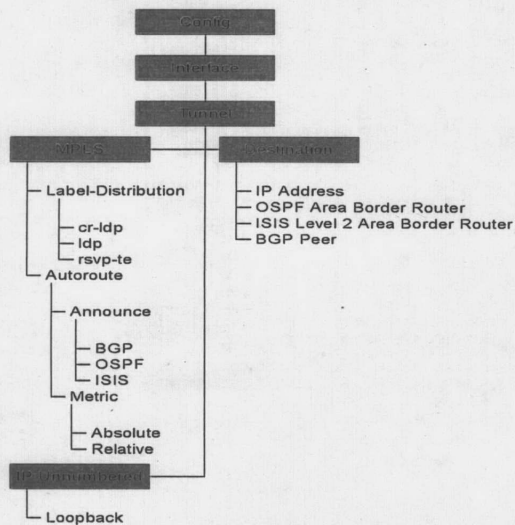
```

ERX4MPLS : pe1 (config-if)#ip unnumbered loopback 0
ERX4MPLS : pe1 (config-if)#tunnel mpls label-dist rsvp-te
ERX4MPLS : pe1 (config-if)#tunnel destination 2.2.2.2
ERX4MPLS : pe1 (config-if)#^Z
ERX4MPLS : pe1 (config)#ip route 2.2.2.2 255.255.255.255 tunnel mpls : to-pe2

```

然而，當使用靜態路由建立 MPLS tunnel 時，會影響網路的擴充性。為使網路更有彈性，還可以利用 MPLS 與動態路由協定(IGP)結合，建立動態的 tunnel 到 LSP 端點。例如 LER 結合 OSPF 建立動態 MPLS tunnel 時，LER 將自動建立到 OSPF 邊界路由器的 tunnel。另一方面欲從路由表選取路徑來建立 MPLS tunnel 時，利用 `autoroute announce` 指令可以選擇所要使用的路由協定，並且可以 `autoroute metric` 設定該路由協定的參數。完成基本的設定後，即可以利用幾個指令(如 `show mpls`, `show mpls interface`, `show mpls tunnel`)檢查是否設定正確。

Configuring a Tunnel to Work with IGP



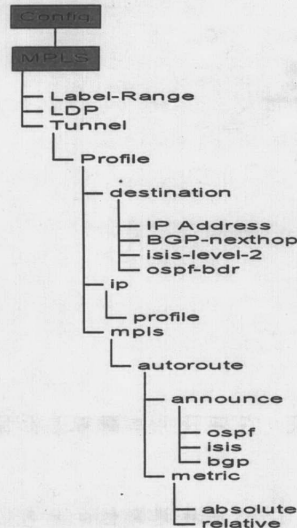
```

ERX4MPLS : pe1(config)# interface tunnel mpls : ospf-pe2
ERX4MPLS : pe1 (config-if)#ip unnumbered loopback 0
ERX4MPLS : pe1 (config-if)#tunnel mpls label-dist rsvp-te
ERX4MPLS : pe1 (config-if)#tunnel mpls autoroute announce ospf
ERX4MPLS : pe1 (config-if)# tunnel mpls autoroute metric absolute 25
ERX4MPLS : pe1 (config-if)#tunnel destination 22.22.22.22

```


當路由協定可以定義出端點時即可設定成動態方式建。profile內容中必須設定(1)動態tunnel的目的地，除了IP位址外，還可以使用端點主機名稱或是邊界路由器，如IS-IS Level 2 router 或OSPF ABR；(2)使用ip profile定義介面特性；(3) 定義何種路由協定及其特性。

Configuring Dynamic MPLS Tunnels Profiles

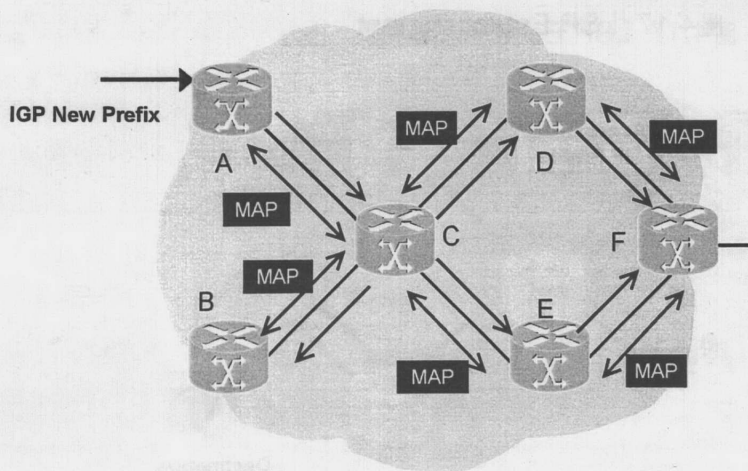


範例：

```

ERX4MPLS : pe2(config)# profile lab2
ERX4MPLS : pe2(config-profile)# ip unnumbered loopback 0
ERX4MPLS : pe2(config-profile)#exit
ERX4MPLS : pe2(config)#mpls tunnels profile OSPFABR
ERX4MPLS : pe2 (config-tunnelprofile)#tunnel mpls autoroute announce ospf
ERX4MPLS : pe2 (config-tunnelprofile)#tunnel mpls autoroute metric absolute 25
ERX4MPLS : pe2 (config-tunnelprofile)#tunnel mpls label-dist rsvp-te
ERX4MPLS : pe2 (config-tunnelprofile)#tunnel ip profile lab2
ERX4MPLS : pe2 (config-tunnelprofile)#tunnel destination ospf-bdr
ERX4MPLS : pe2 (config-tunnelprofile)#
  
```

圖4.16 Topology Driven Label Assignment



標籤分配訊息是建立 MPLS LSP 的核心。圖 4.16 為 MPLS 標籤如何利用標籤分配規約 (Label Distribution Protocol, LDP) 來指配標籤。在此例 LDP 使用 Downstream Unsolicited with Independent Control, 又稱為 Topology Driven LSP。

當路由器 A 有一項新的 IP 路由資料增加時, 它會自動在 FEC 指定此新項目之 MPLS 標籤。路由器 A 同時產生 LDP 標籤對映訊息 (MAP), 並傳送到它的 LDP 鄰點。此對映訊息通知鄰點任何往 1.1.0.0/24 的訊務可使用此標籤。

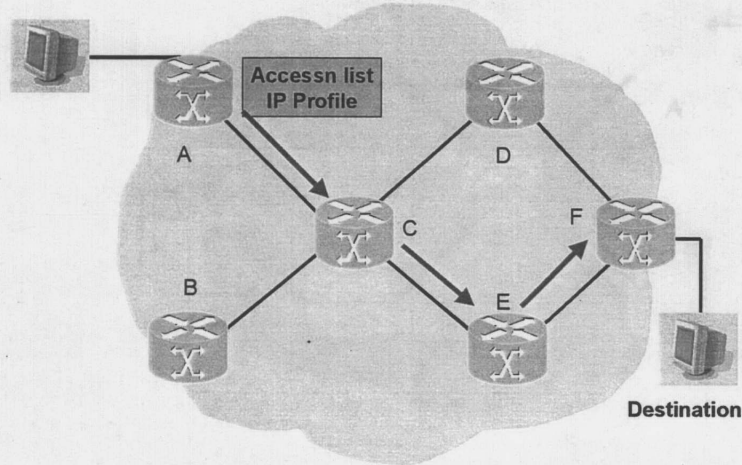
在網路核心部分, IGP 將新的路由分佈到網路所有的路由器, 相同地這些路由器依序指定標籤給 FEC 並傳送 MAP 訊息給它們的相鄰節點。

值得注意的是, 當路由器收到鄰點的 MAP 訊息, 但不是它的 IGP 的下個節點時, 例如圖 4.16 中路由器 D 收到路由器 F 給它的關於 1.1.0.0/24 的 MAP 訊息, 有兩種處理方式: (1) Liberal 模式使路由器保持此標籤/FEC 對映資料, 在網路拓撲改變時收斂速度可以較快 (2) Conservation 模式使路由器 D 丟棄此標籤訊息。

分佈標籤並未建立 LSP, MPLS LER 設備仍必須設定指定何種訊務可做標籤式的交換動作。

若有訊務工程其它的需求, MPLS 可以依這些需求如高頻寬、低延遲設定穿過網路的其它 LSP 路徑。

圖4.17 LSP Establishment



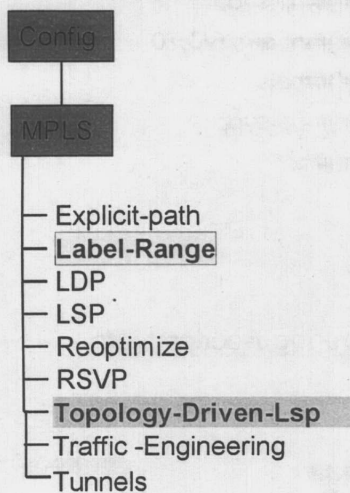
Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

分配標籤給路由表中每一筆路由及接收對應來自所有鄰居的路由的標籤，無法對路由表中每一筆路由自動地建立端對端LSP。ERX定位是LER，當它傳送訊務到LSP時需要在LSP上建立IP interface，目前Internet的核心網路路由器可支援數拾萬筆路由，若LER針對每一筆路由建立一個IP interface將非常沒有效率。

ERX結合access-list 與IP profiles使在以拓樸驅動之交換路徑上能以動態方式建立IP interface，如此允許MPLS傳送訊務到選取之目的地，並且讓LER可以處理在此LSP上收到的IP訊務，如圖4.17。

以下簡單介紹 ERX Topology-Driven-LSP 的基本設定與範例：

Configuring Topology Driven Service-Global Parameters



範例：

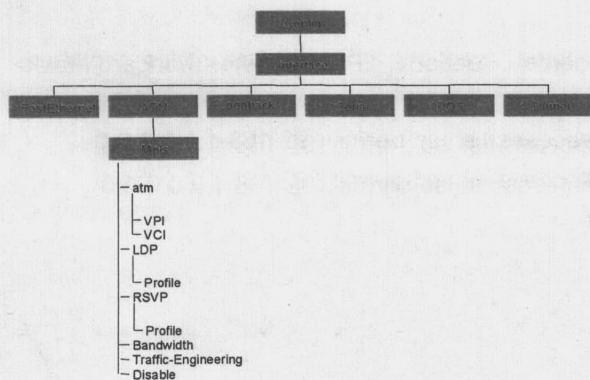
```
ERX1MPLS : pe1(config)#mpls
```

```
ERX1MPLS : pe1(config)#mpls lable-range 1100 1199
```

```
ERX1MPLS : pe1(config)#mpls topology-driven-lsp
```

```
ERX1MPLS : pe1(config)#
```

MPLS Interface Configuration

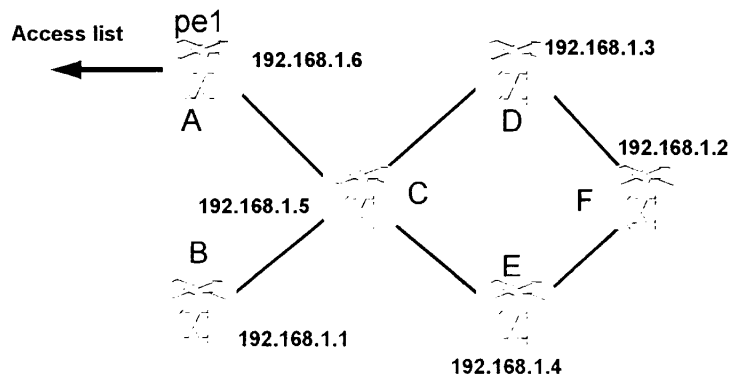


```

ERX4MPLS : pe1#config t
Enter configuration commands, one per line. End with ^Z.
ERX4MPLS : pe1 (config)#int atm 6/0.60
ERX4MPLS : pe1 (config-subif)#mpls
ERX4MPLS : pe1 (config-subif)#mpls ldp
ERX4MPLS : pe1 (config-subif)#int atm 6/0.70
ERX4MPLS : pe1 (config-subif)#mpls
ERX4MPLS : pe1 (config-subif)#mpls ldp
ERX4MPLS : pe1 (config-subif)#^Z
ERX4MPLS : pe1#

```

圖 4.18 Configuring Access Lists



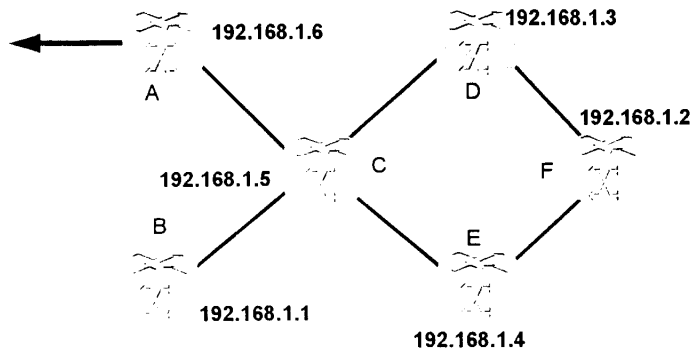
設定格式 #access-list 'name' <action> <IP Address> <Wildcard Mask>

```

ERX5MPLS:pe1(config)#access-list lsp permit 192.168.1.1 0.0.0.0
ERX5MPLS:pe1(config)#access-list lsp permit 192.168.1.2 0.0.0.0
ERX5MPLS:pe1(config)#

```

圖 4.19 Configuring the Edge Router IP Profile

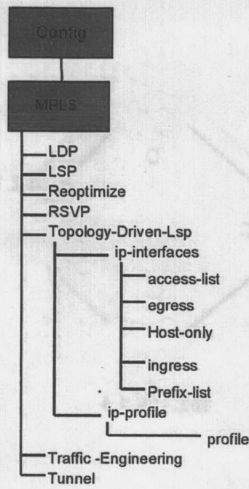


```
ERX4MPLS : pe1(config)#profile RouterA
```

```
ERX4MPLS : pe1(config-profile)#ip unnumbered loopback 0
```

```
ERX4MPLS : pe1(config-profile)#virtual-router pe1
```


Configuring for Interface Creation



```
ERX4MPLS : pe1(config)#mpls topology-driven-lsp ip-interfaces access-list
```

```
mpls-du-pe1 host-only
```

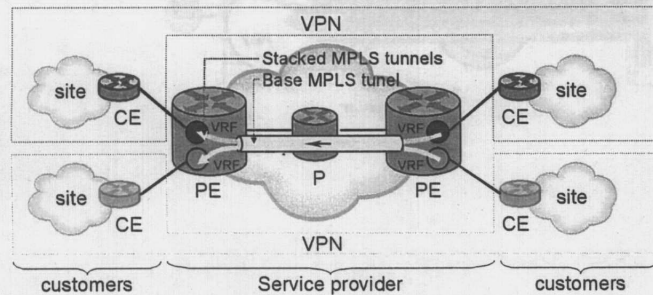
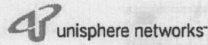
```
ERX4MPLS : pe1(config)#mpls topology-driven-lsp ip-profile RouterA
```

```
ERX4MPLS : pe1(config)#^Z
```

4.2.4 建立BGP-MPLS虛擬私有網路(VPN)

MPLS 服務 - 虛擬私有網路

圖4.20 BGP/MPLS VPN Refresher



CE	Customer Edge	VRF	VPN Routing / Forwarding table
PE	Provider Edge	VPN	Virtual Private Network
P	Provider core		

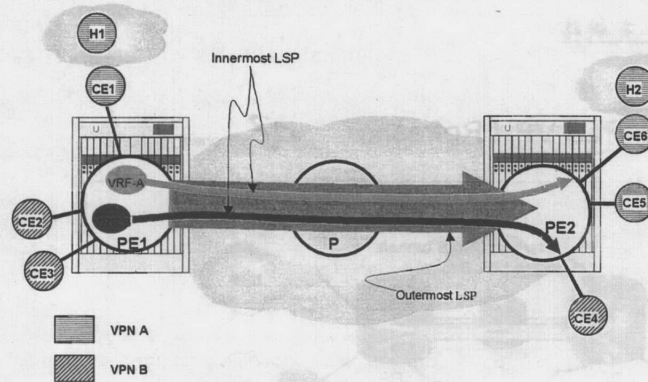
2003/5/18 Confidential



RFC2547bis BGP/MPLS 虛擬私有網路技術讓網路服務提供者得以在其 MPLS 骨幹中利用 BGP 路由協定交換路由資訊來提供 ipv4 虛擬私有網路服務，並且由 MPLS 負責傳送資料封包。該 MPLS 骨幹架構組成如圖 4.20 所示分成兩種不同功能的路由器：

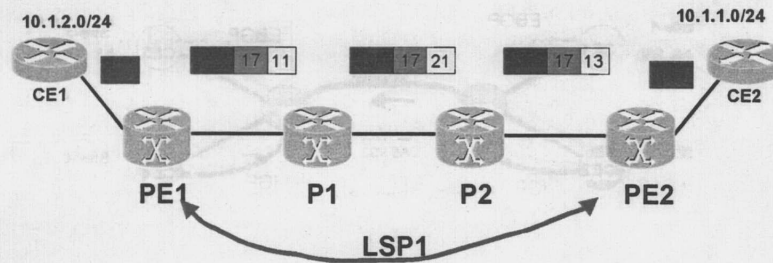
- 提供者端邊緣路由器 (PE)：直接連接至用戶端設備 (CE)，該路由器執行 BGP4，有能力啟動及建立 MPLS LSP 路徑，並透過 MP-BGP 路由協定相互交換路由資訊。PE 路由器接收並維護與其直接相連之虛擬私有網路之路由資訊。
 - 提供者端內部路由器 (P)：不直接連接用戶端，該路由器並未執行 BGP4，完全不需要參與虛擬私有網路路由交換，也不必知道用戶端虛擬私有網路之路由資訊，但必須要有能力建立 MPLS LSP，提供 MPLS 傳送資料封包的服務。
- 必須是屬於相同虛擬私有網路群組的用戶端網路才能穿過 MPLS 骨幹彼此通訊卻不會和網路上其它訊務混雜在一起，而用戶端則可以同時屬於一個或多個不同的虛擬私有網路，也可以同時存取虛擬私有網路與公眾網路。

圖4.21 Forwarding



每個PE均會針對與其直接相連的虛擬私有網路建立各別的路由傳送表，或稱之為路由傳送請求(VPN Routing/Forwarding instances : VRF)。以ERX設備為例，一個VRF是指在虛擬路由器 (virtual router) 內個別獨立的路由表，每個虛擬路由器可以支援許多個VRF，因為VRF是個別獨立的，所以使用私有位址(private ip)成為可能。PE透過ip介面的設定指配給連接此介面的用戶端一個VRF，當封包從連接用戶到達時，PE依據接收的介面決定該使用那個VRF傳送封包，所有經由此介面所學習之路由資訊將只存在於此介面所相對應的VRF上。

圖4.22 Stacked Label Forwarding

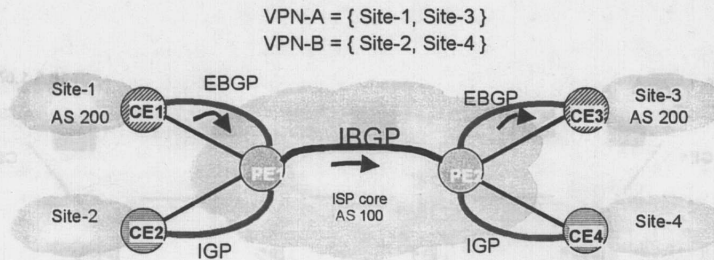


以圖4.22為例，當CE1欲傳送資料到10.1.1.0/24時，PE1將查詢對應VRF找出下一點，得知欲通往10.1.1.0/24的下一節點是PE2，代表10.1.1.0/24的MPLS標籤為17，路徑則是經由PE1到PE2之間所行形成的LSP1，封包依序按設定好的LSP1穿過MPLS網路流向PE2。

首先，PE1查詢標籤表並在資料封裝前加上標籤堆疊（Label Stack），再貼上第一層標籤（底層）17與第二層標籤（頂層）11傳送至下一點P1（第一層標籤代表目的地10.1.1.0/24；第二層標籤代表路徑通道LSP1）。接下來P1將收到的封包頂層標籤11取出、查詢標籤表與置換新標籤21傳送到與P2連接之介面，P2以類似方式將頂層標籤置換成新標籤21並送到PE2。

PE2先取出頂層標籤13再取出底層標籤17，利用底層標籤17得知該封包屬於CE2，比較還原封包與VRF後決定其輸出之介面將封包送達10.1.1.0/24。

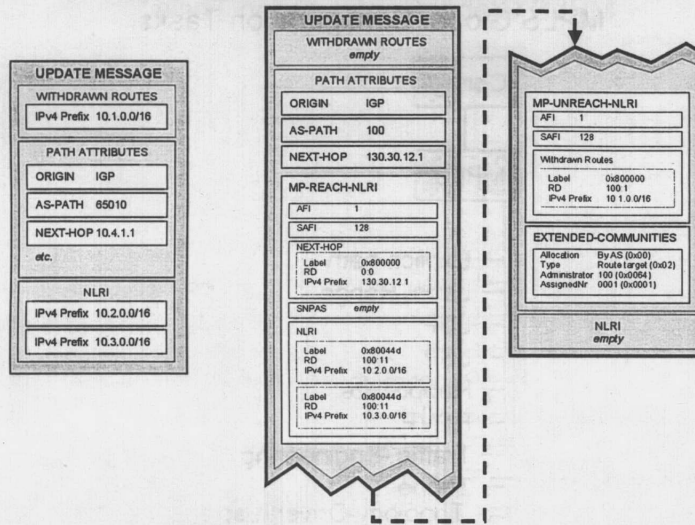
圖4.23 Routing Protocol



MPLS 可以使用標準的IP路由協定學習如何轉送MPLS封包，例如使用OSPF或ISIS等內部路由協定在PE彼此間建立LSP然後使用BGP4宣告虛擬私有網路的路由資訊。圖4.23顯示兩個PE間建立了IBGP連線並在LSP內交換虛擬私有網路路由資訊。虛擬私有網路A中PE與用戶間建立EBGP連線交換虛擬私有網路路由資訊。當Site-1透過EBGP宣告本身的路由時，PE1將資訊附加於VRF送到IBGP的鄰居PE2，PE2記錄此虛擬私有網路於VRF並繼續將封包送到Site-3；虛擬私有網路B則使用另一種方式，PE與用戶間並不是建立EBGP，而是使用IGP來交換路由資訊，但在核心網路仍然透過BGP4交換虛擬私有網路路由資訊。

值得注意的是BGP4必須使用新的附加規定(BGP-MP RFC2858)，如此才能讓BGP重疊於虛擬私有網路上。MP-BGP包括路徑屬性Route Distinguisher (RD)，在位址上加註唯一的附籤(Tag)用以確保路由的唯一性，使得私有IP可以重覆使用。另一附加規定是延伸性群組值(Extend Community value) Route Target，如圖4.24，用以定義虛擬私有網路。

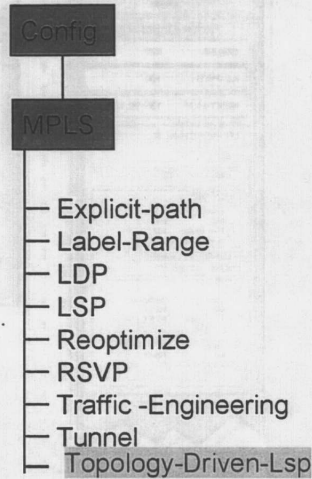
4.24 BGP-4 MP Extensions



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

ERX BGP/MPLS VPNs設定範例與架構：

MPLS Global Configuration Tasks



ERX4MPLS : pe2(config)#profile mpls-pe2

ERX4MPLS : pe2(config)#ip unnumbered loopback 0

ERX4MPLS : pe2(config)#access-list mpls-du-pe2 permit any any

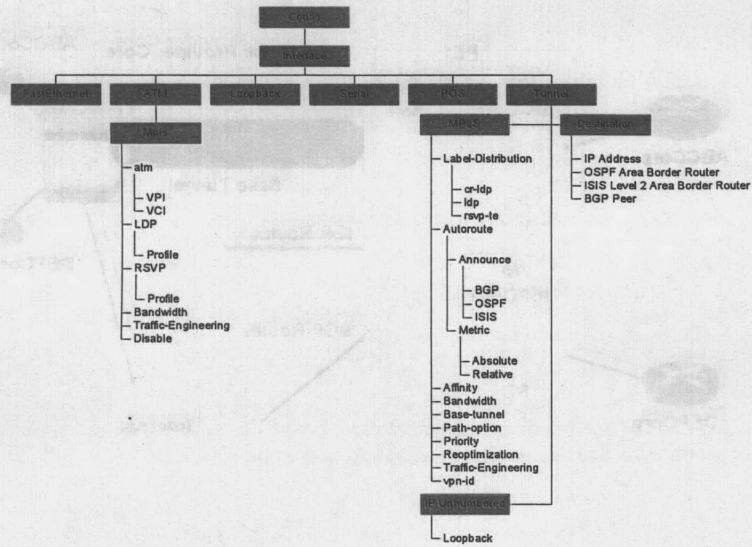
ERX4MPLS : pe2(config)#mpls

ERX4MPLS : pe2(config)#mpls label-range 1100 1199

ERX4MPLS : pe2(config)#mpls topology-driven-lsp ip-interfaces access-list
mpls-du-pe2 host-only

ERX4MPLS : pe2(config)#mpls topology-driven-lsp ip-profile mpls-pe2

MPLS Interface and Tunnel Configuration



ERX4MPLS : pe2(config)#interface atm2/0.10

ERX4MPLS : pe2(config-subif)#mpls

ERX4MPLS : pe2(config-subif)#mpls ldp

Configuring VPN Routing/Forwarding Instances

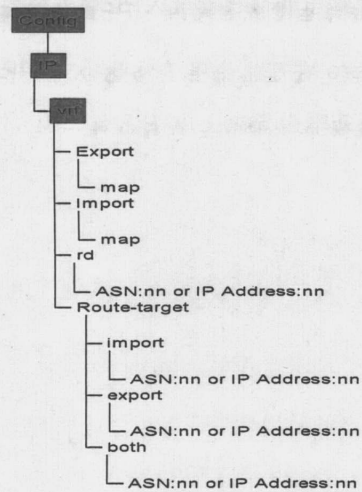
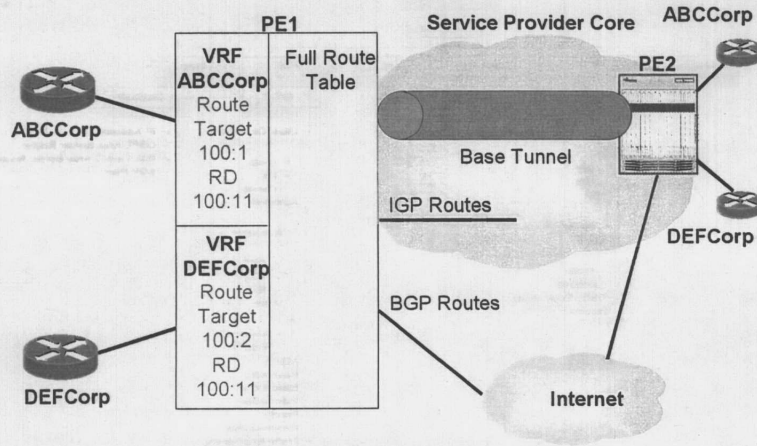


圖4.25 VRF Route Population

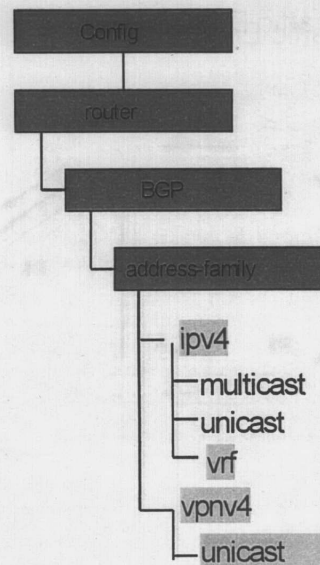


如之前所描述有兩種方式(IGP或BGP-4)可將路由資訊從用戶端植入VRF。BGP並非在各別VRF上執行而是在所有PE路由器執行。

BGP從VRF宣告路由進入IBGP Peer時，該IBGP Peer使用Route Target辨識VPN本體。Route Target將決定從IBGP Peer收到的宣告路由該置放於那個傳送表。圖4.25的例子顯示，如果Route Target是100:1，該路由資訊植入VRF ABCCorp；如果Route Target是100:2，該路由資訊植入VRF DEFCorp；如果Route Target是空的(null value)，該路由資訊目被放入PE路由器完整的路由表。

因為ABCCorp與DEFCorp有可能使用了重疊的私有IP位址，RD(Route Dinstinguisher)則被附加於每筆路由資訊上以確保唯一性。

Configuring BGP Address Families

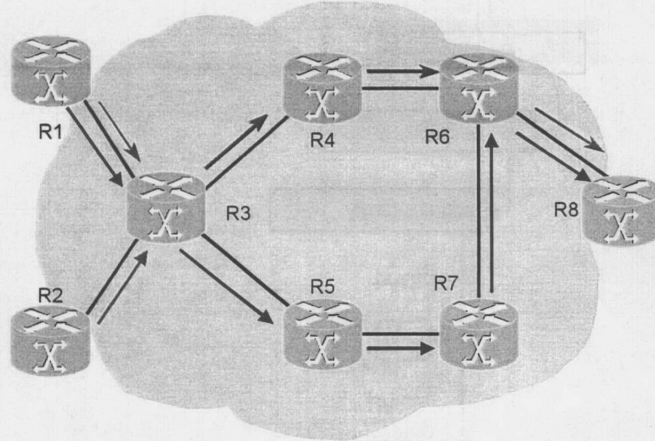


範例：

```
ERX4MPLS(config)#vir pe1
ERX4MPLS(config)#router bgp 100
ERX4MPLS(config-router)#address-family ipv4 unicast vrf pe11
ERX4MPLS(config-router-af)#no synchroniz
ERX4MPLS(config-router-af)#no auto-summary
ERX4MPLS(config-router-af)#network 110.110.110.0 mask 255.255.255.252
ERX4MPLS(config-router-af)#exit-address-family
ERX4MPLS(config-router)# address-family ipv4 unicast vrf pe12
ERX4MPLS(config-router-af)#no synchroniz
ERX4MPLS(config-router-af)#no auto-summary
ERX4MPLS(config-router-af)#neighbor 12.12.12.2 remote-as 65010
ERX4MPLS(config-router-af)#neighbor 12.12.12.2 remove-private-as
ERX4MPLS(config-router-af)#exit-address-family
ERX4MPLS(config-router)#address-family vpnv4
ERX4MPLS(config-router-af)#neighbor 22.22.22.22 active
ERX4MPLS(config-router-af)#neighbor 22.22.22.22 next-hop-self
ERX4MPLS(config-router-af)#exit-address-family
ERX4MPLS(config-router)#exit
```


4.2.5 MPLS 訊務工程(Traffic Engineering：簡稱TE)

圖4.26 Traffic Engineering



為何需要訊務工程？隨著網路流量的增加，越來越龐大的網路架構與路由器的複雜度增加都會增加網路管理者在管理網路時的困難度；訊務工程的出現有助於減輕網路管理的複雜度，更可讓網際網路服務提供者容易管理網路，讓網路的使用率增加。透過 MPLS 與 RSVP-TE 就可提供訊務工程的功能。簡單地說，訊務工程就是讓網路資源做最大的利用並發揮最大的網路效能。

一般傳統的 IP 網路的 IGP 如 OSPF、ISIS 用來決定網路內最佳路徑，因為是屬於以拓樸(Topology)為基礎的架構，經常會遭遇網路擁擠的問題。如圖 4.26，當網路面臨擁塞時，訊務工程可以提供重新路由(Reroute)的功能，讓我們設計 LSP 不必循著 IGP 最佳路徑而建立次佳化的路徑。依據特定的訊務需求(如延遲、區隔特殊的應用或不同 QoS 等)提供 LSP，避開擁塞的網路線路。因此，訊務工程能降低封包遺失率、使網路擁擠的時間縮短、讓網路輸出率(Throughput)達到最大，降低傳輸延遲(Delay)，使提高頻寬使用率、網路容易管理、效能達到最大。

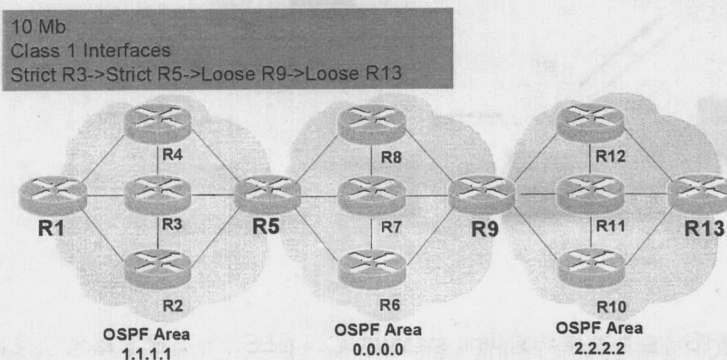
訊務工程的運作方式

目前MPLS上有三種Signaling Protocol：LDP、RSVP-TE、CR-LDP；只有後兩者支援訊務工程功能。此外訊務工程的運作還需要有IGP路由協定的配合，例如 OSPF-TE或ISIS-TE。有了路由協定的配合，Signaling Protocol才可以了解網路的變化，進而做一些處理使得網路得到最佳化。

傳統建立路徑的方式是從IGP取得路由資訊然後計算最短路徑；但最短路徑有時未必是最好路徑，有時反而可能是擁塞的路徑，因此需要利用訊務工程幫忙選擇最好路徑。在建立訊務工程時從IGP取得路由資訊然後計算最佳路徑這種方式稱為限制性最短路徑(Constraint Shortest Path First)。此時雖未必是最短路徑，但卻是最有效率及最少擁塞的路徑。由於訊務工程是透過RSVP-TE建立路徑，可以根據目前網路狀態調整路徑，使每個路徑都可以得到最好的效能。

明確路由(Explicit Routing)

圖 4.27 Explicit Routing



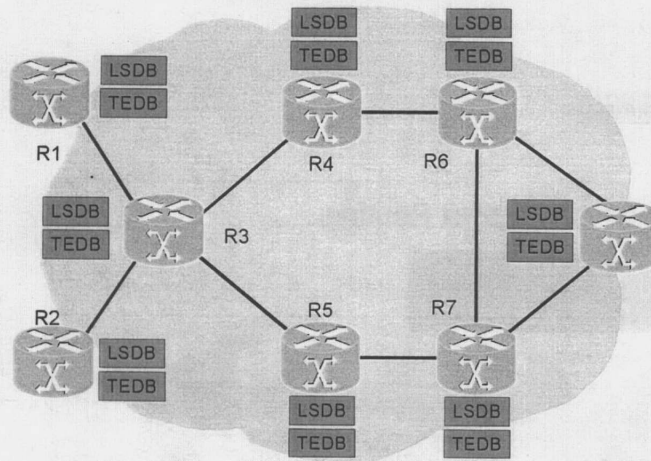
訊務工程最基本的工作元件是透過網路的管理參數(頻寬需求、介面分級等)定義“明確路由”(Explicit Routing)。明確路由包括了一連串的節點，節點可能是指單一的LSR或是一個外部的網路。明確路由又可分成嚴格(Strict)路由或是鬆散(Loose)路由兩種，所謂嚴格(Strict)是當LER欲開始啟動LSP時已經嚴格知道到各節點的詳細路由，鬆散(Loose)則是指並未知到各節點詳細的路由。

圖 4.27 的 LER R1 建立明確路徑到 LER R13，R1 定義了此路徑支援的頻寬 10Mbps、定義介面可使用的等級並提供此路徑必須經過的一連串的節點。因為 R1 曉得 OSPF area 1.1.1.1 內部的拓模資訊與每個路由器的資源，所以在 area 1.1.1.1 內部的 LSR 是屬於嚴格

節點，越過R5以後則變成鬆散的節點。R1並不知道任何area 0.0.0.0與area 2.2.2.2詳細的拓樸資訊，因此無法定義到達邊界路由器R9與隧道終點站R13的嚴格路由。

IGP的強化功能

圖 5.28 IGP Enhancements



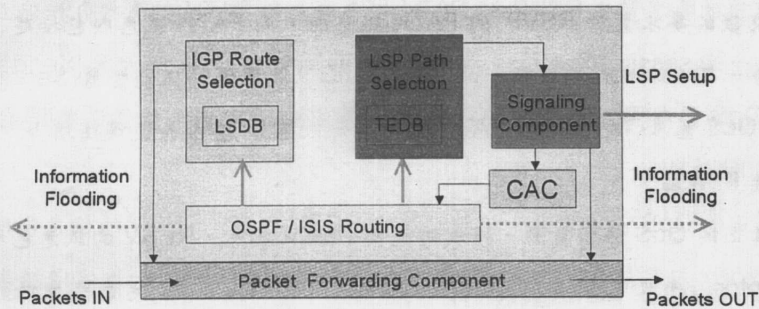
當路由器使用IGP宣告連接狀態(link state)時足以在LER之間建立路徑，但卻無足夠資訊支援建立訊務工程所需的條件式路由(constraint routing)。

OSPF與ISIS已經強化其功能，允許在傳統的連接狀態資訊外可以同時宣告訊務工程所需的資源狀況。OSPF使用RFC2370所定義的Opaque LSAs宣告訊務工程所需的參數值(連接頻寬、保留頻寬、可使用頻寬與介面等級)。而ISIS則是在原有的連接狀態封包中使用新的參數值TLV。每個區域(area)具有自己的TE參數值資料(TEDB)，邊界路由器具有與每個直接相連區域各別的TEDB資料，TEDB資料以類似宣告連接狀態資訊(LSDB)的方式灑遍網路，兩者差別在於LSDB是計算邏輯上的網路拓樸而TEDB則提供網路中每條LSP詳細的可運用資源。

為避免TEDB資料的頻繁更新造成網路額外負擔，ERX可以設定TEDB資源已使用之連臨界點控制TEDB資料的更新頻率。

連結允許控制(CAC : Connection Admission Control)

圖 5.29 Connection Admission Control (CAC)



Copyright © 2002, Juniper Networks, Inc.

當LER運用TE需求建立LSP或tunnel，CAC機制被使用做LSP的啟始建立控制。CAC詢問TEDB建立明確路徑穿過MPLS網路，提供形成LSP/Tunnel所需的資源；CAC亦透過TEDB搜尋並找出路由器已宣告的可運用資源，然後將這些明確路徑送至建立LSP/Tunnel所需的信號元件中。一旦核心網路的LSR接收到建立LSP請求，隨即詢問本地的TEDB是否符合請求，接著指配資源並且更新本地的TEDB。如果利用率符合支援TE所指配資源的LSP，則IGP將把更新的可運用資源資訊灑到整個區域。

訊務工程的信號方式

即使如前面所提透過IGP的強化可使IGP載送資源資訊，但在啟動LSP時仍然需要一種信號方式載送網路的TE需求。單元(一)曾經介紹LDP以及LDP如何被使用於請求MPLS標籤與FEC對應，然而LDP並不提供選擇明確路徑的機制。

ERX 支援兩種不同的信號方式建立 TE LSP : Resource Reservation Protocol (RSVP-TE) 與 Constraint Based Routing Label Distribution Protocol (CR-LDP)

1. Resource Reservation Protocol (RSVP-TE)

RSVP 原始定義於 RFC 2205，原為發展使用於 IP QoS 整合服務(IntServ)架構之信號通信規約，現在被修改以提供 MPLS 分佈標籤的方法。

如圖 4.30 與圖 4.31 在 IntServ 中，當 RSVP 起始端嘗試與目的地端建立交談 (session)，建立交談的要求置於 RSVP 的 PATH 訊息內，而 PATH 訊息內包括建立交談的參數，如每一個 session 均有唯一的 session ID、欲傳送的訊務型態(Sender Template)、訊務 QoS 需求(Tspec)等。PATH 訊息則是依據 IP 路由表從傳送端 IP 位址傳送到目的地端 IP 位址。

接收端回應真正的 QoS 保留資源。接收端送出 RESV 訊息，RESV 的訊息包括一個 flow descriptor，內容包含 flowspec 與 filterspec。Flowspec 定義保留請求(reservation request)的 QoS 需求，filterspec 則依據 FEC 定義何種封包該含在 flow 內。基本的 filterspec 根據來源端 IP 位址或 TCP/UDP port。RESV 的訊息延著路徑一站一站地逐級傳送，因此路徑上每個節點均計算其資源需求，如果在路徑上有某些節點無法支援此資訊需求將送出錯誤訊息給 RESV 的發起點。

RSVP 屬於 TCP/IP 第四層規約，但並非使用 TCP 亦非 UDP 當做傳輸層服務。RSVP 屬於非連結導向規約，然而 RSVP 利用週期性地更新 PATH 與 RESV 訊息維持保留資源的狀態，此種機制提供了非連結導向規約所需要的可靠性。

圖4.30 RSVP Path Initiation

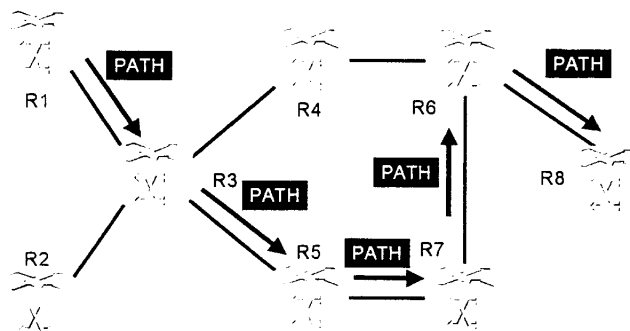
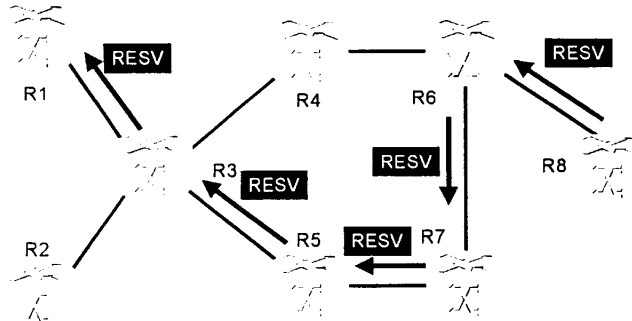


圖4.31 RSVP RESV Return

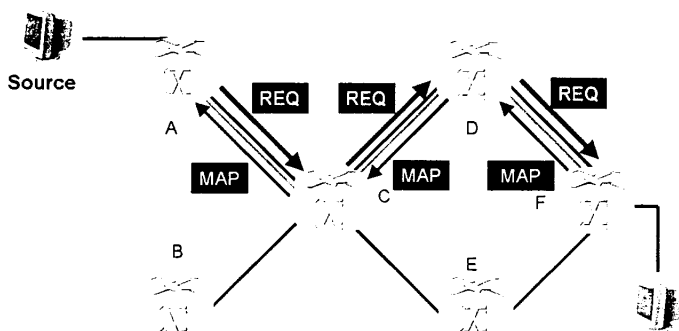


同樣地，當 RSVP 被修改用以提供 MPLS 分佈標籤的方法時。LER 藉由 RSVP-TE，L 將 SP 建立的要求置於 RSVP 的 PATH 訊息內，而標籤指定的訊息包含在 RESV 的訊息內。RSVP-TE 永遠使用下游節點指定標籤(Downstream on Demand with ordered control)，但是依 PATH 訊息的要求才配出標籤值，而且 LSP 的建立是以出口端往入口端的方向逐一建立。藉著 RSVP-TE，最後只會有一完整路徑或無路徑兩種情形，如果在路徑上有某些節點無法指定標籤時可選擇 LSP 在特定時間到後就失效，或永遠等待標籤的指配。

2. Constraint Based Routing Label Distribution Protocol (CR-LDP)

ERX在軟體版本3.2.X以後已不再支援Downstream On Demand mode LDP，但仍支援MPLS-TE LSP。ERX使用LDP的擴充版本CR-LDP。

圖4.32 CR-LDP



相對於 LDP 之 Hop by Hop Routing，CR-LDP 能提供 Source Routing LSP 之建立。CR-LDP 實際上是 LDP 信號協定的延伸。此種 LSP 建立的特色在於它能基於特定的網路傳送速度、參數條件與訊務品質在發送端與接收端建立其路徑(虛擬電路)-連接型(Connection Oriented)通信。因此 CR-LDP 透過 ER(Explicit Routing)建立的並非一定是最短路徑，但它卻是滿足特定 QOS 的 LSP。而在大型網路中 MPLS 即可利用 CR-LDP 依特定的訊務工程(Taffic Engineering)來完成特定的虛擬電路。由於 CR-LDP 是 LDP 所擴充，因此 CR-LDP 建立 LSP 的基本部步驟與 LDP 建立類似，LDP 所用之運作訊息可在 CR-LDP 延用(如 Peer Discovery、Session Establishment、Label Distribution 與 Error Handing)。除此之外，CR-LDP 在 Label Request 與 Label Mapping 訊息中擴充增加一些特殊的 TLVs 為條件。例如：

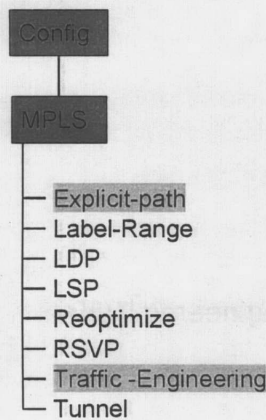
- Explicit Route TLV：支援嚴格(Strict)或鬆散(Loose)的節點。內含定義一條 Explicit Route-LSP 路徑有關之節點列表。它是由一個或以上的 Explicit-Hop TLVs 所組成。
- Explicit-Hop TLV：用來定義 ER 中的每一條 hop 之 IPv4 前碼(Prefix)或路由器

ID，且能區分其 LSP 是屬於嚴格(Strict)或鬆散(Loose)的 ER-LSP 所建立。

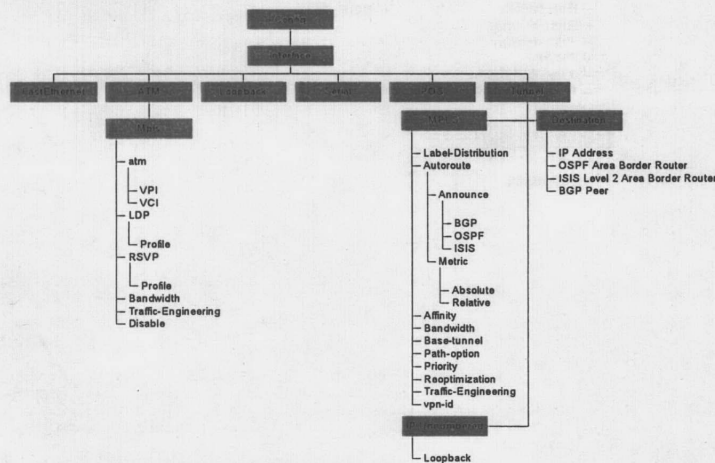
- 訊務參數 TLV: 用來定義 ER-LSP 所需的特性要求。如由 CR-LDP 所定義的 Label Reques 訊息所需之訊務參數：如 PDR(Peak Data Rate)、PBS(Peak Burst Size)、CDR(Committed Data Rate)與 CBS(Committed Burst Size)等。
- LSPID TLV：這個 TLV 提供在此 MPLS 網路中唯一的 LSP ID(Identify)。

以下簡單列出 ERX MPLS-TE 設定範例與架構：

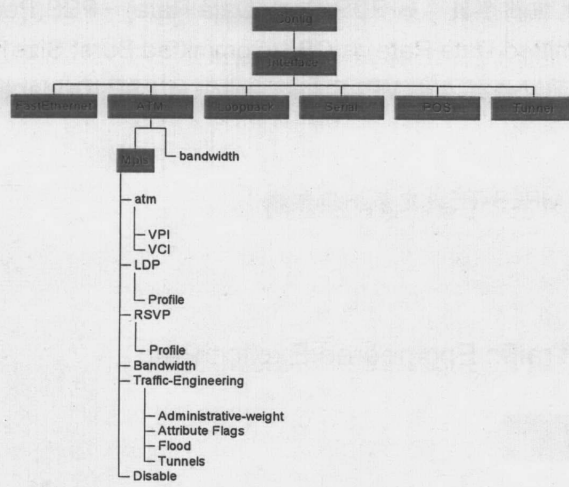
Configuring Traffic Engineered Explicit Path



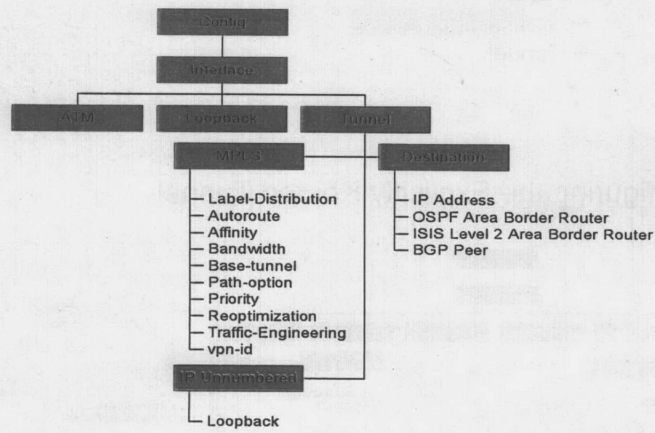
Configuring the Explicitly Routed Tunnel



Interface Configuration for TE



Configuring a Traffic Engineered Tunnel



第五章 研習心得

面對其他固網業者的競爭，唯有網路寬頻化、IP 化、服務多樣化、品質高效化才能面對挑戰。建設寬頻 Managed IP 網路是我們現階段最須要努力的方向。必須有效整合網路，同時解決高速轉送(forwarding)、網路擴充性、訊務工程(Traffic Engineering)及 QoS 等問題。因此，提供一個高頻寬、有效率、穩定的骨幹網路已是未來網路解決方案所不可或缺的。MPLS 技術在上述問題似乎能提供很好解決方法。

另外，隨著 Optical Ethernet 技術的快速進展，藉由這些技術包括 Layer 2 Transport over MPLS、高效能 L2 switch/L3 Routing，可提供新的服務如

- Ethernet Internet Services
- Optical Ethernet Private Line Services
- Optical Ethernet Transparent LAN Services (TLS)
- Optical Ethernet Metro Core Transport Services

未來可望各種 Multi Service 如 ATM、Frame Relay、Ethernet、TDM、Internet Access、VPN 均將可藉由 IP/MPLS 骨幹網路傳送，未來如何實際建置及維運高效能多功能的 MPLS 網路，將是重要的課題之一。

身為國內最大 ISP 業者的 HiNet，必須審慎的瞭解及評估最新的技術發展及產品趨勢，在最佳的時機切入市場。此次課程內容安排參訪數家於 Optical Ethernet/MPLS 領域有特殊表現的廠商，藉以瞭解其目前最新的技術發展及產品趨勢，以做為未來如何實際建置及維運的參考。此外，特別針對 ERX MPLS 進行研討及實機操作。除 MPLS 基本功能外，相關的主題如 BGP/MPLS VPN、MPLS Traffic Engineer 有進一步的實習，對於未來提供 MPLS 服務可望有相當助益。