

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

「實習 Optical Internet 網路新技術」報告

出國人 服務機關 職稱 姓名

中華電信數據分公司 股長 徐明山

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4月25日

行政院研考會/省(市)研考會

編號欄

H6/
C09104511

系統識別號:C09104511

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 42 含附件: 否

報告名稱:

實習Optical Internet網路新技術

主辦機關:

中華電信數據通信分公司

聯絡人/電話:

/

出國人員:

徐明山 中華電信數據通信分公司 網際網路處 股長

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 04 月 25 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: Optical Ethernet, Metro Ethernet, MPLS

內容摘要: 單純、效能高及低成本是Ethernet技術最大優點，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。同時Optical Ethernet的發展，使得傳輸距離可以延伸至70公里以上，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。本次出國實習內容，主要對於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探討，由於MPLS的技術可提供更具彈性之應用，也是實習內容的項目之一。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

摘要

單純、效能高及低成本是 Ethernet 技術最大優點，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。同時 Optical Ethernet 的發展，使得傳輸距離可以延伸至 70 公里以上，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。

本次出國實習內容，主要對於 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探討，由於 MPLS 的技術可提供更具彈性之應用，也是實習內容的項目之一。

目錄

第一章	前言.....	2
第二章	研習行程及課程.....	3
第三章	Metro Ethernet 技術趨勢及產品內容.....	4
第四章	ERX MPLS 課程介紹.....	24
第五章	研習心得.....	41

第一章 前言

單純、效能高及低成本是 Ethernet 技術最大優點，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。同時 Optical Ethernet 的發展，使得傳輸距離可以延伸至 70 公里以上，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。

本次出國實習內容，主要對於 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探討，由於 MPLS 的技術可提供更具彈性之應用，也是實習內容的項目之一。

第二章 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、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

人類通訊之需求在過去 20 年內變化相當大，在電子通訊技術發展之後，通訊需求量一直以穩定方式成長，但在最近這幾年，成長的速度特別迅速。戲劇性的需求成長，引發了 1990 年代各類廣域網路技術之發展，同時 Metro Network 技術，也因此之醞釀了發展的動機。

在這期間，直得注意的幾項趨勢如下：

- Ethernet 界面逐漸成為全世界最通用之傳運媒介

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。

- 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。

- 多媒體應用正快速成長。

不單是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。

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。

或許變化最大的趨勢不在於技術面的改變，而是社會層面的變遷：對於服務方式與需求與以前單純的語音服務已不相同，例如網際網路上各種新奇的服務大受歡迎，如 Instant Message 就是其中一例。同時人們除了通訊頻寬要求也越來越大，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 應用範圍廣泛，事實上不單在一般之公司企業市場，在許多市場的應用也很多，例如：

- 企業市場：具高效能之 Ethernet Switch 已全部主宰此區域市場，包括公司內部網路、伺服器、校園網路等。
- ISP：雖然在 ISP 方面的市場，廣域網路可能仍使用傳統的 Frame Relay、ATM、SONET 方式傳輸數據訊務，但在機房內部幾乎全部使用 Ethernet，在 Application Service Provider (ASP) 的市場，大量的主機群組的建構方式也是使用 Ethernet 提供。
- 住宅市場：雖然住宅社區方面，低速的 Circuit 式網路仍舊大量使用中，一般住宅用戶所使用之 PC 與其它設備或印表機間的界面已都使用 Ethernet 界面。現在也有許多整合式語音數據的產品使用於家用市場，這些產品以 XDSL 作為接取網路，在用戶家中就是以 Ethernet 做為界接方式。

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。
- 界接容易：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/MAN 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。反倒像 Frame Relay、ATM、FDDI 於市場中退出領導地

位的情況，已經多得不必細數。

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。

這些需求的發生原因主要有幾點：

- 許多單位或公司分散在都會區域，而其彼此間的通訊量大為增加。
- 有些企業將辦公室、銷售、支援或市場行銷於網路上線，而對於網際網路的需求亦形迫切。
- 住宅用戶市場中使用的頻寬愈來愈大。

現有之都會網路有諸多限制，無法滿足需求，所幸的是，部分地區有些解決方案，例如有許多大樓區域最近幾年已佈建了光纖。以美國為例，2001 年光纖佈建比例約有 30% 以上，預估至 2004 年可成長到 50%。這代表在都會網路的市場有很好的機會可藉由光纖提供頻寬，然而前提是必須有適當的技術解決方案可以在未來兩年及時提供。

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。服務提供者除非獲知確定有大量需求，而且可在短時間內回收投資，否則不會冒險進行全面性的建置，因此也導致目前建設不前的情況。當然新進入的服務提供者也會因為前期投資額過於龐大而卻步。

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:

如圖一所示，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。

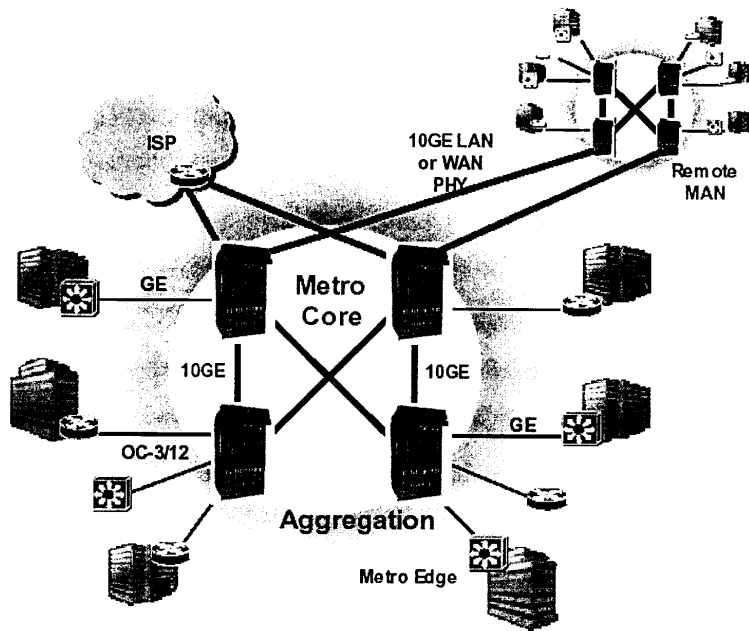


Figure 1: Typical Metro Ethernet network topology

(2) 高效能 10GE 界面:

今年三月 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 封匡功能，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。圖 2 表示 GE 和 EoS 可應用於連接大樓，而 10GE 界面則應用於 POP 點之間或內部連接等可能的例子。

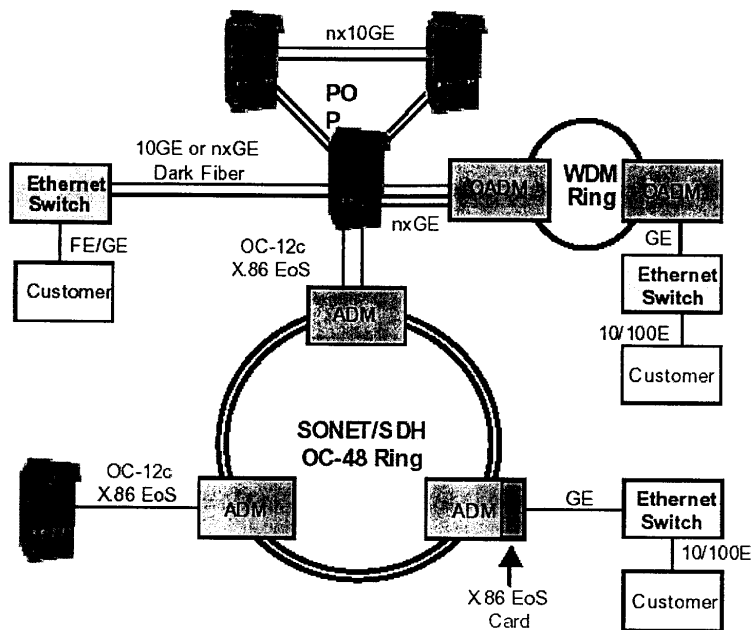


Figure 2: A Metro network using both SONET/SDH and DWDM

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

許多服務提供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。例如須提供的頻寬若已大於 1Gbps，但卻不以 10GE 鏈路提供時，Link Aggregation 是很好的選擇，而頻寬大於 10GE 時，Link Aggregation 仍然是提供更高頻寬的方法。支援的鏈路數目最好可達 2~16 路，且不須受限於卡板的配置方式，因為若可將同群組之鏈路分布在不同的卡板，對於鏈路的安全性才有較佳的保障。鏈路增加或減少時，設備不應受影響或須重新開機。以 Flow 方式做流量分散的機制，對於鏈路的使用效率較佳，且在接收端封包不須重新排序。

3.4.2 服務種類具擴充性

在都會網路線有的服務包括 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，並具備透通特性，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連接，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取設備時，第二個 VLAN ID 即附加上去做為識別該用戶之用，而在離開接取設備時，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。

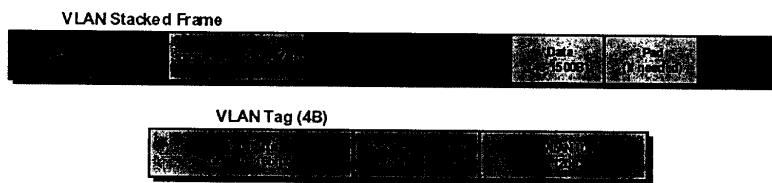


Figure 3: Organization of a stacked VLAN Ethernet frame

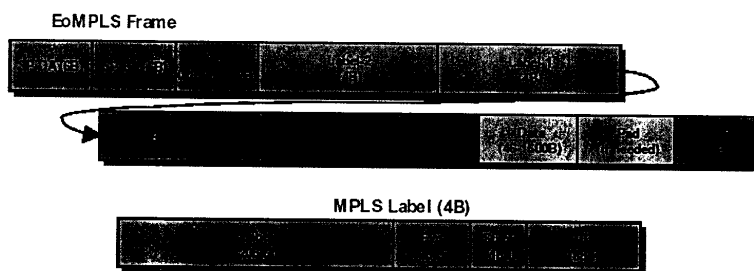


Figure 4: Organization of Ethernet frames in MPLS

(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。

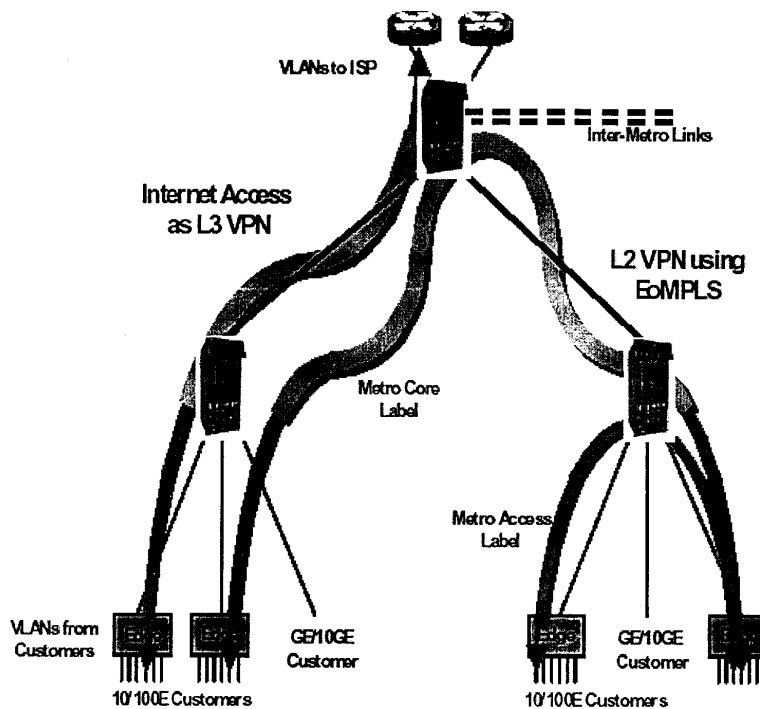


Figure 5: EoMPLS can provide both L2 VPN service and

(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 8021.s (Multiple Spanning Tree)：

可以提供在 VLAN 的環境比多個 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 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 公司於 2000 年 2 月由 3 com 公司部門獨立出成立主要投資者除 3 com、Benchmark capital 和 Accel Partners 外，2001 年數家電信公司 France Telecom、SBC Communications、Telia、Bezeq 和 BellSouth Corporation 相繼投資。

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 及 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。

該公司主要觀點如下：

- Ethernet 技術必將取代 SDH/SONET，成為下一代的 transport 技術，但如何平順地從現有的 SONET 網路轉移為新的 Optical Ethernet 網路，相容性是重要關鍵。
- 某些廠家著重於 Router-based Ethernet 方式會增加成本，降低效能。
- 該公司也是 MEF(Metro Ethernet Forum)成員之一，對於 Metro Network 技術發展的觀點，該公司主張採用 MPLS 架構，認為 MPLS 架構於 Scalability、flexibility、protection per connection 等特點都優於 RPR。
- 對於提供 end-to-end QoS 之 SLA 相當重視，於 MEF 會議也進行討論之中。

3.5.2 Force10 Networks

Force10 也是矽谷新成立不久的公司。 Force10 主要的產品為 E1200 及 E600 兩種，為具備 L2 switching 及 L3 Routing 功能之高性能 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，並保持低延遲及低顫抖時序之穩定特性，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。

3.5.4 Juniper (Unisphere)

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。

第 4 章 ERX MPLS 課程介紹

Multi-Protocol Label Swithing (MPLS)是一項新的傳送標準技術，藉由標籤貼在訊務資料上，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 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。

4.1 MPLS 名詞定義

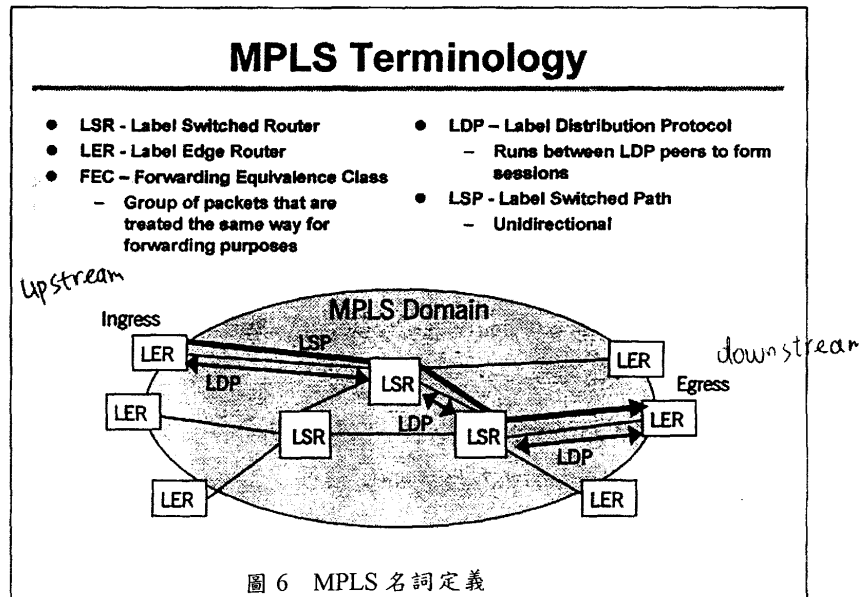
MPLS 相關用語如圖 6 所示。

- Label Switch Router (LSR)
藉由 MPLS 標籤傳送訊務之網路設備
- Label Edge Router (LER)
藉由 MPLS 封包之第一個與最後的設備，LER 負責將 MPLS 標籤貼在封包上，並於離開 MPLS 網路前將標籤去除。ERX 設備主要做為 LER 設備的角色。
- Forwarding Equipvalence Class (FEC)
同一群組封包共用之傳送特性，可以是一整組方式或細節特定方式。例如 192.168.0.0/16 是整組方式，而特別指定方式，如指定來源主機位址、目的主機位址、應用埠如 SA 192.168.1.1、DA192.168.16.1、TCP Source port 80。
- Label Distribution Protocol
傳送 MPLS 標籤對應 FEC 方式之通訊協定。ERX 支援三種標籤交換協定：Label Distribution Protocol (LDP)、Constrain base Routing Label Distribution Protocol (CD-LDP) 和 Resource Reservation Protocol with Traffic

Engineering extensions (RSVP-TE)

- Label Switched Path (LSP)

在 MPLS 網路從進入端到出端之路徑，LSP 是單向性。



4.2 重疊模式(Overlay Model)

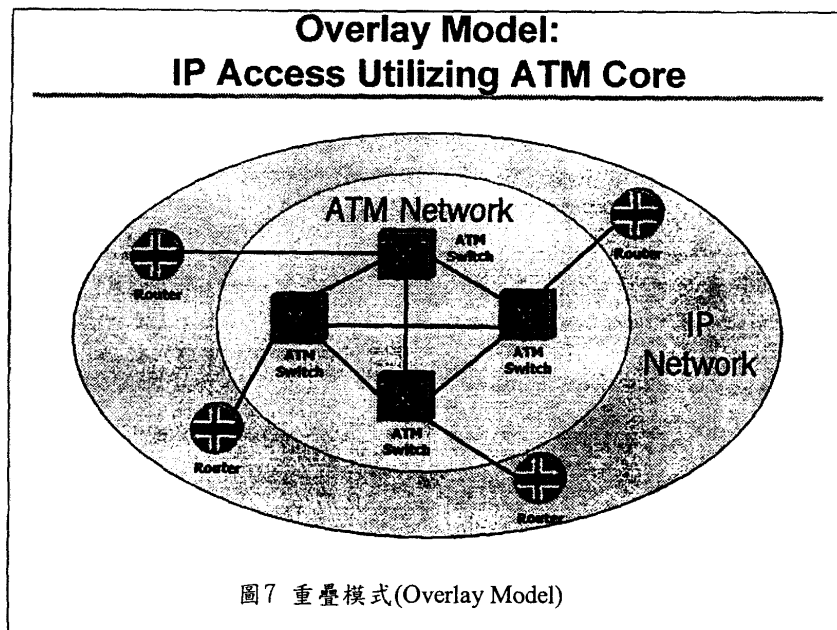
目前有許多服務提供者使用重疊模式，IP 用在邊緣而 ATM 使用在網路骨幹部分，由於 IP 與 ATM 是不同類的網路技術，因此在 IP 與 ATM 交界處有網路互連的問題須解決。ATM 交換器是第 2 層設備，對於 IP 層而言是透通的，而 ATM 交換器是建立連接路徑方式，並不知道第三層路由協定之訊息，如圖 7 所示。

因為如 OSPF 和 ISIS 路由交換協定，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 VC 以互傳訊息。ATM VC 路徑須事先建立，且為了效率緣故，路由器使用 VC 路徑直接與其他路由

器連接，而這種方式需要建立網狀方式之 ATM VC 路徑。

當網路成長時，VC 路徑數量成長更大，這就是所謂的 N-squared 問題(實際上是 $N^2-N/2$)，並且嚴重影響網路之擴展性。如圖 8 所示，第 5 個路由器加入時，需要額外 4 條 VC 路徑，而一般 VC 路徑是以 PVC 方式建立，且由手動方式設定，因此在操作時有發生錯誤的可能。

MPLS 將重疊模式改變成同質性網路，如圖 9。藉由標籤傳送之單純模式解決 N-squared 問題，因此加強了網路的擴展性。而這種方式需要骨幹交換設備如 ATM、Frame Relay 交換器有能力支援網路層通訊協定如 OSPF、ISIS，實際上就是成為使用 IP 路由協定之 LSR 設備。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。



Overlay Model Scalability

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

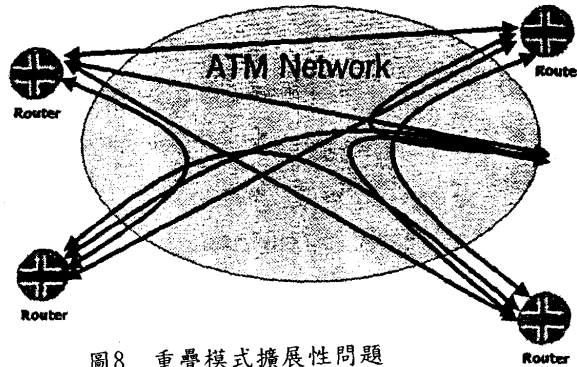


圖8 重疊模式擴展性問題

MPLS Scalability

- Traditional model has routers at the edge, switches at the core.
- MPLS model makes all devices routing capable

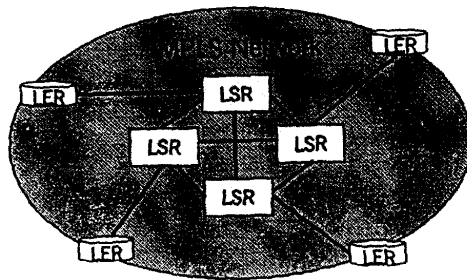


圖9 MPLS擴展性

4.3 MPLS 運作方式

MPLS 在網路之入口界面以標籤標示訊務封包，並在出口點將標籤拿掉。MPLS 20bit 標籤主要設計為決定下一個路由節點。MPLS 路由建立類似 ATM 或 Frame Relay 虛擬路徑，但無其限制及問題。MPLS 將路由處理方式簡化，將標頭處理時間減少，增進效率及彈性，以下簡介 MPLS LSR 設備之處理概要。

如圖 10 所示，MPLS 網路第一個路由器節點依目的位址決定適當的標籤，並依 FEC 資料將封包貼上標籤後，傳送到下一個節點。

在下一個節點，路由器使用標籤資料判斷下一個節點及換成新標籤值。LSR 設備將收到的標籤彈出，將新標籤置入，然後傳送到下一個節點。MPLS 網路使用之路徑稱之為 LSP，此路徑實際是從入口路由器穿隧網路到出口路由器，而 MPLS LSR 設備由於僅使用標籤判定下一個路由器節點，因此工作單純，行為方式就如同簡單的交換器。

MPLS 標籤包括四個欄位，標籤值是被 LSR 用來查詢下個傳送界面、新標籤值等，三個位元之 experimental 欄位是設計使 IP TOC 欄位值轉映到 MPLS 標籤，一個位元之 S 欄位是在堆疊方式使用時最後 MPLS 標籤的標示註記，8 個位元的 Time to Live (TTL) 欄位類似 IP 封包之 TTL 欄位，用以偵測網路中重複環路發生時，可以將封包丟棄。

在圖 11 顯示為 MPLS 標籤排列方式，另一做法是將 20 位元之 MPLS 標籤直接用 ATM PVC 之 VPI/VCI 或是 Frame Relay DLCI 欄位表示，這方式可使舊有設備轉換順利。

Multi Protocol Label Switching

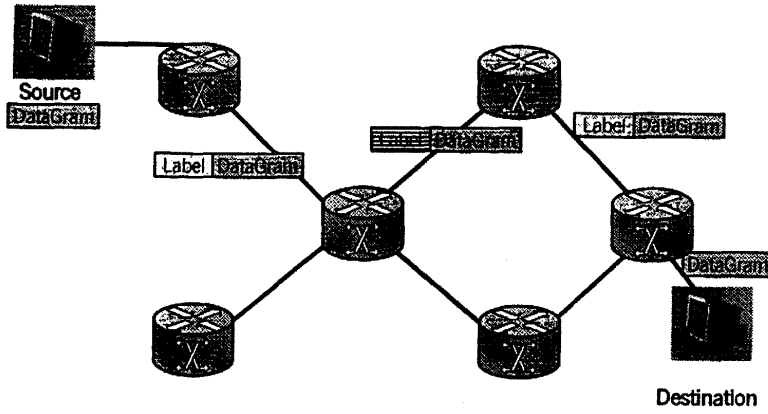


圖10 MPLS運作方式

MPLS Shim Label

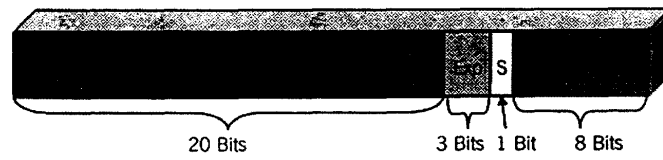


圖11 MPLS標籤

4.4 MPLS 封裝方式 (Frame 模式)

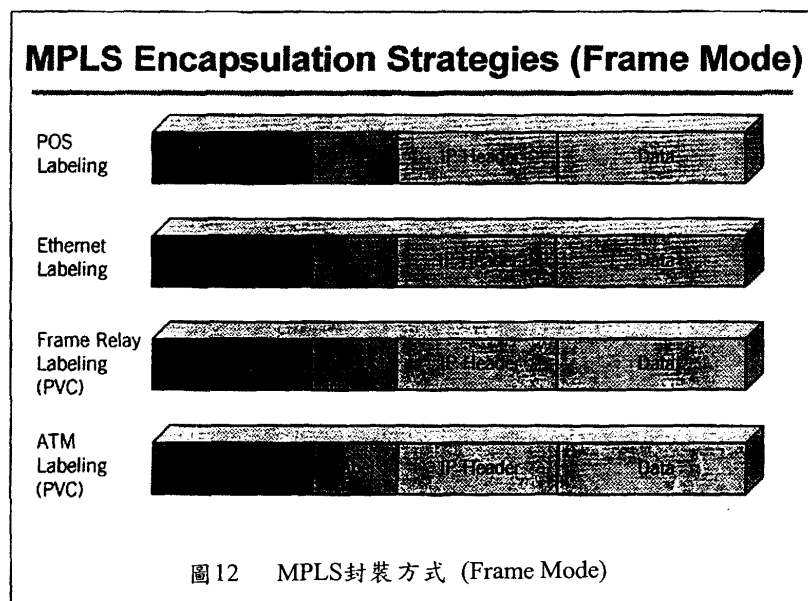
在圖 12 顯示針對不同第 2 層傳輸界面之封裝方法，除第 2 層標籤再外加上 MPLS 標籤，用以送封包。

以 PPP 界面而言，MPLS Control Protocol (MPLSCP) 已經定義 MPLS 使用 PPP 協定欄位 8281 值。

在 LAN 界面有兩種新的欄位已定義：8847 使用為 Unicast MPLS 封包，8848 使用為 Multicast MPLS 封包。這些值寫入 FE 界面或 GE 界面或 LLC 標題的 SNAP 欄位中。

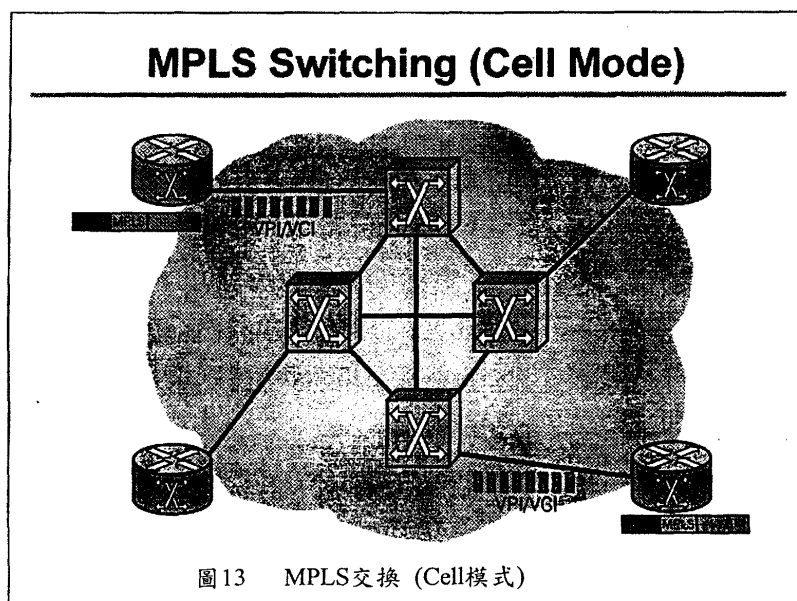
Frame Relay 之 SNAP Network Layer Protocol IP (NLPID) 欄位值設定為 8847。

若為使用 ATM PVC 的例子，則以 AAL5 SNAP 封裝方式，其 SNAP 欄位設定為 8847，這種表示方式與下節介紹之方式有相當大的不同。



4.5 MPLS 交換 (Cell 模式)

若以 ATM Switch 為骨幹網路，在引進 MPLS 技術時，原先所有的邊緣路由器透過 ATM 交換器行程互連的情形，可以被簡化成只需有實際 ATM 界面相鄰的設備有互連關係即可。如此就可消除網狀 PVC 的問題，但是 MPLS 封包方式因此卻有所改變。當 ATM 交換器雖然可以看懂 IP 路由資料，但其傳送運作機制仍舊是以 ATM VPI/VCI 傳送為基礎，ATM 交換器將 MPLS 標籤值對應到每個 cell 的 VPI/VCI，而不是在 AALS SNAP 另加標籤的方式，也就是在 ATM 交換器並不重組 AALS SNAP 封包。在 MPLS 網路入口之 LER 設備，其 AALS SNAP 為虛設值，而在 ATM 網路仍然使用 VPI/VCI 值，如圖 13 所示，在 MPLS 網路出口之 LER 設備將 ATM 封包重組成 AALS 封包後，將 MPLS 標籤抽出以查詢 Exp 及 TTL 值，但不使用其做為傳送參考，而是利用 VPI/VCI 值。



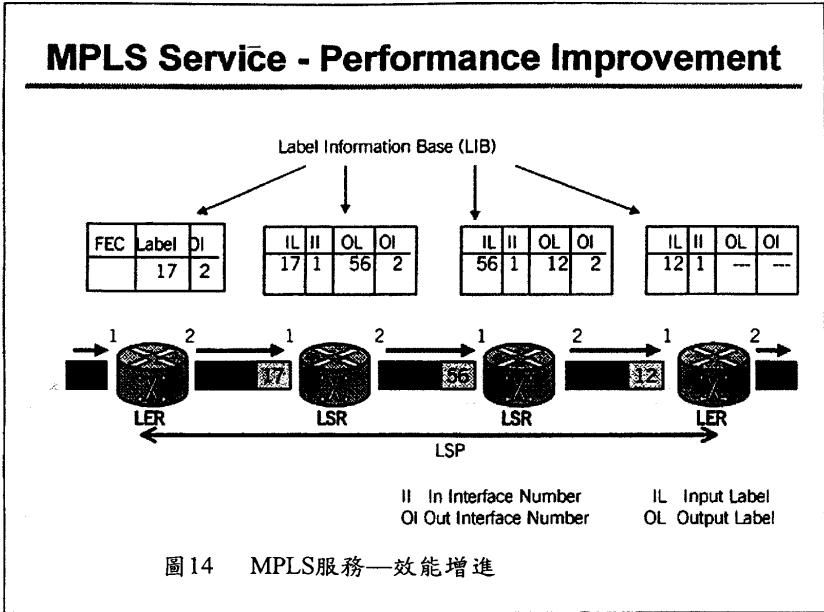
4.6 MPLS 服務—效能增進

由於封包傳送方式單純化，在骨幹路由器之傳送效能可大為增加。今日如 Web 為基本的訊務，小封包很多，易造成舊有路由器的負荷。由於 MPLS 的機制並不檢查每個 IP 封包的內容，在骨幹設備只做彈出標籤、查詢輸出標籤及界面，並將新的標籤貼上，完全不需檢查網路層的訊息，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 3 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：封包內目的位址與傳送路由表之某項最長的子網路遮罩以 AND 運算結果，再與該項目的位址做比較，如果相符就以表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遮罩重複做 AND 運算及做比較的動作，並依此類推。在今日路由表愈來愈多的情形，整動作將過於繁複。

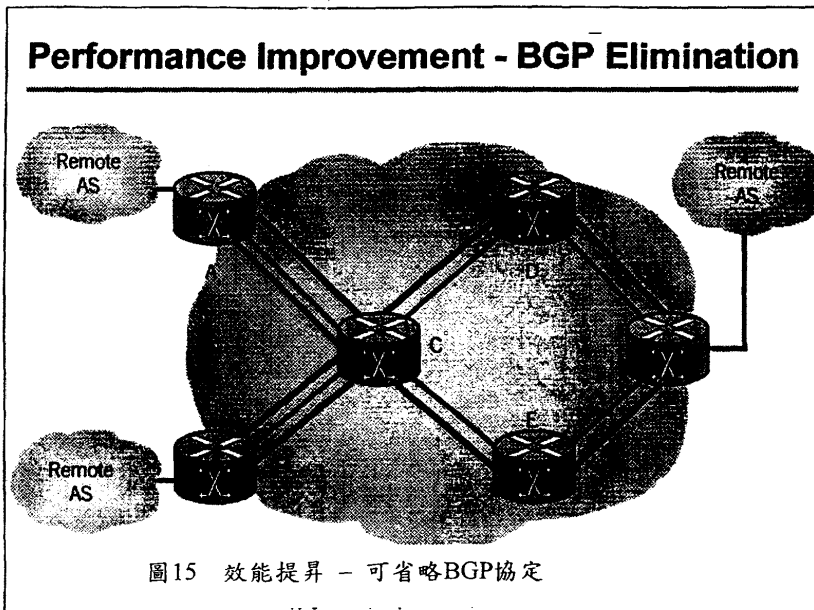
對於 multicast 封包而言，傳送機制是不同的。有些情況必須完全符合來源及目的地位址。對於 IP QoS 應用，除最長位址相符的原則仍然使用，同時必須再符合 TOS 欄位相同者。但以 MPLS 而言，完全無須考量訊務形式，只用單一種傳送機制即可達成。

如圖 14 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 設備將進來的標籤彈出並在它自己的 LIB 資料表依此標籤值與輸入界面決定輸出標籤與輸出界面。而最後一個的 LER 設備將 MPLS 標籤去除掉，並依一般的傳送機制轉送封包。



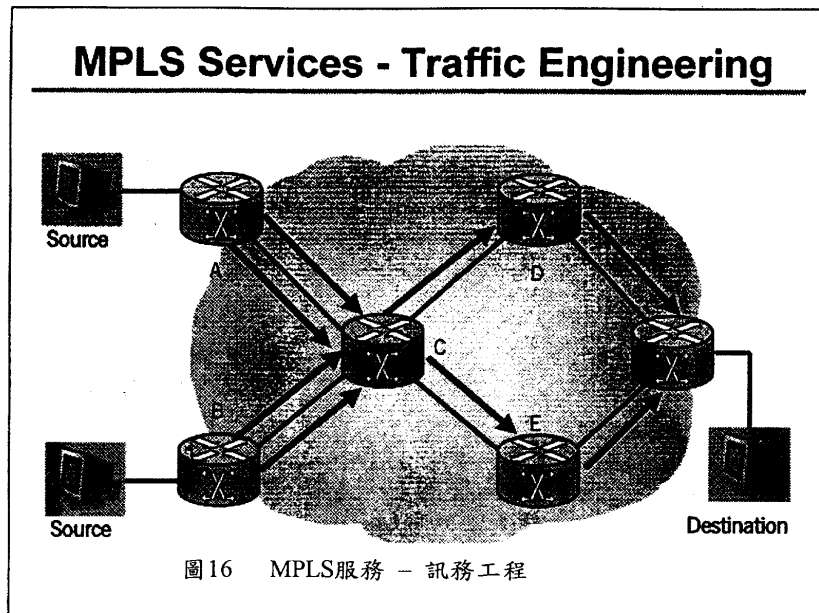
4.7 效能提昇 - 可省略 BGP 協定

第二個可提高 MPLS 網路的特點是在骨幹網路不須執行 BGP 的協定。傳統上在服務提供者的骨幹路由器，需要有網際網路完整的路由資料，以執行各點傳送 IP 封包。藉由 MPLS，我們可以免除這種要求，每個骨幹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，因此只需在 LER 設備具有完整的網際網路路由資料。在圖 15 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，因此內部的路由器不需知道所有的 IP 路由資料。



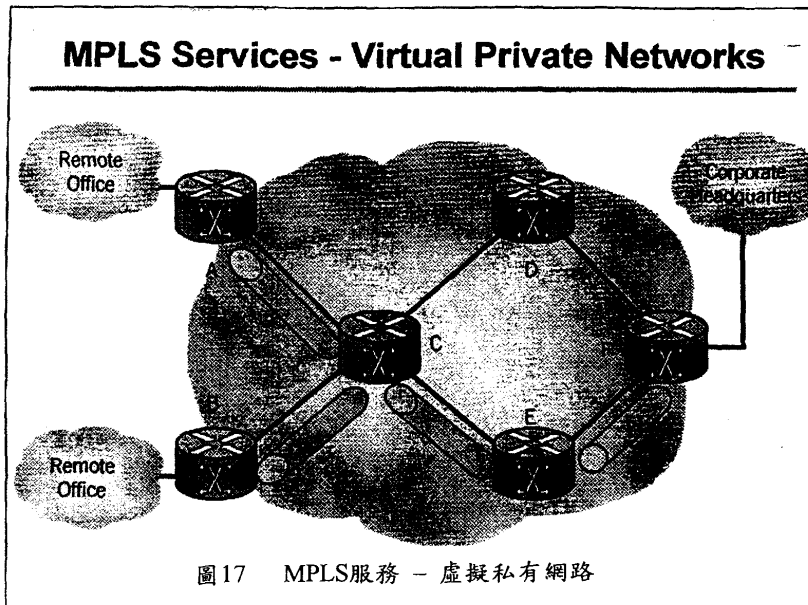
4.8 MPLS 服務 - 訊務工程

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 16 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。



4.9 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 17 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。



4.10 LSP 建立方式

在圖 18 中 LSP 由設備 A、C、E、到 F，建立 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：MPSL 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?

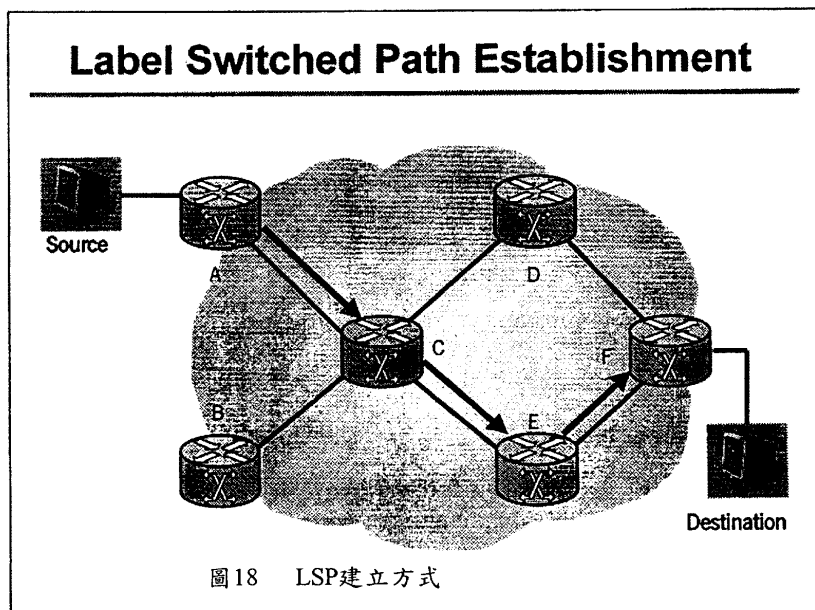
Conservative: 假設標籤的容量有限, 所以 FEC 的標籤對映是暫時存放, 當 LSP 不存在時, 原指定標籤回收, 並可以重新再利用。

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



4.11 Label Distribution Protocol (LDP)

圖 19 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。

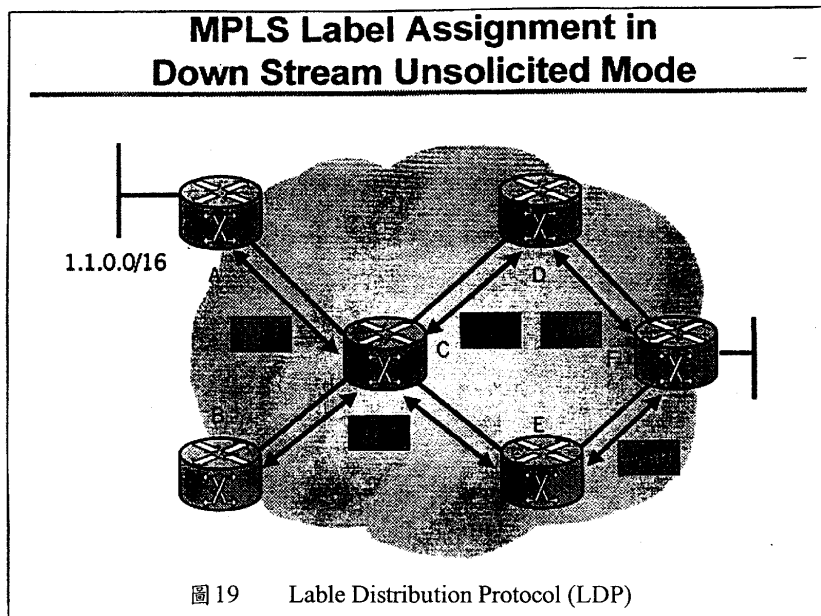
當路由器 A 有一項新的 IP 路由資料增加時，它會自動在 FEC 指定此新項目之 MPLS 標籤。路由器 A 同時產生 LDP 標籤對映訊息(MAP)，並傳送到它的 LDP 鄰點。此對映訊息通知鄰點任何往 1.1.0.0/24 的訊務可使用此標籤。

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。

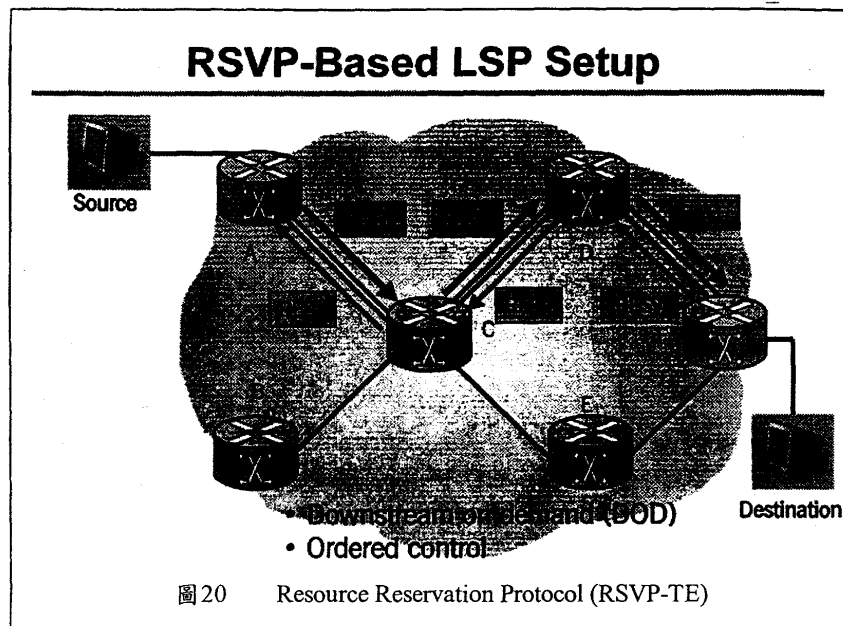


4.12 Resource Reservation Protocol (RSVP-TE)

另外 ERX 支援的標籤分佈規約有 Resource Reservation Protocol – Traffic Engineering extension (RSVP-TE)。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 20。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。



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

圖 21 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。

CR-LDP-Based LSP Setup

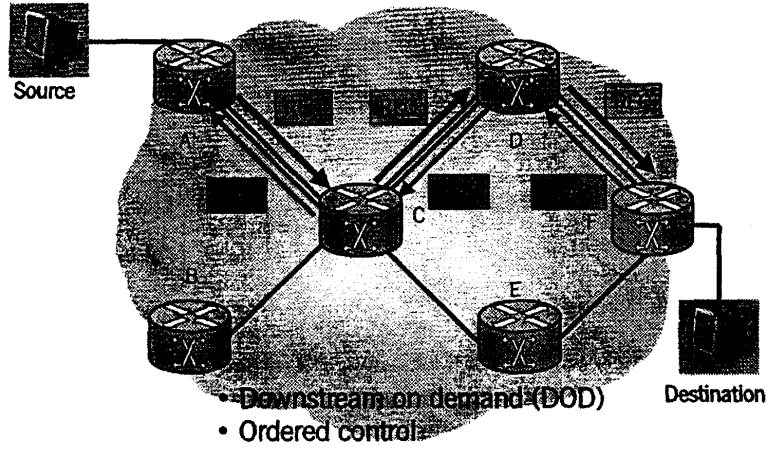


图 21 Constraint-based Routing for Label Distribution Protocol (CR-LDP)

第五章 研習心得

Optical Ethernet 技術目前正於快速進展的階段，對於都會網路市場，Optical Ethernet 是一個很好的解決方案。本次實習不僅對 Ethernet 有更深一層的了解而且對於目前發展的都會網路新技術有更多的認識，茲將此次實習心得敘述如下：

- 一、Ethernet 由於具有頻寬擴展性大、價格低廉、界面單純及容易界接，因此具有相當大的競爭優勢。
- 二、Gigabit Ethernet 長傳輸距離界面的發展，使 Ethernet 的應用可以擴展到 MAN (Metropolitan Area Network) 的領域。而 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。
- 三、L2 Virtual Private Network (VPN)、Internet Access 及 L3 VPN、等級化服務(Differentiated Service)可以在 Metro Ethernet 的網路提供。
- 四、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，也都是目前技術上急待解決的議題。
- 五、配合使用 MPLS 技術時，EoMPLS 可以克服 VLAN Stacking 4000 個用戶數量的限制，擴充性會更佳
- 六、MPLS 支援路徑中斷時備援路由快速切換功能，可提供用戶訊務備援保護及訊務規劃的功能。且在網路管理方面比單純依賴 STP 的 L2 網路更佳。
- 七、整合 IEEE 802.1P、IP Diffserv 或 MPLS EXP 的功能，可提供 Metro Ethernet 的網路的 QoS 機制。
- 八、利用 MPLS 除可增進效能外，並可提供服務 L3 VPN、Traffic Engineer 等服務。值得注意的是，MPLS 的解決方案也逐漸達到技術成熟的階段，未來可望各種 Multi Service 如 ATM、Frame Relay、Ethernet、

TDM、Internet Access、L2 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，也是重要的課題之一。