

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書  
(出國類別：實習)

實習企業客戶大樓及園區寬頻網路應用服務及規劃設計暨都會區 Ethernet-Based 全光網路新技術

出國人	職 稱	姓 名
服務機關		
中華電信北區分公司	副工程師	黃榮添
中華電信北區分公司	助理工程師	劉興仁
中華電信北區分公司	助理工程師	范兆昌
中華電信北區分公司	助理管理師	張重祺
中華電信北區分公司	助理工程師	王建賢

行政院研考會/省(市)研考會編號欄

出國地點：澳洲雪梨

出國期間：92年12月7日至92年12月20日

報告日期：93年3月10日

系統識別號:C09205184

公 務 出 國 報 告 提 要

頁數: 47 含附件: 否

報告名稱:

實習企業客戶大樓及園區寬頻網路應用服務及規劃設計暨都會區Ethernet-Based全光網路新技術

主辦機關:

中華電信台灣北區電信分公司

聯絡人/電話:

盧婉屏/2344-3261

出國人員:

王建賢	中華電信台灣北區電信分公司	企業客戶處	助理工程師
黃榮添	中華電信台灣北區電信分公司	設計處	副工程師
范兆昌	中華電信台灣北區電信分公司	網路維運處	助理工程師
劉興仁	中華電信台灣北區電信分公司	經營規劃處	助理工程師
張重祺	中華電信台灣北區電信分公司	企業客戶處	助理管理師

出國類別: 實習

出國地區: 澳大利亞

出國期間: 民國 92 年 12 月 07 日 -民國 92 年 12 月 20 日

報告日期: 民國 93 年 03 月 10 日

分類號/目: H6/電信 /

關鍵詞: L3 Switch,FTTB,Ethernet,寬頻網路

內容摘要: 近年來由於寬頻服務的日漸普及與快速成長，用戶接取網路除了早期使用之專線電路外，xDSL與FTTB的價廉與高頻寬特性均造成風潮而普獲客戶採用，其中又因FTTB具備Ethernet親和性、10M~1Gbps之彈性高頻寬、單位使用成本低等優勢，不但在用戶接取網路顯現重要性，另在都會區網路(Metropolitan Area Network, MAN)與廣域網路(Wide Area Network, WAN)亦逐漸替代傳統網路。本分公司為提供最好服務，於91年度完成第一期FTTB建設後，考量寬頻應用趨勢與客戶需求，廣續進行擴大服務面之規劃，計畫在大台北、桃園、新竹、宜蘭與花蓮地區建設第二期，本案即在此環境下由麟瑞科技公司得標。依據該合約內容，派員實習企業客戶大樓及園區寬頻網路應用服務及規劃設計暨都會區Ethernet-Based全光網路新技術，並藉此機會觀摩國外相關技術顧問服務之應用情況。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 摘要

近年來由於寬頻服務的日漸普及與快速成長，用戶接取網路除了早期使用之專線電路外，xDSL 與 FTTB 的價廉與高頻寬特性均造成風潮而普獲客戶採用，其中又以 FTTB 另具 Ethernet 親和性、10M~1Gbps 之彈性高頻寬、單位使用成本低等優勢，不但在用戶接取網路顯現重要性，另在都會區網路 (Metropolitan Area Network, MAN) 與廣域網路 (Wide Area Network, WAN) 亦逐漸替代傳統網路。

本分公司為提供最好服務，於 91 年度完成第一期 FTTB 建設後，考量寬頻應用趨勢與客戶需求，賡續進行擴大服務面之規劃，計畫在大台北、桃園、新竹、宜蘭與花蓮地區建設第二期，本案即在此環境下由麟瑞科技公司得標。依據該合約內容，派員實習企業客戶大樓及園區寬頻網路應用服務及規劃設計暨都會區 Ethernet-Based 全光網路新技術，並藉此機會觀摩國外相關技術顧問服務之應用情況。

## 目 錄

壹、 目的 .....	4
貳、 行程 .....	6
參、 心得報告 .....	7
肆、 觀感與建議 .....	41
附錄一：本案採購服務系統設備器材清單 .....	43
附錄二：Cisco 7600 Switch Router 產品介紹 .....	44

## 壹、目的

近年來電信技術日新月異，又值國內電信市場開放之際，有鑑於接取網路乃兵家必爭之地，尤以社區、辦公大樓、集合住宅等人口集中之地區為甚，本公司必須有各種因應措施。

目前本公司光纖到大樓寬頻接取方式除可利用 DSLAM 外尚有 MFOAN。MFOAN 可提供 POTS、公用電話、ISDN BRA、專線及寬頻 ADSL 服務，有其優點，也有不足之處，如價格等。因此為使接取網路除 DSLAM、MFOAN 外，宜有更多選擇方式，以滿足客戶需求，因應新固網業者競爭。

2001 年 12 月至 2002 年 8 月，KT 之 ADSL 用戶成長 17%，FTTx 用戶成長 148%，可知光纖接取服務成長力道強勁。NTT 同時積極發展 ADSL 與 FTTx 產品，ADSL 產品提供 10Mbps 速率以下服務，FTTH 產品提供 10~1000Mbps 以上服務，除滿足市場對各式服務之需求外，更可因應對手之競爭，日本 NTT 曾於 2000 年五月在金澤(Kanazawa)進行 Ethernet-based FTTB 試用，經初步分析，以 Ethernet-based FTTB 提供高速上網之優點包括：

- 從電信機房到大樓或社區間之傳輸媒體以光纖取代傳統銅纜，高品質保證。
- 可以提供 512 Kbit/s ~100 Mbit/s 或更高之傳輸速率，依用戶需求頻寬增加非常有彈性。
- 可提供雙向對稱頻寬(上傳及下載速率相同)。
- 具 IEEE 802.3 Ethernet 介面標準，互通性高。
- 網路架構簡單，不需層層轉換，可減少障礙點。
- 升級容易，除高速上網外，未來亦可擷取互動多媒體、MOD 等寬頻服務。— 用戶端 PC 只要具備 Ethernet 網路卡，不需加裝其他任何設備即可上網。

至於在成本分析方面，在相同條件下(1.5M 頻寬和集縮比，並同時考量接取及中繼網路二部分)，ADSL 每個用戶成本約 5,600 元；FTTB 約 6,250 元(1/3 Ethernet & 2/3 VDSL Ports)，和 3,000 元(Pure Ethernet Ports)，但 ADSL 接取技術隨服務頻寬提升，將導致服務涵蓋區縮小；當服務頻寬之要求提升至 3.5Mbps(MOD)時，應用 FTTB 接取技術可提供客戶頻寬彈性昇級之服務，應屬於較永續性之解決方案，況且本公司在接取網路已經有許多單模光纖，頗適合擴大推動 Ethernet-based FTTB 網路。

本公司 Ethernet-Based FTTB 寬頻服務應鎖定固接式需求之中、小企業商用客戶為主，界接於 BB\_RAS 之一般撥接客戶為輔，皆可向本公司註冊租用此對稱式接取電路並提供以下各式寬頻服務：

- IDC、VPN Intranet 接取服務
- 提供虛擬專線服務(VLL)
- 提供不同地點的透通性 LAN connection(TLS)
- 企業客戶高速網際網路連線服務
- 住宅客戶寬頻上網服務

而 Ethernet-Based FTTB 寬頻服務之效益包括：

- 降低接取網路成本。
- 減少層層轉換，障礙點減少，降低維運成本。
- 線路全由光纜到大樓，結構簡單，服務品質提升。
- 用戶頻寬可以有彈性增加。

本公司曾於九十年八月至九十年十二月期間，進行光纖到大樓 Ethernet-based FTTB 之試用。本分公司於九十一年五月聯合中、南區分公司進行第一期之 Ethernet-Based FTTB 寬頻網路並提供服務，由於成效卓著並擴大提供使用範圍，賡續辦理第二期之 Ethernet-Based FTTB 寬頻接取網路建設，本案即在此構思下產生。基於作業單純化並降低成本考量，本案不同於第一期而將 L3 交換機單獨採購(L2 交換機已另案採購)，其目標即是建構本公司新世代用戶光纖網路，鎖定市場為：

- 需 2Mbps~1,000Mbps 超高且對稱上網頻寬需求之企業客戶—租用本公司 T1 以上專線、VPN、IDC、ASP、資料備份、異地備援中心等服務需大頻寬與企業總部連接者科學園區、廠辦大樓間需建構企業內部或企業間網路者(1,000 企業)
- 需處理瞬間即時大量資料傳送之傳播媒體業者
- 需大頻寬做對等互連(peering)之 ISP、IXP、ICP 業者—已具 Ethernet 環境之大專院校或中小學
- GSN 網路連線頻寬需提升之政府機關團體
- 原使用固接專線上網連線頻寬需提升之網咖等業者
- 住宅大樓客戶寬頻上網服務此新世代用戶光纖網路設計具備支援廣播協定之能力，並計畫未來於局端交換器端側建置多媒體伺服器，提供 FTTB 客戶就近接取多媒體服務、社區網站服務，減少浪費骨幹網路頻寬。

## 貳、行程與實習內容紀要

本案由中華電信台灣北區電信分公司設計處副工程師黃榮添、經營規劃處助理工程師劉興仁、網路維運處助理工程師范兆昌、企業客戶處助理工程師張重祺與王建賢組團，赴澳洲實習企業客戶大樓及園區寬頻網路應用服務及規劃設計暨都會區 Ethernet-Based 全光網路新技術，自民國九十二年十二月七日起至十二月二十日止，為期(含行程)共計十四天，主要行程紀要如下：

日期	地點	行程概要
12.07 ~ 12.08	台灣→澳洲雪梨	行程(去)
12.09 ~ 12.12	澳洲雪梨	實習 Metro Ethernet 規劃、設計技術
12.13 ~ 12.14	澳洲雪梨	休假整理資料
12.15 ~ 12.19	澳洲雪梨	實習 Metro Ethernet 應用、維運技術
12.20	澳洲雪梨→台灣	行程(回)

其中有關實習 Metro Ethernet 規劃、設計、應用與維運相關技術則涵蓋下列課程：

12.08	Cisco 公司簡介與寬頻網路整合策略
12.09 ~ 12.10	Metro Ethernet 之架構與應用
12.11 ~ 12.12	Metro Ethernet 之安全機制
12.15	都會區域網路之整合機制
12.16 ~ 12.17	Metro Ethernet 之服務與品質控制(QoS)
12.18 ~ 12.19	Metro Ethernet 之認證機制與帳戶管理

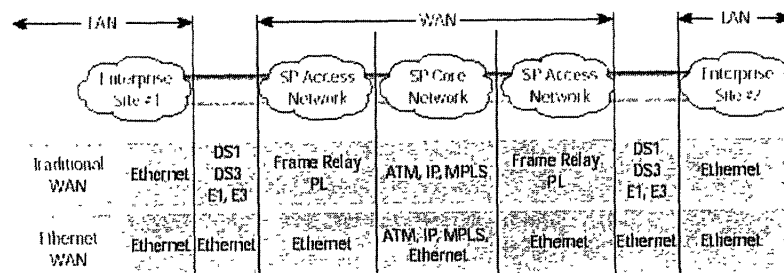
### 三、心得報導

## 3.1 Metro Ethernet Networks 規劃與設計

### 3.1.1 前言

隨著企業e化的蓬勃發展，企業客戶網路利用網路服務業者 (Network Service Provider) 提供之基礎網路互連的需求數量亦日漸增多。由於以乙太網路為基礎的電腦網路具備簡易、高速、低設備成本以及能跨多種品牌機器傳輸等優點，已被企業廣泛使用於區域網路 (LAN) 上。而在面臨自由化競爭的環境下，基於易於使用、低營運成本、高彈性服務應用及技術日漸成熟的因素，網路服務業者也開始提供以乙太網路為基礎的廣域網路 (WAN) 服務。典型的傳統的廣域網路 (例如訊框傳送 Frame Relay 與專線 Private Line) 與以乙太網路為基礎的廣域網路的網路拓撲劃分如圖-1 所示。

圖-1 區域網路與廣域網路拓撲



在傳統的網路中，網路服務業者之存取網路為 Frame Relay 或 Private Line，核心網路則包括 ATM、SONET/SDH、IP 及 IP/MPLS。在以乙太網路為基礎的新網路中，其核心網路允許部署乙太網路技術或非乙太網路技術皆可，這是因為目前訊框傳送網路 (Frame Relay) 仍是非常普遍的廣域網路服務，許多企業皆使用訊框傳送網路與遠端的企業總部做連線，這些企業短期內並無轉換到廣域乙太網路服務的計畫，而且網路服務業也對訊框傳送網路投入了相當的成本，因此，考量對



已投入的訊框傳送網路投資成本之回收，也必須預留一段轉移到乙太網路的緩衝時期，所以新的廣域網路必須提供乙太網路與非乙太網路核心之間的交互服務。依目前發展的趨勢，不論傳統與非傳統的網路服務業正積極地建立以乙太網路為基礎的廣域乙太網路服務，這些包括既有本地固網業者(ILECs)、國際電話服務業者(IXCs)、國際認可電話網路業者(PTT)、市政當局、公用事業公司以及乙太網路服務提供商，如此可更加善用過去十年來所建設的高容量光纖網路基礎建設，來提供寬頻服務，以便能開拓新的收益來源。

### 3.1.2 建置 Metro Ethernet Network 之規劃考量

所謂都會乙太網路(Metro Ethernet Network)是指一個網路服務業者所擁有的廣域網路(Wide Area Network)或大都會網路(Metro Area Network)能提供乙太網路使用者介面(Ethernet UNI)給企業客戶，並可利用如 SONET/SDH、DWDM、Ethernet、MPLS/IP 等不同的媒介幫企業客戶做連線服務。以一個網路服務業者的角度來看，規劃建置一個都會乙太網路時必須要考量下列各項機能：

#### (1) 服務層面

須能提供下列服務機能：

##### —Layer 2 及 Layer 3 VPN 服務

除了利用如 DLCI、VPI/VCI 或 MAC 等技術提供 Layer 2 VPN 服務外，尚可依客戶 Layer 3 資訊傳送封包(如 L3 MPLS-VPN 技術)，來提供 Layer 3 VPN，這將使得網路服務業者能提供更完整的 VPN 網路服務。

##### —Ethernet Relay Service (ERS)

能經由 VLAN-ID 識別來提供點對點服務。

##### —Ethernet Relay Multipoint Service (ERMS)

能經由 VLAN-ID 識別來提供多點對多點服務。

##### —Ethernet Wire Service (EWS)

可透通客戶 Layer 2 訊息(例如橋接協定資料單元 BPDU)，如同乙太網路專線能提供點對點服務。

#### —Ethernet Multipoint Service (EMS)

可透過客戶 Layer 2 訊息，如同乙太網路專線能提供多點對多點服務。

#### (2) Layer 2 服務互連層面(Service Inter-Working)

可整合不同的 Layer 2 服務網路(如 Frame Relay、ATM)，並交互介接，並讓新設的乙太網路與傳統非乙太網路設備均能連上 Metro Ethernet Network。

#### (3) Metro Ethernet 端對端服務品質(QoS)層面

可針對個別介面 port 或 VLAN 設定服務等級合約(Service Level Agreement)，SLA 至少要可以定義可用度(Availability)、遺失率(Loss)、延遲(Delay)、閃動(Jitter)等參數，並可依不同的訊號如語音、影像、關鍵資料(Critical data)或儘力服務資料(Best Effort data)分別做頻寬分配及優先權管制，以確保客戶服務品質。

#### (4) 網路安全性(Security)層面

Ethernet 網路安全性問題和 ATM 或 Frame Relay 比較起來，一向是較弱的部分，因此 Metro Ethernet 網路要做到使客戶能不被其他客戶干擾(如網路封包截聽、外部使用者入侵、硬體盜用、CAM [Content Addressable Memory] Table 超載攻擊、MAC Address Spoofing)等安全機制，才能提供完備的網路增值服務。

#### (5) IP 多點廣播(Multicast)功能

系統需能提供 IP 多點廣播功能，才能有效率處理大量的多媒體流量訊務(如處理影像或可變動的語音服務)，不會影響基礎網路的服務效能。

#### (6) 端對端 Ethernet OAM 功能及 LMI 介面

ATM 網路在 OAM (Operation、Administration and Maintenance)功能已很完備，但在 Ethernet 網路方面則有待加強，未來 Ethernet OAM 功能方面希望能看到 PE-PE 間的連線狀態，另一方面配合 Ethernet LMI(Local Management Interface)介面則更可延伸到客戶端設備的狀態監視，這些功能的開發可讓都會乙太網路維運系統更加完備，不過目前這兩項功能仍在研發中。

### 3.1.3 Metro Ethernet Network 網路架構

#### 使用者網路介面埠 UNI 之設定

所謂 UNI(User Network Interface)即為網路服務業者與客戶使用者之責任劃界點，乙太網路 UNI 在實體上有可能是網路服務業者的 RJ-45 插座或跳接線面板，亦有可能是客戶端設備的 RJ-45 連接器，端視網路服務業者與客戶的責任範圍來決定。如附圖-2 所示，無論電腦網路架構是如何部署的，使用者要連線跨出客戶大樓都必須經由乙太網路連結至網路服務業者提供之廣域乙太網路來存取電腦網路的服務。

圖-2 CE-UNI-PE 乙太網路架構

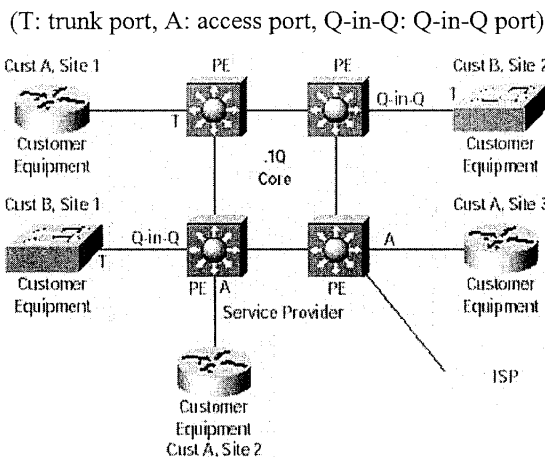


表-1 UNI 介面設定及可支援的服務說明

Customer Equipment Port Configuration	UNI Port Configuration	Supported Service	Comments
Access (untagged)	Access	ERS, ERMS	All received frames are single tagged with the UNI VLAN (for example, PE-VLAN = UNI VLAN and there is no CE-VLAN)
802.1Q	802.1Q (trunk)	ERS, ERMS	All .1Q received frames maintain their original tags (for example, PE-VLAN = CE-VLAN if there is no VLAN translation at the UNI)
Access (untagged)	Q-in-Q	EWS, EMS	All received frames are single tagged with the UNI VLAN (PE-VLAN); there is no CE-VLAN
802.1Q	Q-in-Q	EWS, EMS	Frames are double tagged with CE-VLAN as the inner tag and fixed UNI VLAN (PE-VLAN) as the outer tag

表-1 則說明 UNI 介面之設定及可支援的服務，在存取連結上被標示訊框的虛擬區域網路(VLAN)稱為 CE-VLAN (圖-2 中客戶端設備至 UNI 之連結)而在服務業者電腦網路裏的虛擬區域網路則稱為 PE(Performance Edge)-VLAN (圖-2 中之 PE-UNI 連結)。CE 埠可設定成傳送無標記之訊框或 802.1Q 訊框至 UNI，同樣地，PE 的 UNI 埠也可以如下面所敘述的是個存取埠(access port)、.1Q trunk 埠或者是 Q-in-Q 埠：

- 當 UNI 埠是個存取埠時，所有所接收的訊框都為無標記的，並且會分配一個設定好 UNI 的 VLAN，此時 CE-VLAN 為零數值(或是“4097th”)並且 PE-VLAN 即為 UNI VLAN。
- 當 UNI 埠是個 .1Q trunk(802.1Q)埠時，並接受 CE 送出的被標記訊框，每個被標記訊框之 PE-VLAN 與其 CE-VLAN 一致，此時在 UNI 上無法進行 VLAN 轉換，同時從客戶設備所送出之無標記的第二層(Layer-2)控制協定訊框則會被丟棄。
- 當 UNI 埠是個 Q-in-Q 埠(802.1Q Tunnel)時，此時可接受來自客戶設備的標記與無標記之訊框，並將分配 UNI 已設定好的標記 PE-VLAN 給所有所接收的訊框，其中來自客戶端被標記的 CE-VLAN，將在 UNI 被雙重地標記(CE-VLAN 標記包裹在內，PE-VLAN 在外)，Q-in-Q 的 VLAN 透明度之特色是作為 EWS 與 EMS 服務的關鍵。

### 純乙太網路之架構

純乙太網路之電腦網路是目前提供廣域乙太網路服務較大眾化的選擇，主要是由於現今的第二層交換器不但提供了豐富的服務功能，而且價格也相對合理。

圖-3 分散式PE以太網路星狀拓樸網路架構

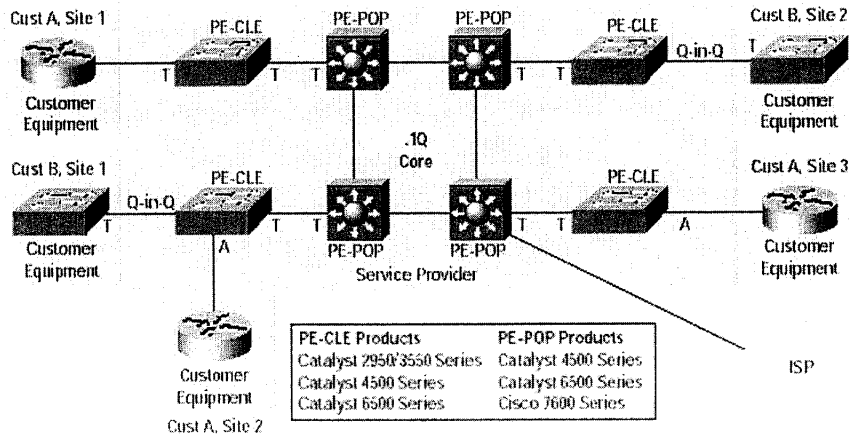
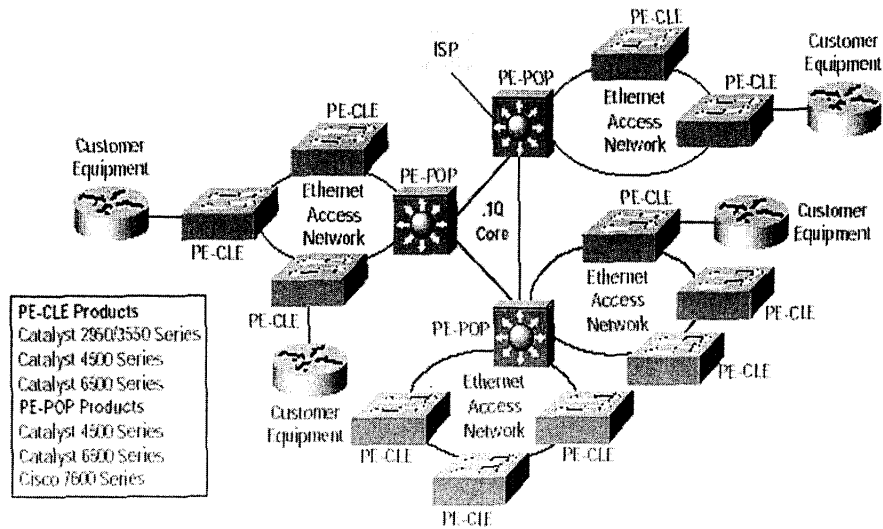


圖-3 為數個以太網路交換器連結成網狀拓樸的簡單網路架構，這個架構支援 ERS、ERMS、EWS 及 EMS 這四個標準廣域以太網路服務。由圖中可看出，客戶 A 在 site 1 UNI 申請使用 ERS 服務與多路傳輸服務，客戶 B 則是申請使用 EWS 服務，每個服務提供交換器皆指定為 PE 交換器，並安置在一個都會撥接節點(POP)，所有的核心網路間互連則設為 .1Q trunks(圖-3 之 PE-PE 連接)。

在許多實例中都顯示，設置服務提供交換器的地點應該是越接近，甚至是就在顧客的所在點越好，舉例來說在一棟大廈的地下室裡，在這種情況下可部署一個分散式 PE 星狀拓樸(圖-3)或者是分散式 PE 環狀拓樸(圖-4)。位於顧客端的設備被稱為 PE-CLE(Customer Located Equipment) switch，而每個撥接節點交換器則是被稱之為 PE-POP switch，一般來說，在客戶端所部署的 PE-CLE switch 只需廉價的交換器便足以使用。

圖-4 分散式PE乙太網路環狀拓模網路架構

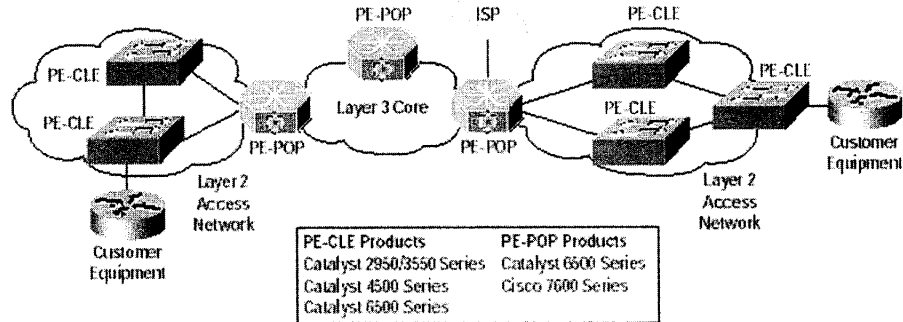


### 混合網路架構

一個理想的少數電腦網路應該是一個以單一Layer 2 domain為基礎的廣域乙太網路，但是受限於Layer 2 domain之4096 PE-VLAN 的限制，只能支援適度數量的客戶，並且在多數大型都會網路中，延展樹協定(Spanning Tree Protocols)的穩定性還未能得到一些網路服務提供業者的認可，為了要能改善網路的延展性，因而產生混合架構。

圖-5混合網路架構是由多Layer 2 domain經由一個Layer 3核心(像是IP或是MPLS核心)連結一起而組成，在混合網路中，特定乙太網路所關注的服務限制(例如 VLAN ID, Spanning Tree Protocols)僅限於各別的Layer 2 domain。此類型網路之所以能延展是因為當一個Layer 2網域開始變大時，仍然可以進一步的分割為許多小型的Layer 2 domains，下面將會詳細敘述兩個Layer 2 domain的乙太網路訊框是如何隧道化以穿過Layer 3 domain：

圖-5 Multi-Layer 2(乙太網路)Domain與Layer 3核心網路架構



- 在IP核心的例子裡，係使用第二層通道協議第三版(L2TPv3)來隧道化乙太網路訊框。
- 在MPLS核心的例子裡，係使用多重協定標籤交換(EoMPLS)發出信號，封裝協定(Encapsulation Protocols)來隧道化乙太網路訊框，兩者皆支援點對點(Point-to-Point)與多點對多點(Multipoint-to-Multipoint)EVC，Point-to-Point EoMPLS 係由 IETF Internet Drafts 所規範，而 Multipoint-to-Multipoint EoMPLS 則由 Internet Draft RFCs 所規範。

在上述兩個例子裡，當訊框隧道化時VLAN標記可能產生變化，藉以讓在每個Layer 2 domain裡的VLAN標記數值得到獨立管理，此外還能讓VLAN標記數值能在所有Layer 2 domain重複使用，如此便能達到部署更多的Layer 2 domains及支援更多的EVC(Ethernet Virtual connection)之目的。舉例來說，假設所有的EVC都為點對點，則一個具有 $n$  Layer 2 domains的網路就起碼能支援 $4096 \times n/2$  EVC。

### 乙太網路架構規格標準化

目前IETF已將以MPLS為基礎的廣域乙太網路架構相關規格標準化並命名為Virtual Private Wire Service (VPWS)和Virtual Private LAN

Service (VPLS)，VPWS 支援點對點廣域乙太網路服務，而VPLS則支援多點對多點服務。

IETF同時也正針對以MPLS為基礎的分散式PE架構之規格標準化進行討論，此架構被稱之為Hierarchical VPLS (H-VPLS)，目前提議的設計方向主要有兩個：

—Ethernet access network：存取網路(PE-CLE-to-PE-POP)為.1Q網路，而核心網路(PE-POP-to-PE-POP)則為MPLS。

—MPLS access network：存取網路與核心網路皆為MPLS。

要選擇Ethernet Access Network架構或是MPLS Access Network架構取決於許多要素，包括設備的價格及服務管理的難易性，如欲在乙太網路交換器上支援MPLS，將增加交換器之資料面與控制面的複雜性，進而可能因此增加其價格成本，由於PE-CLE交換器原本就以大量部署來規劃，因此短期內看來似乎是Ethernet access network比起MPLS access network更具有價格上之優勢。但在另一方面，由於MPLS access network提供了一個具有一致性的控制面，在服務管理上的遠瞻性以及優秀的延展性，因此仍是具有相當的吸引力。

#### 3.1.4 802.1q Tunnel 設計

802.1q 隧道化功能，能使用 Cisco 公司之 Catalyst® 7600/6500 系列交換器上的 IEEE 802.1q 協定來建立安全的 VPN，這個功能可讓網路服務業者在它們基礎建設裡針對不同客戶來分離流量，同時明顯地減少支援 VPN 所需的 VLAN 數量，多重客戶 VLAN 可以在 Catalyst 7600/6500 交換器上的單一 VLAN 裡運送，而不會失去自己專屬的 VLAN ID，而在廣域網路裡所需支援 802.1q 隧道的 VLAN 數量可以明顯地減少。如此在一個分享的基礎建設上部署 VPN 作企業級連線就如同在私人網路裡一般，一樣能擁有安全性、優先排序、可靠性和易於管理等優點。

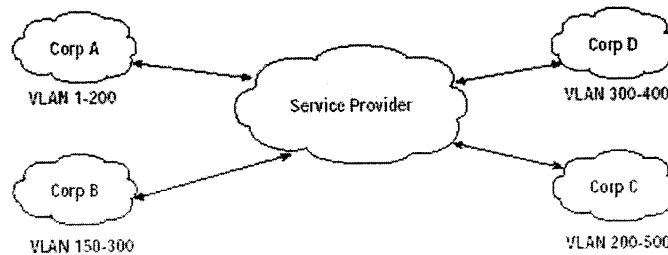
#### 未提供802.1q 隧道化的網路設計

圖-6為一個未支援802.1q 隧道化網路的架構圖，在這種架構中客戶所需的VLAN範圍很可能會重疊，一個錯誤的安排將導致不小心混合了



不同客戶的流量通過該網路基礎建設，雖然利用分派一個獨特的VLAN範圍給廣域網路裡的每個客戶便可解決這個問題，但是這個解決方法將會很容易的便消耗掉802.1q裡所支援的4096 VLAN空間。

圖-6 Corp B和Corp C的流量在重疊VLAN之上



#### 提供 802.1q 隧道化的網路設計

802.1q隧道化能透過在隧道裡不遺失原有的客戶VLAN ID情況下，允許網路服務提供者去分配一個VLAN給每個客戶，便能處理前述VLAN的限制。提供802.1q 隧道化的Ethernet Metro廣域網路能分配一個獨特的VLAN給每個客戶，從客戶方來的多重VLAN ID身分便不會遺失，如此就能建構一個可以隔離來自不同商業客戶流量及802.1q標示過VLAN ID的第二層VPN。802.1q隧道化本質上是種透過重新標記已標記過的封包進入網路服務業者之基礎建設來延伸VLAN空間的1q-in-1q技術，如圖-7所示。

圖中客戶端的介面被設定為 802.1q Trunk，在此介面中提供 1q-in-1q 二層標記的 ISL(InterSwitch Link)並不被支援，而網路服務業者邊緣交換器的介面則被設定為特殊的 802.1q 隧道存取埠，這個特殊存取埠是被設定了分配給每個客戶的一個獨特 VLAN，當這個通訊埠接收到來自鄰近設備的隧道流量時，並不會依照平時從訊框標頭移除 802.1q 的程序，而是保留原來的標記並放入所有接收到的 802.1q 流量至分配的 VLAN 到該隧道埠去，結果流量被雙重標記就像進入網路服務業者的基礎網路一樣，用戶端設備(CPE)可以是任何能理解 802.1q 幹線協定的 Cisco 交換器。圖-8 則說明了訊框從 CPE 通過 802.1q 隧道到達網路服務提供商網路上的出入口之變動過程。

圖-7 Ethernet Metro廣域網路裏的單點對多點之802.1q隧道化設計

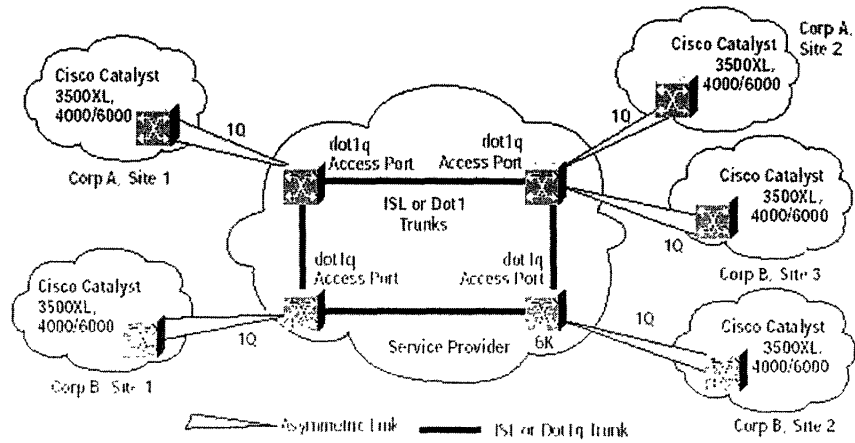
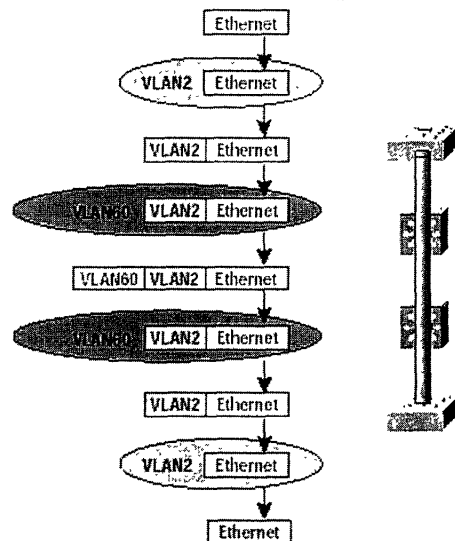


圖-8 訊框穿越一個802.1q隧道過程



擴充樹協定的配合

802.1q 隧道化的主要作用是在於能在服務業者網路打開通道讓客戶的第二層數據封包以及橋接器通訊協定資料單元(BPDU)通過，客戶必須在入口交換器上使用多重擴充樹 PVST+(Per VLAN Spanning Tree)，而網路服務業者基礎建設則可能是使用多重服務擴充樹協定(MISTP)-PVST+擴充樹模式或是 PVST+模式，MISTP 模式無法在服務業者基礎建設裡使用，因為使用 PVST+模式的交換器連結使用 MISTP 模式的交換器時並無法發現其它交換器的 BPDU，這會在網路裡形成迴遞的狀態，MISTP-PVST+擴充樹模則符合 PVST+的限定。

### 3.1.5 VLAN 規劃與設計

VLAN 的規劃對 Ethernet 網路的設計是很重要的一環，對於內部網路系統的規劃，建議可依目前大型網路所採用的設計，根據各不同單位屬性來規劃虛擬區域網路 VLAN (Virtual Local Area Network)，如此能帶來的好處有二，其一可防止不同性質的業務單位所產生的廣播訊息彼此互通，而產生不必要之人員可能截收廣播訊息，而造成機密的業務資料外洩，形成安全漏洞。其二為網路管理者在發現網路中產生異常流量時，能快速的發現散發異常封包的設備位置，快速地將範圍縮小，以減少該設備影響整體網路效能的時間，提高網路的妥善率。以下為劃分 VLAN 的幾種目的：

#### 1. 避免廣播風暴(Broadcast Storm)：

由於區域網路充斥著各種形式的廣播封包，在一個極大型的區域網路中，若不採用切割 VLAN 的方式，所有的廣播封包將在同一個區域中發佈，雖然廣播封包的 size 皆不大，但在同一個區域網路中若是同時存在著數以萬計的廣播封包，將使得可用的頻寬被壓縮而明顯地讓網路傳送效能降低，因此將大型的區域網路做適當的 VLAN 切割後，將縮小 Broadcast Domain 的範圍，每一個 VLAN 皆為單獨的廣播區域，如此便能有效的解決廣播風暴的問題。

#### 2. 安全性的考量：

基於 TCP/IP 的網路原理，經由 VLAN 的切割後，VLAN 與 VLAN 間在網路的第二層是不能互通的，必須藉由網路 IP 層(第三層)設備的路由功能方能互相交換封包，因此網路使用者便可以將具有安全性考量的使用者電腦或伺服器資料，利用 VLAN 的切割與一般的使用者分

離，如此便可達到最根本的安全性，即使兩個 VLAN 間必須互通，亦可在使用第三層設備路由交換兩個 VLAN 的同時，設定存取限制的條件，讓一般使用者有限度的使用經過 VLAN 保護的網路內部電腦或伺服器。

### 3. 管理的便利性：

利用 VLAN 的切割，亦可方便網路管理者區分不同使用者的網路位置，並針對不同的 VLAN 使用者特性做特別的管理。

一般 VLAN 的切割方式可分為下列幾種：

#### 1. 以地理區域或樓層做為切割依據：

此類切割方式主要著眼於方便管理，舉例來說：一個校園網路中，依據不同的大樓予以不同的 VLAN 切割，或是一棟大樓內，以一個樓層當作 VLAN 的切分依據，以此種方式做分類，可方便網路管理人員，當某棟大樓或某個樓層網路發生故障時，迅速地找出故障的節點，快速進行維修，另外當使用者異動時，花費在交換器上設定的成本也較小。

#### 2. 以使用者特性做為切割的依據：

此類切分方式主要著眼於管理的便利性及封包傳送的效能性，舉例來說：在校園網路中，相同系所的使用者皆歸屬於同一個 VLAN，在企業大來說，相同的部門可劃分為同一個 VLAN；此種的設計的好處在於，網路管理者可針對不同的使用者特性，利用不同的 VLAN 做為識別並做特殊化的管理，另外，也由於相同類型使用者間的網路流量傳遞機會較高，因此大多數的網路流量皆在同一個 VLAN 中交換完畢，因此對於骨幹網路的第三層交換器的效能耗損較低，因此可以得到較佳之網路傳送效能。

#### 3. 依據使用者數量做為 VLAN 切割的依據：

此類切分方式主要著眼於效能的考量，舉例來說：若一個校園或企業內部的網路節點超過數千個，可利用子網路遮罩的技術切分為若干等份，如此在網路上便產生了若干個不同的廣播區域，便可避免廣播風暴的產生。

## 3.2 乙太網路之維運與管理

### 3.2.1 網路維運相關設定

都會乙太網路正式商用之前，必須考量服務高可用性、網路安全性、以及維運方便性，將原本依據業務需求所設計的網路架構，增加必要的維運機制設定，一方面是做為障礙預防與恢復，另一方面是服務品質設定與確保。例如使用802.1q VLAN 技術所構建的Layer 2網路，首先需要考量環路的偵測與避免，並且要具備Flooding 控制功能，以控制網路中可運行之Broadcast、Unicast和Multicast訊務，避免MAC Flooding Storm產生。

以下列出確保網路運作正常所需考量的相關機制：

- (1). 擴張樹協定 (Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1d)
- (2). 快速擴張樹協定 (Rapid Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1w)
- (3). 多重擴張樹協定 (Multiple Spanning Tree Protocol, IEEE 802.1s)
- (4). EtherChannel (Link Aggregation Control Protocol, LACP)
- (5). 頻寬限定 (Rate Limiting)
- (6). Flooding Control
- (7). 安全防護 (RADIUS, IEEE 802.1x)
- (8). 服務等級分類 (QoS)

#### 3.2.1.1 擴張樹相關課題

802.1d的主要作用是在於透過橋接器通訊協定資料單元(BPDUs)，讓構成環路的多個交換器自動協商產生Block Port，但由於Port狀態改變所需時間過長，預設Blocking至Listening state 20秒，Listening至Learning state 15秒，Learning 至Forwarding state 15秒，最差狀況總共需收斂時間50秒，於是發展出快速擴張樹協定802.1w以改進擴張樹收斂時間，且在802.1q VLAN的應用環境，如果每個VLAN使用一個STP，造成維運的困難，於是有多重擴張樹協定802.1s的產生。

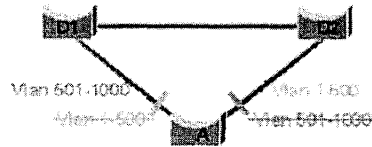
802.1w利用原來802.1d BPDUs未用的6個位元，直接攜帶Port的Role和State，以及新增Proposal和Agreement機制，並配合Edge Ports，Link Type等變數，Port定期(預設2秒)傳送BPDU，遇到網路拓撲改變，可加速收斂。

### STP與RSTP Port State 的比較

STP port state	RSTP port state	Is port included in active topology?	Is port learning MAC addresses?
Disabled	Discarding	No	No
Blocking	Discarding	No	No
Listening	Discarding	Yes	No
Learning	Learning	Yes	Yes
Forwarding	Forwarding	Yes	Yes

應用802.1s幾個VLAN可以Mapping到一個Spanning Tree Instance，達到Load sharing的目的(圖-9所示)，依據802.1s規格，MST Bridge至少須處理一個Internal Spanning Tree(IST)和一或多個Multiple Spanning Tree Instance(s)(MSTI)，Cisco支援一個IST及15個MSTI。

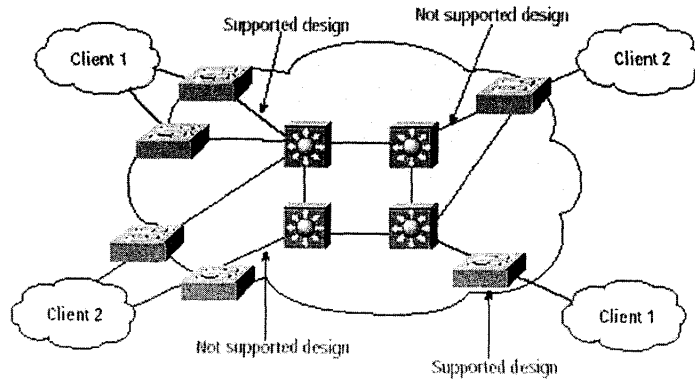
圖-9 應用802.1s於交換器A連接至交換器D1，D2



#### 3.2.1.2 擴張樹互動

擴張樹協定(STP)主要是設計用來移除第二層交換網路裡的迴遞，現存區域網路環境也定義了STP，在交換網路裡，802.1q Trunking定義了VLAN在交換器之間傳遞的方式，然而，加上了802.1q隧道化功能會讓擴張樹狀況更為複雜。比如說，一個客戶的VLAN 2之STP絕不能干擾另一個客戶的VLAN 2之STP，要解決這個問題，802.1q隧道功能就不能傳輸客戶VLAN的STP BPDU。而且當使用802.1q隧道化時並非所有的設計皆允許。802.1q隧道化並不允許客戶方之間的互相聯繫有第二層迴遞，如圖-10所示，唯一被允許有迴遞的設計是讓客戶方的CPE交換器連接上服務提供商核心網路同一個Catalyst 6500/Cisco 7600。

圖-10 802.1q隧道化客戶與服務提供商之擴張樹拓樸



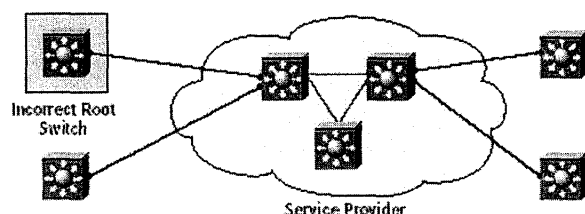
### 3.2.1.3 在Access交換器的根守衛

在交換網路裡，擴張樹的根(Root)是非常重要的而且必須在服務提供商與客戶網路時連接時被防護，而這時候就需要根守衛(Root-Guard)的功能來達成這個目的，擴充樹的計算係利用橋接器ID (BID)與路徑成本(Path Cost)，BID是由兩個次域所組合成的8位元組域，如下所示：

Bridge Priority (2 bytes)	MAC Address (6 bytes)
------------------------------	--------------------------

預設的橋接器優先序是32,768，Catalyst交換器將從眾多橋接器中選擇具有最低BID值的來作為唯一的根橋接器，橋接器優先序越低，則越為擴充樹根列為優先，如圖-11所示，假如在802.1q隧道化方案裡的客戶交換器具有比服務提供商的交換器還低的實體位置以及橋接器優先序，則該交換器將成為擴張樹根並且能從許多客戶處取得資料。

圖-11 服務提供商網路外的一個錯誤根交換器選擇



Root-Guard的功能能從服務提供商處針對個別的通訊埠來啟用，進而限制客戶交換器成為根交換器，首先，定義好所想要選定的根交換器範圍，然後在這個範圍內的每個通訊埠啟用Root-Guard，這個功能能針對個別的通訊埠來啟用，而非個別VLAN，假如客戶方嘗試想成為根交換器，則802.1q隧道存取埠將進入根不一致(Root-Inconsistent)的狀態。

這個功能可核對該通訊埠是否在STP裡有其特定的作用，假如根守衛通訊埠從客戶交換器那裡收到了更高階的BPDU同時客戶的BPDU也丟棄掉了，則根守衛通訊埠也可以進入根不一致的狀態，引起問題的交換器會被切斷連線，它不可在所定義的範圍裡插入高階BPDUs，而服務提供商的STP拓樸不受到影響，假如該通訊埠停止接收到高階BPDUs，它將在所允許的最長時間後離開根不一致狀態。

服務提供商的交換器偶而會從客戶方得到高階BPDU，然後馬上進入根不一致狀態，下列的步驟能解決這種狀態：

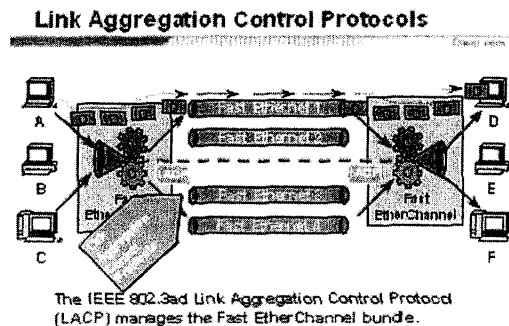
- (1). 將擴張樹優先序設定為較客戶的交換器來得高，該數值越低則客戶VLAN的優先序越高
- (2). 在該通訊埠上啟用根守衛 (Root-Guard)

#### 3.2.1.4 EtherChannel

在Fast和Giga Ethernet Port 允許多個Links 視為單一Link，以達到Redundant，加大頻寬以及 Load Distribution等的作用。EtherChannel 支援10、100、1000 Mbps，以及10 Gbps速率 (還可匯聚至高達16 Gbps與八個埠)。如圖-12所示



圖-12 Fast Ether Channel



### 3.2.1.5 頻寬限定(Rate Limiting)

頻寬限定係指在交換Port接收端，能對於流入的訊務作出速率限制，Cisco 7600產品可對不同的埠號、VLAN以及每個埠內至少四個VLAN ID進行不同速率選設，由1 Mbps開始，以每階1 Mbps的級距調至該埠的最高速率。

### 3.2.1.6 Flooding Control

Cisco 7600系列，具備Flooding 控制功能，以控制網路中可運行之Broadcast、Unicast和Multicast訊務，並可避免MAC Flooding Storm產生。例如Broadcast Storm Control 的功能開啟，並設定為Level 10 (總頻寬的10%)

### 3.2.1.7 安全防護

一般而言，乙太網路服務有三個主要安全問題須注意：阻斷服務攻擊(DoS Attack)，服務盜竊(Theft of Service)，以及隱私外洩(Loss of Privacy)，還有，違反安全的行為可能是有意的或無意的，有許多方法能處理不同的安全問題，而每種方法皆提供了某種程度上的防護，譬如說，實體位址限制能用來防止阻斷服務攻擊運用大量無實體位址的訊框攻擊廣域網路，非可信賴的客戶端配備裝置則應該經過認證以減少服務盜竊與隱私外洩的風險。

正如同未經授權而擅自存取網路的例子日益增加，用來進行這些入侵的方法技術也越來越複雜，對網路安全的預防不夠謹慎的話，則將導致他人能

在未經授權的情況下存取客戶的資料或系統，進而造成提供商的信譽損失以及對客戶的生產力造成損失或更嚴重的狀況，網路服務提供商以及它們的客戶皆需要一個完整的安全防護解決方案來防止遭到侵害。

藉由Cisco IOS® Software所擁有的豐富網路流量安全防護選擇，思科都會乙太網路解決方案便能夠依照服務提供商與消費者的需求來提供所需之安全防護設定選項，下面列出思科乙太網路解決方案中的一些安全防護特色：

- 終端機存取控制器控制系統(TACACS+)和遠端驗證撥號使用者服務(RADIUS)
- 802.1x 動態Port-based使用者認證
- Cisco 802.1x Extensions (802.1x with VLAN， 802.1x Guest VLANs， 802.1x & Port Security， and 802.1x with AVVID)
- 路由器ACLs (支援所有通訊埠的標準/延伸的ACL)
- 虛擬區域網路(VLAN) ACLs (支援所有通訊埠的標準/延伸的ACL)
- 通訊埠安全防護
- 私人VLAN和私人VLAN邊界

#### 3.2.1.8 服務等級分類(QoS)

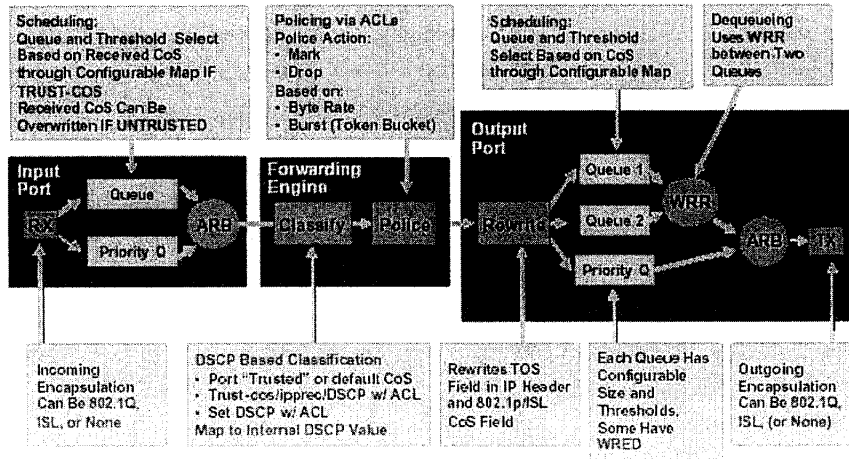
如欲讓服務提供商有效地管理它們的頻寬使用以及提供階梯式傳輸服務層級，與客戶訂定SLA(Service Level Agreement)，則必須提供大規模的流量優先順序(Traffic Prioritization)和管制選擇權的服務品質(QoS)策略。

以思科Catalyst系列交換器為例，QoS的Classify、Policing、Scheduling等過程，如圖-13所示

#### 3.2.2 都會乙太網路之管理

都會乙太網路和光纖存取技術正在隨著它們所能提供之較高傳輸速度與較低的成本支出而日益普及，但是要管理一個跨縣市，數百個交換器所構成的核心和接取網路，需要適當的網管工具，在擁有成千上萬VLAN客戶，各式各樣訊務運行的網路中，是否做好設定管理、效能管理、障礙管理、安全管理和帳務管理，將直接影響網路服務品質與客戶的滿意度。

圖-13 Catalyst 6000交換器的QoS



### 3.2.2.1 思科IP解決方案中心

思科針對都會乙太網路服務，提出一套管理系統，包含於思科IP解決方案中心(ISC)之中，ISC是一個介於客戶的服務管理層應用與網路管理層之間的領域管理者，並且還透過整合較低層級的Cisco Internet OSS零件來提供網路服務，這些包含像是Cisco 6500/7600 Manager， CiscoWorks LAN Management以及Cisco Transport Manager等的基礎管理系統，能在可程式化網路層(Programmable Network Layer)，結合Cisco Networking Services (CNS) Engines。

IP解決方案組合內容包括：

- Cisco Network Services (Programmable Network Layer)
  - Cisco Intelligent Agents
  - Cisco Configuration Engine
  - Cisco Notification Engine
  - Cisco Performance Engine
  - Cisco Accounting Engine
- Cisco Element Managers (Element Management)
  - Cisco 6500/7600 Manager
  - Cisco Transport Manager
  - CiscoWorks

- Cisco 12000 Manager
- Cisco 10700 Manager (future availability)
- VPN Solution Center/IP Solution Center (Domain Management)
- Cisco Information Center (Service Management)
- Cisco Provisioning Center (Service Management)

供應都會乙太網路代表著許多的挑戰，因為從客戶網路至存取網路，再到核心都有許多的通訊協定和技術必須經過整合，舉例來說，我們可能需要將來自乙太網路的802.1q標記然後為客戶定義一個可靠的QoS與頻寬的虛擬區域網路，接者，可能需要有個對應到一個穿過核心網路至另一個802.1q虛擬區域乙太網路標記的MPLS標籤，要利用適當技術，設定和管理那樣的對應，不是個簡單的任務，這需要有相當的網路介面知識和管理能力。

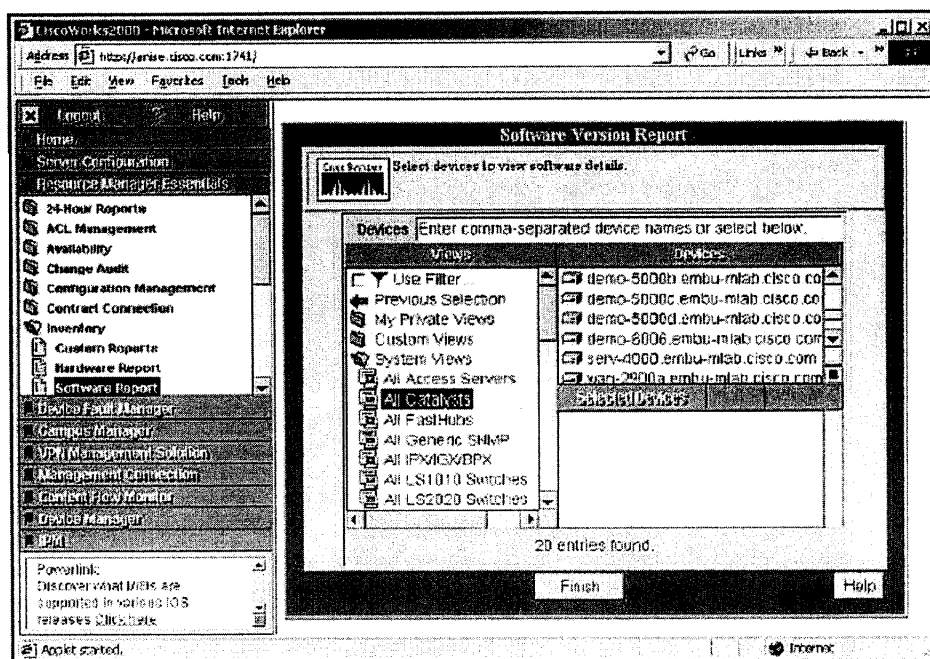
#### 3.2.2.2 Ciscoworks 2000

利用思科Ciscoworks 2000，可以在一個伺服器平台，有效整合各項管理工作，Ciscoworks 2000包含下列主要幾個應用：

- (1). Common Services and Ciscoview
- (2). RME：Resource Manager Essentials
- (3). DFM：Device Fault Manager
- (4). RTM：Genius RealTime Monitor
- (5). ACLM：Access List Manager
- (6). IPM：Internetwork Performance Monitor
- (7). CM：Campus manager

Common Services 的主要功能在於網管 Server 本身的設定，診斷和管理，另外包含管理 Device Node 的 Ciscoview。

RME 的主要功能在於管理各 Device Node 所使用的軟體，以及做 Syslog 分析，也包含 Configuration 管理，Inventory 管理，Change Audit，Job Approval 等，其顯示畫面如下所示。

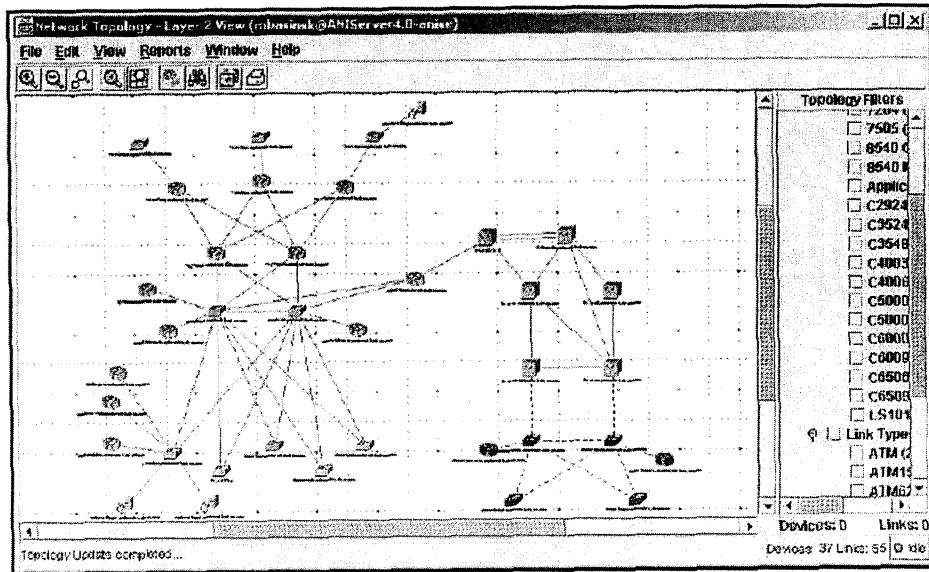


Device Fault Manager 可 Polling Device 獲得 Fault Information，然後依管理者需求，做必要的 Notification。依監管的 Device 多寡，Trunk Port 數量，要有效的執行，網管系統會有不同的記憶體需求。

Access List Manager 藉由 GUI 方便使用者設定 Router 或 Switch 的 Access List Control 資訊，管理者可以集中式的管理網路安全問題，不需要了解 ACL 複雜的語法。

至於 Internetwork Performance Monitor 是用來 Monitor Multi-protocol 網路的效能，它可以點對點的測量 IP 網路的 Latency 和可用性，可以測量網路兩端點之間的 Jitter、Packet Loss、Error 和效能統計，可以 Discover 網路兩端點之間的 path，可以用 Web-based 的方式提供長期的資訊，以了解統計趨勢。當我們設定的門檻值超過或 Connection Loss，Reestablished 或 Time-out 發生，我們都可以用 IPM 送 SNMP traps。

Campus manager 可畫出各種網路 Topology，可設定 Group，也可做 Path 分析，User Tracking 等，其顯示畫面如下所示。



### 3.2.2.3 網管設定

網管系統要對網路元件進行Trap收集，或藉由SNMP對網路元件下達管控指令，都需要先對網路元件做好SNMP相關設定。以下提出幾個常用設定的例子：

(1). 啟動snmp traps，送trap至主機 172.30.2.160：

```
snmp-server enable traps snmp
snmp-server host 172.30.2.160 public snmp
```

(2). 設定read only存取權限，for access list 4的成員，community string 為"comaccess"，而 snmp authentication失敗的trap，以SNMPv2C的方式送至主機 172.30.2.161：

```
snmp-server community comaccess ro 4
snmp-server enable traps snmp authentication
snmp-server host 172.30.2.161 version 2c public
```

為了確保網管系統能對網路元件進行管控，一般都以outband的方式，另外組成網管網路，以免Traffic Storm產生時，網管指令無法送達想要管控的元件。

### 3.3 廣域以太網路服務

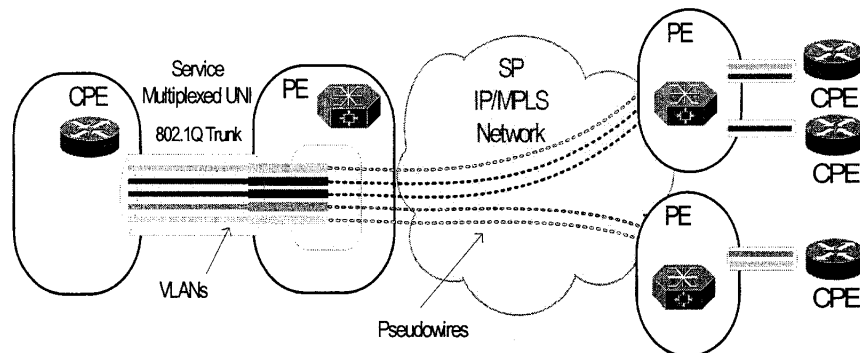
許多以太網路服務能令企業客戶在運用網路於其事業上時能做到更複雜甚至是其他服務商所辦不到之事，舉例來說，光憑一個以太網路服務介面便能聯結到許多的企業據點來使用企業內部的企業私有網路(VPN)，也可以經由企業外部的私有網路連線到事業夥伴或者供應商並提供一個高速網際網路連結至網際網路服務供應商(ISP)。此外，比起其他類型的網路服務供應商動則數日甚至數星期的耗時費力，以太網路服務的企業用戶只需透過以太網路服務的管理便能在數分鐘內增加或改變其所需的網路頻寬。而且，進行這些改變並不需要添購新的設備或是需要服務提供商之技術人員協助便能輕易完成。

#### 3.3.1 服務標準

廣域以太網路服務可分為四種基本正規的服務，不同的服務提供商或許各自以不同的名稱來銷售這些服務，但這些不同名稱的服務仍不脫離這裡所列出的四種正規服務。此外，某些服務提供商也可能藉由將一兩個這種正規服務與其自有之特定服務再加上垂直整合服務包裝於一起以便一併銷售給使用者(譬如防火牆管理服務等)。正規服務具備一個關鍵的特性，那就是現行的客戶設備如具備標準以太網路介面，則無須更換硬體或軟體便能連接到服務提供商之網路取得服務。

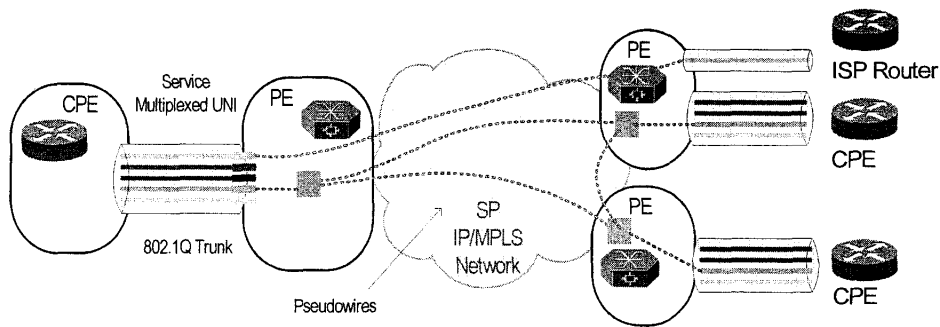
四種正規廣域以太網路服務的標準如下面所述：

##### 1、 Ethernet Relay Service (ERS)



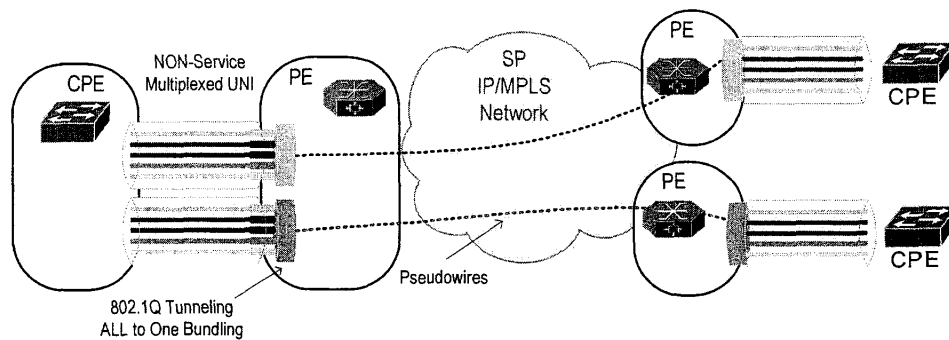
係如同訊框傳送網路般的服務，在兩個站之間利用路由器或主機來扮演CE設備進而建立點對點的聯結，每段連接皆為邏輯型的並經由VLAN ID來識別，複合的多邏輯連結能在單一實體聯結上作多路傳輸至服務供應商的網路，以便讓遠端的多點站能透過單一的實體連結便能連線至服務供應商的網路。

## 2、Ethernet Relay Multipoint Service (ERMS)



係延伸於ERS，由於具有乙太網路交換器的多點功能，因而能更進一步地在許多站台間進行多點對多點的連結。每段ERMS連接皆為邏輯型的並經由VLAN ID來識別，還能使用多路傳輸的方式來進行點對點與多點對多點的連結。ERMS支援使用主機或路由器為CE設備。

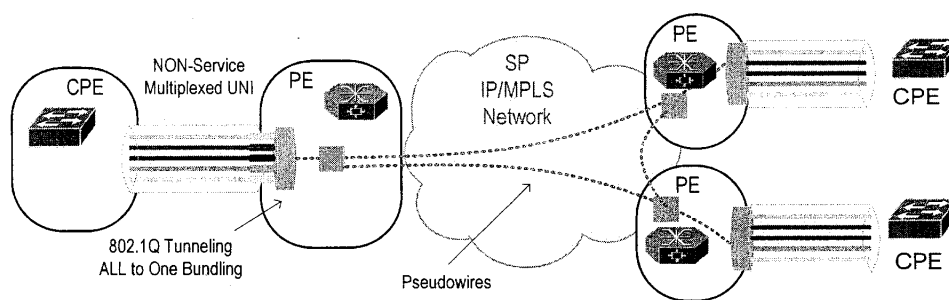
## 3、Ethernet Wire Service (EWS)





係如同專線服務的乙太網路服務。在兩個站台之間能使用路由器，橋接器或是主機來扮演CE設備以建立點對點連結。透過一條單一的實體連結至服務提供商的網路便能連線到一個單一的遠端站台。EWS能確保所有傳送至目的地之訊號皆不會受到更改。

#### 4、Ethernet Multipoint Service (EMS)

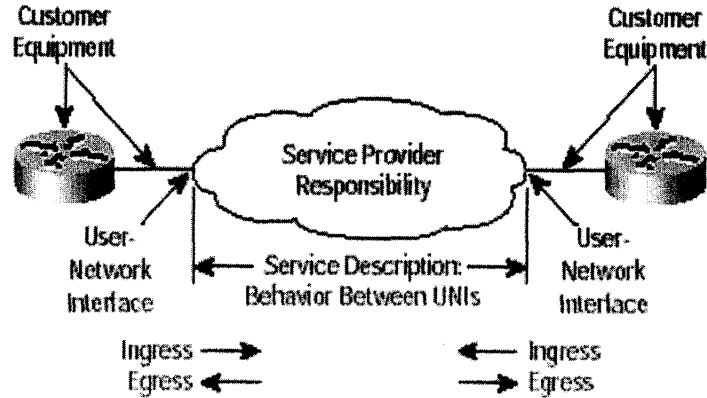


係如同具備多點乙太區域網路能力的廣域網路。在許多站台中建立一個單一的連接來傳送不會受到更改的訊框。該網路會以所得到的硬體位址來傳送每個單點傳播訊框到所指定的目的地站台。除了原發送站之外，所有廣播與多重傳送訊框或無硬體位置的訊框都將會被複製到每個站台。

##### 3.3.2 服務模式

所謂的服務在此係指為用戶之設備服務，稱之為Customer Equipment。對於為用戶之設備服務而言，服務的執行細節是在其全無所悉的情況下完成的。如圖-14所示，服務描述(Service Description)把服務提供商的網路當成“不透明團”(Opaque Cloud)。它們能以此方式而被視之為在服務提供商網路裡為實行所要的必需品。一個乙太網路服務模式被定義為有兩個基礎的特性：使用者網路介面(UNI)與虛擬乙太網路連接(EVC)。

圖-14 服務模式說明



### 3.3.3 使用者網路介面

一個UNI在服務提供商與服務使用者之間時即代表著一個劃界點。在廣域乙太網路服務裡，UNI同樣是以標準的乙太網路為基礎，服務提供商仍能對UNI做出微小的定義改變卻又不影響服務描述，舉例來說，在圖-14裡，連接CE至服務提供商之網路的纜線應該是服務使用者的責任，換言之，乙太網路UNI可能是一個在服務提供商所擁有之設備上的RJ-45插座或是一個跳線面板(patch panel)，但如果纜線被視為服務提供商的責任，則乙太網路UNI即可能是客戶設備上的RJ-45連接器，乙太網路UNI有多種實體的傳輸速度規格(如10 Mbps、100 Mbps、1 Gbps)與模式(半雙工或全雙工)。

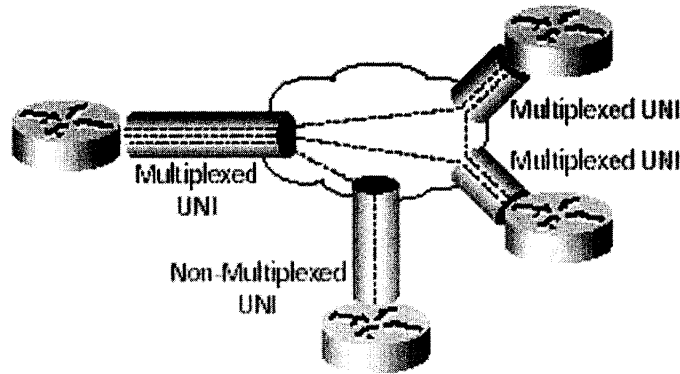
### 3.3.4 多工服務

當一個UNI以多工服務(Service Multiplexing)使用多重EVC時，則該UNI稱之為多工服務UNI (Service-multiplexed UNI)，而當一個UNI只使用一個EVC時，則稱之為非多工UNI(Non-multiplexed UNI)。基於EVC所附加的某些特色，如欲在一個單一的EVC裡使用混合多工與非多工UNI則可能受到限制(請參閱圖-15所示之多工與非多工UNI的例子)。

對於欲使用單一UNI來連接多重站台的服務用戶而言，多工服務UNI具有相當的重要性，因為多工服務能有效率地運用客戶端設備埠以

及減少所須添購與管理新UNI的成本。多工服務，正如同訊框傳送網路一樣，也具備能在單一實體介面上運行多工點對點虛擬連接的相同優點。

圖-15 多工服務UNI與非多工服務UNI



在連接至UNI的客戶設備埠上所設定的VLAN稱之為Customer Equipment -VLAN (CE-VLAN)，假設客戶端的設備是路由器，CE-VLAN則是在連接到UNI埠上的替代介面，在每個UNI上皆有個稱作CE-VLAN/EVC的映圖是負責用來對應CE-VLAN與EVC的，舉個簡單例子來說，當搭配功能(Bundling feature)並未行使時，絕對只能有一個CE-VLAN能對應到一個EVC，它的802.1Q標記為已標記之訊框驗證CE-VLAN，而未標記之訊框則被識別為無效的(或“4097th”)CE-VLAN。一般來說，服務用戶與服務提供商必須對在UNI的CE-VLAN/EVC映圖上取得一致意見，其中一種能實行的方法便是交由服務提供商來支配對應，訊框傳送網路便是如此去處理資料連結連線識別碼(DLCIs)與固接式虛擬連結(PVCs)之間的對應。

### 3.3.5 服務分類

服務分類(Service differentiation)提供了訊框不同層次的服務，服務層次的差異將反映在UNI-to-UNI延遲，不穩定性延遲和遺失，服務提供商也許能提供一些等級的服務，例如竭力數據(Best-effort data)，關鍵任務數據(Mission-critical Data)，以及語音或影像流量(Voice or Video Traffic)。

訊框取得差異性服務有下列數種方法:

- 以UNI來分類：所有UNI裡所承載的訊框皆以已分配服務等級來看待。
- 以EVC來分類：所有EVC裡所承載的訊框皆以已分配服務等級來看待。
- 以802.1p位元來分類：每個訊框以根據UNI上CE-VLAN標記裡的優先位元來分類，包括一個特定等級給未標記的訊框，假如服務提供商欲調整不同等級服務的收費，則這種分類法將可能需要對每一個EVC/UNI/，1 q的服務連結使用頻寬限定。
- 以區隔服務碼點(DSCP)位元來分類：當訊框承載IP封包時，則以DSCP的數值來分類。

### 3.3.6 服務回復能力與可靠性

今日的企業比起任何時候都還了解網路回復能力對它們不間斷的發展有多重要，擁有強韌的備援系統能夠讓公司更有把握地去處理任何阻礙，部署一個具有提供高水準服務回復能力與可靠性的解決方案能讓服務提供商與它們的消費者皆受益。Cisco IOS® 軟體、Cisco路由器以及Cisco Catalyst® 交換平台皆能透過其廣泛的硬體與軟體系統功能來提供最高水準的冗餘與容錯，提供一個透過設計有多層防護機制的網路基礎建設來創造一個即使經過最嚴重的網路錯誤仍能修復之安全網的解決方案。

下面列出數個有利於都會用戶的高可用性(high-availability)特色：

- 1 + 1 管理者冗餘支援 (Cisco Catalyst 6500與4500系列交換器和Cisco 7600系列網際網路路由器)
- 2-3 第二狀態管理者故障轉移支援 (Catalyst 6500和Cisco 7600)
- 第三層狀態轉交(Stateful Layer 3 Forwarding)， Spanning Tree， CAM Tables， ACLs， QoS， Port Security (MAC Based & 802.1x)以及廣域網路介面 (Catalyst 6500和Cisco 7600網際網路路由器)
- 1 + 1 電源供應冗餘支援 (Catalyst 6500， 4500， Cisco 7600 網際網路路由器以及給Cisco Catalyst 3550所用的Cisco RPS 300備用電源供應解決方案)

- 備援交換引擎支援 (Cisco Catalyst 4500, 6500系列交換器和 Cisco 7600系列網際網路路由器)
- 先進擴充樹功能 (Root and BPDU guard, PVST+, 802.1s/802.1w, PortFast, UplinkFast and BackboneFast, 以及 Loop Guard))
- 熱備援路由器協定 (HSRP)
- EtherChannel® 支援10, 100, 1000 Mbps, 以及10 Gbps速率 (還可匯聚至高達16 Gbps與8個埠)

對服務提供商而言，這些回復能力與可靠性意味著永續性的客戶服務等級合約(SLAs)之保證，而對於消費者來說，這些特色能幫助確保當網路不穩定時不會對生產能力與盈利能力產生過度的影響。

### 3.3.7 服務品質

如欲讓服務提供商有效地管理它們的頻寬使用以及提供階梯式傳輸服務層級，則必須先實行一個超越僅透過一個基礎硬體排序模式的方法即能提供大規模的流量優先順序(Traffic Prioritization)和管制選擇權的明智服務品質(QoS)策略，思科都會乙太網路解決方案便是充分利用其Cisco IOS® Software的Unparalleled Traffic Prioritization和管制選擇權的例子，思科都會乙太網路解決方案所能提供的特色如下：

- Per-port QoS 存取控制表(ACL)設定
- 加權循環(WRR)規劃
- 加權隨機預先偵測(WRED)擁塞管理
- 嚴格優先排序
- IP區隔服務碼點(DSCP)和IP 優先權(IP Precedence)
- Per-packet 重新分類和以下列來作記號：
  - 以第三和四層標頭來作為輸入/輸出的管制(IP only)
  - 支援1024進入和1024外出管制者 (能群聚設定也可以單一來設定)
  - 對於高度狀的QoS機能並沒有效能的損失影響
  - 支援OSM/FlexWAN QoS (分級加權式公平佇列 (CBWFQ)/低延遲佇列(LLQ))

這強韌的QoS系列功能提供了最佳的網路流量管理智能，無論是需  
要高效率地為頻寬貧瘠服務，分時的應用，或包括語音，影像以及其

他關鍵性流量等，都能被確保網路流量是經過最理想的方式來分類，優先排序與規劃。

### 3.3.8 虛擬私人網路服務

今日的企業正面臨一個重大的困境—面對不斷成長的員工數，許多員工又是時常處於移動的狀態下，該如何安全地連接彼此之間但又同時維持甚至減少通訊基礎建設的成本支出，雪上加霜的是如果還要能實行電子商務，便必須要想辦法解決如何才能安全地連線到企業外部的商業夥伴與廠商的問題，這時候虛擬私人網路(VPN)技術便是一個邏輯解決方案，VPN能讓企業利用網際網路來達到它們的安全通訊需求，不管是連線到遠端的公司，提供正在旅行的員工遠端連線，或是與商業夥伴做連線，VPN都可以安全地延伸企業網路並進而降低專線與訊框傳送網路所帶來的成本支出。

對服務提供商來說，提供的VPN服務有可能成為未來主要的盈利來源，由於現今的流動性工作不斷地增加，再加上企業普遍的需要控制它們的通訊成本支出，VPN服務提供了大部分的客戶一個能有效率地處理這兩種潮流的解決方案，Cisco都會乙太網路解決方案充分利用了Cisco IOS® Software裡面整套的VPN功能。

Cisco能對旗下全部的路由器與Catalyst交換器產品組合提供完整的VPN功能，有一個可能因素能影響提供商的成本高效益(cost-effectiveness)，那就是，VPN解決方案包含了路由機能以及部署在大量密集建築區與VPN組合的通道終結，在一個典型的MPLS VPN方案裡，每個客戶皆有專屬於自己的客戶端設備與一條連接至本地提供商端交換器的專屬連結，MPLS VPN一般會終結在一個提供商端設備上具有VPN關聯路由智能的客戶通訊埠，然後每一個提供商端設備的專屬通訊埠再直接連接到特定的客戶交換器，這般一對一的組合會無效率地消耗提供商端上寶貴的通訊埠進而導致所有能使用的設備通訊埠會快速地被用盡。

為了要解決這個問題，Cisco開發了多重VPM路由與轉送(Multi-VRF)技術，Multi-VRF是個能讓許多VPN客戶分享一個單一客戶端設備和提供商端設備上的硬體連接之第三層強化，欲達到這個目的，Multi-VRF延伸一個限定數量的提供商端路由智能和機能到客戶端設備以建立既安全又可調整的VPN在該設備上，這個增加的機能可以讓客戶端

路由器設備支援許多的VPN客戶，而且在一個單一的客戶端上每個都有屬於自己的獨特VRF路由表，至於服務提供商方面，除了藉由讓每個客戶各自的獨特路由表儲存在一個單一個設備上以便Multi-VRF能減少在提供商端設備上寶貴的VPN關聯埠負擔外，還能維持每個客戶的VPN連結隱私與安全，同時讓整體解決方案更有成本效益以及就算部署在VPN密集區也很理想，VRF-Lite(又稱為Multi VRF-CE)是Multi-VRF新開發的版本;能更有效地用在Cisco Catalyst存取交換平台上，這個新方案能讓小型低價的Cisco Catalyst客戶端設備支援許多VPN客戶並且只需要一個硬體上鏈到提供商端設備，經由減少客戶端平台成本支出與供應商端上鏈埠所節省的成本支出便能增加提供商VPN的利潤率同時還能增加整體網路擴充性與VPN的容量，VRF-Lite支援Cisco Catalyst 3550和Cisco 7600系列平台。

### 3.4 廣域乙太網路之應用

採用 FTTB 和乙太網路技術實現的寬頻 IP 接取網，由於其建設成本低，在區域大樓已有許多應用。有人預言，在五年後，大部分設備包括家電都將帶有乙太網路介面。也許 HDTV（高清晰度數字電視）也會有乙太網路介面與你的家庭區域網路連接，也許家裏不停電的冰箱將成為家庭區域網路的伺服器，它可以控制家裏所有的電器設備，並實現在網上自動訂購日常用品。

#### 3.4.1 隨選視訊(VOD)

所謂 VOD 隨選視訊可透過網際網路，讓使用者隨心所欲的欣賞各類數位影音、圖像資料及互動式光碟。VOD 就像一個大型的活動圖書館，學生將所要學習的教材透過網路取得，在 Internet 或 Intranet 上使用串流(Stream)數位視訊與音訊資料，並且依照個人，學習速度操控播放過程，進行遠距離學習。讓學生學得愉快，老師教得輕鬆。

目前的有線電視，觀賞者處於被動地位，業者播放什麼節目，客戶沒有選擇。然而未來的客戶可以透過控制信號，以選擇其所要觀賞的節目，如同他擁有許許多多的影片，可以隨時隨意點播，這也就是所謂的 VOD 服務。

VOD 服務的典型時況如下：使用者在家中經紅外線遙控器選擇想看的節目，這些節目資訊放置於遠端的視訊伺服器(VOD Server)，經傳輸網路而送達社區的分配網路，再傳到家中的視訊控制器而播放至電視。使用者可隨意選看節目並可作前轉、倒帶、暫停、播放等控制。近年來在視訊編碼、大容量儲存、非同步傳輸模式交換技術、以及高速網路通訊等方面的進展神速，使得 VOD 服務在電腦架構上的運用已臻成熟。

VOD 所能提供的服務類型有：隨選影片服務 (Movies On Demand; MOD)、隨選卡拉 OK 服務 (Karaoke On Demand; KOD)、隨選資訊服務 (Information On Demand; IOD)、遠距教學服務 (Distance Learning)、視訊會議服務 (Videoconference)、互動性電玩遊樂 (Interactive Games) 等類型

#### 3.4.2 視訊會議(Video Conference)

視訊會議是將相隔兩地的會議室，經由影像及語音輸出入設備以及電信網路的連結，使得會議雙方可以如同在同一會議室，迅速確實地做資訊交換、意見溝通的一種服務。



視訊會議為達成雙向溝通能力，會議室雙方均配備有攝影機，顯示器，麥克風，喇叭等裝備，並經由電信終端裝置，中繼傳輸線相互連接，會議中除了拍攝出席人員外，也須拍攝一些書面資料，因此往往要使用兩台以上的攝影機，但是如果所有攝影機之輸出訊號要全部加以傳送時，所需的成本很高，因此影像訊號部分常用畫面分割及靜止畫面同時顯示等方式加以處理，前者之方式乃是同一條傳輸線上，可在送多個畫面，例如，可依據發言者而切換畫面，或將 2 個通道之影像訊號以觀視比 (Aspect Ratio) 8:3 方向，在垂直方向上將 2 個畫面重疊傳送。後者之方式是先中斷動態畫面而載送靜態畫面，以便靜態畫面說明得以配合動態訊號，同時在兩顯示器上。語音的部分則須注意鳴音，迴音，及噪音的問題。視訊會議的影像變動很少，因此數位話處理的影像訊號可以大幅減少，對於長距離區間的傳送成本也可大幅降低。

#### 3.4.3 網路電話(VoIP)

網路電話是指在 IP 網路上的公司 LAN 或網際網路上進如形同打電話般的語音通訊。其具體方式有(1)上網的裝置互相通訊：上網的兩台電腦使用網際網路電話，這樣可以節省長途電話費。(2)一般線路連上網際網路來使用：使用與公司 LAN (IP 網路) 連接的電話打至一般的家庭，由於公司的電話網路與 LAN 整合，管理費用因而減低。(3)一般線路利用網際網路連接至其他電話線路：將公司的內線網路保持原狀，並將位在數個據點上的 PBX 予以 VoIP 化，以降低公司電話使用成本，或以新加入市場的長途電話公司為中心將電話網路予以 IP 化，以較低成本提供服務。

## 肆、觀感與建議

本次參加企業客戶大樓及園區寬頻網路應用服務及規劃設計暨都會區 Ethernet-Based 全光網路新技術之實習課程，對於利用 L3 交換機架構 FTTB 寬頻網路之規劃、設計與維運有所體會，實習過程中亦觀摩國外相關技術之應用展示，對此高頻寬技術顧問服務之未來發展更具信心。經由此次紮實課程安排與系統觀摩，受限時間之不足，雖無法深刻體會 FTTB，但已有初步瞭解。在此提出些許看法與建議供本公司未來建設與營運之參考。

本公司目前之寬頻接取網路係以 ADSL 為大宗，但其使用頻寬受限距離、供裝流程煩瑣、改接作業費時等不利因素，國外已有多家業者對公寓住宅或商業大樓客戶(MDU/MTU)推出價廉之光纖接取服務，逐漸滲透 ADSL 與 Cable 市場，預期 FTTB 服務將快速發展成為未來主流產品。由於光纖接取網路具備較低之單位使用成本及適合高頻寬應用(如視訊會議、遠距教學及本公司即將推出 MOD 服務)的特性，發展高品質且頻寬可彈性升級之光纖接取服務將是未來各國電信業者提供之標的。為提昇本公司寬頻服務競爭優勢及創造增值營收，宜針對 FTTB 之市場積極推廣光纖接取服務，證諸國內現況與國外發展情形，建議相關實施策略如下：

### 1. 初期

- 對光纖已佈建且客戶分布集中的都會區辦公大樓企業客戶加速行銷推廣，甚至以優勢價格鞏固橋頭堡並阻止其他業者進入市場。
- 對校園、工業區、科學園區與廠辦大樓，可利用本公司基礎網路與多元化業務之優勢，設計各式套裝業務(Bundle Package)進行促銷或試用，擴大市場規模並增裕營收。
- 對現行 ADSL 普及率較高之社區/住商大樓，以優惠方式促其改用 FTTB 架構，不但符合使用頻寬增加趨勢亦可提高客戶貢獻度(ARPU)。

### 2. 中期

- 為擴大市場佔有率並降低未來單位建置成本，在現行良好基礎上，繼續擴大 FTTB 在用戶光纜及電信室之推廣建設以擴大光纖服務涵蓋面。
- 加速進行 SDH 之建設以提供可靠之骨幹傳輸網路。

### 3. 長期

—配合 PON (Passive Optical Network)與 EFM (Ethernet in the First Mile)之發展，積極建設 FTTC/H 網路，全面拓展寬頻服務。

本公司目前 FTTB 寬頻接取網路市場係以學校、縣市網及都會區辦公大樓為主，為能符合客戶需求、提升服務品質並為未來廣大用戶提供快速服務，在維運方面建議成立技術支援小組，提供各種問題診斷、技術諮詢及支援服務，相關機制包括：—設置單一維護服務窗口；

—提供 24 小時全年無休之障礙受理及維護；

—除不可抗力因素外，將於接獲障礙通知 24 小時內修復；

—提供網路即時流量統計；

—網路設備監控與管理。

附錄一：本案採購服務系統設備器材清單

項次	細項	設備名稱	單位	第一批	第二批	合計
1		高容量局端交換器				
	1.1	7613-SUP720-PS	套	57		57
	1.2	WS-SUP720	片	57		57
	1.3	4000W-DC	組	57		57
	1.4	PWR-4000-DC	組	57		57
	1.5	WS-X6516A-GBIC	片	14	1	15
	1.6	WS-X6408A-GBIC	片	104		104
2		中容量局端交換器				
	2.1	7609-SUP720-PS	套	6	9	15
	2.2	WS-SUP720	片	6	9	15
	2.3	4000W-DC	組	6	9	15
	2.4	PWR-4000-DC	組	6	9	15
	2.5	WS-X6408A-GBIC	片	12	21	33
3		10/100 Base-TX RJ-45 模組				
	3.1	WS-X6148-RJ-45	片	1		1
4		STM-1 ATM 模組				
	4.1	WS-X6182-2PA	片		1	1
	4.2	PA-A3-OC3SMI	片		2	2
5		STM-4 POS 模組				
	5.1	OSM-2OC12-POS-SI	片	4	1	5
6		10GigaEthernet 模組				
	6.1	WS-X6802-10GE 2 port	片		2	2
	6.2	XENPAK-10GB-ER	片		2	2
7		1000 Base-LX GBIC 單體	組	542	112	654
8		1000 Base-LHX GBIC 單體	組	674	112	786
9		1000 Base-ZX GBIC 單體	組	4	4	8
10		WS-F6700-DFC3A	片	4		4
11		PC 網管伺服器	套	1		1
12		網管工作站(可攜式膝上型)	部	3		3
13		工務終端機	部	14	1	15
14		機櫃/架(含 96 心光配線箱二只)	批	63	9	72
15		PC 網管伺服器(2)	套	1		1
16		施工配合料	批	63	1	64

## 附錄二：Cisco 7600 Switch Router 產品介紹

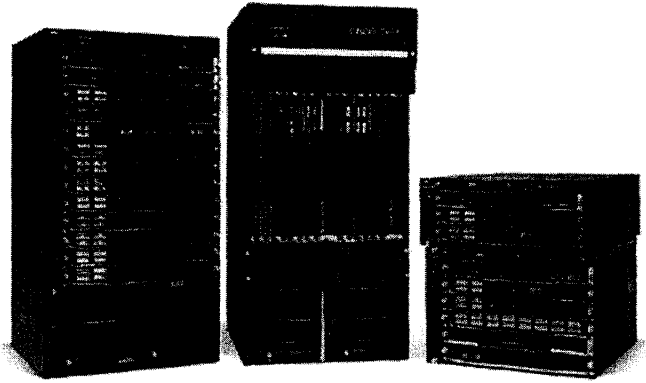
### ◎ 產品定位

Cisco 7600 系列為企業、校園和 ISP 電信網路提出了新的 IP 資料傳輸和應用的支援標準，它不但能提高用戶的生產率，提升操作控制能力，還能提供優越的投資保護。作為 Cisco 重要的路由器，7600 系列路由器能夠提供安全的 End-to-End 整合式網路服務，提供使用的範圍從連接大量用戶端到核心骨幹，延伸到 ISP Data Center 和 WAN 連線。

Cisco 7600 系列能夠提供多樣化的機型和 LAN/WAN/MAN 介面，提供可擴展的性能和連接埠數量，因而能幫助企業和 ISP 電信業者降低總體擁有成本。

Cisco 7600 系列交換器提供 3 插槽、6 插槽、9 插槽和 13 插槽的機型，以及多種整合式服務模組，包括 Gigabit 等級的網路安全、內容交換、語音和網路分析模組。7600 系列中的所有機型都使用了相同的模組和作業系統軟體，形成了能夠針對未來擴充的硬體架構，由於能提供操作介面的一致性，因而能提高 IT 基礎設施的使用率，並增加投資效益。從 48 埠到 576 埠的 10/100/1000 Ethernet 埠或者 192 個 1Gbps 或 32 個 10Gbps 骨幹埠，提供高達 400Mpps 封包處理能力的網路核心，Cisco 7600 系列路由器能夠借助備援路由與轉送引擎之間的故障自動切換功能提高網路正常運作率。

Cisco 7600 系列具有許多業界領先的功能，獲得了許多"業界第一"的評價。它同時支援三代模組，這些模組不但能不斷提升 7600 的整體價值，也同時表現出思科對於技術創新的重視。思科的新一代 7600 系列模組和交換引擎 Supervisor Engine 720 包含思科新開發的 11 種 ASIC 晶片組，它不但提升了思科在網路界的領先地位，還能提供優越的投資保護。



Cisco 7600 系列機型

◎ Cisco 7600 系列交換器 硬體轉送架構

Cisco 7600 系列路由器模組使用下列三種轉送技術 每一種都有不同的特性和架構以及效能：

- Cisco Express Forwarding (CEF)—高達 30 Mpps 效能，這種技術使用位於管理模組上的 PFC 子卡，作為集中式 CEF 的轉送引擎。配合 CEF 轉送表，轉送引擎集中地決定封包如何轉送。
- Accelerated Cisco Express Forwarding (aCEF)—適合用在高效能的企業環境，這種技術使用 aCEF 引擎和模組上的 aCEF 轉送表來轉送封包，模組上的 aCEF 轉送表是依據管理模組上 PFC 子卡的 CEF 轉送表而產生，可以協助模組作大量封包的區域封包交換。
- Distributed Cisco Express Forwarding (dCEF) —適合在最需要大量傳輸的環境，這種技術使用位於模組上 DFC 子卡的 dCEF 引擎，

並配合由管理模組上集中 CEF 轉送表所複製而來的 dCEF 轉送表來自行轉送封包，提供最高的效能和延展性。

◎ Cisco 7600 系列交換器之交換架構

Cisco 發展下列的交換架構使得交換器平台得以持續擴充：

- 32-Gbps 匯流排—可以存取集中分享式的匯流排
- 256-Gbps 交換背板—位於交換背板模組
- 720 Gbps 交換背板—位於 Cisco Catalyst 6500 Series Supervisor Engine 720

◎ Cisco 7600 系列路由器之規格

1. 模組式設計，具備 9 個(含)以上模組插槽。
2. 具備 640Gbps(含)以上之交換背板核心(Switch Fabric)。
3. 管理模組具備 512MB(含)以上之 DRAM，可再擴充達 1GB(含)以上。
4. 可擴充支援管理模組(Supervisor Module)、路由交換核心(Switch Fabric)、及電源供應器等之備援功能，本案須提供備援電源供應器。
5. 整體系統最高可擴充達 400Mpps(含)以上
6. 路由器之第三層交換功能 (Layer 3 Switching) 皆具備硬體處理能力，包括 IPv4 routing、IPv6、MPLS、GRE、NAT 等。
7. 可選用介面須支援以下介面：
  - Ethernet : FastEthernet，Gigabit Ethernet，10 G Ethernet。
  - Packet over SONET: OC-48、OC-12、OC-3。
  - ATM : OC-12，OC-3。
8. 路由器可擴充 10GbE 模組，最高可達 32 埠(含)以上。
9. 廠商所提供之每一超高速乙太網路模組，針對 IPv6，MPLS，GRE，NAT，Egress Policing 等，須皆具備硬體加速能力。
10. 各類網路模組及電源供應器需具備線上抽換(Hot Swap)能力。
11. 具備高速乙太網路(Fast Ethernet)及超高速乙太網路(Gigabit Ethernet)頻寬整合功能，可於交換器間提供 8 埠(含)以上之連結，並提供各埠間負載平衡(Load Sharing)及相互備援(Redundancy)之功能。
12. 交換器每埠皆可提供 802.1p 及 QoS 之服務品質保證設定。
13. 支援下列路由通信協定：

網路層通信協定: IP。

動態路由通信協定: RIP、RIPv2、OSPF、IS-IS、BGP4。

多點廣播(Multicast)通信協定:IGMP1、IGMP 2、PIM、  
DVMRP。

14. 支援以下 MPLS 功能

Basic MPLS

MPLS class of service (CoS)

Ethernet over MPLS

MPLS virtual private network (VPN)

15. 支援 Route Authentication、TACACS+、IP Permit Lists、Secure Port  
Filtering、及可設定不同密碼權限等安全管理功能。

16. 支援下列網路標準:

IEEE 802.1Q

IEEE 802.1p

IEEE 802.3z

IEEE 802.1d

RMON MIB (RFC1757)

Telnet、TFTP、BOOTP

17. 符合 UL、FCC 等安全及電磁規範。