行政院所屬機關因公出國人員出國報告書

（出國類別：實習）

「HiNet 骨幹網路新技術」實習

報　告　書

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　游峰鵬

出國地點：美國

出國期間：89 年 11 月 26 日 至 89 年 12 月 16 日

報告日期：90 年 5 月

摘 要

本報告書共分六單元，第一單元說明本次實習之目的。第二單元敘述實習行程及所參加的實習課程。第三單元為 Cisco MPLS VPN 的介紹，介紹如何利用 Cisco 路由器(Router)的 MPLS(Multi-Protocol Label Switching)技術來建置 IP VPN 網路。第四單元敘述 Redback Subscriber Management System(SMS)安裝與操作，而 Redback 公司的 SMS 是用來提供 ADSL 寬頻上網所必備的寬頻接取伺服器(BRAS)。第五單元介紹 IP over DWDM 的發展，了解 IP over DWDM 相關的技術與發展，以及如何利用此技術來滿足未來頻寬需求的快速成長。第六單元為實習心得。

目錄

壹、 實習目的

目前 Internet 快速發展，加上寬頻技術日益普及，骨幹頻寬需求日益加大，相關應用除了資料 (Data)傳輸外，目前聲音(Voice)、影像(Video)也大量在 Internet 上傳輸。在 VPN 技術的發展上，Intranet VPN 及 Extranet VPN 也可應用在 IP 網路上，無需透過傳統 Frame-Relay 或 ATM Layer 2 Virtual Circuit 方式來建置 VPN，在 IP 網路上除使用各種 Tunnel 技術來架構 IP VPN 網路外，目前網路的發展趨勢之一是利用 MPLS(Multi-Protocol Label Switching)技術來建置 VPN 網路似乎也已漸漸被考慮採用。寬頻網路的另一發展趨勢是寬頻接取網路技術-非對稱數位用戶迴路(Asynchronous Digital Subscriber Loop，簡稱 ADSL) ，利用 ADSL 寬頻上網以提供用戶更多元的多媒體服務，是目前大多數的 ISP 所全力發展的重點工作之一。因此本次職等奉派出國實習，主要在於學習寬頻網路技術，以提供更多樣化的寬頻網路服務。

貳、 實習行程及實習課程

職等奉派至美國實習『HiNet 骨幹網路新技術』，於八十九年十一月二十六日啟程，至同年八十九年十二月十六日返國，含行程共二十一天。此次實習行程及實習課程敘述如後：

八十九年十一月二十六日

去程，自台北搭機赴美國亞特蘭大。

八十九年十一月二十七日 ~ 八十九年十二月二日

實習『Advanced Networking Expertise Workshop II 課程』

八十九年十二月三日 ~ 八十九年十二月八日

實習『Configuring the Redback Subscriber Management System 課程』

八十九年十二月九日 ~ 八十九年十二月十四日

實習『Provisioning Wavelength on Demand Services 課程』

八十九年十二月十五日 ~ 八十九年十二月十六日

返程，自美國洛杉磯搭機回台北。

參、Cisco MPLS VPN 的介紹

3.1 概述

IP VPN 是利用隧道(Tunnel)技術在連接 IP 網路的用戶間建立安全的數據通道，目前的隧道技術有 GRE(Generic Routing Encapsulation)、L2TP (Layer 2 Tunnel Protocol)、IPSec (IP Security)和 MPLS (Multi-Protocol Label Switching)，運用這些技術可依據用戶的需求建構用戶的 Intranet VPN 或 Extranet VPN。

GRE、L2TP、IPSec 所提供的方式是用多個點對點的連接隧道來組成 IP 網路 VPN，這種建置方式並不是非常方便，當用戶增加一個 VPN 網路節點，就需要對每一個其他節點逐條建立點對點的連接，雖然有其他方式來減少建立點對點的連接的數量，但整體的架構對維護上相當不易。如果 VPN 的隧道起始端與目的端兩端是由用戶的 VPN 設備所建置維護，那麼用戶的 VPN 網路管理費用勢必不低。

MPLS VPN 提供更加靈活的方式來建置用戶的 VPN，而且所有設備與維護均由 ISP 來負責，如用戶需新增 VPN 網路節點，只需申請連線至 ISP 的 MPLS VPN 即可，因此可以大大降低用戶的 VPN 網路管理費用。

3.2 MPLS VPN 架構

在 MPLS VPN 架構中可分成三種設備，一為 MPLS VPN 網路的 PE 路由器(Provider Edge Router, PE Router)，即 Edge LSR；另一為 MPLS VPN 網路的 P 路由器(P Router)，即 Core LSR；第三種為用戶端設備 CE 路由器(Customer Equipment Router)。PE Router 主要功能為區分進

入 MPLS Network 之封包並加入 Label，或者對離開 MPLS Network 之封包將其 Label 移除。除此之外，PE Router 另一項主要功能為具備有 MPLS VPN 功能，即其具備 VRF(VPN Routing/Forwarding instance)功能可處理相關 VPN Routing 功能，PE router 負責管理不同 VPN Group 之 Routing Table，此工作透過 PE Router 內建置不同 VRF 來做辨識管理；而 P Router 主要功能為依據 Label 做 MPLS Label Switch 功能，P Router 為高速交換的路由器或 ATM 交換器設備，一般 P Router 不處理 MPLS VPN 相關功能，只單純依據 Label 做高速交換處理；CE router 為一般具備 IP routing 之 Router 即可，無需具備 MPLS VPN VRF 功能。

同一 Router 下有多份的(Multiple) VRF，每一 VRF 即獨立 Routing/Forwarding Table，從前每一 Router 只有單獨的一份 Global Routing Table，透過 VRF 機制，每一 Router 可以有多個獨立之 Routing/Forwarding Table，因此不同 VPN Group 皆有獨立 Routing/Forwarding Table，即 VPN-A Group 只依據 VPN-A 的 VRF Table 做 Routing/Forwarding，VPN-B Group 只依據 VPN-B 的 VRF Table 做 Routing/Forwarding，而 VPN-A 的 Group 及 VPN-B 的 Group 彼此間不能相互存取(Access)，以確保 VPN-A 及 VPN-B 間相互存取的安全性。

PE router 與 CE router 間透過一般 IPv4 Routing Protocol 做交換，如

EBGP、RIP 或者 Static route。PE Routers 之間則需彼此透過 MP-iBGP(MultiProtocol Interior Border Gateway Protocol) Session 來交換 VPN 路由資料，即 VPN:Ipv4 位址。MP-iBGP update 包含 VPN:Ipv4 位址及 VPN 對應之 LABEL，一般而言 VPN:Ipv4 address 需是唯一的，亦即 RD+Ipv4 address 需獨一無二即可，RD(Router Distinguisher)，主要功能為區分 PE Router 內的每一個 VRF，即每一 VRF 皆有獨立的 RD 值。

RD 的值為 64Bits，一般格式為 Type(16Bits，0X00)：AS-number(16Bits)：VPN-ID(32Bits) 或者為 Type(16Bits，0X01)：IP-Address(32Bits)：VPN-ID(16Bits)，此二種格式透過 BGP Extended Community 將不同 VPN Group 做相對應之 Route update，RD+Ipv4 address 組合成所謂 VPN:Ipv4 address，RD 需為 Global unique，所以 VPN:Ipv4 address 也是唯一(Unique)。

如 VPN-A 用戶其 RD 假設為 100：1，其 Ipv4 address 為 10.1.1.1，而 VPN-B 用戶其 RD 假設為 100：2，其 Ipv4 address 為 10.1.1.1，即 100:1+10.1.1.1 與 100:2+10.1.1.1 是獨一無二之位址，VPN-A 與 VPN-B 內的 IP address 可重複(Overlap)使用。

MPLS VPN 間用戶彼此 Routing 可透過 Extend community Route Target 決定是否 import/export 至不同 VRF，因此，同一 Site 可透過

import/export RT 決定其相關 Routing。其中的 RT(Route Target)是 PE router 收到 MP-iBGP Routing update 後依據此 Route Target 定義將其 Route 加入至不同 VRF 定義中，如圖 3-1 所定義：

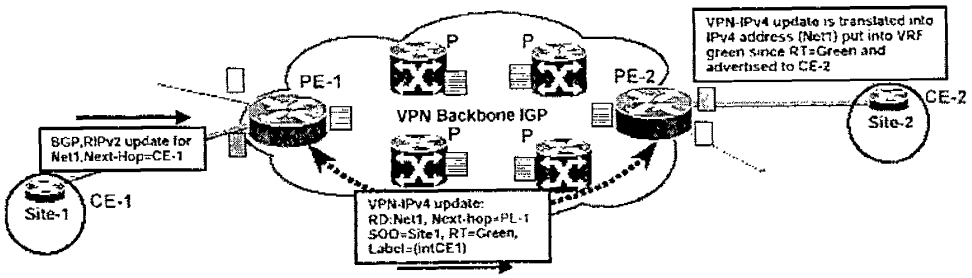
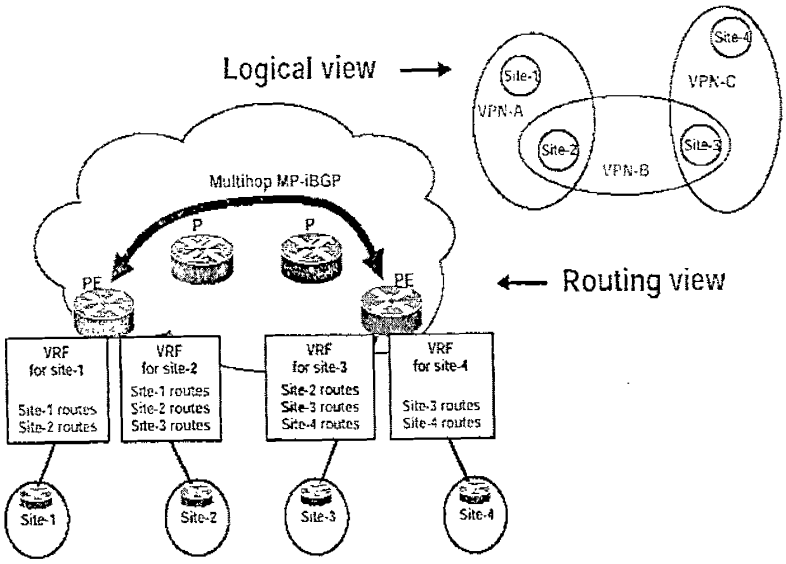


圖 3-1

如圖 3-2 所示，Site-2、Site-3 的 RD 值為 10:2，Site-2 需知 Site-1 與 Site-3，因 Site-2 與 Site-3 RD 同為 100:2，需額外 import Site-1 之 RD，因此需 import 100:1 及 100:2；而 Site-3 需知 Site-2、Site-4，需額外 import Site-4 之 RD，因此需 import 100:2 及 100:3。

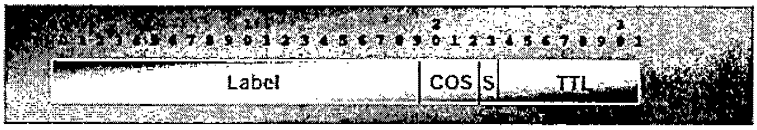


100:1 100:1 100:2 100:3
100:2 100:3

圖 3-2

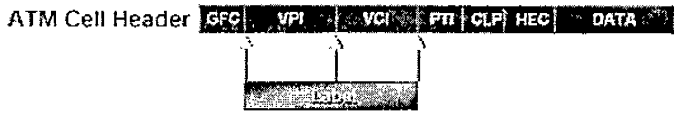
MPLS VPN 架構中採用兩層 LABEL stack 方式做 LABEL Switching，第一層 LABEL 將此封包 Switch 至適當 VPN-Ipv4 之 BGP Next-Hop address，此 Next-Hop address 為透過 IGP 所學到 PE 路由器位址(Provider Edge Router address)，LDP 將此(IP-prefix，LABEL)distribute 至 MPLS network。第二層 LABEL 用來判定 PE router 對應的那一個 Outgoing interface 或對應的那一個 VRF Routing/Forwarding Table，此第二層 LABEL 先前透過 MP-iBGP 傳遞 VRF Extend community 與此 LABEL 之對應。

LDP(Label Distribution Protocol)，LDP 主要提供 MPLS network 中 neighbor discovery 功能及透過 LDP 將 IP prefix 及 Label binding update 至 neighbor，使 MPLS Router 建立(IP-prefix，Label)相對應關係之機制。MPLS header 為一 32Bits 長度之欄位，其格式如下：



LABEL 之值的長度為 20bit，TTL 為 8bit，其功能與 IP header 中 TTL 欄位意義相同，即每經過一個 LSR，TTL 值自動減一，若 TTL 值等於零，代表此封包無法找到目的地，LSR 將此封包去掉(Discard)；COS 代表 Class Of Service，做分類服務，S 代表 bottom of Stack，判斷此 LABEL 是否為底，若非底部則其封包後面還有 LABEL。

一般而言，Label 介於 L2-Header 及 L3-Header 中間，格式如下：



PE Router 接收 CE Rouer 之 Ipv4 routing update，PE Router 將此 route 轉成 VPN-Ipv4 route，並設定 MP-iBGP 相關參數(如圖 3-3 所示)，包括

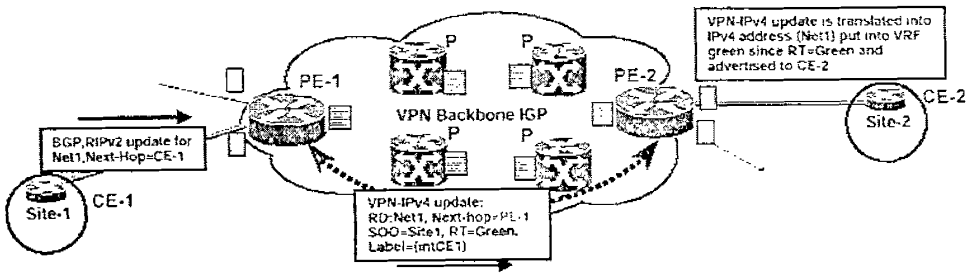


圖 3-3

(1)SOO(Site Of Origin)：主要功能為區分 VPN 群組中某個點其透過 Multi-home(即單點多個 Link 連接至 MPLS VPN PE)連接，防止其產生 Routing Loop。BGP Router 透過此機制可防止 PE 將 BGP 回傳(advertised back)至相同的 site，SOO 透過 route-map 方式設定至 PE-CE Router 中某個 neighbor，防止產生 Routing Loop。

(2)RT 值

(3)Next-Hop

(4)Assign a Label based on VRF

設定完後透過 MP-iBGP update 至此 PE 所有的 neighbor。

接收端的 PE 收到 MP-iBGP 中的 VPN:Ipv4 update 後，將此 VPN:Ipv4 route 轉成 Ipv4 address 格式，並將此 Ipv4 address 放入對應之 VRF。放入何者 VRF 由 PE Router 中 VRF import RD 值決定，PE 端將此 Ipv4 route 透過 EBGP、RIP 或 Static route 方式與 CE Router 做交換，

如圖 3-3 所示。

MPLS VPN 中的 VRF 由進出封包的 interface 來指定，此 interface 可為 sub-interface 如 Frame-Relay sub-interface、Vlan sub-interface，同一 sub-interface 只能為某一 VRF，不同 sub-interface 可為同一 VRF，即同一 VPN Group 可透過同一 Router 不同 interface 來連接。

3.3 MPLS VPN 設計說明

(1) Internet Routing Table 跟 VPN 的 VRF 各自為獨立之 Routing/Forwarding Table，MPLS VPN 架構中，Internet route 放在 PE Router 中 Global Routing Table，而 P Router 則無任何 VPN:Ipv4 BGP Routing Table。

(2) PE Router 的 default route 架構: PE Router 將 default route 存放在不同 VRF，不同 VRF 其 default route 可指定不同的 Internet Gateway。如圖 3-4 所示，Site-2 的 VRF 其 default route 指定 PE-IG 當成其 Internet Gateway。

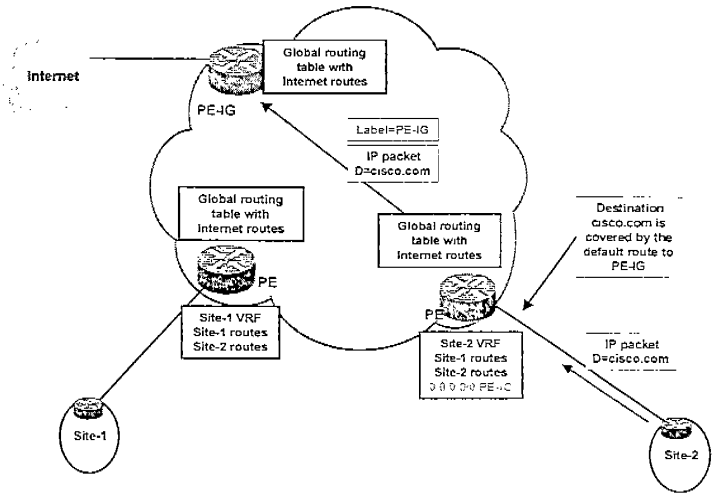


圖 3-4

(3) PE Router 有 2 個 sub-interface 架構: CE Router 可接收及傳送 Internet route，PE Router 接受 CE Router 將其 import 至 Internet Global Routing，此一 sub-interface 不屬於任何 VPN Group 之 VRF，PE 在此架構下使用 2 個 sub-interface，一個 sub-interface for Internet，另一個 sub-interface for VPN Group，針對 VPN Group 之 sub-interface 可為 Tunnel interface，此一 interface 專屬於某個 PE Router 的 VRF Table，如圖 3-5 所示：

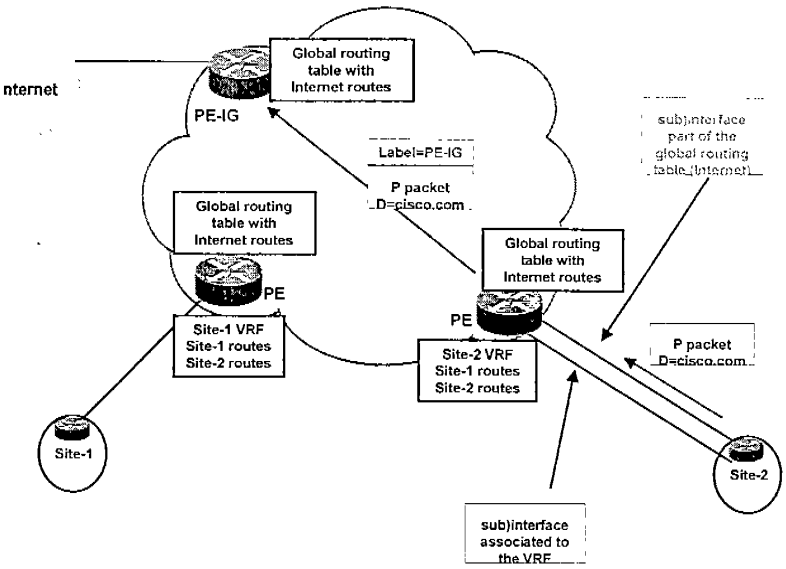

nternet
Global routing table with Internet routes
PE-IG
Label=PE-IG
P packet
D=cisco.com
sub)interface part of the global routing table (Internet)
Global routing table with Internet routes
PE
Site-1 VRF
Site-1 routes
Site-2 routes
Global routing table with Internet routes
PE
Site-2 VRF
Site-1 routes
Site-2 routes
P packet
D=cisco.com
Site-1
Site-2
sub)interface associated to the VRF

图 3-5

肆、 Redback Subscriber Management System 安裝與操作

4.1 概述

寬頻服務已漸漸普及之際，提供用戶寬頻接取更是所有 ISP 業者爭相推出的服務，ADSL 寬頻接取技術更在此寬頻服務大量需求之際，扮演一最重要的角色。

ADSL 寬頻接取技術結合了傳統的 dial-up 與 lease lines 的優點，提供高速的接取 Internet 以及低廉的上網費用，固接式的 ADSL 就如同 lease lines 一般，提供用戶固定的 IP 位址服務，撥接式的 ADSL 則如同 dial-up 般使用 PPP 來做認證與授權服務。

為提供 ADSL 寬頻接取服務，我們需要具備一寬頻接取伺服器 (BRAS)來滿足大量的固接式與撥接式 ADSL 用戶的寬頻上網接取，如圖 4-1 所示。

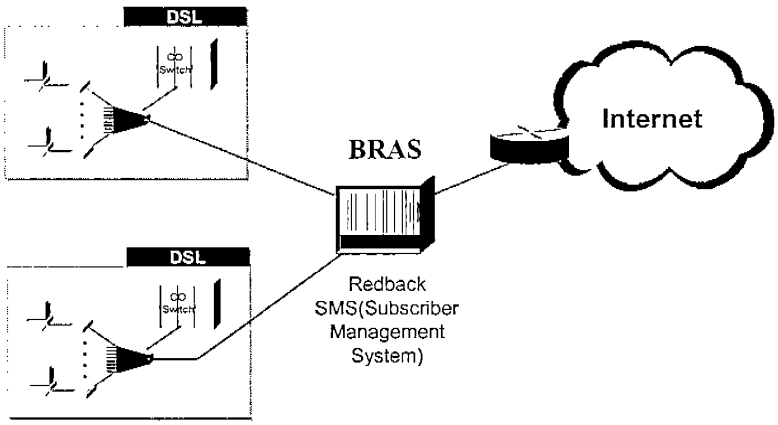


圖 4-1

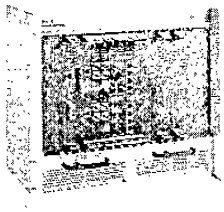
4.2 RedBack 寬頻接取伺服器(BRAS)

4.2.1 Redback SMS(Subscriber Management System)

Hardware

Redback BRAS 目前有 SMS 500、SMS 1800 和 SMS 10000 三種容量不同的產品，而在 ISP 內所使用以 SMS 1800 和 SMS 10000 為主，其外觀如圖 4-2 所示，SMS 1800 最多可提供 8000 concurrent subscriber，而 SMS 1800 最多可提供 100000 concurrent subscriber。

SMS 1800



SMS 10000

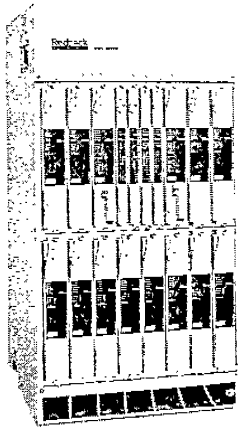


圖 4-2

基本功能:

(1)Control Engine(CE)/System Manager(SM)

- Performs all Mgmt & Control Functions
- 1 Required per Chassis
- CE3 (1800)
  233 MHz MMX Pentium processor
  128 MB of DRAM, a 512 KB cache, 8 MB of flash memory
- SM (10000)
  4 x PowerPC
  128MB of DRAM upgradable to 512MB

(2)Forwarding Engine(FE)/Connection Manager(CM)

- Performs all Packet Forwarding between I/O Modules
- 1 Required per Chassis
- No OS Overhead - Tight Code Loop
- FE2
  Dual, 233 MHz, Pentium processors
  16 MB base memory expandable in 16 MB increments (to at least 48 MB)

Performance and scalability enhancements w/ later software (version 3.0)

介面模組:

- Frame Relay
- 2 Port HSSI
- 2 Port Clear Channel DS-3
- 2 Port Channelized DS-3
- 2 Port E3 (Q300)
- 8 Port T1/E1
- ATM
- 2 Port DS-3 UNI
- 2 Port OC-3c UNI
- 2 Port E3 (Q300)
- PoS
- 2 x OC-3 PoS tEthernet
- 2 10/100 Ethernet

(SMS 10000 only)

- ATM
  2 x OC-12
- POS
  2 x OC-12
- Ethernet
  2 x Gigabit Ethernet
- Future
  Channelized OC-12 packet
  OC-48

4.2.2 Redback SMS 基本觀念說明

為瞭解 RedBack BRAS 的特性，我們需明瞭設備的一些定義，如圖 4-2:

Context：相當於設備內的虛擬路由器(Virtual Router)。

Interface：依附在 Context 的虛擬介面，Layer3 的介面 IP address

定義在此。

Port : 設備的實體介面，如 I/O 模組。

Circuit : ATM 介面內的 subscriber 的虛擬通道(Virtual Channel)。

Subscriber : ADSL 用戶，用戶 IP address 定義在此。

Bind : (1)bind interface - 將虛擬介面與實體介面連起來。

(2)bind sunscriber - 將虛擬介面與 subscriber 的虛擬通道連起來。

(3)bind authentication – 如 bind subscriber，但以 PPP 當認證機制。

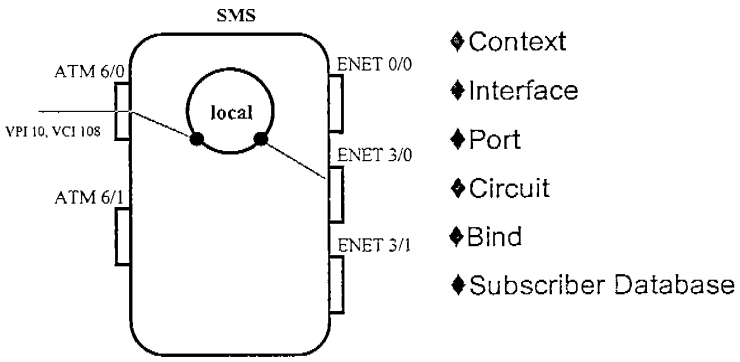


圖 4-2

依據寬頻用戶不同的上網方式，IP 封包對應到 Link Layer 有不同的包裝(Encapsulation)方式:

(1)Bridged – ATU-R 設定成 bridged mode，IP 成只有在用戶與 BRAS 兩端才做解析，設定為此模式的所有用戶隸屬於同一網段(Subnet)，如圖 4-3 所示。

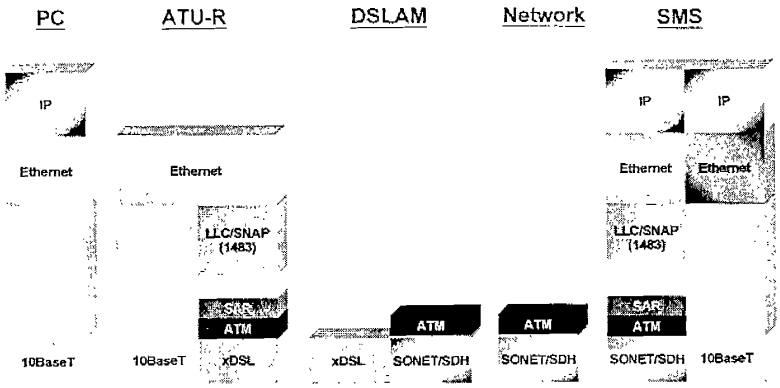


圖 4-3

(2)Routed– ATU-R 設定成 Routed mode，每一用戶有自己獨立的網段，如圖 4-4 所示。

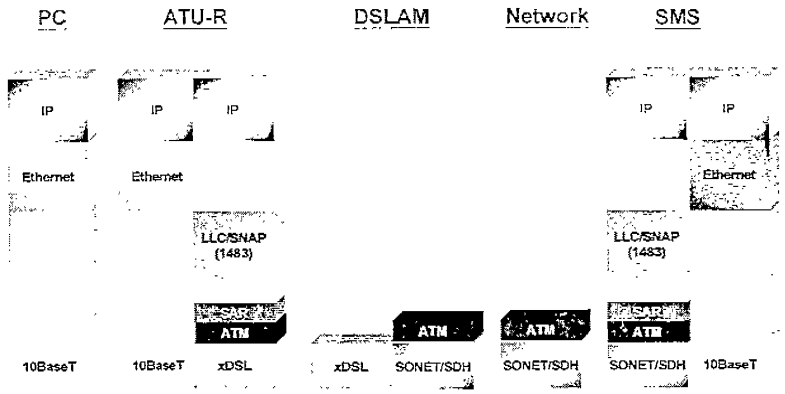


圖 4-4

(3)PPP
(4)PPPoE

4.3 RedBack SMS 安裝與初始設定

4.3.1 安裝

1. 將終端機接至RS-232 console port
2. 使用 pins 2, 3 and 5 on db9 connector
3. 設定終端機參數為 9600, 8, 1 and none; no handshaking
4. 開機
5. 在一串過程後，有一提示號出現，表示開機完成

4.3.2 初始設定

RedBack SMS 初始設定包括 System、Context、Profile、Port 和 Bind 等部分，介紹如下:

System 部分含

- Identification
  hostname
  location
  administrator
- Logging

例如:

```
[local]RedBack(config)#system hostname Red1
[local]Red1(config)#system contact J.Doe
[local]Red1(config)#system location 1st Floor
[local]Red1(config)#logging console
```

Context 部分含

Local context
Administrator
Management interface

例如:

```
[local]Red1(config)#context local
[local]Red1(config-ctx)#administrator root password root
[local]Red1(config-ctx)#interface mgmt
[local]Red1(config-if)#ip address 10.1.1.1 255.255.255.0
[local]Red1(config-if)#ip arp arpa
```

Port 與 Bind 部分含

Port Ethernet 0/0
RJ-45
10/100 Ethernet; full or half-duplex
Auto-sensing or fixed configuration
End station only - will not route subscriber traffic

例如:

```
[local]Red1(config)#port ethernet 0/0
[local]Red1(config-port)#medium speed 10 duplex half
[local]Red1(config-port)#bind interface mgmt local
[local]Red1(config-port)#no shutdown
```

如圖 4-5 所示

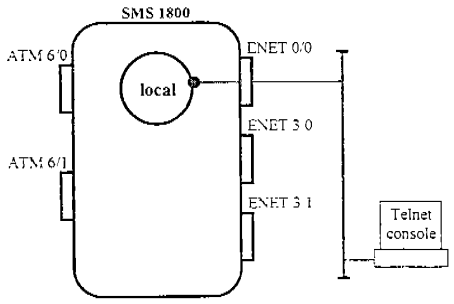


圖 4-5

4.4 RedBack SMS 功能及應用

4.4.1 Routed 1483/Bridged 1483

RedBack SMS 有 Routed 1483/Bridged 1483 的包裝(Encapsulation)功能，結合 DHCP Relay，以及如 Static route、RIPv2、OSPF 等的 Routing Protocol 能力，提供固接式的 ADSL 用戶有如 lease lines 般的上網方式和固定的 IP 位址網段。

4.4.2 PPP over Ethernet

RedBack SMS 有 PPP over Ethernet 的包裝(Encapsulation)功能，以及 IP address pool 動態配發 IP 能力，提供撥接式的 ADSL 用戶能利用 PPPoE 上網。

4.4.3 Traffic Shaping

RedBack SMS 提供 Traffic Shaping 的功能來做訊務量管制。

4.4.4 Service Selection

RedBack SMS 有服務選擇(Service Selection)功能，可配合 ISP 提供多種服務供 ADSL 用戶來選擇。

4.4.5 Multicast

RedBack SMS 有 IGMPv1、IGMPv2 和 IGMP Proxy 功能，可提供 Multicast 服務。

4.4.6 VPN

RedBack SMS 有 L2TP LAC/LNS、GRE 等 Tunneling 功能，可提供服務選擇或 VPN 功能。

4.4.7 其他功能

SNMP 網管功能、Radius Accounting、Secured ARP 等功能。

伍、 IP over DWDM 介紹

5.1 概念

高密度分波多工器 DWDM(Dense Wave Division Multiplexing)就是利用波長多工的技術將不同波長的光信號利用一條光纖來傳送，也就是說將單一傳輸介質(transmission medium)劃分為多個光通道(optic channel)，每一個光通道使用不同的波長的光。利用這種技術可以大大的提高現有網路的傳輸容量，而不需額外的增加重新佈放光纜的費用。

IP over DWDM 就是一種直接利用 DWDM 將 IP 封包 over optic layer 來傳送，而光纖網路就是在端點與端點間(end-to-end)均使用光信號來傳送，不需將光轉換為電再做傳輸。

WDM Support 4 或 8 個波長，而 DWDM 可 Support 16~128 個波長。

5.2 DWDM 的基本架構

DWDM 的基本架構如圖 5-1 所示：

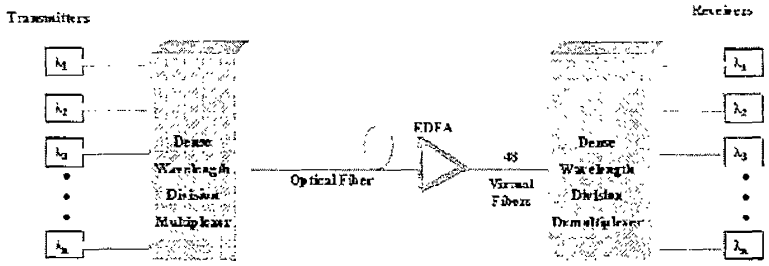


圖 5-1

從 DWDM 的基本架構可知，整個 DWDM 系統由以下幾種基本元件所組成

(1) 波長多工器(Multiplexer)和波長解多工器(Demultiplexer)

(2) 光發射/接收器(Transceiver)

(3) Optical Amplifier

光放大器（Optical Amplifier）被使用來放大弱小、失真的信號並產生一個較佳的光信號再行送出。

此放大器直接放大光信號，不需轉換為電信號再予以放大。放大器的效能近來已提升很多，Throughtput 可對光信號增加 20dB。

(4) Wavelength Converters

波長轉換器（Wavelength Converters）將一個波長的輸入信號轉換成另一個不同波長的輸出信號。

(5) 波長塞取多工器(Wavelength Add/Drop Multiplexer)

對輸入或輸出的光波長通道信號塞入(Add)或取出(Drop)。

(6) Optical CrossConnect

對 N 個輸入波長信號及 N 個輸出波長信號，提供 CrossConnect 功能。

除以上的基本元件外，還有一些相關元件如色散補償裝置(Dispersion Compensation Device)、濾波器、光隔離器、光環流器、光開關與路由器等。

DWDM 技術係於 1530.33-1563.86nm 波段切割成數十個不同的波長，其相鄰波段只差約 1nm，這些差異極微的波長有賴精確的分光技術處理。

5.3 IP over DWDM

(1) 目前非常普遍的 SONET/SDH 技術非常適合傳送 Constant bit rate 的 traffic，但並不是非常適合像 Internet 這種 Bursty 的 traffic。

(2) IP 直接 over DWDM 可使得 header 的 overhead 變得較小。

(3) SONET/SDH 設備如需提供 OC-192 以上，將是非常昂貴且不太可行。

(4) 使用 IP over DWDM 將可使頻寬達到 OC-192 以上，IP 封包的 latency 也可比透過 SONET/SDH 低。

(5)IP over DWDM 所有信號傳送均是光信號不需轉換成電信號。

(6)目前因技術上的原因，IP 封包透過 SONET/SDH 再 over DWDM 來傳送仍是需要的，未來將直接走向 IP/DWDM，SONET/SDH 就不再需要的，如圖 5-2 所示:

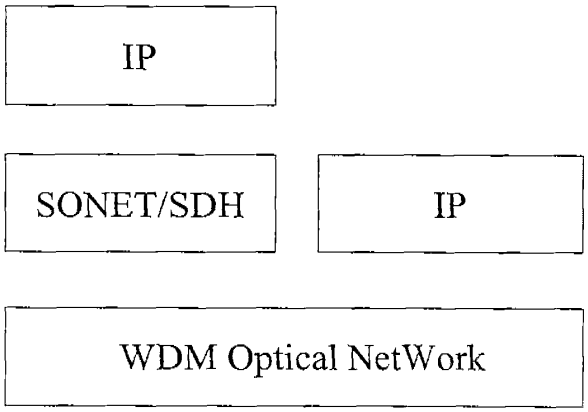


圖 5-2

(7)對於IP over DWDM 所需的IP路由器 Throughtput 需達 Terabits/s 以上，目前此種產品已陸續問世。

5.4 IP over DWDM 面臨的挑戰

(1)DWDM 的 Error Detection 較 SONET 複雜。

(2)IP over DWDM 的 Network protection technology 還有待進一步考量。

(3)DWDM 雖不像 SONET/SDH 那樣的 vendor specific，但仍需考量不同設備之間的互通性。

(4)考量 Quality of Service(QoS)機制如何 implement。

(5)Wavelength Routing。

IP over DWDM 雖在各大廠家的全力發展下，技術已逐漸成熟，但如要大量的被各 ISP 所採用，能有待一些關鍵技術及標準底定的突破。

陸、實習心得

隨著 Internet 的快速成長，為配合用戶在 Internet 網路上架設低成本 VPN 的安全需求，因此在 IP 的寬頻網路上提供 VPN 服務，已經陸續開始應用在許多 ISP(Internet Service Provider)的骨幹網路上，因 MPLS VPN 比傳統的點對點 Tunnel 技術有諸多的特點，藉由實習『Advanced Networking Expertise Workshop II 課程』，我們學到如何建構一個良好可靠的 MPLS VPN 網路。

而在各種寬頻接取網路上，現在的 ADSL(Asymmetrical Digital Subscriber Loop) 寬頻上網尤其盛行，使得寬頻接取伺服器(BRAS)在寬頻接取網路上的角色也日形重要。而藉由實習『Configuring the Redback Subscriber Management System 課程』，學得了如何建置、維運及管理 RedBack 公司的 BRAS 設備 SMS(Subscriber Management System)，以提供寬頻網路服務。

另一方面，藉由實習『Provisioning Wavelength on Demand Services 課程』，我們了解 IP over DWDM 相關的技術與發展，未來的 Internet 將利用其相關技術來滿足其頻寬需求的快速成長。