

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【寬頻光纖網路(OADM,OXC)維運管理技術及  
密集式分波多工(DWDM)之維運管理】  
出國報告書

行政院研考會 編號欄

服務機關：中華電信北區分公司  
出國人職稱：工程師  
姓名：郭惠隆  
出國地點：美國  
出國期間：91年12月1日至12月14日  
報告日期：92年4月16日

系統識別號:C09106072

公務出國報告提要

頁數: 45 含附件: 否

報告名稱:

實習【寬頻光纖網路(OADM,OXC)維運管理技術及密集式分波多工(DWDM)之維運管理】出國報告書

主辦機關:

中華電信台灣北區電信分公司

聯絡人/電話:

/

出國人員:

郭惠隆 中華電信台灣北區電信分公司 網路維運處 工程師

出國類別: 實習

出國地區: 美國

出國期間: 民國 91 年 12 月 01 日 - 民國 91 年 12 月 14 日

報告日期: 民國 92 年 04 月 16 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: OADM,OXC,GMPLS,MENS,OTN,IP,ATM,Switch Matrix,LSP.

內容摘要: 職郭惠隆奉派於91年12月1日至12月14日前往美國CISCO公司及Calient公司實習【寬頻光纖網路(OADM,OXC)維運管理技術及密集式分波多工(DWDM)之維運管理】，其目的主要是了解此兩家公司之OADM/DWDM及OXC等相關產品功能，並學習其在電信網路應用及網路維運技術，同時也探討新一代網路整合利器－通用型多重通訊協定標籤交換 (Generalized Muti Protocol Label Switching, GMPLS) 技術之網路運用。GMPLS也提供了數據網路及光網路一個共通之控制平面，可以自動化維運管理網路資源，節省調定時間，提供一個有效選徑和資源預約的機制，達到頻寬動態配置的要求。本公司可引進GMPLS技術，建立一個高度相容、容易管理維運、低成本且功能強大之智慧型光整合網路，以提供光纖VPNs、儲存區域網路(SAN)以及以波長為單位之頻寬買賣等新型服務，俾能在當今眾多固網公司爭食的電信市場中保有強大的競爭力。光交接機(OXC)技術和密集式分波多工(DWDM)技術的進步，為電信網路帶來前所未有的速度和容量，而GMPLS技術可將網路推向統一化、智慧化的層次，將促成更有豐富營收的光網路服務。藉由本案的實習經驗將有助於我們了解全光網路的發展趨勢，提供為未來本公司光網路建置、控制/管理及維運方式之參考。本報告第一章說明出國實習之目的，第二章出國實習過程，第三章光交接機(Optical Cross-Connect, OXC)技術概論，第四章實習 Calient 公司之 OXC /Photonic 維運技術，第五章OADM/DWDM技術概論，第六章實習 Cisco公司之OADM/DWDM維運技術，第七章則提出感想與建議。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

## 摘要

職郭惠隆奉派於 91 年 12 月 1 日至 12 月 14 日前往美國 CISCO 公司及 Calient 公司實習【寬頻光纖網路(OADM,OXC) 維運管理技術及密集式分波多工(DWDM)之維運管理】，其目的主要是了解此兩家公司之 OADM/DWDM 及 OXC 等相關產品功能，並學習其在電信網路應用及網路維運技術，同時也探討新一代網路整合利器－通用型多重通訊協定標籤交換 (Generalized Multi Protocol Label Switching, GMPLS) 技術之網路運用。

GMPLS 也提供了數據網路及光網路一個共通之控制平面，可以自動化維運管理網路資源，節省調定時間，提供一個有效選徑和資源預約的機制，達到頻寬動態配置的要求。本公司可引進 GMPLS 技術，建立一個高度相容、容易管理維運、低成本且功能強大之智慧型光整合網路，以提供光纖 VPNs、儲存區域網路(SAN)以及以波長為單位之頻寬買賣等新型服務，俾能在當今眾多固網公司爭食的電信市場中保有強大的競爭力。

光交接機(OXC) 技術和密集式分波多工(DWDM) 技術的進步，為電信網路帶來前所未有的速度和容量，而 GMPLS 技術可將網路推向統一化、智慧化的層次，將促成更有豐富營收的光網路服務。藉由本案的實習經驗將有助於我們了解全光網路的發展趨勢，提供為未來本公司光網路建置、控制/管理及維運方式之參考。

本報告第一章說明出國實習之目的，第二章出國實習過程，第三章光交接機(Optical Cross-Connect, OXC) 技術概論，第四章實習 Calient 公司之 OXC/Photonic 維運技術，第五章 OADM/DWDM 技術概論，第六章實習 Cisco 公司之 OADM/DWDM 維運技術，第七章則提出感想與建議。

## 目錄

一、目的 .....	1
二、過程 .....	1
1. 前言 .....	2
2. 光交接機之類型 .....	2
3. 光交接機之比較 .....	4
4. OXC 交換核心之關鍵技術 .....	6
5. OXC 在光傳送網路(OTN)之應用 .....	10
四、實習 CALIENT 公司之 OXC /PHOTONIC 維運技術 .....	11
1. 機架結構圖 .....	11
2. 系統功能 .....	14
3. 核心切換技術 .....	15
4. 光路徑示意圖 .....	16
5. 光交接機網管架構 .....	17
6. 維運管理方式 .....	18
7. 智慧型光網路控制技術—GMPLS .....	19
7.1 建置 GMPLS 的構成要件 .....	19
7.2 GMPLS 連接架構 - 階層式標籤交換路徑 (LSP) .....	19
7.3 光交接技術在 GMPLS 模式的角色 .....	21
7.4 光交接技術與光傳送網路 .....	21
7.5 光網路之架構模式 .....	22
7.6 訊務工程 (Traffic Engineering, TE) 鏈路 .....	24
7.7 控制通道 (Control channel) 之建置 .....	25
7.8 光交接機及其相關之控制網路 .....	27
8. GMPLS 之軟體架構 .....	29
8.1 鏈路管理協定 (Link Management Protocol, LMP) .....	29
8.2 GMPLS 信令(Signaling)協定 .....	30
8.3 GMPLS 路由(Routing) 協定 .....	32

---

五、OADM/DWDM 技術概論 .....	33
1. 密集式分波多工 (DWDM) 之架構 .....	33
2. OADM 之發展架構 .....	34
3. OADM 之技術 .....	35
4. OADM 之模組架構 .....	37
5. OADM 之 SNC-P 保護 .....	38
6. OADM 之網路應用 .....	39
六、實習 CISCO 公司之 OADM/DWDM 維運技術 .....	40
1. 系統組構 .....	40
2. 介面種類 .....	41
3. 都會型 OADM 環狀網路應用 .....	42
4. 跨都會區數據儲存網路應用 .....	43
七、感想與建議 .....	44
1. 邁向光網路(AON) 之路—建立 DWDM/OADM 及 OXC 技術 .....	44
2. 建立智慧型光網路維運管理技術—GMPLS .....	45

## 一、目的

職郭惠隆奉派於 91 年 12 月 1 日至 12 月 14 日前往美國 CISCO 公司及 Calient 公司實習【寬頻光纖網路(OADM,OXC) 維運管理技術及密集式分波多工(DWDM)之維運管理】，其目的主要是了解此兩家公司之 OADM/DWDM 及 OXC 等相關產品功能，並學習其在電信網路應用及網路維運技術，同時也探討新一代網路整合利器－通用型多重通訊協定標籤交換 (Generalized Muti Protocol Label Switching, GMPLS) 技術之網路運用。

光交接機(OXC) 技術和密集式分波多工(DWDM) 技術的進步，為電信網路帶來前所未有的速度和容量，而 GMPLS 技術可將網路推向統一化、智慧化的層次，將促成更有豐富營收的光網路服務。藉由本案的實習經驗將有助於我們了解全光網路的發展趨勢，提供為未來本公司光網路建置、控制、管理及維運方式之參考。

## 二、過程

此次實習含行程共計 14 天，其內容如下：

日期	地點	內容
91 年 12 月 1 日	台北—舊金山	去程
91 年 12 月 2~6 日	舊金山	實習 CISCO 公司之 OADM/DWDM 維運技術
91 年 12 月 7 日	舊金山	假日(整理資料)
91 年 12 月 8 日	舊金山—洛杉磯	行程
91 年 12 月 9~12 日	洛杉磯	實習 Calient 公司之 OXC /Photonic 維運技術
91 年 12 月 13~14 日	洛杉磯—台北	返程

### 三、光交接機 (Optical Cross-Connect, OXC) 技術概論

#### 1. 前言

目前應用於電信網路之數位交接系統(Digital Cross-Connect, DXC)主要是利用靜態式切換電信號來作頻寬管理，但由於網際網路及電子商務等數據業務呈爆炸性的成長，隨著每一通信波長數據速率的持續上升及所處理的波長數量大幅增加，傳統數位交接系統中光電轉換所需的成本和組件的電源消耗量也相對增加，為了改善這種現象及因應將來服務多樣化及廣大頻寬需求，我們必須建構一個更快速、更有效率、規模更大且可靠度更高的光網路，而光交接機(Optical Cross-Connect, OXC)正是建構此下一代光網路之主要技術之一。

光交接機顧名思義就是能夠切換光信號或光波長，傳統數位交接系統是進行電信號之切換，它會介接光信號或電信號，在電信號層作切換後以光信號或電信號方式送出，而光交接機則是介接光信號，在光信號層作切換後再將光信號送出。利用此種光交接機，則光信號不需經過光電轉換，免去了將它轉換成電子信號（如光電二極體等）所需的組件，而且不論數據速率和傳輸格式為何，都可以進行切換。

#### 2. 光交接機之類型

如圖一所示光交接機依其技術發展之先後或交接信號型式之不同可區分為二大類型，如下所述：

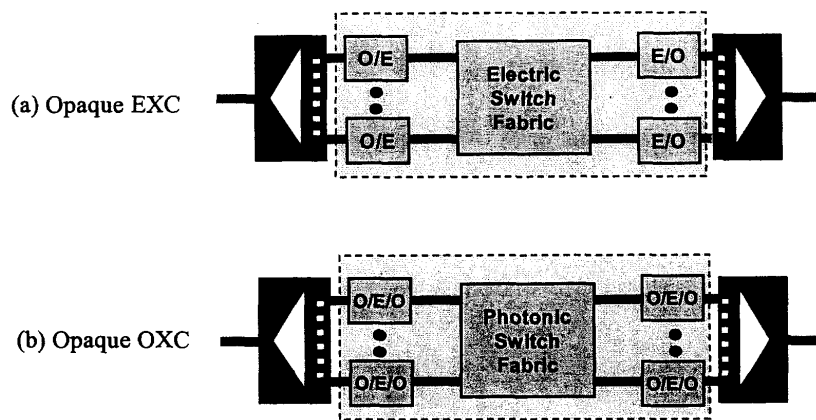
第一種類型是先將光信號變為電信號，在電信號層作交換後再將其轉回為光信號，這就是所謂光—電—光 (Optical-Electrical-Optical, O/E/O)式交接機或稱“Opaque”式交接機，而根據網路實際需求及廠家產品現況，“Opaque”式交接機因切換核心 (Switch Fabric)構造的不同再區分為：

- (a) “Opaque” 電子式交接機 (Opaque EXC) 及
- (b) “Opaque” 光交接機 (Opaque OXC)。

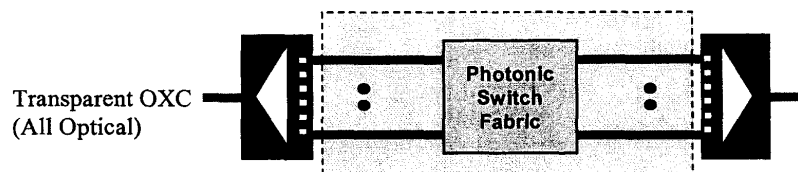
第二類型則是利用光切換器(Optical Switch or Photonic Switch)組構而成之透通式光交接機(Transparent Optical Cross-Connect, OXC)，主要是以光波長(Wavelength)作為交接單位。

本實習案實習設備為Calient公司之DiamondWave **Photonic** 光交接機屬於透通式光交接機(Transparent Optical Cross-Connect, OXC)。

類型一：Opaque 式光交接機



類型二：透通式光交接機 (Transparent OXC)



圖一 光交接機之類型



### 3.光交接機之比較

“Opaque”式交接機(或O/E/O)的特點是對網路頻寬管理會提供很大的彈性度，因為它的調度範圍可從STM-1/4/16至STM-64/256或更高，有能力來對這些子波長(Sub-Wavelength)信號提供較經濟有效的多工(Multiplexing)、整合(Grooming)等功能，並且可對所有酬載(Payload)及添加信號(Overhead)作解析，這種與生俱來對信號可視度(Visibility)特性可幫助網路進行效能監視(Performance Monitor)而達到網路端對端(End-to-End)網管之目的。

但是“Opaque”式交接機(或O/E/O)若放置於中心局，其建置費用會增加，由於O/E/O光電轉換裝置設備會使系統之功率需求(Power Requirement)及佔用機房面積(Footprint)提高，另外對於未來超大容量的網路需求(可能到幾百或幾千Terabit/s)，在規模上也會因光電轉換瓶頸而面臨很大挑戰。

透通式光交接機(Transparent OXC)由於功率需求較低及佔用機房面積少，可以低成本允許光信號作交接，因此在網路建置成本上也有誘人之優點。此種交接機不管每一交接埠(port)有多少波長，其每一埠之成本是一定的，而“Opaque”式交接機在頻寬增加時，其每一埠之成本也隨之增高。另外，它可處理每一波長交接信號之速率到40Gb/s或更高，因為此種交接方式和速率及信號格式無關(bit rate and format independent)或稱透通式(Transparent)切換方式。

在節點規模的擴充性(Scalability)而言，本質上光階層的切換它就不受速率影響，因此它可以處理至上百個Terabit/s以上之信號，因此透通式光交接機的擴充能力是驚人的。而它的缺點在於不像“Opaque”式交接機能作較低速信號或子波長之信號處理，同時對酬載及添加信號之解析力較差，使得網管能力不夠詳細週嚴。因此在網路應用上可利用其成本低、容量大等優點將其安置在網路之中間節點來處理很多Pass-through或轉接之話務，作純光對光的信號處理，茲將“Opaque”式交接機與Transparent光交接機之比較整理如表一所示。

表一 Opaque 與 Transparent 光交接機之比較

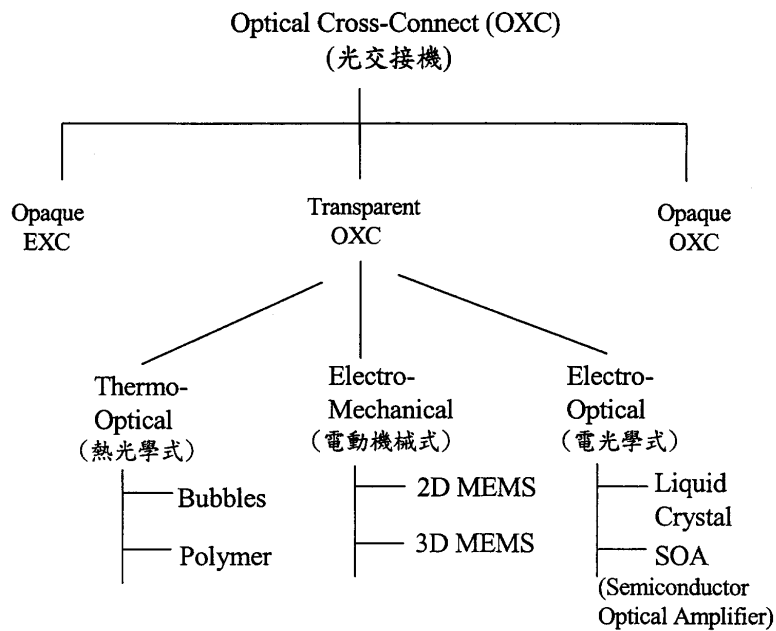
	Opaque EXC	Opaque OXC	Transparent OXC
Service granularity/grooming (sub-lambda)	√	*	*
Scalability in switching capacity	*	*	√
Cost incurred by O/E/O conversion	*	*	√
Amplification and Regeneration	√	√	*
Footprint (equipment space)	*	*	√
Power Requirement (consumption)	*	*	√
Easy performance management	√	√	*
Bit rate independency (Transparent)	*	*	√
Protocol independency (Transparent)	*	*	√

√ : Good      \* : Fair

#### 4. OXC 交換核心之關鍵技術

透通式全光交接機交換核心(Switch Fabric)製造技術就目前已經商品化的產品和已發表的製程來說，大略可分為3種(如圖二所示)。由於各廠商間對於生產光交接機的製程皆各有堅持，其所涉及的技術眾多，包含了光纖製造技術、微型機器製造技術、以及半導體的細微加工技術等等。而本文所介紹的3種方式分別是(1)電動機械式(Electro-Mechanical)，(2)熱光學式(Thermal-Optical)，(3)電動光學式(Electro-Optical)。

由於規模較大的光交接機在價格低廉化後，可以同時使用在小規模用途上，而其中在系統最大交接容量表現最為出色且被大多數光交接機廠家所採用的就是屬於電動機械式之微電子機械系統(Micro Electro Mechanical Systems, MEMS)和屬熱光學之泡沫(Bubbles)式技術。

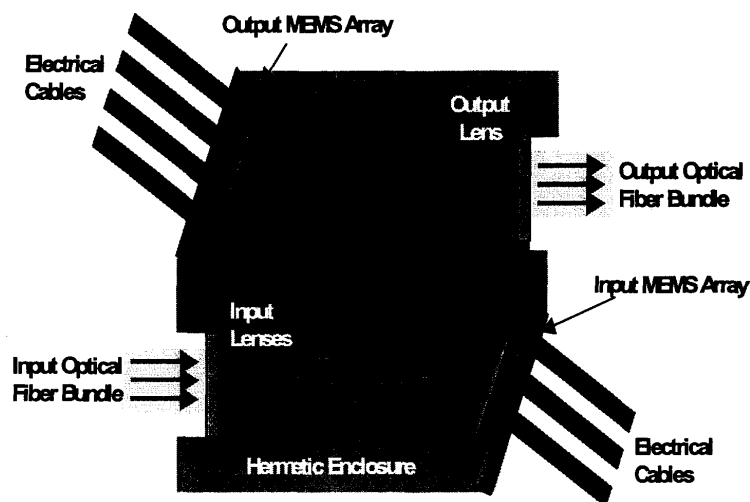


圖二 OXC 交換核心之關鍵技術

### (1) 微電子機械系統 (Micro Electro Mechanical Systems, MEMS) 技術

如圖三所示，微電子機械系統(MEMS)是將光纖傳輸而來的入射光經由使用矽基版等所製作的微小鏡片陣列(Mirror Array)反射出去，從而改變光的行進路線。主要利用靜態電子或機械力量來控制很微小之鏡子，如果這鏡子只能作以單軸為中心作二維轉動，叫 2D MEMS，如果它能以兩軸為中心作角度轉動，則使輸入光及輸出光間會有更多位置方向可供選擇，叫3D MEMS。

而此一MEMS技術對於裝置的小型化相當有幫助，可增加其光交接容量。例如：Lucent公司已將3D MEMS技術應用在光交接機的研發，作出擁有256x256容量之的光交接機，並可擴充至1200x1200之規模，將來則容量更大(預計可達4096x4096)，因此3D MEMS技術是目前生產大容量光交接機之最佳選擇。



圖三 MEMS 技術示意圖

## (2) 熱光學之泡沫(Bubbles)式技術

熱光學之泡沫(Bubbles)式技術主要是在光信號行進的路徑上，設置溝槽，在經由填充空氣來達到將光全反射出去的功效，也就是讓光的折射率產生變化，從而使得光信號全部反射到安排的路徑上。由於此方法是在瞬間使其產生氣泡，無須任何機構組件，因此Bubble型強調其擁有較好的耐久性，而由於熱空氣發生的時間相當高速，只有2ms，因此也可提高光切換的速度。

它和MEMS不同，它沒有活動式零件，因此可靠性的提昇是此產品主要的特色，雖然MEMS光切換技術在大容量上有相當優勢，然而如何能讓Mirror之轉動器更為耐久亦是相當重要的課題，這些具有活動零件的組件在往後的長久、持續的使用下是否還會持續穩定地運作才是最大挑戰，相較於MEMS來說Bubble型光開關技術反而比較強調可靠度方面的表現。

目前美國Agilent公司已經應用於其相關產品，用來產生微泡沫的機制是從原本針對噴墨印表機磁頭而研發的技術改良而來的，光交接器的基礎—平面光波電路(Planar Lightwave Circuit-PLC)是透過半導體製造技術實作的，使用微泡沫來改變光束路徑的美國Agilent Technologies, Inc 也在它的光交接器中使用PLC技術。Agilent公司的做法是沿著石英玻璃的光導波路上前進的光信號進行方向上作出一微小的孔穴(Trench)，並加熱充填於此孔穴內的油性物質，使其產生氣泡。氣泡式技術，它只是2D技術，如果交換核心只用2D技術，則真正切換容量會受到限制，適合於中、小規模之光交接機應用。

到目前為止，Alcatel 公司初期發展之CrossLight 512x512 之光交接機即應用此Bubble技術，不過，Alcatel 也進行以MEMS為基礎之產品之研究，它們計畫在2004年推出特大型4096x4096光交接機。

茲將各種OXC交換核心關鍵技術比較整理如表二所示。

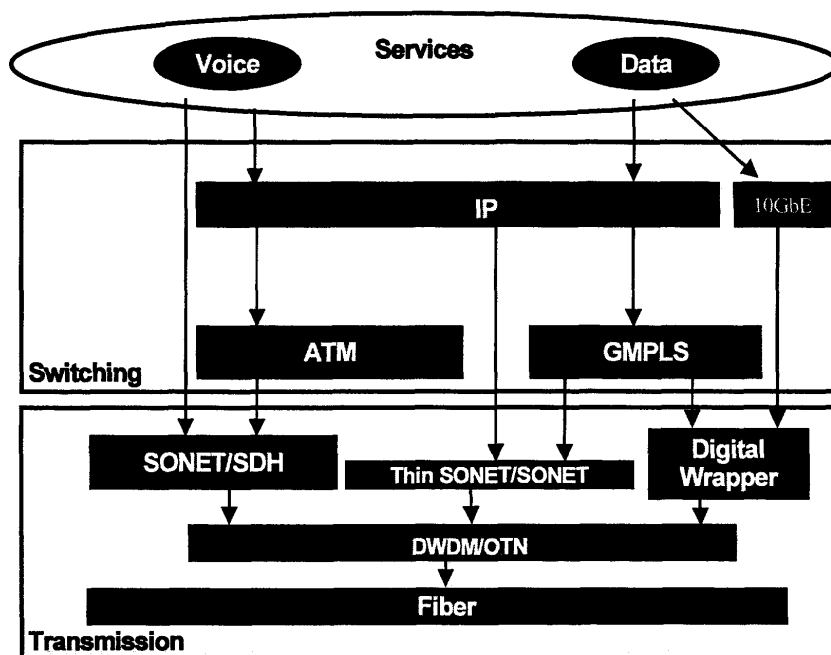
表二 OXC 交換核心關鍵技術之比較

	Loss	Crosstalk	Switching Speed	Power Consumption	Vendors
MEMS (Electro-Mechanical)	Small ~Medium	Very small ( $<-60\text{dB}$ )	1~10 msec	Small	Lucent Nortel Siemens Movaz
Bubbles (Thermo-Optic)	Medium	Small ( $<-40\text{dB}$ )	~5msec	Large	Agilent NTT Elec. Alcatel JDS Uniphase
Polymer (Thermo-Optic)	Large	Small ( $<-40\text{dB}$ )	~5msec	Medium	Corning Inc.
Liquid Crystal (Electro-Optic)	Large	Small ( $<-40\text{dB}$ )	~ nsec	Small	Kent Optronic
SOA (Electro-Optic)	Negligible	Small ( $<-40\text{dB}$ )	~ nsec	Large	?

?:尚待澄清

### 5. OXC 在光傳送網路(OTN)之應用

在 SDH/SONET 數位同步網路之後，為了因應寬頻服務超大頻寬之需求，下一階段將邁向 ITU-T 定義之光傳送網路(Optical Transport Network, OTN)目標，如圖四所示 IP, ATM, GbE 等寬頻服務將搭載在此 OTN 新的網路層進行透通性(Transparent)傳遞，用戶路徑信號將由 2.5Gb/s, 10Gb/s 而達到 40Gb/s，網路傳送層(Transport Layer)速率將達 Terabit/s 以上，此時若能利用通用型多協定標籤切換(Generalized Multi-Protocol Label Switching, GMPLS)控制信號及數位式層包(Digital Wrapper)新技術配合 OXC 在 DWDM 網路之應用，將使 OTN 形成所謂智慧型光網路，來實現未來用戶端對端(End-to-End)波長或子波長服務(Wavelength or Sub-Wavelength Service)之目標。



圖四 OXC 在光傳送網路(OTN)之應用

#### 四、實習 Calient 公司之 OXC /Photonic 維運技術

##### 1. 機架結構圖

Calient 公司之 DiamondWave 機型是屬於全光交換的核心技術，所謂全光交換核心技術是指只對光資料訊號作交換而完全不考慮資料的速率、格式及通訊協定的一種交換技術。DiamondWave 機型可以支援一般高密度分波多工器 (DWDM) 所使用的標準波長。

DiamondWave 機型的交換矩陣單體是利用一種稱為微電子機械系統 (MEMS) 的技術。微電子機械系統模型是使用一種極微小且高密度的鏡子作為交換單體，而其通過的資料量可達十億位元。

DiamondWave 機型最主要擁有下列三個獨立機匣(圖 五所示)：

##### 1. 輸入/輸出 界面機匣 (I/O Interface Shelves)

最上層為輸入/輸出機匣 (I/O Shelf)，本機匣可收容十六片 I/O 卡板，每片 I/O 卡板又分為兩片半高型卡板，每片半高型卡板可收容 8 路雙向的光信號，因此一個輸入/輸出機匣總共可收容 256 路雙向的光信號，另外加上兩片 1+1 保護的 I/O Shelf Processor。

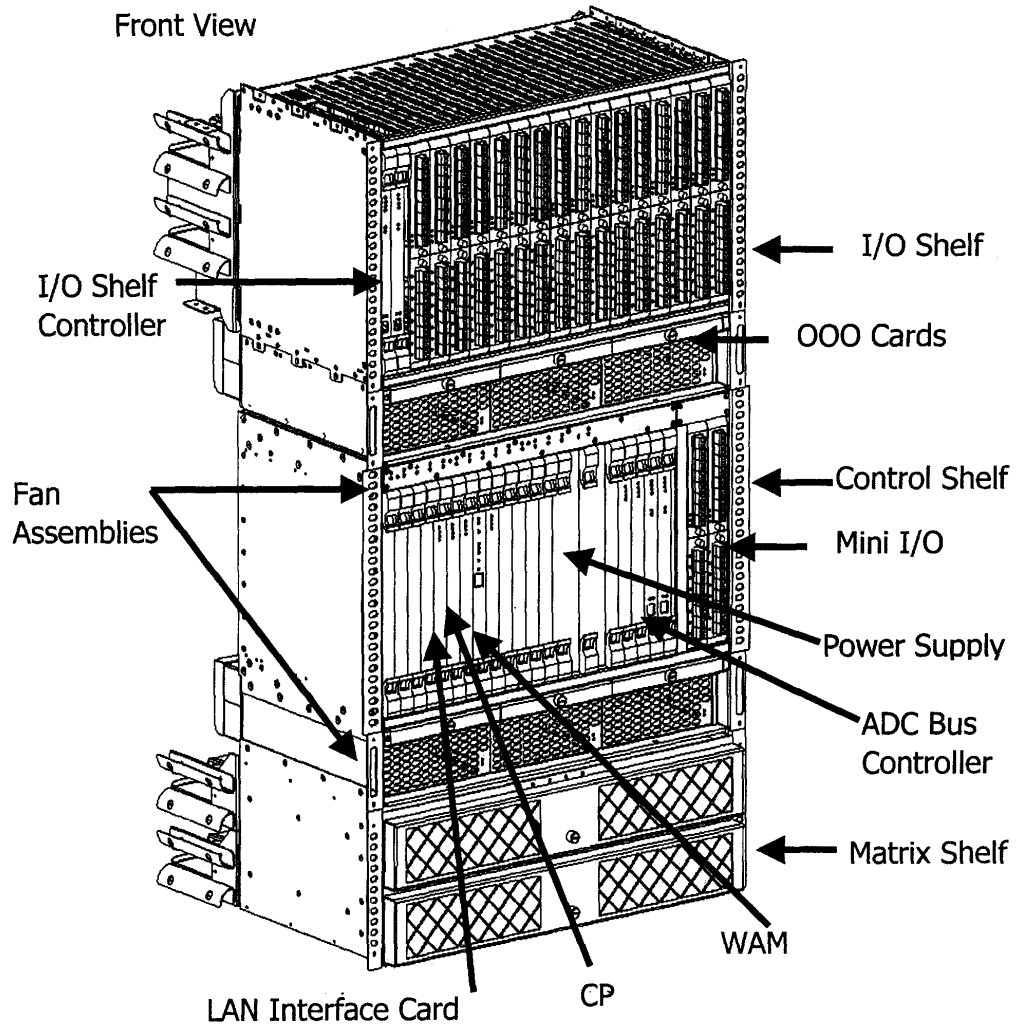
##### 2. 輸入/輸出 共同控制機匣 (Common Control-I/O Shelf)

中間為控制機匣 (Control Shelf)，控制機匣內左半部含處理器 (Control Processor, CP)，看門狗告警 (Watch Dog and Alarm, WAM)，電源 (Power Supply, PS) 及類比/數位轉換器 (Analog to Digital Converter, ADC)，右半部則含八片之 I/O 卡板及 I/O Shelf Control。

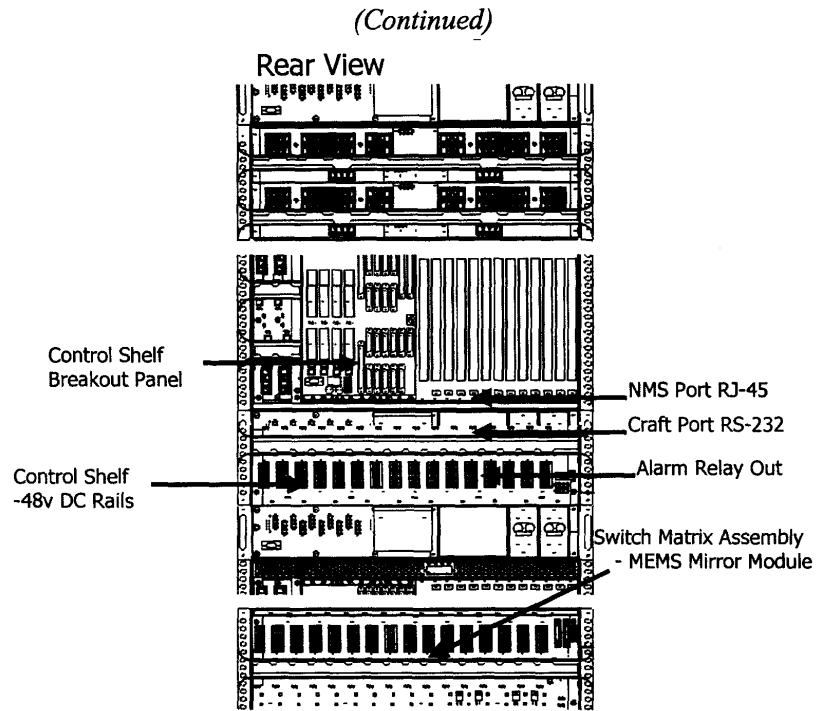
##### 3. 交換矩陣機匣 (Switch Matrix Shelf)

下層則為兩組 1+1 保護的 Switch Matrix Module，其保護的卡板能提供光資料交換訊號的保護路徑。此機框的內部配備有微電子機械系統以及電子式的驅動裝置，再加上散熱風扇、障礙告警盤、及收容光纖之 Fiber Management 即組成整個系統。





圖五 DiamondWave 機架結構圖-前視圖



圖六 DiamondWave 機架結構圖-後視圖

DiamondWave 系統特點如下:

256 x 256 optical connections

One-half industry-standard 7-foot high rack

DiamondWave 1K Photonic Switch

1024 x 1024 optical connections

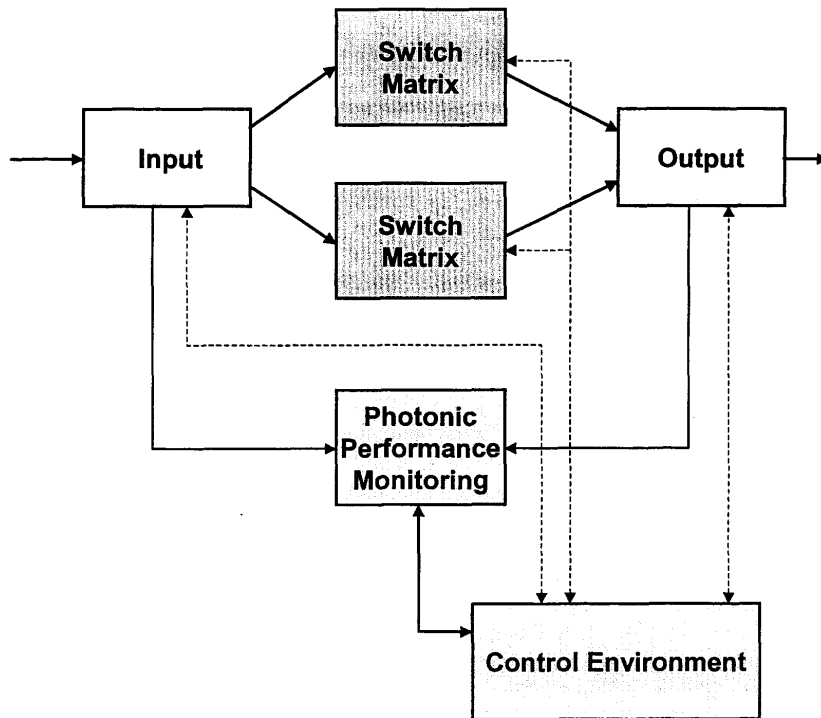
7-foot rack

DiamondWave Element Management System (EMS)

Full suite of management tools

## 2. 系統功能

系統功能方塊圖如圖七所示，Client 端之光信號經輸入/輸出卡板上之 Input 端進入後，可以 1+1 或 1:1 的保護方式輸入至 Working 及 Protection 之 Switch Matrix，再經由輸入/輸出卡板之 Output 端輸出，Switch Matrix 的切換控制由 Control Environment 負責，其間光信號經 I/O 卡板之 Input、Output 路徑時，將會被抽取一部分光信號送到 Photonic Performance Monitoring 進行量測比較，做為監測光信號路由性能監視及保護切換之條件。

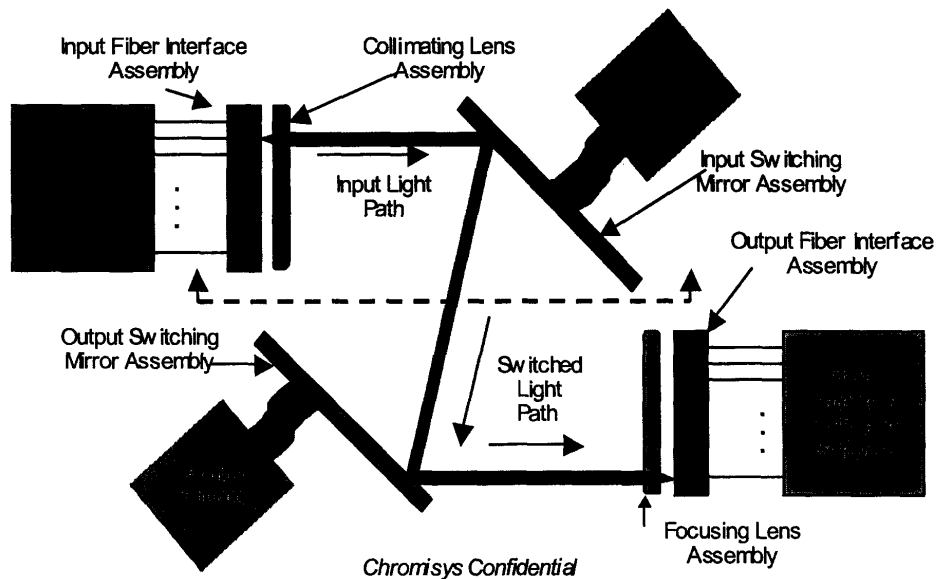


圖七 DiamondWave 系統功能方塊圖

### 3. 核心切換技術

DiamondWave 之核心切換技術如圖八所示：

3-D MEMS 之 mirror 單一鏡面即可做成 256x256 (甚或更大) 之大小，利用鏡片之 X-軸及 Y-軸做有限度角度的轉動方式使入射光反射至指定的輸出位置，通常一個系統要使用兩組鏡面，一組做為 input mirror 用，另一組做為 output mirror 用，由於一組鏡面就可以做到 256x256 以上之容量。應用於光交接機之核心技術，目前看來似乎只有 3-D MEMS 較能符合各項需求，例如其技術成熟度、大容量、低插入損失、低色散失真、Low Polarization Dependent Loss 等。



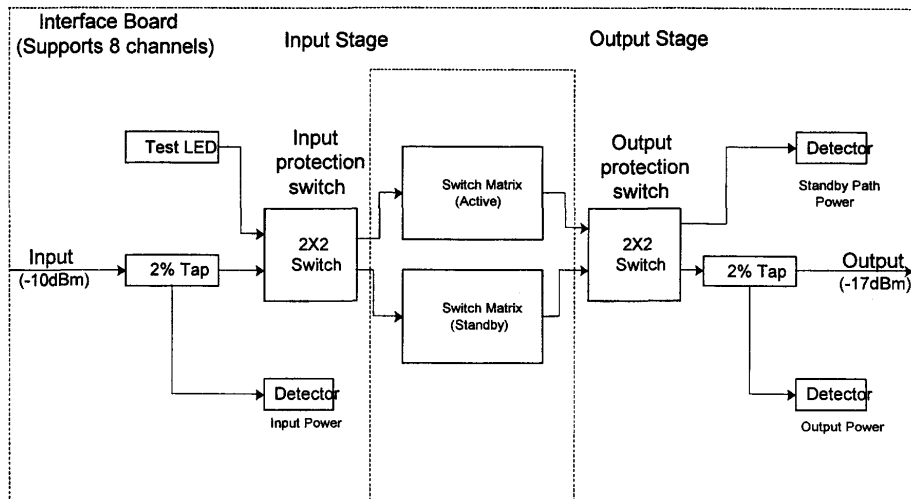
圖八 DiamondWave 之核心切換技術

#### 4. 光路徑示意圖

光路徑示意圖如圖九所示，輸入之光信號引入後先被抽取 2% 之光信號送到 Detector 做監測量測之用，Detector 量測之結果將被轉換為數位信號顯示輸入信號光功率，其餘 98% 之光信號則送到 2x2 Switch，2x2 Switch 之功能是選擇切換光信號至 Active 或 Standby 的 Switch Matrix。

另外圖中 Test LED 測試信號則被送至另外一個未被選用的 Switch Matrix 做為監視測試路由之用。Switch Matrix 使用兩組來作保護，保護切換之條件取決於輸入/輸出介面單體上 Input 及 Output Stage 光功率量測結果之比較，此量測結果係透過 I/O Shelf Controller 經由 ADC Bus 傳送。

光信號在 Output Stage 則經由 2x2 Switch 選擇對應的信號送到輸出端，先抽取 2% 送至 Detector 以判定路由是否正確，Detector 透過 ADC Bus 傳送量測結果，其餘 98% 送到輸出端，Test LED 的信號是經由 2x2 Switch 將測試光信號送到另外一組 Detector 量測以維持保護路由的正確性。



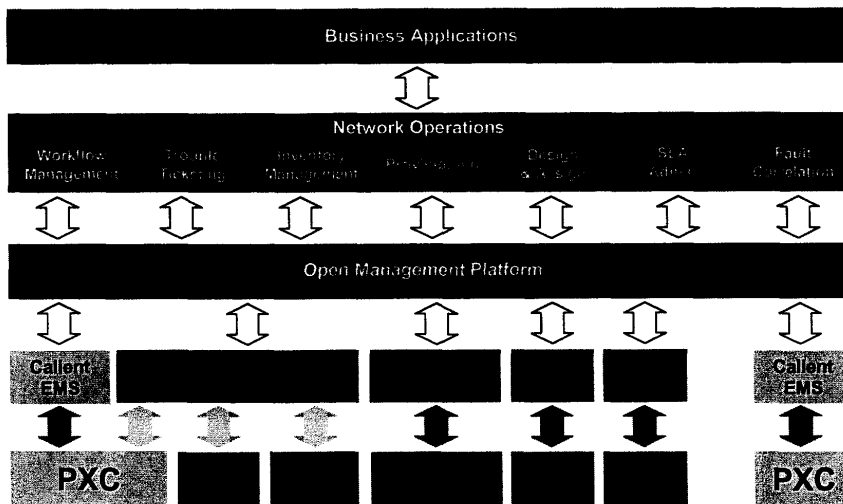
圖九 光路徑示意圖

### 5. 光交接機網管架構

光交接機網管架構如圖十所示，光交接機經由元件管理系統 (Element Management System, EMS)和網路管理系統連接，此元件管理系統的功能是依據 ITU-TMN 的規範，其規範內包含錯誤 (FM)、組態 (CM)、帳務 (AM)、效能 (PM) 以及安全 (SM) 的標準。

此系統可以也提供標準的 SNMP 和 CORBA 操作軟體界面。此元件管理系統軟體基本上可管理控制 64 甚至上百台的 DiamondWave 機型

### OSS Integration: Photonic Switching



圖十 光交接機網管架構

## 6. 維運管理方式

DiamondWave 機型是利用下列三種方式進入操作設備來管理

1. 遠端是以 10/100 BaseT 乙太網路埠來進入管理
2. 遠端也可以序列埠連接數據機來做管理
3. 局端則是以序列埠來進入管理
4. Northbound COBRA 介面連接到 NMS

序列埠是以 TL1 的指令來做操作，而乙太網路埠是用 TL1 指令、WebView 和 SNMP 來做遠端操作。

WebView、TL-1 agent 及 SNMP agent 是存放於每個 DiamondWave 系統，DiamondWave Manager EMS 則係外加方式，它可以在光網路內同時對多個系統進行操作，Northbound COBRA 則提供網管之整合介面。

DiamondWave 機型利用 GMPLS 技術來提供 IP 與光實體層之間的必要聯繫。GMPLS 控制界面可以提供管理訊務工程、保護機制以及回復的能力，此技術可以簡單地整合實體層的光交換與標籤交換的路由器。

### 人機界面(Craft Interface)

DiamondWave 機型支援雙界面模式的人機界面終端機 (Craft Interface Terminal, CIT)，一為內建使用者圖形內部模式，另一為 TL1 命令模式來進行系統的操作維護。

人機界面終端機工作站可使用乙太區域網路 (Ethernet Local Area Network) 方式連接至系統來操作內建 WebView，或使用 Telnet 方式以 TL1 命令來運作。

## 7. 智慧型光網路控制技術－GMPLS

### 7.1 建置 GMPLS 的構成要件

通用型多重協定標籤交換 (Generalized Multi-protocol Label Switching, GMPLS)，主要包括路由 (routing)、信令 (signaling) 及鏈路 (link) 管理等三個協定。本節首先將探討 GMPLS 連接架構 (connection hierarchy) 及光交接技術 (photonic switching) 在此 GMPLS 模式的角色，然後敘述路由、信令及鏈路管理等三個協定之發展現況

### 7.2 GMPLS 連接架構 - 階層式標籤交換路徑 (LSP)

通用型多重協定標籤交換 (Generalized Multi-protocol Label Switching, GMPLS) 是一種多用途控制平面 (control plane) 機制，不但可支援具有封包交換 (packet switching) 能力的數據設備，例如 IP 路由器、ATM 交換機等，而且可應用在以時槽 (time slot)、波長 (wavelength)、及光纖 (fiber) 為基礎之傳輸設備。

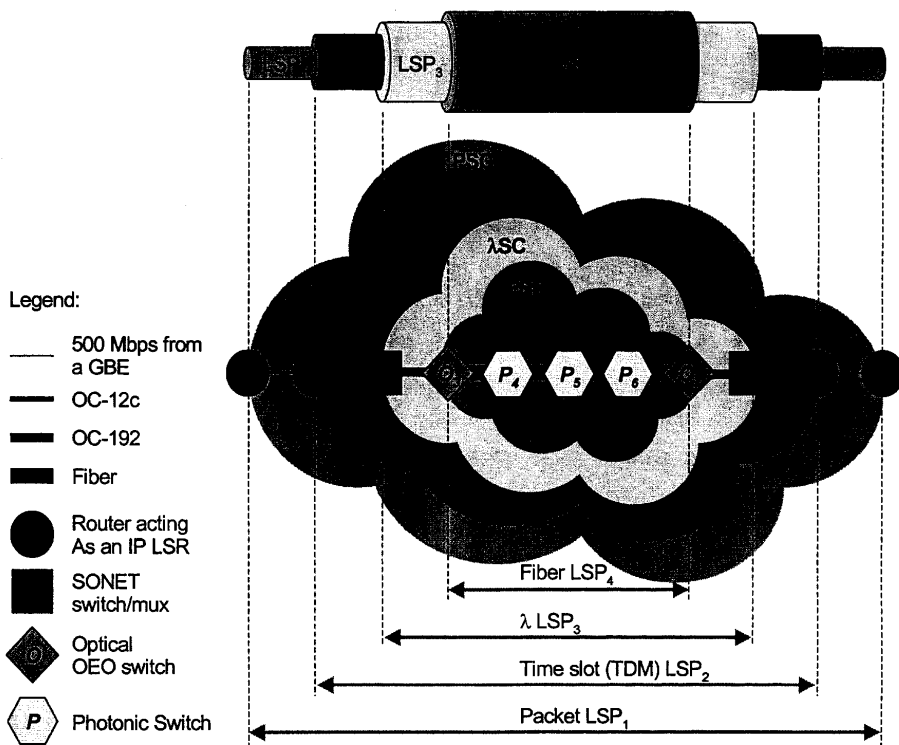
為了表現實際在運作網路中路徑連結的階層化，GMPLS 引進了階層式 (hierarchical) 標籤交換路徑 (Label Switching Path, LSP) 的觀念 (如圖十一所示)，一條 IP 封包的點對點交換路徑，實際上是經過不同之傳輸系統，而 GMPLS 的目的就是在整合不同形態之異質網路，不同網路會有不同形態之標籤，當一條通過異質網路之標籤交換路徑被建立時，表示整條路徑將由不同形態之標籤所組成。

舉例而言，圖十一中  $LSP_1$  的信號頻寬是 500 Mb/s;  $R_0$  將封包映射至  $LSP_1$ ，再將  $LSP_1$  內之 500 Mb/s 信號放至於下一個更大容量之 SONET/SDH 之 OC-12c/STM-4 內形成  $LSP_2$ ， $S_2$  為 SONET/SDH 多工器 (MUX)，它多工 16 個 OC-12c 多工至  $LSP_3$ ，即在  $S_2$  和  $O_3$  之頻寬容量為 OC-192。而光切換器  $O_3$ ，可將幾個 OC-192 通道 (Channel) 經由  $LSP_4$  彙整成 WDM 信號，而  $LSP_4$  內的 OC-192 ( $LSP_3$ ) 信號可經由  $P_4$ 、 $P_5$ 、及  $P_6$  等各點做切換後送到  $O_7$  點。



順著此流程, 在  $O_7$  點選擇所需要之波長 (每一波長信號為 OC-192), 然後將信號傳至  $S_8$  點,  $S_8$  將從 OC-192 分解並選擇適當的 OC-12c 傳至  $R_9$ , 最後,  $R_9$  從 OC-12c 取出封包並將它傳至  $R_{10}$ 。如此一個新 LSP 被包含在另一較高階 (higher-order) 之 LSP 內, 對於一個新 LSP 而言, 較高階 (higher-order) 之 LSP 是屬鏈路功能的服務層, 使得在 GMPLS 環境下, 標籤交換路徑自然產生階層式架構。

在此階層式架構中可以發現一條光纖交換層級的標籤交換路徑 (Fiber LSP<sub>4</sub>), 往往包含數條波長交換層級的標籤交換路徑 ( $\lambda$  LSP<sub>3</sub>), 而一條波長交換層級的標籤交換路徑 ( $\lambda$  LSP<sub>3</sub>), 也往往包含數條時槽交換層級的標籤交換路徑 (Time Slot TDM LSP<sub>2</sub>), 以此類推, 而形成所謂層層包裹之階層式架構。



圖十一 GMPLS 連接架構 - 階層式標籤交換路徑 (LSP)

### 7.3 光交接技術在 GMPLS 模式的角色

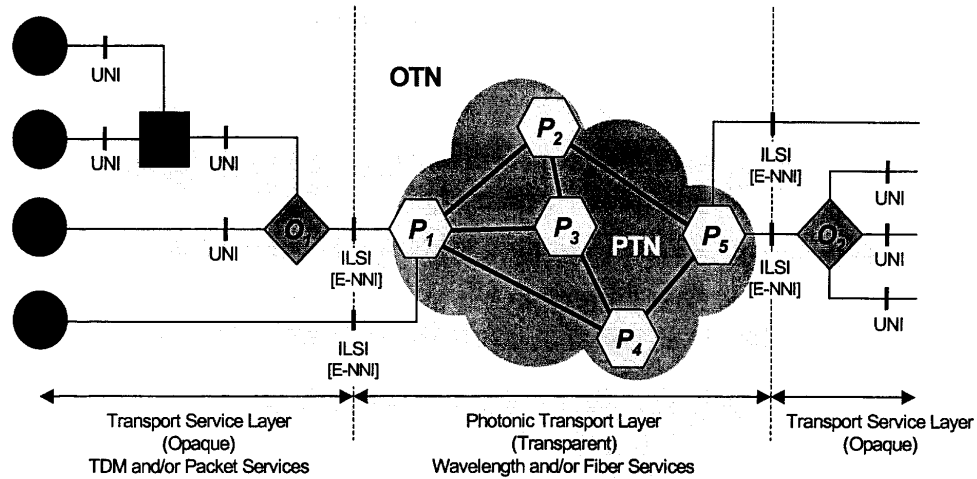
3D 微機電 (Micro-Electro-Mechanical System, MEMS) 光交接系統 (photonic switching systems) 主要是利用鏡片陣列 (mirror arrays) 使其在兩個成直角的樞軸作轉動，來達到光切換的目的。它的特點是在波段為 1260-1625 nm 範圍內提供一透通式 (Transparent) 的切換，也就是它的切換和信號之速率 (bit rate)、信號之協定 (protocol) 無關，因此，它可支援 LSPs 中波長切換能力 (wavelength switch capable) 及光纖切換能力 (fiber switch capable) 等項目，如圖十一所示，我們可容易取得單一光纖之 LSP ( $LSP_4$ )，它可包括幾十路的 LSPs ( $LSP_3$ ) 波長，而每一波長 LSP ( $LSP_3$ ) 也支援幾百路的 TDM LSPs ( $LSP_2$ ) 時槽信號，一旦較高階 LSP 已經建立，它會形成一傳輸管道讓較低階 LSPs 通過，也就是說，高階波長 LSPs 或較高階光纖 LSPs 作交接時和低階 TDM LSP 及較低階封包 LSPs 無關，明顯地簡化了光交接系統的任務功能。

### 7.4 光交接技術與光傳送網路

如圖十二所示，由於光交接系統新技術的引進，使得網路運用架構分為兩層，一層為光傳送網路層 (photonic transport layer)：主要是包括 DWDM 及光交接機，提供透通式波長或光纖傳送網路，另一層為傳送服務層 (transport service layer)，傳送服務層主要是連接到客戶端，提供 TDM 及封包服務，例如：IP routers、ATM switches 等。

使用者-網路介面 (User-Network Interface, UNI) 介於傳送服務層及使用者網路設備 (或叫客戶，clients) 之間，UNI 介面主要用來傳送客戶要求網路服務之信令，是屬於一種信令介面 (Signaling interface)，此種使用者-網路介面 (UNI) 主要是依據 OIF UNI 1.0 標準而定義。

光傳送網路層 (photonic transport layer) 與傳送服務層 (transport service layer) 間之信號介面叫層與層間信號介面 (Inter-Layer Signaling Interface, ILSI)，它是 NNI (Network-to-Network Interface) 介面的一部份，而 ILSI 也可叫 E-NNI (external NNI)，客戶 (也就是 transport service layer) 可利用穿過此 ILSI 介面之信號協定來要求光傳送網路層提供服務。



圖十二 光交接技術與光傳送網路

### 7.5 光網路之架構模式

對於動態式可調定光網路，主要有兩種基本網路架構模式(network architectural models)，第一種叫重疊模式 (overlay model)，在提供波長服務給客戶 (e.g., routers, ADMs, 及 ATM switches) 時，光網路會提供服務路由，這些客戶通常位於網路的邊緣端 (edges of the network)，但客戶不被允許知道光網路拓樸及繞徑的機制，也就是說用戶網路與光網路保持著分離的網路拓樸。第二種叫對等模式 (peer-to-peer model)，客戶被允許知道光網路拓樸及繞徑的機制，即網路拓樸只有一個，可經由統一之信令協定來負責用戶網路及光網路之間之溝通工作。

### (1) 重疊模式 (Overlay model)

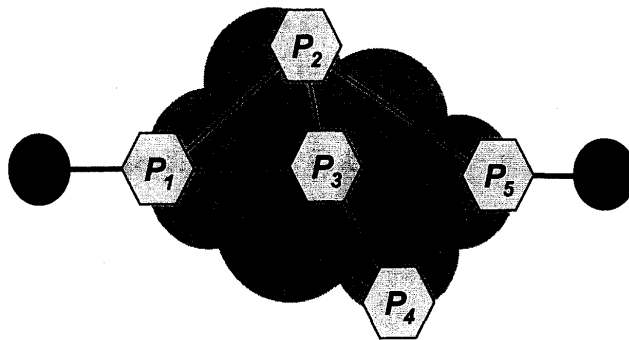
如圖十三所示，重疊模式 (Overlay model) 有兩個分離的控制平面：一個用在核心光網路 (core photonic network)，另外一個 (UNI) 用位於光網路外側的邊緣設備 (edge device)，此兩個分離的控制平面只有極少數的互動，位於光網路外側的邊緣設備只能看到光路徑 (light paths) 但不知道也不能控制光網路內部的網路拓模，這條光路徑可經由 UNI 之信令協定或管理系統來作動態式調定。層與層間信號介面 (Inter-Layer Signaling Interface, ILSI)，基本上也可看作另外一種重疊模式，OIF UNI 已定義公開式 (public) UNI 標準，而 ILSI 可被視為非公開式 (private) UNI。OIF UNI 1.0 標準比較成熟，電信業者也可望有能力用此標準結合數據網路及光網路，以建立一個相容性高、成本低且效率高的整合性網路。



圖十三 重疊模式 (Overlay model)

## (2) 對等模式 (Peer-to-peer model)

如圖十四所示，對等模式 (Peer-to-peer model) 只有一個控制平面，此控制平面可跨越核心光網路 (core photonic network) 及光網路外側的邊緣設備 (edge device)，此種模式已將光網路和數據網路設定為網路之間的對等裝置，可允許邊緣設備知道也能控制光網路內部的網路拓樸，即光網路和數據網路已整合成一個網路。



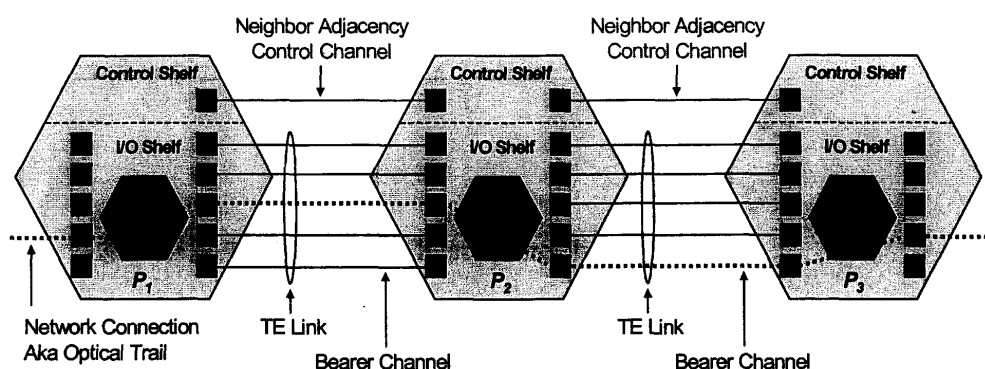
圖十四 對等模式 (Peer-to-peer model)

## 7.6 訊務工程 (Traffic Engineering, TE) 鏈路

如圖十五所示，不管任何模式，要連接兩個光交接設備，首先須在他們二者間建立一訊務工程 (Traffic Engineering, TE) 鏈路，這鏈路必須和跨越此兩個光交接設備的相鄰控制通道 (neighbor adjacency control channel) 有關聯。一個典型的網路建置，可能會有幾條控制通道經過一有備援的網管系統，來繼續保持光交接設備間相鄰相知的一種關係。

每一鏈路都被指定一個 IP 位址 (如果它是一個 unnumbered link 形式，這鏈路將被分配一個 local identifier)，為了增加一個鏈路到光交接設備，網路維運人員必須對鏈路兩端的光交接設備連線；並且完成指配 (provision) 的動作，在進行端對端光路徑指配時，一旦一個鏈路進入”可

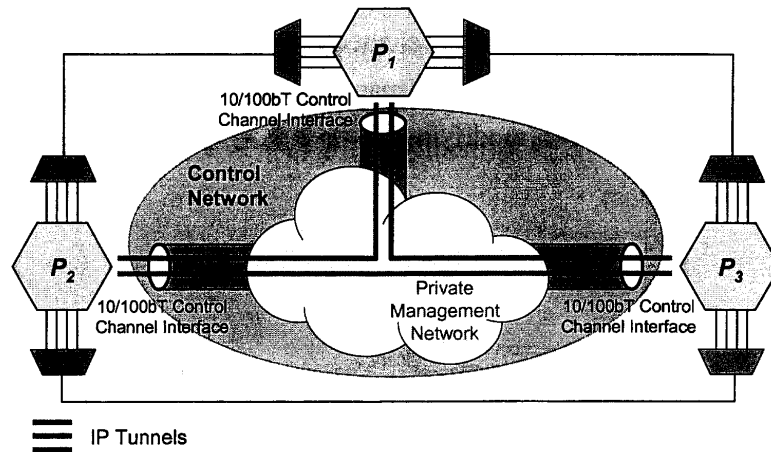
服務”的狀態時，表示此鏈路相關的資源是可被利用的，因此，它必須將此訊息告訴在同一網路中其他的光交接設備。為了能動態建立一光路徑(light paths)，可以從客戶 (client or edge) 端進行連接指配(connection provisioning)，或由網路網管(management)系統執行建立(setup)、拆線(teardown)、或改接(modifying)等指令來完成端對端連接(end-to-end connections)。



圖十五 訊務工程鏈路 (TE Link)

### 7.7 控制通道 (Control channel) 之建置

以 Calient 公司之 DiamondWave 光交接設備為例，它會部署在有不同形態設備之異質網路 (heterogeneous network) 中，這些設備可能是既有設備 (例如：ATM switches、IP router、SDH ADMs 等)，或是下一代新型設備 (例如：OXCs、terabit routers 等)，為了使網路上每一對等的節點 (peer node) 能互相傳達信息，各節點間必須建立控制通道 (Control channel)，圖十六為一具有控制通道之光網路示意圖。



圖十六 帶外式(out of band)控制通道之光網路示意圖

光交接機間之設備指配主要靠 IP 鏈路，它包括一個或多個雙向控制通道(control channels)及一些和用戶有關之話務通道(bearer channels)，控制通道和相關之話務通道並不需要在相同媒體傳送。

控制通道適用來傳遞或交換控制信息(例如:路由資訊及信令資訊)可經由分開的波長或光纖來傳送，也可以經由節點間之乙太鏈路(Ethernet link)來傳送(如圖十六所示)，一個 10/100 M 的乙太介面可允許多路控制通道的連接，而這些控制通道的建立或連接，基本上和實體的傳送網路無關，這種控制通道和話務通道(bearer channels)分隔開來的好處是各管各個，自己狀況好壞不會影響到對方，這也是具有 GMPLS 功能的新型光網路和傳統網路不同地方，而一個新的管理協定叫鏈路管理協定(Link Management Protocol, LMP)也因應而生，來負責全光網路的鏈路管理。

在 LMP 之管理中，每一鏈路須有一相對應的、雙向的控制通道，控制通道間之協定基本上和光交接設備內部構造無關，只要控制通道終端的

節點和相對應話務通道終端的節點是相同的即可。LMP 主要包括四種功能：(1) 問候(Hello)：用以確認及維持相鄰之切換設備間控制通道及其鏈路之連線；(2) 鏈路確認(link verification)：用以確認話務通道(bearer channels) 是否連接，並且交換標籤映射(Label mappings)資料；(3) 鏈路總結 (Link Summary) 主要是控制通道訊息之協商、歸類鏈路之特性、及促使標籤之匹配等；(4) 故障管理(fault management): 區隔鏈路及通道障礙、抑制告警(suppress alarms)、及啟動保護(protection) 及復原(restoration) 機制。

### 7.8 光交接機及其相關之控制網路

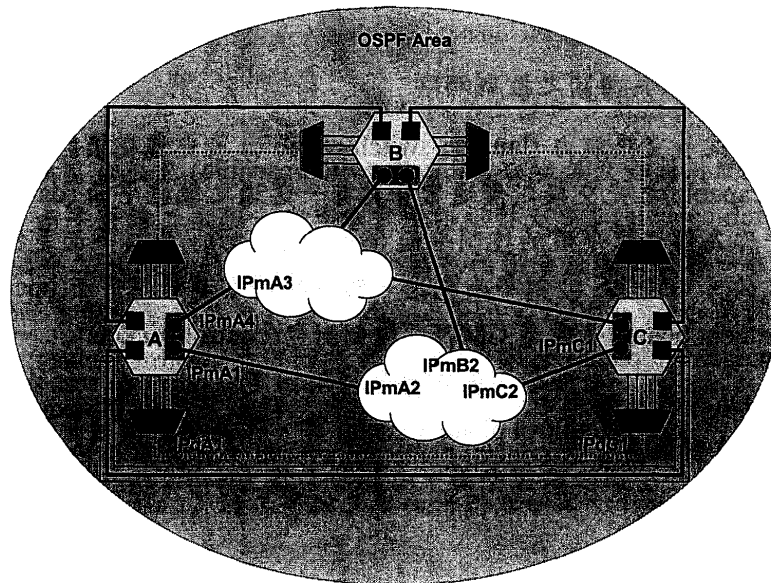
一般提供波長交接能力 (lambda-switch-capable) 及光纖交接能力 (fiber-switch-capable) 之光交接設備通常會具有一透通之數據平面 (data planes) 及另一作為傳送信令用的控制平面 (control plane)，此二平面是獨立、分隔開來的。GMPLS 控制平面包括一個現有之維運管理平面(operator management plane) 來傳送 GMPLS 控制封包(control packets)，一個可行的網路結構如圖十七所示，此網路包括兩個定址位置(address spaces) 一個給控制平面隧道(control plane tunnels) 用，作為交接機彼此(adjacencies) 之溝通，另外一個給數據平面中之訊務工程【traffic engineering (TE)】鏈路用。

圖十七中之陰影部份表示 OSPF 之區域，本區之網路元件為光交接設備，每個設備包括兩個乙太網路介面(如兩個大黑點所示)，為了網路可靠性考慮，此二乙太網路介面分別連至已掛有號碼之兩個管理網路，管理網路認得光切換設備之網路處理器之深藍色 IP 位址 (例如: IPmA1, IPmC1, ...)。

二設備間彼此認知 (adjacency) 的能力需仰賴靠一些控制通道，彼此認知 (adjacency) 的能力主要包括一個 LMP adjacency, 一個 RSVP adjacency, 一個或多個 OSPF adjacency(ies)，多個 OSPF adjacency(ies) 表示「兩個以上之運作模式」，OSPF adjacency(ies) 是經由控制通道來運作，屬於此 OSPF 之區域之所有控制封包是被包裝在太網路介面之隧道住址 (tunnel



addresses) 內，再經由控制網路傳送，交接設備間必需指配或分配隧道住址 (tunnel addresses)，從設備中送出帶有藍色位址(blue addresses)之封包會經過網路雲朵(Cloud)進行封包交換，綠色虛線 (例如: IPdA1, IPdC1, etc) 就是 TE-links，TE-links 是由 OSPF 區域中不透通(opaque)之鏈路狀況告知(Link State Advertisement, LSA)功能來宣告。



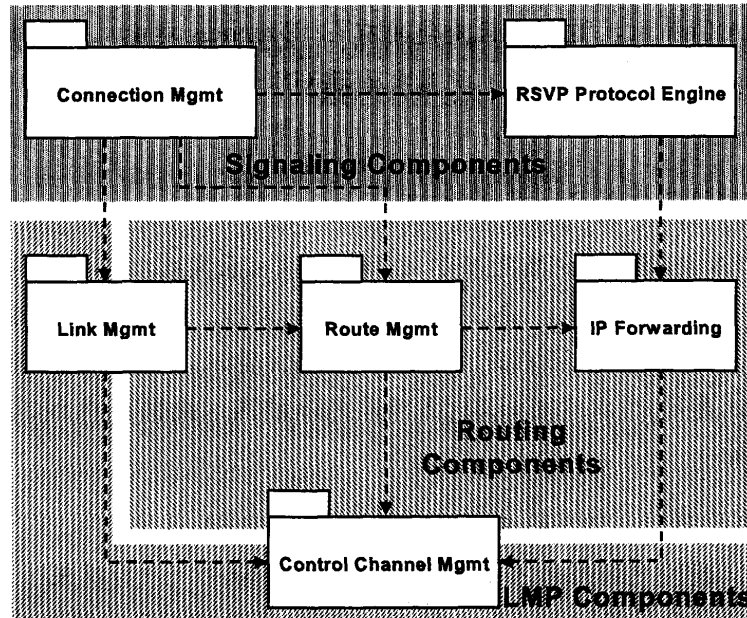
圖十七 光交接機及其相關之控制網路

管理平面(藍色部份)和數據平面(綠色部份)定址分開的主要理由如下:

- 安全(Security); 服務提供者希望管理網路和數據網路能夠分開。
- 允許實體管理網路較自由的運作。
- 邏輯上，各網路節點間可以建立一個網狀之管理平面。

## 8. GMPLS 之軟體架構

圖十八表示 Calient 公司 GMPLS 之軟體架構及其不同模組間之關係。



圖十八 Calient 公司 GMPLS 之軟體架構

### 8.1 鏈路管理協定 (Link Management Protocol, LMP)

鏈路管理協定(Link Management Protocol, LMP) 包括鏈路管理(Link Management) 及控制通道管理(Control Channel Management)， LMP 在相鄰之節點運作主要是來管理訊務工程鏈路(Traffic Engineering, TE) 鏈路， LMP 利用 keep-alive messages 來維持控制通道的連接(connectivity)、確認話務通道之實體連接、交換並比對鏈路屬性之訊息(link property information)、及管理鏈路之故障，因此，鏈路管理協定不僅負責建立、管理及維護控制通道，並使節點間之路由、信令協定能透過控制通道來溝通。

若鏈路狀態改變時，LMP 會散播此訊息至其他元件，或使用測試訊息來驗證話務通道之健全。在 GMPLS，兩相鄰節點間之控制通道不再需要使用和話務通道相同之傳輸實體，例如，控制通道可用分開之波長或光纖、乙太鏈路、或和管理網路分開之 IP tunnel 等，不管使用那一種傳輸媒體，Calient 之控制平面是使用有 GRE tunnels 功能之現行網管系統來作為兩節點封包之控制，所需之管理 GRE tunnels 之標準協定是根據 RFC 2784。

## 8.2 GMPLS 信令(Signaling)協定

GMPLS 會利用信令協定來建立一條由頭端至尾端之標籤交換路徑 (Label Switching Path, LSP)，為了建立標籤交換路徑，在此路徑之路由器使用信令協定來協調、指配適當之標籤，並保留適當資源(例如:足夠的頻寬、速率等)，以達成 GMPLS 網路快速繞送、提供 QoS 和訊務工程(TE)的目的。

GMPLS 選定之信令協定為 RSVP-TE、CR-LDP，至於 RSVP-TE、CR-LDP 兩種協定誰好誰不好目前尚在熱烈討論中，一般說來，RSVP 協定是比較受廣泛接納及採用，同時，大部分製造商都已經積極利用此穩定性不錯的協定進行互相間相容性之測試及連通。

GMPLS 主要是能適用於非分封式的網路中，例如: SONET/SDH 之 TDM 架構或 DWDM/OXC 之光網路架構，因此，原來之 MPLS 中之信令協定能力會被更進一步延伸及加強，例如: 通用標籤(Generalized Label)的產生、建立雙向標籤交換路徑、建立備份標籤交換路徑、和提供上游節點推薦標籤的能力等，一般光網路廠商大部分提供支援 Ethernet、SDH/SONET、Lambda、Fiber 等通用標籤功能，但不提供 ATM、Frame Relay 等封包標籤。為節省網路資源 GMPLS 提供下列兩種重要功能：

### (1) ”無 IP 編碼的鏈路”(Unnumbered link) 功能

為了應付大量且日益增長的寬頻話務，網路提供者必需佈建大量光纖，如利用 DWDM 技術，每一光纖又可容納上百條波長，網路中會產生下列問題：

- a. 一個光網路所有鏈路數目會是一個 MPLS 網路好幾倍。
- b. 一個 MPLS 網路，管理或指配 IP 位址不是一件繁重的工作，但對一個包括有光纖、波長 ( $\lambda$ ) 及 TDM 通路之 GMPLS 網路，就會消耗無數的 IP 位址，IP 的管理也更加繁重。
- c. 由於埠 (Port) 數目太多，相鄰網路元件各個埠和埠間的辨識、連接，會增加管理資源的負擔，因此出錯的機會也較多。

因此，IETF 訂定一種 ”無 IP 編碼的鏈路”(Unnumbered link) 標準機制，來處理這些眾多的設備介面，它結合設備 ID 及本地鏈路號碼來辨識一個連結，每一鏈路就不必要對應一個 IP 位址，因此 ”IP 路由表”就不需顯示出來，如此一來就可以節省 IP 位址、網路頻寬、CPU 處理時間等，讓整個網路 IP 管理更容易。

### (2) 鏈路集結 (Link Bundling) 功能

當系統提供次速率(subrate)/多工的輸出/輸入(I/O)卡板時，就會支援鏈路集結 (Link Bundling) 功能。為什麼需要鏈路集結功能呢？由於鏈路狀況資料庫必須包括網路上所有節點、鏈路屬性等資料，而在光網路環境中鏈路太多，此種鏈路狀況資料庫的容量必然是MPLS網路的好幾十倍，因此，利用鏈路集結功能，可以將相同屬性(similar characteristics)之數條子鏈路資訊，彙整成一條虛擬母鏈路的特性，可以節省網路資料庫的資源和營運成本。

### 8.3 GMPLS 路由(Routing) 協定

Calient 公司在其 DiamondWave 光交接機產品初期提供 OSPF-TE IGP 路由協定，也就是將訊務工程(TE)功能增加到原來之 OSPF 軟體架構，為擴展應用層面，將來會發展 IS-IS-TE IGP。

在 GMPLS 環境中之 OSPF 路由協定處理更多之任務，除了收集網路資訊(例如：網路拓樸、節點間連結狀態等)及建立路由表外，也補強了許多訊務工程(TE)方面之功能，它必需加入一些和鏈路有關之額外資訊到訊務工程鏈路狀態資料庫 (TE Link State Database，TE-LSDB)。

在同一區域內的每個 Node 都會產生描述自己鏈路狀態的 link-state advertisements(LSAs)送給網路內所有節點，稱為 reliable flooding，主要是用來建立鏈路狀態的資料庫，而這些資料庫就是此區域或管理區(AS)的整個網路的拓樸結構。

限制型最短路徑優先(Constrained Shortest Path First，CSPF)演算法則在 TE-LSDB 中運作，而最短路徑優先(Shortest Path First，SPF)演算法則在 LSDB 中運作。這些資訊包括標籤交換路徑(LSP)之種類(e.g., packet forwarding, SONET/SDH trails, wavelengths, or fibers)、目前可用之頻寬等、以更聰明方式讓某節點對此 LSP 計算出一特定路由(explicit route)，同時，也提供原始鏈路“derived link”(或稱 Forwarding Adjacency, FA)的觀念，例如：若一光波長之 LSP 已建立，則它在鏈路狀態資料庫必需登記且宣告為原始鏈路“derived link”，作此宣告後便有支援 TDM SONET/SDH 或 packet forwarding LSPs 之能力。

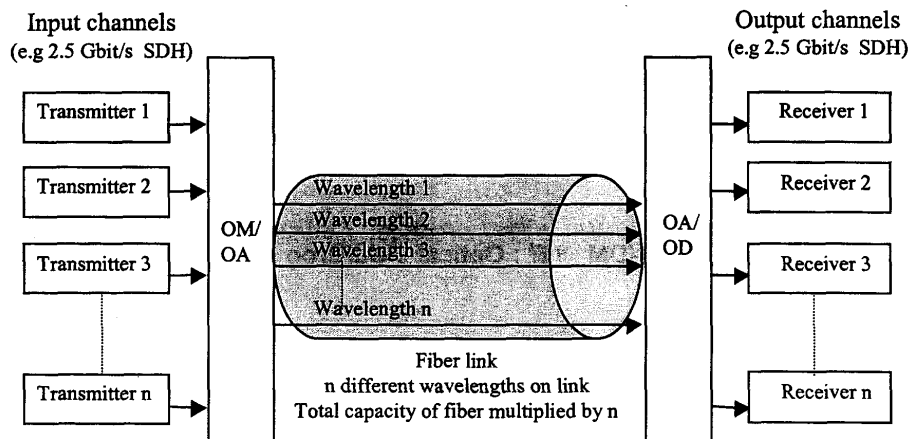
另外，GMPLS 環境中之 OSPF 路由協定還要有能力接受與散播無 IP 編碼鏈路之連結資訊，總結 OSPF 或 IS-IS 路由協定延伸功能主要包括下列三大部份：

- (1) 階層式 (hierarchical) 標籤交換路徑(Label Switching Path, LSP)
- (2) 鏈路集結 (Link bundling)
- (3) 無 IP 編碼鏈路(Unnumbered link)

## 五、OADM/DWDM 技術概論

### 1. 密集式分波多工 (DWDM) 之架構

密集式分波多工 (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM) 之架構如圖十九所示，傳送端可結合  $n$  個波長之光信號在一對光纖上傳送，在遠端可分別解出個別波長之光信號，今天此種技術已廣泛被電信業者使用來改善現有光纖缺乏現象以增加網路之傳輸容量。尤其對於與日俱增之網際網路(Internet)、新網路頻寬的增加，乃至於新型用戶服務的提供等都和 DWDM 的技術息息相關。此種技術可以在不埋設更多的光纖下提高網路的傳輸容量，而能及時解決電信業者光纖不夠或話務壅塞的問題，例如：可將 16 個速率為 2.5 Gbit/s 的支路信號多工混合後再傳送，其每一對光纖的傳輸容量可至 40 Gbit/s (16x2.5 Gbit/s)。



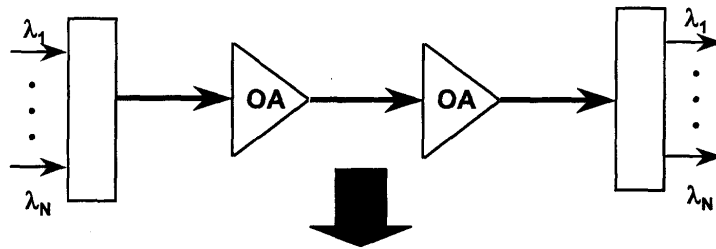
密集式分波多工: *Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM*  
光多工器: *Optical Multiplexer, OM*  
光解多工器: *Optical Demultiplexer, OD*  
光放大器: *Optical Amplifier, OA*

圖十九 密集式分波多工架構

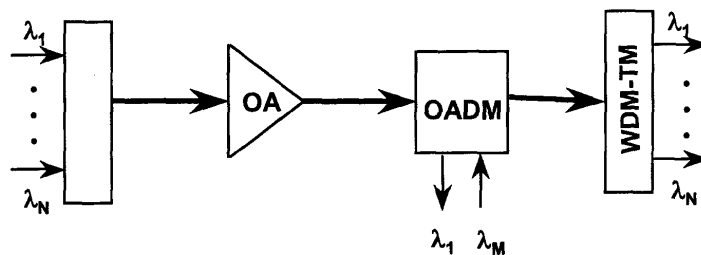
## 2. OADM 之發展架構

如圖二十所示為光塞取多工機 (Optical Add-Drop Multiplexer, OADM), 之發展架構, 初期之密集式分波多工 (Dense Wavelength Division Multiplexing, DWDM) 在網路之建置主要以點對點之應用為主, 利用 DWDM 終端機配合光放大器構成傳輸網路, 在傳送端可接受多個波長之光信號輸入, 經多工混合、光放大後傳至光傳送網路, 在接收端可接收來自光傳送網路之信號, 經光前置放大、解多工、及光濾波器後輸出, 將網路傳輸頻寬提升至 16、32、64 甚至 160 倍。但為了滿足網路上傳送之波長可作彈性調度之能力及符合網路高存活度之要求, 近年來發展出 OADM 傳送網路之建置可以看作是實現全光網路的第一步。

初期之 DWDM 建置: Point-to-Point DWDM Systems



演近期之 DWDM 建置: Optical Add/Drop Multiplexer (OADM)



圖二十 OADM 之發展架構

### 3. OADM 之技術

OADM 可以在一個光傳輸網路之中間站塞入或取出個別的波長通道(Wavelength Channel)，目前大部份廠家已研製出固定型光塞取多工機(Fixed OADM)，它對於要塞入或取出的波道只能作固定式指配，而且必須事先設定，設計簡單、性能穩定，但缺乏靈活度。

至於另一種稱為可任意設定之光塞取多工機(Programmable OADM)，則可藉由外部指令對於要塞入或取出的波道作任意的指配，達到訊務彈性調度之目的，結構較複雜，但使網路資源得到良好分配。

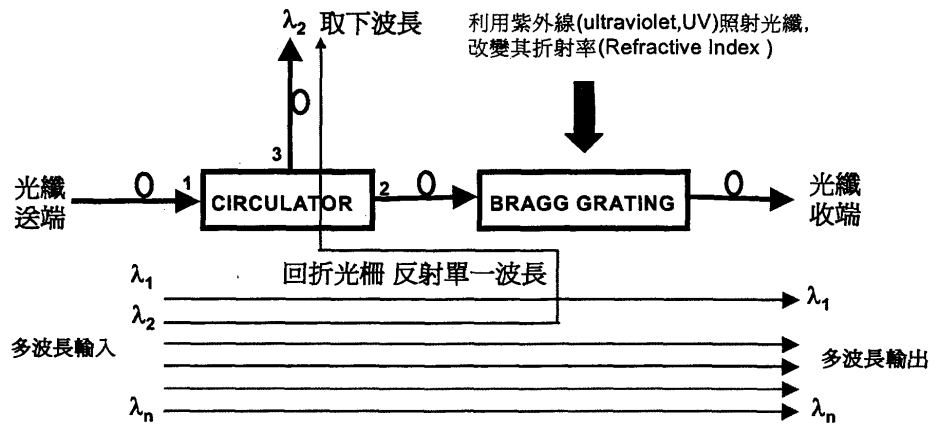
目前，利用布拉格光纖回折光柵(Fiber Bragg grating)技術，發展一種多通道式塞/取組件應用於光塞取多工機之設計，這種方法有以下優點：

- (1) 低插入損失(少於 9 dB)，且容易和光線路放大器(in-line Amplifiers)配合使用
- (2) 適合於 50 GHz、100 GHz、200 GHz 等不同通道間距
- (3) 穿越(pass through)波長不受塞取運作之干擾

如圖二十一所示，其中之 OADM 模組可提供多個波長通路，多波長輸入由左側光纖送端進入光環通器(Circulator)之埠 1，自埠 2 離開並進入一串可調式布拉格光纖回折光柵(Bragg Grating)。

光環通器之作用原理如下：光進入埠 1 (2, 3) 並自埠 2 (3, 1) 離開，在非調整狀態下，全部波長組成皆可穿越光纖回折光柵；但如被調整至某特定波長( $\lambda_2$ )時(常用調整方法為熱感式或壓電感式變形)，此特定波長被反射回到光環通器之埠 2，特定波長被導引至埠 3 被取下，不被反射之波長則由光纖右端離開。





CIRCULATOR : 環通器

BRAGG GRATING: 布拉格回折光柵

Directivity

Input → Output

1 → 2

2 → 3

3 → 1

圖二十一 布拉格光柵與 OADM

#### 4. OADM 之模組架構

目前應用於光塞取多工機之光切換器(Optical Switches)有 1x2, 2x2 及 NxN 等階層, N可至 32 或更高, 1x2, 2x2 較小型之光切換器主要是應用微機電系統(Micro-Electronic Mechanical System, MEMS)技術, 其體積可作得更小、價錢也更便宜。

如圖二十二所示, 為一 2x2 光切換器所構成之 OADM 模組, 每一傳送方向可作 4 個光通道之塞取, 其餘通道則穿越(Pass through)通過, 切換時間為 5 ms。由於 OADM 動態的塞取光波長, 將產生功率波動之現象, 此時須能監視這些波動並自動調整控制參數, 使其輸出功率維持在固定位準。另外, 在任一節點塞/取波長, 為維持準位一定, 亦需加入一光衰減器(variable optical attenuater, VOA)來控制接收功率。

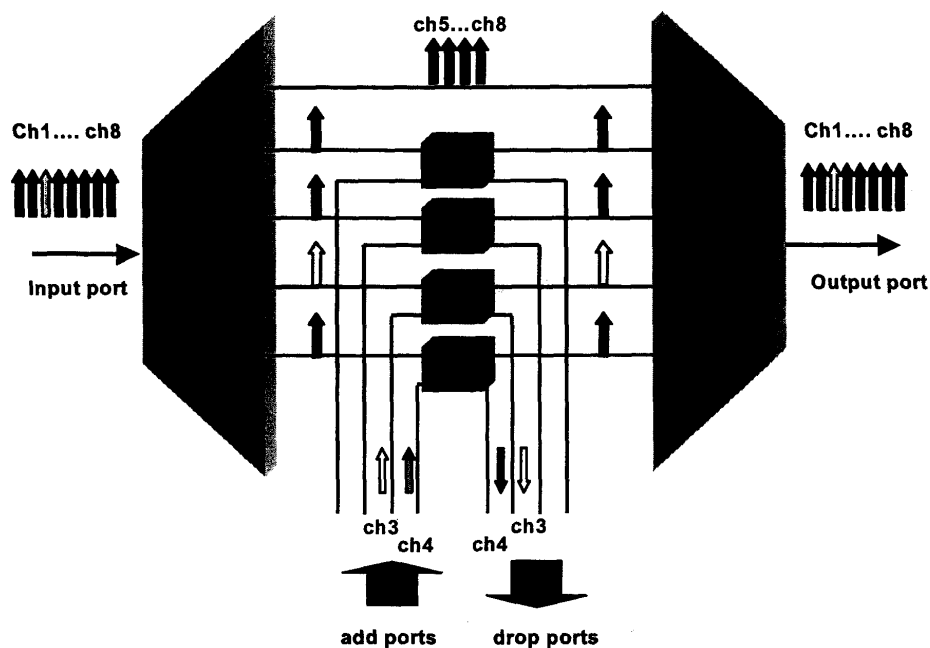
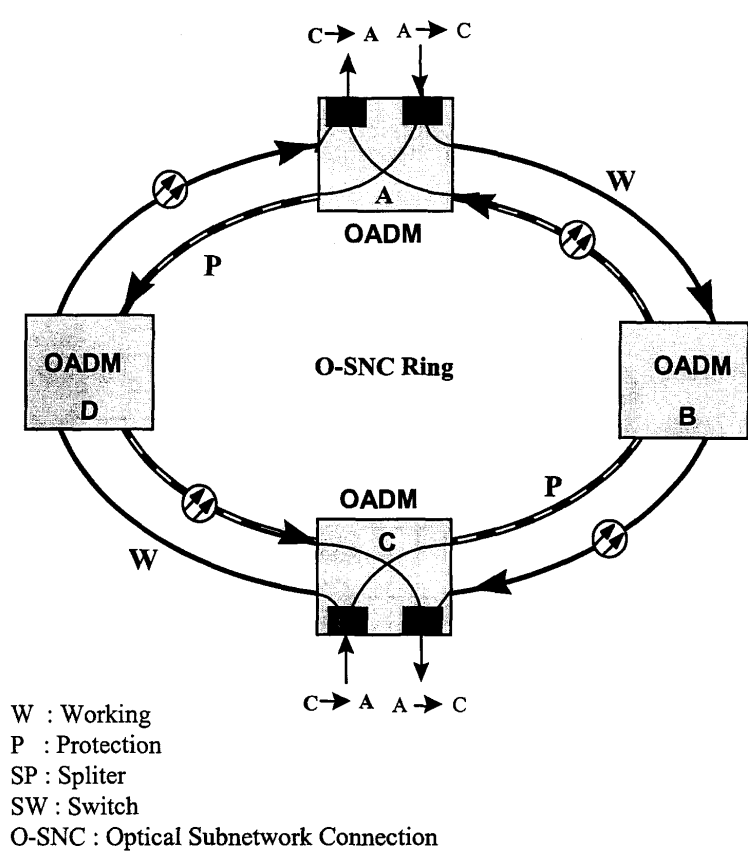


圖 二十二 OADM 之模組架構

### 5. OADM 之 SNC-P 保護

OADM 在光層之環狀子網路連接保護 (Subnetwork connection protection, SNC-P) 架構如圖二十三所示，此種架構在傳送端是以永遠橋接方式將光信號分送於工作 SNC 及保護 SNC，在接收端保護切換功能會根據信號品質之好壞，選擇其一較優者作為服務 SNC。如工作 SNC 失效或效能低於需求標準時，可以用保護 SNC 取代工作 SNC。



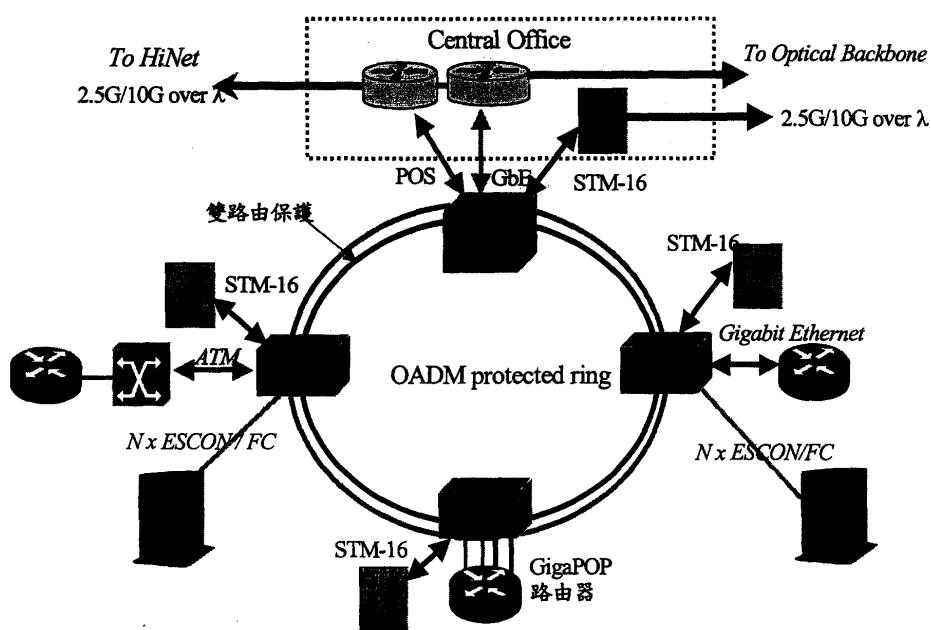
圖二十三 O-SNC Ring Protection

### 6. OADM 之網路應用

圖二十四所示目前 SDH 傳送或 ATM 接取技術已應用於都會區網路，但 SDH 及 ATM 適合數據服務之集結介面較有限，尤其對高速數據服務會有所不足，例如：企業系統連接 (Enterprise System Connectivity, ESCON)、光纖通路 (Fiber Channel)、Gigabit Ethernet 及光纖連接 (Fiber connection, Ficon) 介面等，因此採用 OADM 技術來提供以上高速數據服務，方可提供多樣服務及確保網路之服務品質。

OADM 可在現有光纖基礎設施上提供協定/速率透過之數據服務，即使 Fast Ethernet 升級至 Gigabit Ethernet，Escon 升級至 Ficon 等皆無須更換 OADM 設備，因此，OADM 應用於都會區網路乃是指日可期。

### 都會區主幹 (Metro Core) 網路

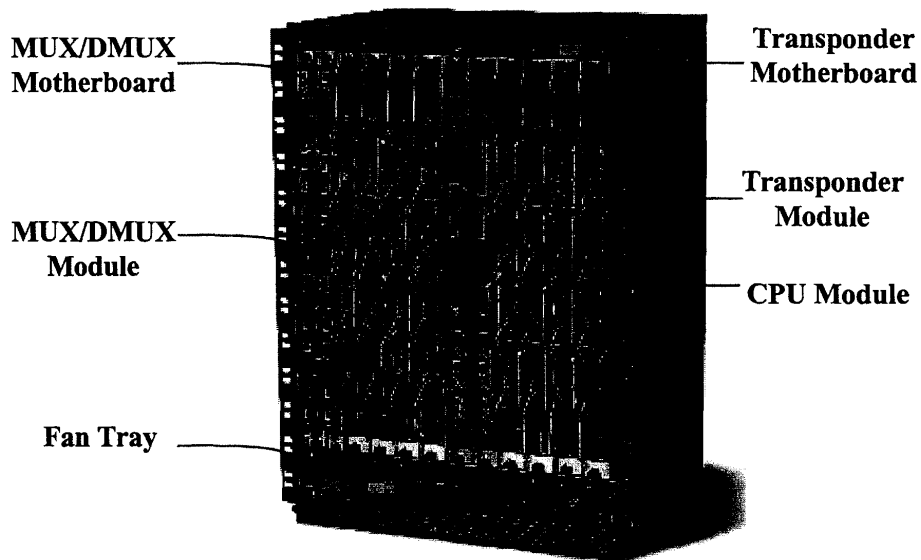


圖二十四 OADM 之網路應用

## 六、實習 Cisco 公司之 OADM/DWDM 維運技術

### 1. 系統組構

Cisco ONS 15540 是 CISCO 公司應用 OADM/DWDM 技術發展出來之光網路產品之一，它整合語音、數據等重要服務形成所謂下一代智慧型光網路架構，採用 ITU-T G.692 之 100-GHz 通道寬度，可以提供 32-通道之系統容量，



圖二十五 ONS 15540 系統組構

如圖二十五所示 Cisco ONS 15540 系統主要包括下列元件：

- 機框 (Chassis) – 12 slots, 19" wide x 14 RU x 12" deep, 48 volts

- 備份電源供給器 (Redundant power supplies) – DC internal, AC external 120V/240V 3 RU power shelf
- 備份處理器 (Two redundant processor cards) CPU modules with memory – 10/100 Mbit Ethernet 10Base T, Cisco serial console port
- 轉頻器母板(transponder motherboards) – Protected (for splitter), unprotected east/west
- 轉頻器模組 (Transponder modules) – dual wavelength auto selectable, 1310nm MM/SM
- 多工解多工母板(Mux/demux motherboards) – with or without Optical Supervisory Channel (OSC)
- 多工解多工模組(Mux/demux modules) – 8 x 4 port A,B,C,D,E,F,G,H or 4 x 8 port AB, CD, EF, GH

## 2. 介面種類

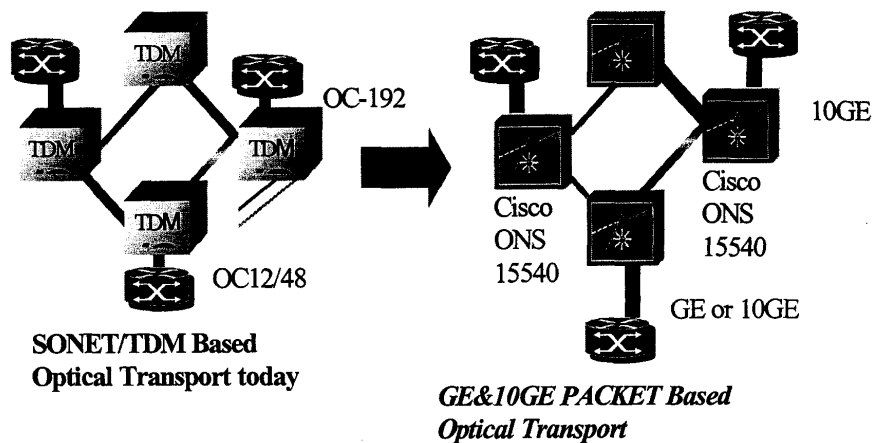
ONS 15540 未來則可以擴充提供 64 無保護 (unprotected) 波長組構，並支援 GMPLS 管理功能，本系統主要包括以下幾種介面：

- 100 Mb Ethernet
- 100 Mb FDDI
- 200 Mb ESCON (1310nm MM)
- IBM GDPS Coupling Link
- Fibre Channel (1 GB and 2 GB)
- Gigabit Ethernet
- SONET OC3/STM-1, OC12/STM-4, OC48/STM-16
- FICON

### 3. 都會型 OADM 環狀網路應用

圖二十六所示為 ONS 15540 設備具有 GE 或 10GE 的乙太網路介面，除了支援傳統 TDM 為主之服務，更可以應用在有乙太網路介面為基礎 (Ethernet-Based) 之都會型 OADM 環狀網路，以此搭載 ONS 15540 之都會型 OADM 環狀網路，來建構一個以數據為主之高速率、低成本、高可靠度、及使用方便之光傳送網路。

都會區電信業者相信 OADM 系統將是提高網路容量同時維持低成本、彈性(flexibility)及伸縮性(scalability)之最佳解決方案，網路經營業者已開始推動都會區 OADM 環狀網路之建設，其距離大約自 10 km 至 80 km，預期提供商業對商業間之高速數據服務之傳送。

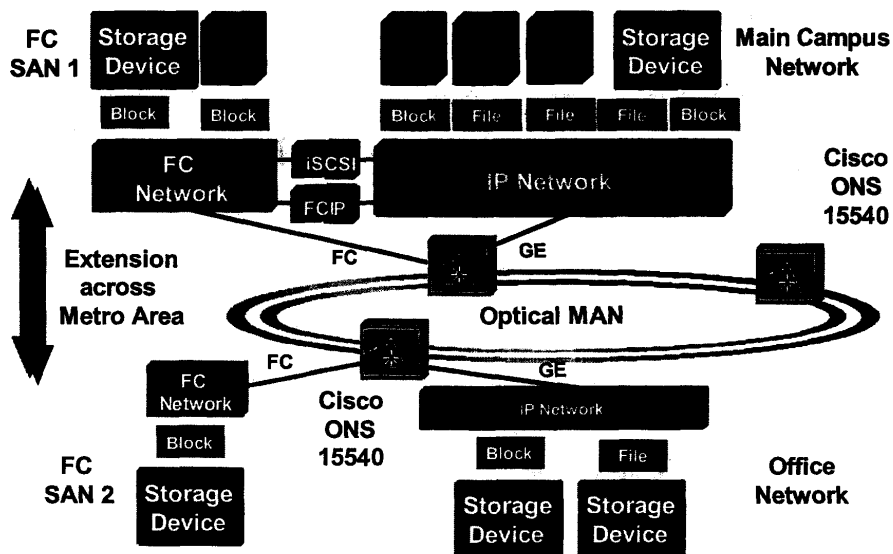


圖二十六 Ethernet-Based 之都會型 OADM 環狀網路

#### 4. 跨都會區數據儲存網路應用

具有潛力且易於管理之數據儲存網路 (Storage Area Network, SAN) 技術正被用來提供及時交易 (real-time transaction) 及資料庫的管理、備份、擷取及回復等，另外，在 IP 環境中，對於整體資訊的取得、管理方面，IP 網路為主之儲存 (Network Attached Storage, NAS) 技術，提供了快速、簡單、可靠的解決方案，因此，跨都會區之數據儲存網路已經變成未來整個都會網路之主流，如圖二十七 ONS 15540 利用 Fibre Channel 介面可以連接校園網、企業網、數據網等不同數據中心，提供跨都會區數據儲存網路服務，並提供下列功能：

- 數據儲存作業做最有效之管理
- 數據儲存訊息資源的分享及作最大的利用
- 強化數據儲存的可靠度及整合性，減低數據儲存成本



圖二十七 跨都會區數據儲存網路應用



## 七、感想與建議

### 1. 邁向光網路(AON)之路—建立 DWDM/OADM 及 OXC 技術

DWDM/OADM 及 OXC 技術奠定了由電網路演進至光網路(All Optical Network, AON)之基礎，傳統的電網路無法直接在光層(Optical Layer)進行多工、切換、或路由改接(routing)等動作，如此一來總體傳輸速率會因使用光電轉換設備而受到限制，無法將光纖與生俱來無限頻寬的潛力好好發揮。而光網路可直接在光層作信號之運作來解決上述問題，因此克服了傳統傳輸瓶頸而帶來了"Virtual fibre"的觀念，將既有光纖作最有效率的利用。

光網路和傳送速率(Bite Rate)及通訊協定 (Protocols)無關，也就是說可提供和服務形式完全無關的傳送網路，例如:一個對傳送速率及規約完全透明(Transparent)的 DWDM/OADM 網路可和 ATM、IP、SDH、Ficon、Escon 與 Fibre Channel 等信號介接，提供網路多樣化的服務。傳統上在電層的頻寬調度來的更簡單而有效率，可減少費用支出。

另外，在網路上光纖被切斷或光信號故障時，可在光層進行信號保護切換或網路路由回復 (Restoration)的動作，相對於傳統上在電層作回復的動作其切換時間較短，使網路之可用度提高而改善服務品質。

都會網路是大部份的語音訊務與數據封包啟動與終結的地方，遠比長途網路複雜許多，除了須面對日益升高、無法預期的頻寬需求，並且必需能夠支援多樣的訊務、協定與速率，這些工作都必須在非常複雜的網路拓樸下完成，若能利用DWDM/OADM及OXC技術，建立端對端的O/O/O都會光網路，則可提供高彈性、高容量與低成本的都會網路服務。

由於本公司目前正規劃邁向寬頻網路架構，建議公司更應加快腳步大力推廣以DWDM/OADM 及OXC為基礎之光網路建設工作，才可確實發揮寬頻網路功能及最高效率，俾能在當今眾多固網公司爭食的電信市場中保有強大的競爭力。

## 2. 建立智慧型光網路維運管理技術－GMPLS

目前在「光網路論壇」(Optical Internetworking Forum, OIF) 組織所提出的重疊式「用戶網路介面」(User-Network Interface, UNI) 標準中，數據網路與光網路保持著分離的網路拓模，以便在網路運作維持分離的管理網域。在這種架構裡，數據網路是由所連結的光交換器獲知光網路的運作情況，以 IP 為基礎的信令協定會在兩種網域之間建立連結。

而另一個「網際網路工程任務小組」(Internet Engineering Task Force, IETF) 組織所提出的對等式模式標準，則以「通用多協定標籤交換」(GMPLS) 為基礎，將光交換器與路由器作為介面之間的對等裝置。對於所有的數據及光網路裝置來說，網路拓模只有一個，這使得 GMPLS 聯結可以穿透數據網路及光網路的交換路徑，並由 IP 信令協定統一控制數據及光網路之間的溝通工作並降低服務運作上的複雜性。

GMPLS 應用於以時槽、波長、或光纖為基礎之光網路，可以加速數據之傳送、提供網路服務品質保證(QoS)、及訊務管理(Traffic Engineering) 功能，GMPLS 也提供了數據網路及光網路一個共通之控制平面，可以自動化維運管理網路資源，節省調定時間，提供一個有效選徑和資源預約的機制，達到頻寬動態配置的要求。

本公司應配合各項寬頻網路之建設及早引進並利用 GMPLS 技術，建立一個高度相容、容易管理維運、低成本且功能強大之智慧型光整合網路，以提供光纖 VPNs、儲存區域網路(SAN)以及以波長為單位之頻寬買賣等新型服務。