

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別:考察)

考察全光網路(OADM/OXC/GMPLS)技術

出國人:

服務機關: 中華電信公司 中華電信公司 電信訓練所

職 稱: 科長 工程師 講師

姓 名: 朱光熊 李元貞 劉文楨

出國地點: 美國、加拿大

出國期間: 92年9月28日至92年10月9日

報告日期: 93年1月8日

176/
109503878

公務出國報告提要

頁數: 48 含附件: 否

報告名稱:

考察全光網路(OADM/OXC/GMPLS)技術

主辦機關:

中華電信股份有限公司

聯絡人/電話:

柯志勇/2344-4094

出國人員:

朱光熊 中華電信股份有限公司 網路處 科長
李元貞 中華電信股份有限公司 網路處 工程師
劉文楨 中華電信訓練所 網路技術科 講師

出國類別: 考察

出國地區: 加拿大 美國

出國期間: 民國 92 年 09 月 28 日 -民國 92 年 10 月 09 日

報告日期: 民國 93 年 01 月 07 日

分類號/目: H6/電信 H6/電信

關鍵詞: OXC、OADM、CWDM、GMPLS、ESCON、FIBER CHANNEL、FICON、ASON、Gigabit Ethernet、SAN、SONET/SDH

內容摘要: 由於網際網路之蓬勃發展，寬頻上網客戶迅速成長，服務內容亦日益豐富，其中尤以視訊服務為然，本公司之網路頻寬勢必配合需求擴充，藉以強化服務品質，滿足客戶需求，提昇競爭力；而全光網路(包括OXC、OADM、DWDM和GMPLS等)技術為考量訊務持續成長、降低建設和維運成本、強化波長服務以及增加網路靈活度和減少維運複雜度之重要解決方案，藉以提供多樣化之服務；因此為瞭解先進國家之全光網路(OADM/OXC/DWDM/GMPLS)技術與其最新發展趨勢，職等依據本公司92.3.28信人二字第92A3500488號函，並奉本公司民國九十二年九月十二日信人二字第92A3501601號函及民國九十二年九月十二日信人二字第92A3501601號函核准，由九十二年度派員出國計畫第26項(考察OADM/OXC於接取網路之應用技術)、第30項(考察多廠家核心網路平台整合技術及GMPLS技術發展)及第157項(全光網路訓練規劃考察)組團赴美國舊金山Ciena公司、亞特蘭大Movaz公司和加拿大Nortel Networks公司考察全光網路技術，同時蒐集相關技術資料。本報告之內容包括出國之目的、行程與考察心得，並敘述此行之觀感與建議，期能作為本公司引進建設全光網路之參考。

本文電子檔已上傳至出國報告資訊網

目 錄

	頁次
摘要.....	1
一、目的.....	2
二、行程.....	3
三、考察心得.....	4
四、觀感與建議.....	45

摘 要

由於網際網路之蓬勃發展，寬頻上網客戶迅速成長，服務內容亦日益豐富，其中尤以視訊服務為然，本公司之網路頻寬勢必配合需求擴充，藉以強化服務品質，滿足客戶需求，提昇競爭力；而全光網路(包括 OXC、OADM、DWDM 和 GMPLS 等)技術為考量訊務持續成長、降低建設和維運成本、強化波長服務以及增加網路靈活度和減少維運複雜度之重要解決方案，藉以提供多樣化之服務；因此為瞭解先進國家之全光網路(OADM/OXC/DWDM/GMPLS)技術與其最新發展趨勢，職等依據本公司 92.3.28 信人二字第 92A3500488 號函，並奉本公司民國九十二年九月十二日信人二字第 92A3501601 號函及民國九十二年九月十二日信人二字第 92A3501601 號函核准，由九十二年度派員出國計畫第 26 項(考察 OADM/OXC 於接取網路之應用技術)、第 30 項(考察多廠家核心網路平台整合技術及 GMPLS 技術發展)及第 157 項(全光網路訓練規劃考察)組團赴美國舊金山 Ciena 公司、亞特蘭大 Movaz 公司和加拿大 Nortel Networks 公司考察全光網路技術，同時蒐集相關技術資料。

本報告之內容包括出國之目的、行程與考察心得，並敘述此行之觀感與建議，期能作為本公司引進建設全光網路之參考。

赴美國、加拿大考察全光網路 (OADM/OXC/GMPLS) 技術 回國報告

一、目的

由於網際網路之蓬勃發展，寬頻上網客戶迅速成長，服務內容亦日益豐富，其中尤以視訊服務為然，本公司之網路頻寬勢必配合需求擴充，藉以強化服務品質，滿足客戶需求，提昇競爭力；而全光網路(包括 OXC、OADM、DWDM 和 GMPLS 等)技術為考量訊務持續成長、降低建設和維運成本、強化波長服務以及增加網路靈活度和減少維運複雜度並藉以提供多樣化服務之傳送網路重要解決方案；因此為瞭解先進國家之全光網路(OADM/OXC/DWDM/GMPLS)技術與其最新發展趨勢，職等依據本公司 92.3.28 信人二字第 92A3500488 號函，並奉本公司民國九十二年九月十二日信人二字第 92A3501601 號函及民國九十二年九月十二日信人二字第 92A3501601 號函核准，由九十二年度派員出國計畫第 26 項（考察 OADM/OXC 於接取網路之應用技術）、第 30 項（考察多廠家核心網路平台整合技術及 GMPLS 技術發展）及第 157 項（全光網路訓練規劃考察）組團赴美國舊金山 Ciena 公司、亞特蘭大 Movaz 公司、加拿大 Nortel Networks 公司考察全光網路技術，同時蒐集相關技術資料，作為引進建設全光網路之參考。

二、行程

本案由網路處科長朱光熊、工程師李元貞和訓練所講師劉文楨奉派組團赴美國、加拿大考察全光網路 (OADM/OXC/GMPLS) 技術，自民國九十二年九月二十八日起至十月九日止，為期(含行程)共計十二天，主要行程紀要如下：

日期	地點	工作紀要
92.9.28	台北 - 舊金山	去程
92.9.29	舊金山	訪問 Ciena 公司，討論 DWDM/OADM/OXC 技術、服務及網管功能
92.9.30	舊金山-亞特蘭大	行程
92.10.1	亞特蘭大	訪問 Ciena 公司，討論 GMPLS 技術及應用
92.10.2 ~ 3	亞特蘭大	訪問 Movaz 公司，討論 OADM/OXC/GMPLS 技術、應用及發展趨勢
92.10.4 ~ 5	亞特蘭大-蒙特婁	行程及週日整理資料
92.10.6 ~ 7	蒙特婁	訪問 Nortel 公司，討論 DWDM/OADM/OXC/GMPLS 接取/核心網路、技術發展及網路規劃
92.10.7 ~ 9	蒙特婁-紐約-台北	回程

三、考察心得

(一) CIENA 公司

3.1.1 ONLINE Metro™ 多重服務密式分波多工傳送平台 (Multiservice DWDM Transport Platform)

ONLINE Metro™ 為利用智慧型密式分波多工 (Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)) 光技術和先進之服務集成卡傳送透通性服務之設備，如圖 3.1 所示，ONLINE Transport Platform 則是為想要以單一光基礎建設提供各種可管理服務給其客戶之企業和服務提供者設計的。在單一大型平台上可以使用供 SONET/SDH、ATM、IP、Fiber Channel、Ethernet、FICON、ESCON 和數位視訊用之高密度服務集成卡 (High-density service aggregation cards)。

光信號層快速保護切換可供經營者提供波長層之網路存活度保證，而不需要複雜之較高層復原技術，光信號保護切換組構包括光信號單向路徑切換環 (UPSR) (ONLINE 7000) 和光信號雙向線路切換環 (BLSR) (ONLINE9000)。長距離光收發信機在沒有中繼器情況下可支援之距離長達 800 公里 (ONLINE 11000)。

ONLINE Metro Platform 亦可不使用 DWDM 光系統部份，而當作符合經濟效益之一般傳送平台佈建，在 SONET/SDH 網路中提供服務集成、塞取多工機 (ADM) 和分配信號使用，亦可在光纖上作原生協定之直接透通性傳送。

LightWorks ON-Center® 管理系統提供優越之設計、規劃、可簡化調度和升級運作之自動化和管理工作具。

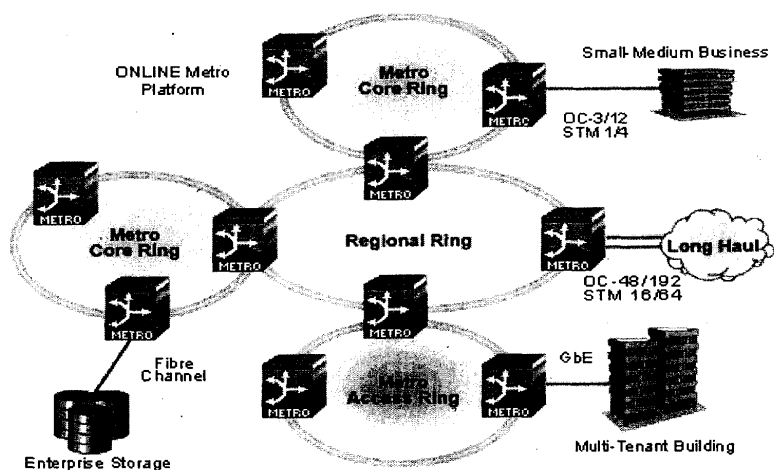


圖 3.1：ONLINE Metro™ 多重服務密式分波多工傳送平台

3.1.1.1 技術規格

(1) 系統特性

(a) 最大容量

- 每一節點具有 33 個有保護波長。
- 每一節點具有 66 個無保護波長。

(b) 客戶介面

- 區域收發信器 (Regional Transceiver)：彈性位元速率 100 Mb/s 至 2.5 Gb/s (Fiber Channel、FICON、ESCON、D1 Video、HDTV、ATM、IP)，無信號中繼之應用可長達 800 公里，並可選用 FEC；10 GbE LAN 收發信器可支援原生 10 GbE 應用。
- 彈性位元速率收發信器 (Bit-Rate Flexible Transceiver)：100 Mb/s 至 2.5 Gb/s (Fiber Channel、FICON、ESCON、D1 Video、HDTV、FDDI、Fast Ethernet、ATM、IP)，附加 FEC 選項可應用距離長達 160 公里。
- OC-192/STM-64 收發信器 (OC-192/STM-64 Transceiver)：附加 FEC 之無信號中繼器應用距離可長達 800 公里。

(c) 系統結構：

點對點、線狀 ADM、2-心光纖環、均屬光和 SONET/SDH 領域。

(d) 保護選項

- 光 UPSR (專屬保護) 或
- 光 BLSR (分享保護)。
- 無保護光波長服務。
- SONET 層保護：SONET 1+1/SDH MSP 1+1、SONET BLSR/SDH MS-SPRING，SONET/SDH 添加信號完全透通。

(e) 支援訊務模型

集中式 (Hubbed)、分散式 (Distributed)、網狀 (Mesh)。

(f) 升級性 (Upgradeability)

所有容量升級和組構改變均可在服務中進行。

(2) 光介面

(a) DWDM 通路間隔：100 GHz (ITU-T 標準)。

(b) 非 DWDM 傳送光信號：1310 nm，短/中距離；1550 nm，長距離。

(c) 客戶端光介面：1310 nm，短/中距離；850 nm，短距離。

- (d) 光放大器：可選用後級 (Post-)、前級 (Pre-) 和線上可變增益放大器。

(3) 網路管理

- (a) 本地介面 (Craft Interface)：Java GUI 應用。
- (b) 元件管理系統 (EMS)：
都會傳送管理器 (Metro Transport Manager)。
- (c) 維運支援系統介面 (OSS Interface)：
CORBA、TL1、SNMP、Telnet/CLI、Netcool。
- (d) 性能監視 (Performance Monitoring)：
光功率、Gigabit、SONET/SDH、Fiber Channel、ESCON。
- (e) 管理通路 (Supervisory Channel)：OC-3/STM-1, 1510 nm。
- (f) 數據線 (Datawire)：
10Base-T 和 100Base-T Ethernet LAN Extension。

(4) 電源需求

- 輸入電源：-48 V DC (A 和 B 供電)。

(5) ONWAVE™ 服務卡

- (a) ONWAVE 2.5G SONET/SDH ADM 卡：
4-埠任意組合之 OC-3/STM-1 或 OC-12/STM-4 和 8-埠 OC-3/STM-1 信號多工為單一之 OC-48/ STM-16 波長並附有 STS-1 交接能力。
- (b) ONWAVE 10G SONET/SDH ADM 卡：4-埠 OC-48/STM-16 信號多工為單一之 OC-192/STM-64 波長並附有 STS-1 交接能力。
- (c) ONWAVE Data Multiplexer 卡：
2-埠之 GbE、FICON 或 Fiber Channel 多工為單一之 OC-48/STM-16 波長。
- (d) ONWAVE ESCON Multiplexer 卡：
12-埠之 ESCON 多工為單一之 OC-48/ STM-16 波長。

(6) 環境特性

- (a) 安全性：UL 1950、FCC Part 15, Class A。
- (b) NEBS 符合性：GR-1089 core。
- (c) ETSI
 - 穩定使用之氣候環境：Class 3.1 設備。
 - 儲存：Class 1.3 E 設備。

- 運輸：Class 2.3 E 設備。
- (d) 遠端使用者/中央機房告警。
 - 19 吋機框：8 個輸入／8 個輸出 Form-C 繼電器。
 - 23 吋機框：12 個輸入／12 個輸出 Form-C 繼電器。
- (e) 證明：與 TIRKS、NMA、TEAM 維運支援系統作 OSMINE 整合。

(7) 實體特性

(a) 機框尺寸

- 19 吋機架：17.5" (H) x 19" (W) x 12" (D)。
- 480 mm 機架：440 mm (H) x 480 mm (W) x 300 mm (D)。
- 23 吋機架：17.5" (H) x 23" (W) x 12" (D)。
- 580 mm 機架：440 mm (H) x 580 mm (W) x 300 mm (D)。

3.1.2 ONLINE Edge™ 多樣化服務疏式分波多工傳送平台 Multiservice CWDM Transport Platform

ONLINE Edge™ Platform 為利用智慧型疏式分波多工 (Coarse Wavelength Division Multiplexing (CWDM)) 光技術加上先進之服務集成 (Service aggregation) 卡以提供透通性服務之設備，如圖 3.2 所示，輕薄短小且模組化之 ONLINE Edge Platform 之設計適合於想要在單一光纖基礎建設上提供高頻寬服務之企業和服務提供者使用。多埠 ONWAVE™ 服務集成卡或一般速率可調多工器在單一可調規模之 CWDM 平台上可提供 SONET/SDH, ATM, IP, Fibre Channel, Ethernet 和視訊服務傳送，並且能達到符合成本效益之目的。

小型化、支援服務多樣化、模組化結構和與都會和區域網路整合可使 ONLINE Edge Platform 成為理想之接取集成設備，專線服務可用 4-埠之 SONET/SDH ADM (SADM) 卡來達成，Ethernet LAN 服務則利用具成本效益之 SONET/SDH Framed Data ADM (SFDADM) 卡提供，SFDADM 卡亦可支援具有 buffer credit extensions 功能之 Fibre Channel，延伸儲存傳送達數千公里，SONET/SDH ADM 和 Data ADM 卡可驅動 OC-48/STM-16 線路速率之長程介面或送到 ONLINE Edge Platform 機架上之 CWDM 光模組。

LightWorks ON-Center® 管理系統提供優越之設計、規劃、自動化和管理工具，可以簡化調度和升級運作。

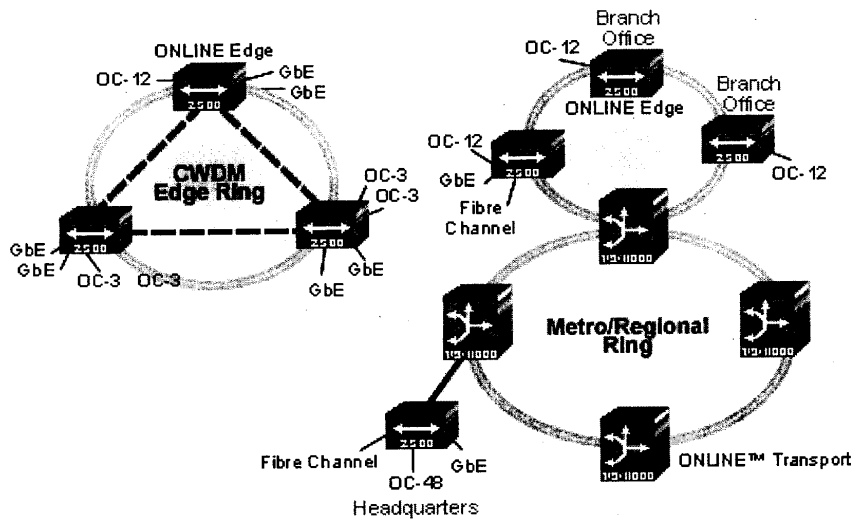


圖 3.2 : ONLINE Edge™ 多樣化服務疏式分波多工傳送平台

3.1.2.1 技術規格

(1) 系統特性

(a) 最大容量

- 每環具有 8 個有保護波長。
- 每環具有 16 個無保護波長。

(b) 客戶介面

- 速率可調收發信器 (Rate-tunable Transceiver) :
100 Mb/s 至 2.5 Gb/s，包括 OC-3/12/48 或 STM-1/4/16、Gigabit Ethernet、Fiber Channel (1G 和 2G)、FICON、D1 Video、HDTV、FDDI、ATM、IP、ESCON。

(c) 系統組構：點對點；線狀 ADM；2-心光纖環。

(d) 保護選項：光 UPSR 或無光保護波長服務(可依每一波長選擇之)。

(e) 支援訊務模型：

集中式 (Hubbed)、分散式 (Distributed)、網狀 (Mesh)。

(f) 升級性 (Upgradeability)：

所有容量升級和組構改變均可在服務中進行。

(2) 光介面

(a) 訊務容量：最大可達 8 個有保護波長。

(b) WDM 通路間隔：20 nm CWDM 間隔。

- (c) 支路介面 (Trubutary Interfaces) :
 - 850 nm – 插入式 (Pluggable), 距離可達 550 公尺。
 - 1310 nm – 插入式 SR-1, 距離可達 2 公里。
 - 1310 nm – 插入式 IR-1, 距離可達 15 公里。
 - (d) 線路介面 (Line Interfaces) : 插入式 CWDM GBICs。
 - (e) 鏈路預算 (Link Budgt) : 供典型應用時可高達 30 dB。
- (3) ONWAVE 服務卡
- (a) 速率可調收發信器 (Rate-tunable Transceiver) :
100 Mb/s 至 2.5 Gb/s (OC-3/12/48 或 STM-1/4/16、Gigabit Ethernet、Fiber Channel、FICON、D1 Video、HDTV、ATM、IP)。
 - (b) ONWAVE SADM 卡 : 在單一 OC-48/STM-16 波長上, OC-48/STM-16 ADM 可支援多達 4 路軟體設定之 OC-3/STM-1 或 OC-12/STM-4 支路, 並附有完全 STS-1 交接能力。
 - (c) ONWAVE SFDADM 卡 :
具有塞取兩個 Gigabit Ethernet 或 Fiber Channel 信號之任何組合到單一 OC-48/STM-16 波長上之能力, Fiber Channel buffer credit extension 允許全頻寬距離達數千公里。
- (4) 網路管理
- (a) 本地介面 (Craft Interface) : CLI 或 GCIT。
 - (b) 元件管理系統 (EMS) :
都會傳送管理器 (Metro Transport Manager)。
 - (c) 維運支援系統介面 (OSS Interface) :
CORBA、SNMP、Telnet/CLI、TL1。
 - (d) 迴接 (Loopbacks) : 可用於服務介面。
 - (e) 規劃/設計 (Planning/Design) : Lightworks Designer™。
- (5) 電源需求
- (a) 電源輸入選項 : AC 或 -48 V DC 雙套供電。
- (6) 環境特性
- (a) 安全性 : UL 1950 第三版、FCC Part 15, Class A。
 - (b) NEBS 符合性 : GR-63-CORE、GR-1089-CORE。
 - (c) 電磁相容性 (EMC) : EN 60950、EN 55022-4、EN 300-386。

(d) ETSI

- 穩定使用之氣候環境：Class 3.1 設備。
- 儲存：Class 1.3 E 設備。
- 運輸：Class 2.3 E 設備。

(e) 證明：與 TIRKS 維運支援系統和 NMA 作 OSMINE 整合。

(7) 實體特性

(a) 機框尺寸

- 可堆疊 2 RU 機械結構。
- 19 和 23 吋機架：3.5" (H) x 17.5" (W) x 15" (D)。
- 483 和 584 mm 機架：89 mm(H)x 445 mm(W)x 381 mm(D)。

3.1.3 CoreDirector 交換系統

CoreDirector 交換系統設計之目的為用彈性之保護選項和大量之維運簡化方式提供快速傳送許多不同之端對端光容量通過網路，如圖 3.3 所示，CoreDirector 之智慧是由 LightWorks OS™ 軟體提供的，它能促使整個網路之光信號層自動調度和管理，並且具有大量之保護能力。CoreDirector 和 LightWorks OS 對維運成本之衝擊在縮短調度時間上是非常可觀的，由於其規模性、彈性和先進之網路能力，CoreDirector 可大幅降低佈建、維運光網路和調整光網路規模之成本。

CoreDirector 為把塞取多工機 (ADM)、數位交換器和光交換器之功能整合在一起之 OXC 設備，該產品系列可提供支援 SONET 和/或 SDH 之兩種平台，在單一機架可提供 640 Gb/s 之無阻斷交換，並可支援多達 64 x 10G、256 x 2.5G 和 512 x 155/622M 光介面之混合組構；CoreDirector CI 為較小型之 CoreDirector，在半個機架空間內可提供 160 Gb/s 之無阻斷交換容量，可支援多達 16 x 10G、64 x 2.5G 和 128 x 155/ 622M 光介面；CoreDirector 產品具有支援規模達數 Terabit 交換容量之能力。

此外，CoreDirector 交換器具有以整個波長到個別 STS-1/VC-3 範圍之 Granularity 作彙整和交換網路訊務之彈性，亦可支援 SONET/SDH 之轉換，在 SDH 網路應用中，CoreDirector 交換器支援 VC-3 彙整和 TUG-3 封裝 (Encapsulation)。

LightWorks OS 軟體為可藉簡化和自動維運處理流程而降低整個網路之維運成本，並改善網路內之 CoreDirector 智慧型光交換系統之頻寬使用率，LightWorks OS 具有符合已認證標準，且為全世界許多大型服務提供者所廣泛佈建之光控制平面 (Optical control plane) 功

能；LightWorks OS 支援以 ITU-T 和 OIF 標準/建議書為基礎之 GMPLS 和 G.ASON 功能。

CoreDirector 具有各種不同之提高頻寬效率保護選項，藉以提供各種不同之服務，服務提供者可為不同之語音和數據應用量身訂做之服務種類設計服務，服務層級協議（Service Level Agreements (SLAs)）可依服務之優先度和所需保護層級來定義。

為了使服務提供者能對其客戶提供多樣化之服務，如圖3.3所示之 CoreDirector可支援各種不同之保護方案，包括以軟體定義之虛擬線路交換環（Virtual Line Switched Ring (VLSR™)）、UPSR/SNCP、線狀 (1+1, 1:N)和FastMesh™ 連接層保護（FastMesh™ connection-level protection），其中 VLSR為CIENA公司之智慧型BLSR/MS-SPRing，環狀和線狀保護方案可與該公司之FastMesh網狀復原方案同時佈建，藉以支援高級之網路可靠度。

CoreDirector FastMesh and VLSR網路架構已經驗證可大幅減少在傳統BLSR/MS-SPRing網路所需之總容量，此外，動態彙整功能可使網路頻寬使用率達到最佳化和使保護與復原服務之可用頻寬達到最大化，服務提供者亦可利用佈建CoreDirector來終接多家廠商之 UPSR/SNCP環之方式，獲得進一步節省費用。

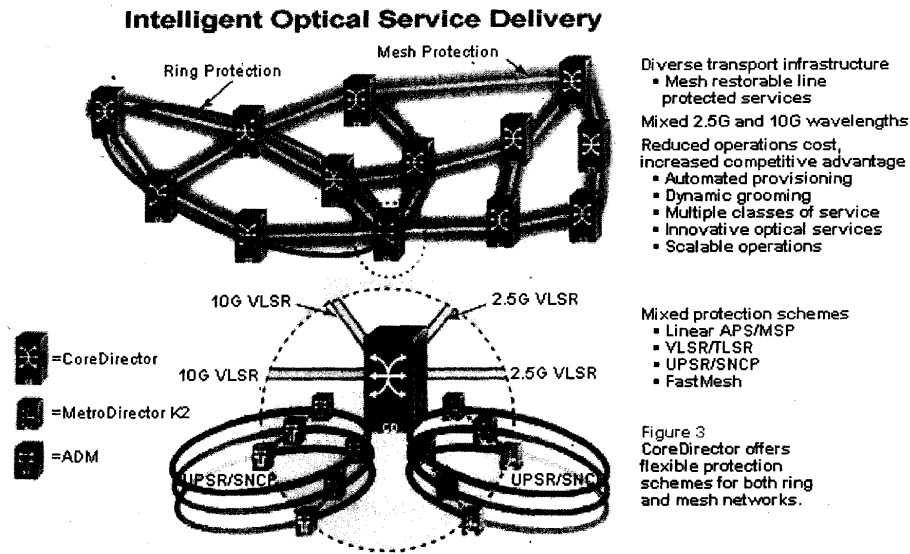


圖3.3：CoreDirector交換系統

3.1.3.1 技術規格

(1) 高可用度

- 所有共同設備具有1：1備援。
- Switch Fabric具有M：N備援。
- 光介面具有可由使用者定義之保護方式。
- 電路層復原。

(2) 交換容量

系 統	容量Gb/s	OC-192/ STM-64	OC-48/STM-16	OC-12/STM-4*
CoreDirector	640	64	256	512
CoreDirector CI	160	16	64	128

*OC-12/STM-4模組介面均用軟體組構，亦可支援OC-3/STM-1。

(3) 介面

可用軟體組構為聯結式 (concatenated, 例如：OC-192c/STM-64c) 或通路式 (channelized, 例如：STS-1 / VC-3 granularity)。

(4) LightWorks OS之軟體特性

智慧型之標準化 (GMPLS, G.ASON) 控制平面、動態點選式調度、每一電路優先度、任意聯結、自動化彙整、SONET/SDH 開道 (Gateway)。

(5) LightWorks OS之軟體服務保護選項

- VLSR：線路層環狀保護 (BLSR/MS-SPRing)。
- Linear (1+1, 1:N) APS/MSP：線狀線路層保護。
- UPSR/SNCP：路徑層環狀保護。
- FastMesh software：連接層端對端網狀保護。

(6) 元件和網路管理

- 標準化之CORBA IDL介面。
- 以TMN為基礎之架構和資訊模式TL-1 Craft介面：供運作熟練用。
- LightWorks ON-Center® 核心交換管理者軟體：供調整規模和健全之網路層管理用。
- CoreDirector Designer™ 軟體：供離線網路/容量規劃和最佳化與平台無關之Java™ GUI用。
- OSMINE支援TIRKS、NMA和TEAMS系統。

(7) 實體特性

- CoreDirector尺寸：84" (H) x 26" (W) x 21" (D)。
2134 mm (H) x 660 mm (W) x 533 mm (D)。
- CoreDirector CI尺寸：37.5" (H) x 18.8" (W) x 22.5" (D)。
953 mm (H) x 478 mm (W) x 572 mm (D)。

(二) MOVAZ 公司

Movaz 公司已經研發完成一個可提供波長服務之都會區光連接綜合解決方案之光平台，如圖 3.4 所示，它在密度、容量和經濟效益上都空前的，RAY™ 產品系列為整合下列重要功能之設備：

- 可提供超長距離高頻寬服務且符合成本效益之接取和都會 DWDM 光信號傳送；
- 內建於光網路元件之分散式波長交接功能；
- 端對端連接管理、高效率資源管理、迅速調度和簡化網路運作之智慧型波長管理軟體。

利用整合式傳送和交換，波長可動態管理以符合服務需求；利用 GMPLS 智能，資源可自動發覺、端對端調度所需之信號和控制可無縫隙地執行，保護則可經由全系統路徑計算分析而更為健全。

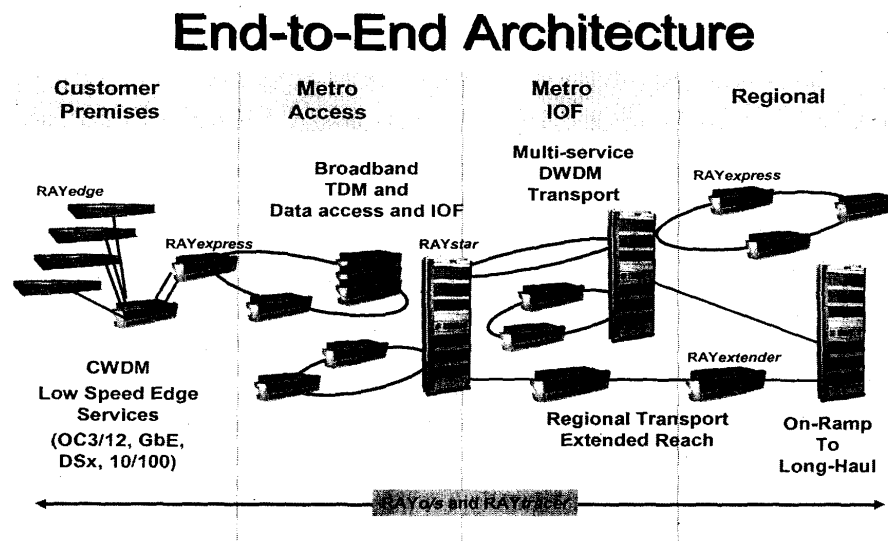


圖 3.4：Movaz 公司之都會區光連接綜合解決方案光平台

RAY 系列主要產品簡介如下：

3.2.1 RAYstar™

Movaz Networks 公司之 Raystar™ 波長交換器和光塞取多工機 (Optical Add/Drop Multiplexer (OADM)) 為一種全光平台，該平台整合先進之 DWDM 傳送、光子交換和智慧型波長路由能力，藉以提供通過接取、都會和區域網路傳送之可管理波長服務。

Raystar™ 應用廣泛而可符合服務提供者需求，在接取網路中，它可佈建為提供多個以 RAYexpress™ OADM 為基礎之環狀和點對點連接之整合式頭端，在這種組構中，光虛擬專用網路 (Optical Virtual Private Network (OVPN)) 可以在中央機房 (Central Office (CO)) 不需佈建任何背靠背終端機和外部電信號交換器 (External Cross-connect (EXC)) 之情況下提供服務給企業客戶。

從接取到都會網路之延伸連接只要在中央機房之同一 Raystar™ 上簡單地加上光塞取模組就可完成，客戶訊務即可經由機房間設施傳送到另一中央機房，或甚至直接到達區域中心機房，其間不需要裝設其他額外之網路元件。

利用混合之 2.5 Gbps 和 10 Gbps 傳送，Raystar™ 可調整規模而符合 Collector 和 Express 路由之頻寬需求，從一個網路到另一網路之路由服務可利用內藏之 EXC 在電氣信號層級達成，該 EXC 能夠很有彈性地把任一輸入光通路映射到任一輸出服務介面，反之亦可；在光信號層級，由波長交換平台 (Wavelength Switching Platform (WSP)) 提供純光透通之波長交換，無需昂貴之光-電-光 (Optical-Electrical-Optical (OEO)) 轉換，路由智慧則由符合 GMPLS 路由和信號協定之 RAYo/s™ 維運系統提供，可適用於 iWSS (All-optical switching platform with a MEMS-based switching fabric) 和 EXC，以點選方式建立通過網路之光路徑，只需數分鐘就可完成動態重新組構並提供服務。

為了整合所有上述功能，Movaz 只需一個 7 呎機架就可完成，而其他廠家則須更多機架才能做到，因此可大幅節省成本，亦可節省空間、耗電和維運。

總之，Raystar™ 對可管理之波長服務傳送可提供非常符合成本效益之通用基礎建設，用它來佈建，接取、都會和區域網路架構可以大幅簡化，服務亦可即時提供，因而可加速營收並獲取較大利潤。

3.2.1.1 技術規格：

(1) 系統

(a) 拓樸

- 點對點（中繼距離可達 100 公里）。
- 環狀（環狀長度可達 640 公里）。
- 一般網狀（中繼距離可達 100 公里）。

(b) 客戶介面

- SONET：OC-3/12 (c)、OC-48 (c)。
- SDH：STM-1/4、STM-16。
- Data/SAN：Gigabit Ethernet、ESCON、FICON、Fibre Channel、ETR/CLO。
- Transparent：2.5 Gbps Transparent、10 Gbps Transparent。
- New Features：OC-192(c)、STM-64、10G LAN、4 x OC-48、10 x GigE。

(c) 波長保護（選項）

- 光信號 UPSR
- 1+1
- 1：1
- 1：N
- Link/Node Diversity
- Priority/pre-emptable
- Local repair。

(2) 維運

(a) 網路維運系統（Network Operating System）

具有 GMPLS 控制平面協定：RSVP-TE 和 OSPF-TE 之 RAYo/s。

(b) 維運管理及調度（OAM&P）

- Craft interface（RS-232）
- 網路管理介面：10/100Base-T
- Command line interface
- SNMP
- TL/1
- 效能監視
- 網路同步（BITS）

(3) 實體和證明

(a) 實體

- 高度：84 吋 (213.36 公分)。
- 深度：14 吋 (35.56 公分)。
- 機架寬度：無光纖管理：22 吋 (55.88 公分)；19 吋機架標準；
附光纖管理：26 吋 (66.04 公分)；23 吋機架標準。
- 重量：300 磅 (136 公斤) 無加載；
600 磅 (272 公斤) 有加載。

(b) 環境

- 運作溫度範圍： $+41^{\circ}\text{F} \sim +104^{\circ}\text{F}$ ($+5^{\circ}\text{C} \sim +40^{\circ}\text{C}$) 連續；
 $+23^{\circ}\text{F} \sim +122^{\circ}\text{F}$ ($-5^{\circ}\text{C} \sim +50^{\circ}\text{C}$) 短期 (連續不超過 96 小時，全年總數不超過 15 天)。
- 運作溼度：5% ~ 85% 連續；
5% ~ 90% 短期 (連續不超過 96 小時，全年總數不超過 15 天)。
- 搬運和倉儲溫度： $-40^{\circ}\text{F} \sim +158^{\circ}\text{F}$ ($-40^{\circ}\text{C} \sim +70^{\circ}\text{C}$)。
- 搬運和倉儲溼度：95% (@ 40°C)。

(c) 證明

安全/輻射/Telco：

- CE Mark
- UL/cUL 60950、EN60950
- FCC Part 15 Sub-part B Class A
- NEBS-GR-63 Full Compliance
- NEBS-GR-1089
- ETSI EN 300 386 V1.2.1 (2000-03)
- OSMINE

3.2.2 RAYexpress™ OADM

RAYexpress™ 光塞取多工機 (Optical Add/Drop Multiplexer (OADM)) 為一具有成本效益且可調規模之接取/都會/區域平台，可提供小型中央機房、客戶住宅、機房共置、數據中心和業界旅館應用之各種服務介面，亦可支援傳送距離需求達 640 公里之區域網路。

RAYexpress™ OADM 為提供都會接取應用之多用途、具成本效益且輕薄短小之平台，客戶住宅和小型辦公室服務可以裝設最低初期成本之環狀和線狀拓樸，在任何節點都可選擇任何波長組構傳送許多透通、無關協定或集成之服務，典型之應用包括光纜用罄救濟 (Fiber

exhaust relief)、光批售業者服務、光虛擬專用網路 (Optical VPN) 以及原生儲存區域網路 (Storage Area Network (SAN)) 和 Gigabit Ethernet 服務；以每一波長為基礎之服務區隔和客戶服務層級協議可以很容易地利用各種保護選項以及經由 RAYtracer™ 管理系統和 RAYo/s™ 維運系統之廣泛監視和控制來達成，僅使用 RAYexpress™ 或 RAYexpress™ 與 RAYstar™ 混合使用都可提供最佳之都會波長網路解決方案，例如：RAYexpress™ 接取訊務能夠無縫隙地集中到具有傳送整合和波長交接能力之模組式 RAYstar™，當接取點之服務有可觀之成長時，RAYstar™ 能夠提供額外容量和交換能力，它亦能利用延伸接取環和支線做進一步之成長。

RAYexpress™ 之另一種應用為支援延伸之區域選項和區域中繼距離，這點使服務提供者能夠以接取層級之價格提供較長區域距離之應用。

RAYexpress™ 利用最低成本來選擇收發信器符合接取、都會或區域之需求。

3.2.2.1 技術規格：

(1) 系統

(a) 拓樸

- 點對點 (中繼距離可達 100 公里)。
- 環狀 (環狀長度可達 400 公里)。
- 一般網狀 (加上 RAYextender 之鏈路總距離可達 640 公里)。

(b) 客戶介面

- SONET : OC-3/12 (c)、OC-48 (c)、OC-192 (c)。
- SDH : STM-1/4、STM-16、STM-64。
- Data/SAN : Gigabit Ethernet、ESCON、FICON、Fibre Channel、ETR/CLO。
- Transparent : 2.5 Gbps Transparent、10 Gbps Transparent。
- New Features : 10G LAN、4 x OC-48、10 x GigE。

(c) 波長保護 (選項)

- 光信號 UPSR
- 1+1
- 1:1
- 1:N

- Link/Node Diversity
- Priority/pre-emptable
- Local repair

(2) 維運

(a) 網路維運系統 (Network Operating System)

具有 GMPLS 控制平面協定:RSVP-TE 和 OSPF-TE 之 RAYo/s。

(b) 維運管理及調度 (OAM&P)

- Craft interface (RS-232)
- 網路管理介面: 10/100Base-T
- Command line interface
- SNMP
- TL/1
- CORBA TMF509/814
- 效能監視
- 網路同步 (BITS)
- OSMINE

(3) 實體和證明

(a) 實體

- 高度: 7 吋 (17.78 公分)。
- 深度: 11.8 吋 (29.97 公分)。
- 機架寬度: 17.45 吋 (44.32 公分), 無光纖管理標準。
- 重量: 20 磅 (9.07 公斤) 無加載;
40 磅 (18.14 公斤) 有加載。

(b) 環境

- 運作溫度範圍: +41°F ~ +104°F (+5°C ~ +40°C) 連續;
+23°F ~ +131°F (-5°C ~ +55°C) 短期 (連續不超過 96 小時, 全年總數不超過 15 天)。
- 運作溼度: 5% ~ 85% 連續;
5% ~ 90% 短期 (連續不超過 96 小時, 全年總數不超過 15 天)。
- 搬運和倉儲溫度: -40°F ~ +158°F (-40°C ~ +70°C)。
- 搬運和倉儲溼度: 95% (@ 40°C)。

(c) 證明

安全/輻射/Telco:

- CE Mark
- UL/cUL 60950、EN60950
- FCC Part 15 Sub-part B Class A
- NEBS-GR-63 Full Compliance
- NEBS-GR-1089
- ETSI EN 300 386 V1.2.1 (2000-03)
- OSMINE

3.2.3 RAYexpress™ CWDM

RAYexpress™ 疏式分波多工機 (Coarse Wavelength Division Multiplexer (CWDM)) 具有成本效益且可調規模之光邊緣和接取平台，可提供小型中央機房、客戶住宅、機房共置、數據中心和業界旅館應用之各種服務介面。在客戶住宅和遠端機房能以最低初期成本佈建成點對點、環狀和線狀拓樸，像 Movaz 公司之 DWDM 系統一樣，任一 CWDM 波長均可供任一節點選用來傳送許多透通、無關協定或集成之服務，典型之應用包括多客戶大樓之光纜用罄救濟、光園區之互聯以及原生儲存區域網路 (SAN) 和 Gigabit Ethernet 服務集成等。

在單一 4RU 機框中可支援多達 8 個 CWDM 波長，期中每一波長均可選擇為具有保護，除了自適式轉頻器 (Transponder) 介面以外，RAYexpress™ CWDM 亦可提供集成及/或協定特定介面，藉以更有效使用波長，廣闊的性能監視能力可確保在 RAYexpress 和其延伸設備間之障礙區段化能以遠端執行而節省派工成本。

在營運上，RAYexpress™ CWDM 之裝機可在一小時內完成，可裝設在機架或牆壁上，並可選用交流或直流電源，對操作員而言，廣闊之監視和控制由 RAYtracer™ 管理系統和 RAYo/s™ 維運系統提供，該兩系統為所有 Movaz 產品線之整合管理系統。

3.2.3.1 技術規格：

(1) 系統

(a) 拓樸

- 點對點 (中繼距離可達 60 公里)。
- 環狀 (環狀長度可達 60 公里)。
- 線狀 (中繼距離可達 60 公里)。

(b) 客戶介面

- SONET : OC-3/12 (c)、OC-48 (c)。

- SDH : STM-1/4、STM-16。
- Data : Gigabit Ethernet、ESCON、FICON、Fibre Channel。
- Transparent (100 Mbps ~ 2.5 Gbps)。

(c) 波長保護 (選項)

- 光信號 UPSR
- 1+1
- 1 : 1
- 1 : N
- 光纖保護

(d) CWDM 傳送

- 2.5 Gbps
- 8 個波長 (1470 ~ 1610 nm)
- 可升級為 DWDM

(2) 維運

(a) 網路維運系統 (Network Operating System)

具有 GMPLS 控制平面協定之 RAYo/s : RSVP-TE 和 OSPF-TE。

(b) 維運管理及調度 (OAM&P)

- Craft interface (RS-232)
- 網路管理介面 : 10/100Base-T
- Command line interface
- SNMP
- TL/1
- 效能監視
- 網路同步 (BITS)

(3) 實體和證明

(a) 實體

- 高度 : 7 吋 (17.78 公分)。
- 深度 : 11.8 吋 (29.97 公分)。
- 機架寬度 : 17.45 吋 (44.32 公分)，無光纖管理標準。
- 重量 : 20 磅 (9.07 公斤) 無加載；
40 磅 (18.14 公斤) 有加載。

(b) 環境

- 工作溫度範圍 : +41°F ~ +104°F (+5°C ~ +40°C) 連續；
+23°F ~ +131°F (-5°C ~ +55°C) 短期 (連

續不超過 96 小時，全年總數不超過 15 天)。

- 工作溼度：5% ~ 85%連續；
5% ~ 90%短期（連續不超過 96 小時，全年總數不超過 15 天）。
- 搬運和倉儲溫度：-40°F ~ 158°F (-40°C ~ +70°C)。
- 搬運和倉儲溼度：95% (@ 40°C)。

(c) 證明

安全/輻射/Telco：

- CE Mark
- UL/cUL 60950、EN60950
- FCC Part 15 Sub-part B Class A
- NEBS-GR-63 Full Compliance
- NEBS-GR-1089
- ETSI EN 300 386 V1.2.1 (2000-03)

3.2.4 RAYedge™

RAYedge™ 為具有彈性之智慧型都會邊緣解決方案，可傳送 Ethernet 和 TDM 服務，由於是單一之輕薄短小平台，非常符合成本效益，當與 Movaz 公司之 RAYexpress™ 和 RAYstar™ 產品整合時，服務提供者和企業客戶能從光信號延伸到低速介面。

RAYedge™ 經由包括 Ethernet 和 SONET/SDH 之各種不同之基礎建設傳送一般之封包和 TDM 服務到都會區之客戶，由於兼具各種服務需求、地理位置和網路之能力，RAYedge™ 可佈建提供各種企業應用，它最具吸引力之處為該平台可依客戶營收和新加入網路之服務而分階段成長，因此在初期成本和容量擴充上，非常符合成本效益。

RAYedge™ 具有輕薄短小之特性，亦可用不同類別之插入式模組構成支援多樣化應用，可裝設在靠近大型企業邊緣之中央機房，亦可裝設在眾多客戶之地點，可提供之服務包括：(1)經由 DS3、OC-12 或 Gigabit Ethernet 之多速率 Ethernet；(2)經由既有 Ethernet/IP 基礎建設之 T1/E1 或 J1 傳送。

RAYedge™ 機架型機框具有可接受用戶端和網路端介面模組任何組合之 4 個通用槽，Ethernet 和 TDM 頻寬之任何組合都可聚集成所選擇上行鏈路之全頻寬速率，因此在規模上具有極佳之彈性。提供服務佈建時可採用多個上行鏈路，藉以提供 1：1 保護組構，使光纜遭挖斷

之保護切換時間小於 50 ms。

在端對端都會傳送整合上，RAYedge™ 可以有效延伸 RAYexpress™ 和 RAYstar™ 傳送解決方案之距離達到客戶住宅，使用 RAYedge™，低速 (T1/E1/10/100Base-T) 和銅線介面可以在都會區中做符合成本效益之傳送。

此外，使用 CWDM 光上行鏈路，RAYedge™ 將合併來自多棟客戶大樓或多個園區之訊務後與 RAYedge™ CWDM 做有效整合。對於共置之 RAYexpress™，可以使用短距離之 Gigabit Ethernet 或 OC-12 上行鏈路。

總之，它可作為 IP 中心之邊緣解決方案，橋接 TDM 和封包世界傳送可管理服務通過都會網路，與 RAYexpress™ 和 RAYstar™ 在一起，Movaz 公司將提供完整之端對端解決方案，能夠提供配合需求、產生營收之服務。

3.2.4.1 技術規格

(1) 介面模組

(a) 10/100 I/O 模組

- 8 埠 (附有 RJ-45 連接器)。
- 10/100 自動偵測。
- 全 Ethernet 功能。

(b) T1/E1/J1 I/O 模組

- 8 埠 (附有 RJ-45 連接器)。
- 具有專利功能之透通電路仿效 (Emulation) 或 T1 數據鏈路。
- 高達 100 ms 峰-峰值封包延遲變化。
- IP 格式可通過 andy 交換器或路由器。
- 自適 (Adaptive)、BITS、迴路或內部 (Stratum 4) 定時模式。
- 往返和單程延遲測量。
- 有碼框或無碼框模式。
- 實體迴接。
- ANSI T1.231 報告。
- 全 Ethernet 功能。

(c) GbE I/O 模組

- 可插入式 850、1310、或 CWDM GBIC 光介面。
- 全 Ethernet 功能。

(d) DS3 I/O 模組

- 3 埠 (附有 Full-size 同軸連接器)。
 - (e) 100Base-FX 單一模式 I/O 模組
 - 8 埠 (附有 Duplex LC 連接器)。
 - 全 Ethernet 功能。
 - (f) 100Base-FX 多模式 I/O 模組
 - 8 埠 (附有 Duplex LC 連接器)。
 - 全 Ethernet 功能。
 - (g) Combo I/O 模組
 - 4 埠 10/100 (附有 RJ-45 連接器)。
 - 2 埠 100Base-FX (附有 SFP 光介面)。
 - 在單一模組具有全 Ethernet 功能。
 - (h) 全 Ethernet 功能包括：
 - VLAN 標籤和交換功能。
 - 7 個之輸出佇列 (Queue) 優先等級
 - 速率限制。
 - IEEE8.02.3ad 鏈路聚集 (Link Aggregation)。
 - 以 MAC 層為基礎之橋接。
 - VPLS 和選項之 MPLS。
- (2) 管理
- (a) Command line interface、RS-232、或 Telnet、唯讀和唯寫接取實體、Local 或 Radius passwords。
 - (b) SNMP
 - 讀寫和唯讀接取
 - RFC1907 MIB-II
 - RFC2233 介面 MIB
 - RFC2493 效能 MIB
 - RFC2495 T1/E1 MIB
 - (c) 經由 RJ-45 及/或經由管理 VLAN 頻帶內 (In-band) 作管理接取。
 - (d) 多個軟體 Images 和組構。
 - (e) BITS 定時介面 (2 埠, RJ-48c)。
- (3) 實體和環境
- (a) 實體
 - 可裝設於 19"、23"和 600mm 之機架。

- 尺寸：2.2" x 17" x 20" (H x W x D)。
 - 重量：13 磅 (滿裝)。
- (b) 電源
- 採分離電源輸入模組之雙電源供給。
 - 可熱插拔，負載均分。
 - 最大耗電量為 75 瓦特。
 - 交流：90 ~ 264 VAC 自動調整範圍。
 - 直流：-36 VDC ~ -75 VDC。
- (c) 環境
- 工作溫度：0 °C ~ +50 °C
 - 倉儲溫度：-20 °C ~ +80 °C
 - 海拔高度：10,000 呎
 - 相對溼度：10 ~ 90% (不凝結)
- (d) 符合性和安全
- FCC Part 15 – Class A
 - EN55022 Class A
 - UL 60950、EN 60950
 - CE Mark
 - 73/23/EEC、89/336/EEC
 - NEBS/Level 3

3.2.5 RAYextender™

RAYextender™ 為一具有彈性之摻鉕放大器 (Erbium-doped Amplifier) 解決方案，可佈建於接取、都會或區域網路中，藉以延伸 Movaz 塞取節點間之全光傳送距離，它亦可與 RAYstar™ 波長交換器和 OADM、RAYexpress™ OADM 和 RAYexpress/RAYstar 混合應用一起佈建，作為線路或後級放大器 (Post Amplifier) 使用。由於其輕薄短小，使它成為小型機房之理想解決方案，它可組構成為三種基本方式：

- 在兩 RAYexpress™ OADM 裝機地點中間，當作線路放大器。
- 在 RAYexpress™ OADM 和 RAYstar™ 頭端中間。
- 當作 RAYexpress™ OADM 之後級放大器。

用不同之放大器卡片組構，RAYextender™ 亦可使用於 RAYstar™ 節點間供高容量光傳送之都會和區域網路，它可組構成為單級放大器或以色散補償模組作中間級接入之雙級放大器，使密式分波多工

(DWDM) 可經由任何型式之光纖傳送。

放大器之設計包括增益等化，使經由鏈路之數據傳輸延伸多段中繼距離仍不需作電信號再生，快速瞬間壓制能確保穩定之運作和提供強壯之光鏈路，例如：波長之塞取不會對其餘波長造成任何衝擊。

3.2.5.1 技術規格

(1) 放大器

(a) RAYexpress™ 應用

- 中繼距離長達 100 公里之單級線路放大器。
- 中繼距離長達 100 公里之單級後級放大器。
- 中繼距離長達 100 公里，附有以 DCM 用作中間級接入之雙級線路放大器。

(b) RAYstar™ 應用

- 中繼距離長達 100 公里，附有以 DCM 用作中間級接入之雙級線路放大器。
- 中繼距離長達 100 公里之單級線路放大器。

(c) 全部放大器都支援 2.5 Gbps、10 Gbps 和混合 2.5 & 10 Gbps 之波長，色散補償模組可用於非零色散光纖 (ITU-T G.652)、正和負非零色散光纖 (ITU-T G.655)。

(2) 維運

(a) 網路維運系統 (Network Operating System)

具有 GMPLS 控制平面協定之 RAYo/s:RSVP-TE 和 OSPF-TE。

(b) 維運管理及調度 (OAM&P)

- Craft interface (RS-232)
- 網路管理介面：10/100Base-T
- Command line interface
- SNMP
- TL/1
- 效能監視
- 網路同步 (BITS)

(3) 實體和證明

(a) 實體

- 高度：7 吋 (17.78 公分)

- 深度：11.8 吋 (29.97 公分)
- 機架寬度：17.45 吋 (44.32 公分)
- 重量：20 磅 (9.07 公斤) 無加載；
30 磅 (13.61 公斤) 有加載；

(b) 環境

- 工作溫度範圍：+41°F ~ +104°F (+5°C ~ +40°C) 連續；
+23°F ~ +131°F (-5°C ~ +55°C) 短期 (連續不超過 96 小時, 全年總數不超過 15 天)。
- 工作溼度：5% ~ 85% 連續；
5% ~ 90% 短期 (連續不超過 96 小時, 全年總數不超過 15 天)。
- 搬運和倉儲溫度：-40°F ~ +158°F (-40°C ~ +70°C)
- 搬運和倉儲溼度：95% (@ 40°C)

(c) 證明

安全/輻射/Telco：

- CE Mark
- UL/cUL 60950、EN60950
- FCC Part 15 Sub-part B Class A
- NEBS-GR-63 Full Compliance
- NEBS-GR-1089
- ETSI EN 300 386 V1.2.1 (2000-03)
- OSMINE

3.2.6 RAY Management

RAY Management 為 Movaz 公司解決方案之軟體系統，由兩個元件組合而成：(1) RAYo/s™ --以 Movaz 之 GMPLS 為基礎之控制平面；(2) RAYtracer™ --Movaz 之電信元件和網路管理系統。

RAYo/s™ 為 Movaz 產品系列之網路維運系統 (Network Operating System)，為交換式光網路中之波長通路管理軟體，是一種模組化、可調規模性和擴充性之軟體，具有接取、調度、監視和控制 Movaz 設備所需之全部功能，亦具有經由內建式光控制平面之先進端對端連接管理功能。RAYo/s™ 控制平面能利用不同型式之保護和復原能力作服務傳送，可供電信公司因應網路障礙而選擇動態迂迴路由和復原訊務，更重要者，這些功能可供電信公司依據特殊服務層級協議和價格模型作客制化個別服務。

RAYo/s™為第一套以新型 GMPLS 標準為基礎之光控制平面，GMPLS 具有標準化協定之好處，可使多廠商和多技術之整合更為容易。

RAYtracer™為元件和網管系統，具有堅強之 OAM&P 功能，可經由簡單之點選 GUI 和加密提供障礙管理和根本原因分析、先進之調度、性能監視、多層級接取控制和安全性。

RAYtracer™能完全支援自動發覺和自動偵測節點、電路板、網路拓樸和連接資訊，這點可保有所有網路資源之即時清冊並掌握其狀態；包括路徑計算、路由和信號方式之 RAYo/s™控制平面則可對光通路作動態和即時調度，這點可使電路規劃和設計之複雜處理完全自動化。

這些功能產生之好處是很可觀的，服務傳送將更快速且更符合成本效益，縮短調度時間和減少操作員所需之專門技術，精確之資源清冊可確保適當之告警關係、容量可用度和支援在 OSS 不同層級之自動化。服務供裝之速度和簡化與以客戶為基礎之調度和故障管理將大幅簡化客戶網路管理 (Customer Network management (CNM)) 之挑戰，最初之客戶管理和控制可透過接受客戶用網路申裝服務之 CNM 伺服器來進行。

(三) Nortel Networks 公司

3.3.1 OPTera Long Haul DWDM Terminal 長距離用密集式分波多工終端機

OPTera Long Haul DWDM Terminal (以下簡稱 LH DT) 為 Nortel Networks 公司在 DWDM 網路設備方面之最新產品之一，LH DT 可搭配該公司原有之 1600G 光放大器或 MOR plus 光放大器或新開發之 OPTera Next Generation Photonic Line 光放大器，構成區域或長途 DWDM 網路。LH DT 具有下列特性：

- (1) 採用 G.709 compliant wrapper-based 10.7Gbps 光介面，可提供透通性波長服務。
- (2) 採用先進之 Out of Band FEC (Forward Error Correction) 技術，在不需用 Distributed Raman Amplification 之條件下，傳送距離可達 1500 公里。
- (3) 採用高密度光介面組裝 (Packaging) 技術 (Dual Wavelength

Translator, 4:1 Wavelength Combiner), 可節省 72% 之裝機空間及電力。

- (4) DWDM 之光介面發射部分使用可調式雷射(Tunable Laser), 每個雷射可調四個波長, 因此可節省 75% 之備用料。
- (5) 可提供多種服務介面, 目前為 2.5Gbps, 10Gbps, GbE 及 10GE WAN and LAN 介面, 並計畫將來提供 40Gbps 介面。
- (6) 提供線上系統調整及測試工具(System Lineup and Testing Tool), 並於接收部分採用自動可調式光衰減器(RxVOA), 可節省安裝測試人力。

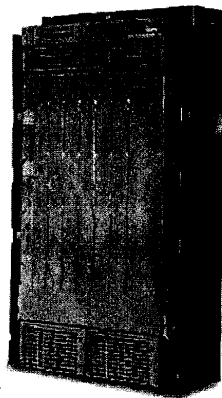


圖 3.5 : OPTera LHDT 長距離用密集式分波多工終端機

3.3.1.1 技術規格

- (1) 系統容量: 40 波長(C-Band), 波長間隔 100GHz 。
- (2) 傳送距離: 9 Spans with EDFA only ;
12 Spans, with EDFA and RAMAN AMP 。
- (3) 高密度機框(shelf)之單框容量: 16 波長 X 10Gbps 或 32 波長 X 2.5Gbps 或混合收容。
- (4) DWDM 線路端光介面:
 - (a) 波長可調式發射光介面: 可調 4 波長 (依照 ITU-T 100GHz grid)。
 - (b) 添加信號 (OH) 符合 ITU-T G.709 OTU2 Frame 。
 - (c) 接收部分具有 RxVOA, 可提供寬廣之動態接收範圍。
 - (d) 以 1 個 Dual Wavelength Translator 可提供 2 路 DWDM 線

- 路端 10.7Gbps 光介面。
- (e) 以 1 個 4:1 Wavelength Combiner 可提供 1 路 DWDM 線路端 10.7Gbps 光介面。
- (5) 客戶端光介面:
 - (a) 以 1 個 Dual Wavelength Translator 可提供 2 路客戶端 SDH STM-64 或 SONET OC-192 光介面。
 - (b) 以 1 個 4:1 Wavelength Combiner 可提供 4 路客戶端 SDH STM-16 或 SONET OC-48 光介面。
 - (c) GbE, 10GbE WAN and LAN
- (6) 網路管理
 - (a) Craft Interface:Java-based GUI
 - (b) 元件管理系統(EMS): Optical Manager
 - (c) 網路管理系統(NMS): Preside NMS
 - (d) 維運支援系統介面:CORBA TMF814

3.3.2 OPTera Metro 5200 OADM 都會核心網路用光波道塞取多工機

OPTera Metro 5200 OADM (以下簡稱 OM5200) 適用於都會核心網路，服務之網路包含 PSTN,SAN,IDC 及 ISP-POP，OM5200 具有下列特性：

- (1) 系統容量：32 波長 X 2.5 Gbps(有保護)或 16 波長 X 10 Gbps (有保護) 或 64 波長 X 2.5 Gbps (無保護)。
- (2) 傳送距離：在不需 Regeneration 之條件下，環路之圓週可達 350 公里 (傳送 10 Gbps 超過 110 公里時，需加 Dispersion Slop Compensation Module；2.5Gbps/350 公里以內，不需 DSCM)。
- (3) DWDM 線路端光介面: G.709 compliant wrapper-based 10.7 Gbps 光介面。
- (4) 客戶端光介面：
 - (a) SDH/SONET 介面：STM-16/64 或 OC-48/192。
 - (b) Native Data Service 介面：GbE、10GbE、ESCON、D1 Video、FICON、Fiber Channel、FC200、DV6000、ISC3 及 Ficon Express。
- (5) 線路端性能監視 (Line Side Performance Monitoring)：
 - (a) 光功率監視
 - (b) FEC PM: Corrected errors, number of uncorrected frames。

- (c) Digital Wrapper PM(Section of RX Direction): CV、ES、SES、SEFS 及 UAS。
- (d) 支援 TCAs。
- (6) 客戶端 10GbE 光介面性能監視 (Client Side 10GbE Port Performance Monitoring) :
 - (a) 光功率監視。
 - (b) CV、ES、SES、UAS。
 - (c) Ethernet Operational Measurements: In Frames、In Frames Err、Out Frames、Out Frames Err、FCS Err、Frame TooLongs 及 Frame TooShorts。
- (7) 網路管理：Preside Management

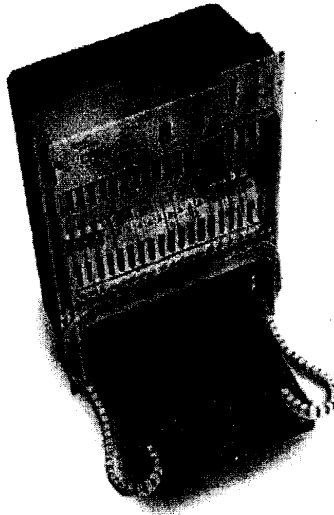


圖 3.6：OPTera Metro 5200 OADM 都會核心網路用光波道塞取多工機

3.3.3 OPTera Connect HDX 光交接機

OPTera Connect HDX 光交接機 (以下簡稱 HDX) 為建構下一代智慧型光網路之主要設備，其重要特性如下：

- (1) 可提供 STS-1、STM-64 及 STM-256 訊號之光電光(OEO)交接能力，便利波長及次波長訊號之集結、彙整及復原，可降低網路複雜度，加速提供服務，並提高網路管理效率。
- (2) 目前之系統交接容量可由 640 Gbps 擴充至 3.84 Tbps，並計劃

將來可提高至 40 Gbps，巨大之交接容量有助於降低網路複雜度，並省機房空間及電力。

- (3) 採用以 ITU-T ASTN(Automatically Switched Transport Network) 標準為基礎之 OPTera Smart OS 智慧型光控制平台軟體，可有效管理網狀網路，具有網路資源自動發現、網路拓模察覺及動態連接能力，可提供波長及次波長服務之自動供裝、選路及復原，並可依保護及復原條件之不同，提供分級服務，因此可提高網路資源利用率，加快供裝速度，節省 CAPEX 及 OPEX。

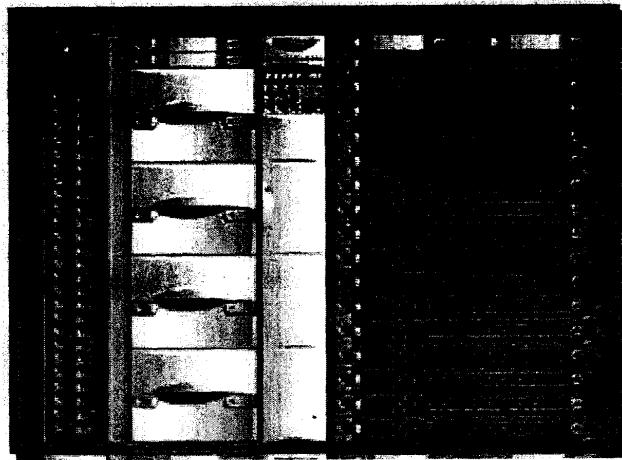


圖 3.7：OPTera Connect HDX 光交接機

3.3.3.1 技術規格

- (1) 單架(Shelf)容量：單架交換矩陣容量由 640 Gbps 至 3.84 Tbps；
單架 I/O 容量由 640 Gbps 至 960 Gbps。
- (2) 系統組構(System Configuration)：
640 Gbps、960 Gbps、1.44 Tbps、1.92 Tbps、3.84 Tbps 及
未來之 40 Tbps(Multi-shelf)。
- (3) 彙整單位(Grooming Granularity)：STS-1 to OC-192c 及 VC4 to
VC4-64c。
- (4) 服務光介面
 - (a) 1 x 40Gbps DWDM 線路卡。

- (b) 8 x 10Gbps (OC-192/STM-64) NRZ DWDM 線路卡。
 - (c) 8 x 10Gbps (OC-192/STM-64)短距離線路卡。
 - (d) 32 x 2.5Gbps (OC-48/STM-16) 短距離線路卡。
 - (e) 32 x 155/622Mbps (OC-3/12/STM-1/4) 短距離線路卡。
 - (f) 光互連匯流排：
 - 用於 OPTera 系列產品互連之低成本 240Gbps Parallel Optical Interface(POI) 線路卡。
 - (g) 10/40 Gbps 超短距離(VSR)介面：用於超短距離、低成本之設備互連。
 - (h) 透通光介面。
 - (i) 單一 80Gbps DWDM 線路卡(為 Feature Ready Optical Interface)。
- (5) 埠容量(Port Capacities)
- 3.84Tbps 組構
- (a) 48 x 80Gbps ports
 - (b) 96 x 40Gbps ports
 - (c) 384 x 10Gbps ports
 - (d) 1536 x 2.5Gbps ports
 - (e) 1536 x 155/622Mbps ports
- (6) 保護組構
- (a) 線狀 1+1 保護
 - (b) 2F/4F BLSR 環狀保護
 - (c) 網狀保護
- (7) 服務種類
- (a) STM1/4/16/64/256(OC-3/12/48/192/768)包含 full concatenation。
 - (b) 有管理之波長服務。
 - (c) 網狀網路分級服務。
 - Dedicated Path Mesh
 - Dynamics Mesh(path re-routing)
 - Unprotected
 - (c) 優先取得權(Pre-emptable)
- (8) 足印(Footprint)
- (a) 交換核心機架：
 - 47.3"/1500mm 寬 x 23.6"/600mm 深 x 86.6"/2200mm 高。

- (b) I/O 機架：
47.3"/1500mm 寬 x 14.8"/375mm 深 x 86.6"/2200mm 高。
- (9) 網路管理
- (a) 元件管理系統：OPTera Connect HDX EMS 提供標準元件管理功能。
- (b) OPTera Smart OS 控制平台具有下列特性：
- 採用 ASTN 和 ASON 標準之控制平台架構。
 - 自動發現網路資源、服務及鄰近之鏈路。
 - 察覺網路拓撲及資源之狀態。
 - 動態端對端光路徑供裝。
 - 支援分級服務(CoS)。
 - 動態光路徑選路(Routing) (協定為 OSPF-TE) 及發信(Signaling) (協定為 CR-LDP)。
 - 網狀網路之復原及保護。
- (c) 網路管理系統：Preside NMS 提供網路監視、故障管理、端對端連接管理、光層管理及效能報告等功能。
- (d) 維運支援系統介面：CORBA TMF 814。

(四) ASON 和 GMPLS 技術

由於網際網路及 IP 服務應用之快速成長，網路頻寬之需求不僅越來越高，而且對路由頻寬採動態自動分配的要求也越來越迫切。在傳統傳送網路中，路由連接與頻寬配置主要靠人工方式設定，十分耗費時間與人力，而且容易出錯，不但無法滿足網路新服務快速供裝的需要，也難以配合市場競爭的需求。為了因應光傳送網路智慧和自動化的需求，一種能夠自動完成網路連接的新型網路概念，自動交換傳送網路(Automatic Switched Transport Network (ASTN))及自動交換光網路(Automatic Switched Optical Network, ASON) 乃因應而生，ASTN 係由 ITU-T SG13 命名，係從高層的觀點描述具有自動化交換控制功能之傳送網路的架構，ASON 係由 ITU-T SG 15 於 2001 年起開始研究及草擬，定義光傳送網路控制面的架構、元件及元件間之控制操作。這種利用 ASTN/ASON 標準化控制面功能，對各種傳送網路(包括 SDH 或 OTN) 實施自動連接管理的網路，稱之為智慧型光傳送網路。

智慧型光傳送網路的優點如下所列：

- 具有將網路資源動態分配路由之能力；
- 具有自動控制信號功能；
- 具有快速提供服務之能力；
- 具有快速的光網路層故障復原能力；
- 整合各種傳送網路的維運管理系統，減少作業人力；
- 方便引進新服務，如波長批發、波長出租及光層虛擬專用網路等。

ITU-T 對於智慧型光傳送網路，分別針對網路架構、傳送面、管理面、控制面及資料通信網路制定五種建議，傳送面負責提供用戶資訊之傳送方式；管理面負責監視傳送面上所傳訊務之效能及傳送面本身功能之管理；控制面負責各種交換連接之建立、重新配置或修改及實施故障復原功能；資料通信網負責傳送管理面和控制面之訊息。在傳統傳送網中，網路僅由傳送面、管理面和資料通信網組成，智慧型光傳送網除了上述三個面之外，還多了一個控制面。

3.4.1 智慧型光傳送網路之標準組織

目前從事智慧型光傳送網路標準研究發展工作的國際標準組織，主要為 ITU-T、IETF (Internet Engineering Task Force) 及 OIF (Optical Internetworking Forum)。ITU-T 採用的是傳統的從上往下之設計方法，主要負責網路體系結構、網路功能需求、設備功能需求及實體層規範等，目前業已積極展開 ASTN/ASON 一系列標準之制訂工作；IETF 則著重在具體通信協定的制訂，利用現有 IP 網路的多重協定標籤交換 (Multi-Protocol Label Switching, MPLS) 通信協定予以擴展與修訂，開發包括 RSVP-TE 和 CR-LDP 在內之通用多重協定標籤交換 (Generalized Multi-Protocol Label Switching, GMPLS) 通信協定，IETF 的信號控制架構主要基於對等模型，即全平面結構，無明確之 UNI 和 NNI 概念，近來亦開始發展重疊網模型，但其後續發展仍偏重於對等模型；OIF 扮演的角色是介於 ITU-T 與 IETF 兩者之間，其規範試圖結合 ITU-T 與 IETF 兩者，但其信號控制架構採用重疊網模型，OIF 從 ASTN/ASON 控制面之架構原理和功能需求開始，主要規範 UNI 和 NNI，目前已經完成 UNI 1.0 版本，並舉辦多個廠商網路設備之互運展示，目前正努力開發 UNI 2.0 版本，計畫增強介面功能，NNI 規範的制訂工作也開始展開。

目前 ITU-T、IETF 及 OIF 三個標準組織從事智慧型光傳送網路標

準研究發展工作係採合作互補之方式，他們的合作關係及各自所伴演角色之任務分工，如圖 3.8 所示，但實際上由於技術、文化和政治之差異，他們在某些議題上出現不同之解決方案且各自堅持己見，特別是 ITU-T 與 IETF 兩者之間，還存在不少衝突的地方，目前三個標準組織正在協調解決中。

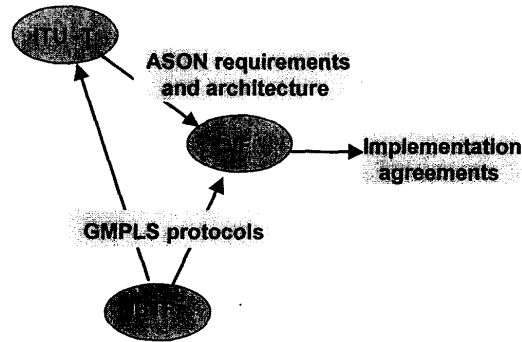


圖 3.8：智慧型光傳送網路標準組織的合作模式

3.4.2 ITU-T 之 ASON 規範

為了因應光傳送網路控制面之功能需求，ITU-T SG 13 於 2000 年提出 ASON 之觀念及架構，ITU-T SG 15 於 2001 年起開始研擬 ASON 規範，目前與 ASON 標準化工作有關之其他標準組織主要為 OIF 及 IETF。ASON 最顯著特點是在傳送網路中設立了獨立的控制面，利用控制面來完成路由自動發現、呼叫及連接控制、保護復原等，從而對網路實施動態呼叫及連接管理。

3.4.3 ASON 網路架構

ASON 網路之功能架構將交換和傳送技術融合為一體，ASON 不但能支援新一代光網路且亦能支援既有的傳送網路，ASON 具有動態呼叫連接的能力，提供用戶動態發起呼叫連接請求，自動選路，並由信號控制實現連接的建立與拆除，ASON 根據實際的需求對連接頻寬進行即時分配，以實現傳送網路的流量工程及迅速導入新的增值服務。

ASON 技術可以提供目前傳送網路亟待提供的功能：

- 快速提供電路的功能；
- 傳輸電路 QoS 的功能；
- 提供快速保護恢復的功能。

ASON 網路架構主要包括三個獨立的平面：傳送面、控制面和管理面，如圖 3.9 所示。

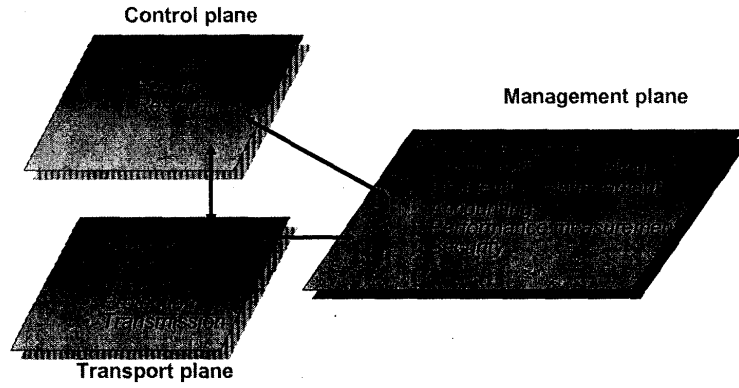


圖 3.9：ASON 網路架構

控制面是 ASON 的核心，主要包括信號控制、路由管理及資源發現三個基本模組，負責提供快速且彈性的連接建立功能，控制面之主要功能如圖 3.10 所示。

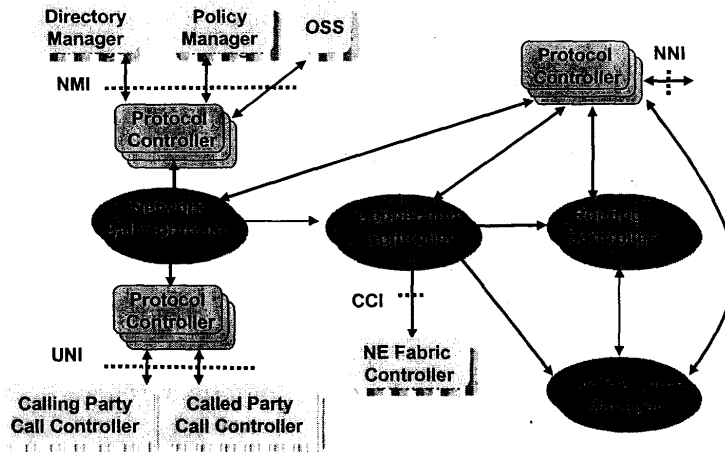


圖 3.10：ASON 控制面功能方塊圖

3.4.4 ASON 建議的規範

有關 ITU-T 對於 ASON 的建議內容如下所列：

- G.8070：定義 ASON 總體要求；
- G.8080：定義 ASON 架構；
- G.7713：定義分散式呼叫控制和連接管理信號；
- G.7713.1：定義使用 PNNI 的控制信號；
- G.7713.2：定義使用 Generalized RSVP-TE 控制信號；
- G.7713.3：定義使用 Generalized CR-LDP 控制信號；
- G.7714：定義 ASON 網路之自動發現技術；
- G.7715：定義 ASON 網路建立 SC 和 SPC 連接選路之功能需求；
- G.7716：定義 ASON 鏈路管理。

3.4.5 ASON 控制面介面

為使不同網路業者或不同廠商的網路域或網路設備能夠互連，ASON 控制面對網路節點之間定義了三種標準網路介面參考點，如圖 3.11 所示，用來規範網路節點間或網路域間的邏輯關係，且對跨越網路節點間或網路域間的 ASON 相關控制信號予以定義，以便支援不同網路設備與網路域的互連。

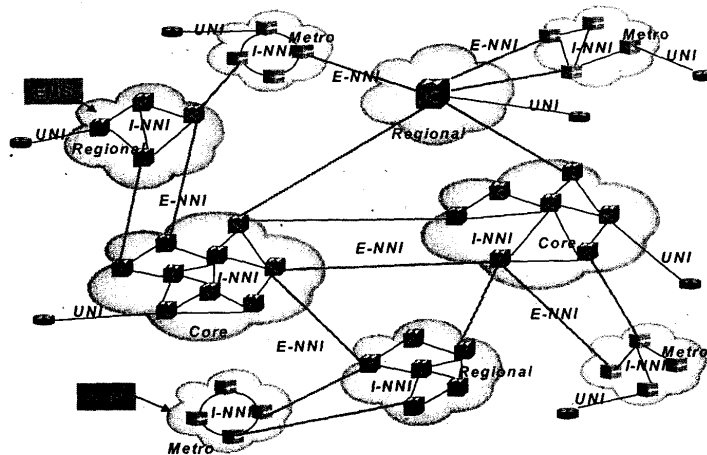


圖 3.11：ASON 控制面之標準網路介面

ASON 控制面定義三種型式之介面：

- 用戶網路介面 (User-Network Interface, UNI)：係服務介面參

考點；

- 外部網路節點介面 (External Network-Network Interface, E-NNI)：係服務及網路介面參考點；
- 內部網路節點介面 (Internal Network-Network Interface, I-NNI)：係網路介面參考點。

UNI 介面係指用戶和網路間的服務介面參考點，此介面規範的主要內容包括每個用戶端點的連接建立請求速率、連接請求參數、光通路端點的定址方案、光通路客戶的命名方案、保護要求的規定、安全參數和回應時間等。從功能角度看，跨越 UNI 介面參考點的資訊應支援呼叫控制、資源發現、連接控制及連接選擇等四項基本功能。此外，UNI 介面應支援呼叫安全和認證等選項功能。UNI 介面不支援不同網路域之路由管理功能。

E-NNI 介面係指不同管理域且無信任關係的 ASON 控制面實體間的服務及網路介面參考點。有了標準化介面就可以將 ASTN/ASON 進一步劃分為多個子網，而每個子網可以獨立管理且能支援跨過多個管理域建立端到端連接，這對於在複雜的網路環境下實施 ASTN/ASON 十分必要。從功能角度看，跨越 E-NNI 參考點的資訊流應支援呼叫控制、資源發現、連接控制、連接選擇和連接選路五項基本功能。E-NNI 介面不支援不同網路域之路由管理功能。

I-NNI 介面係指屬於同一管理域或多個具有信任關係的管理域的 ASON 控制面實體間的網路介面參考點。此介面規範的重點是信號控制與路由管理，且需定義為建立特定連接所須之路由信號控制，這將涉及路由資訊交換協定，此外，還需為路由選擇提供可用的初步拓撲資訊。從功能角度看，I-NNI 介面應支援資源發現、連接控制、連接選擇和連接選路四項基本功能。

3.4.6 IETF GMPLS 規範

IP 網路的 MPLS 技術具有高速交換、QoS 保證及流量控制等特性，而且能支援許多新服務應用功能，是一種非常適合作為 IP 骨幹網路的技術。MPLS 採用 constrain-based 的路由技術可以實現流量工程和快速重新選路，可以滿足通信 QoS 的要求並取代 ATM 功能。同樣地，以快速重新選路作為保護/恢復之技術也可以取代 SDH 功能。由此可見，使用 IP/MPLS 提供的流量工程和快速重新選路功能，將使傳送網路完全可以跨越 ATM 和 SDH 兩層，直接實現 IP over MPLS over WDM 的網路。

因 MPLS 是 OSI 七層模型中的第三層網路層和第二層之間的 2.5 層技術，而 WDM 屬於光層，是第一層物理層的技術，因此，要讓 MPLS 跨越數據鏈路層直接作用於物理層，則必須對其進行修改和擴展。在此情況下，IETF 推出了可用於光層的 GMPLS 通信協定，提供 IP 與 WDM 無縫整合的功能，GMPLS 對 MPLS 的標籤進行了擴展，使得標籤不但可以用來標記傳統的資料封包，還可以標記 TDM 時槽、光波長、光波長組、光纖等，同時，為了有效使用 WDM 光網路的資源、配合新服務的功能需要及實現光網路的智慧化，GMPLS 還對 MPLS 的信號和路由協定進行了擴展；為了解決光網路中各種鏈路管理的問題，GMPLS 設計了一個全新的鏈路管理協定 LMP (Link Management Protocol)；為了保障光網路運營的可靠，GMPLS 對光網路的保護和恢復機制予以改進。

3.4.7 通用標籤

MPLS 藉由 IP 封包頭部所添加 32 位元的標籤，控制 IP 網路以 connection oriented 的方式傳送封包，因此大幅加快封包的轉送速度。為達成 IP 與 WDM 的融合，GMPLS 將 MPLS 標籤擴展成為通用標籤，用來標記 TDM 時槽、光波長、光纖等，使得 GMPLS 不但可以支援 IP 資料封包和 ATM 細包，而且可以支援 TDM 網路和提供大容量傳輸頻寬的 WDM 光網路。

GMPLS 定義了五種介面功能：

- PSC (Packet Switch Capable)：依據封包頭部的標籤轉送封包，例如 MPLS 的 LSR 依據標籤轉送資料；
- L2SC (Layer2 Switch Capable)：依據 ATM 細包頭部的標籤轉送 ATM 細包，例如 ATM LSR 則基於 ATM 的 VPI/VCI 轉送細包；
- TDMC (Time Division Multiplexing Capable)：依據 TDM 時槽進行訊務轉送，例如 SDH 的 DXC 設備的電介面，可根據時槽交換 SDH 碼框；
- LSC (Lambda Switch Capable)：依據光波長或光波段轉送訊務。例如 OXC 設備是一種基於光波長級別的設備，可以基於光波長作出轉送決定，更進一步還可以基於光波段作出轉送決定；
- FSC (Fiber Switch Capable)：依據光纖進行訊務轉送，例如 OXC 設備可對光纖進行交換連接操作。

與上述介面功能相對應，GMPLS 定義了分封交換標籤(對應 PSC

和 L2SC)、電路交換標籤(對應 TDMC)和光交換標籤(對應 LSC 和 FSC),其中,分封交換標籤與傳統 MPLS 標籤相同,而電路交換標籤和光交換標籤為 GMPLS 新定義。有關 GMPLS 定義的五種介面功能所應用之交換域、標籤類型、訊務型式、轉送通道及傳送網路元件等之說明與比較,詳如表 1。

3.4.8 GMPLS LSP 分級技術

對於 MPLS 來說,其 LSP 與 IP 封包相對應,可以進行連續顆粒度(granularity)的頻寬分配。但對光網路來說,一個 OXC 只能支持很少量的光波長,每個光波長具有固定的頻寬顆粒,例如 STM-1、STM-4、STM-16 等等,這種固定頻寬的光通道建立方式無法有效利用光通道之頻寬資源,因此 GMPLS 採用 LSP 分級技術(Label Switched Path Hierarchy),在一個相對高容量的光通道 LSP 中映射進多個低頻寬的 LSP,意即低等級的 LSP 可以嵌套在高等級的 LSP 中,從而將較小顆粒度的訊務彙集成較大顆粒度的訊務。使用 LSP 分級技術就可允許大量具有相同入口節點的 LSP 在 GMPLS 域的節點處彙集,再透明地穿過更高一級的 LSP 隧道,最後再在遠端節點分離。這種彙集方式可以減少 GMPLS 域中使用光波長的數量,有助於提昇光通道頻寬資源之有效利用。

表 1: GMPLS 各種介面之功能語與應用一攬表

Switching Domain	Traffic Type	Forwarding Scheme	Example of Device	Nomenclature
Packet, cell	IP, asynchronous transfer mode (ATM)	Label shim header, virtual channel connection (VCC)	IP router, ATM switch	Packet switch capable (PSC)
Time	TDM/SONET	Time slot in repeating cycle	Digital cross-connect system (DCS), ADM	TDM capable
Wavelength	Transparent	Lambda	DWDM	Lambda switch capable (LSC)
Physical space	Transparent	Fiber, line	OXC	Fiber switch capable (FSC)

LSP 分級可以存在於相同或不同介面之間。所謂相同介面是指某種類型的介面可以使用相同的技術複用多個 LSP。典型應用如 SDH 的虛容器映射，一個低等級的 SDH LSP (VC-12) 可嵌入到一個高等級的 SDH LSP (VC-4) 中；而不同介面是指 LSP 的嵌套可存在於不同介面之間，例如 PSC 介面可嵌入到 TDMC 介面中，而 TDMC 又可嵌入到 LSC 中。在 LSP 的不同介面中，等級從高到低依次為 FSC、LSC、TDMC、PSC。有關 LSP 的分級嵌套關係如圖 3.12 所示。

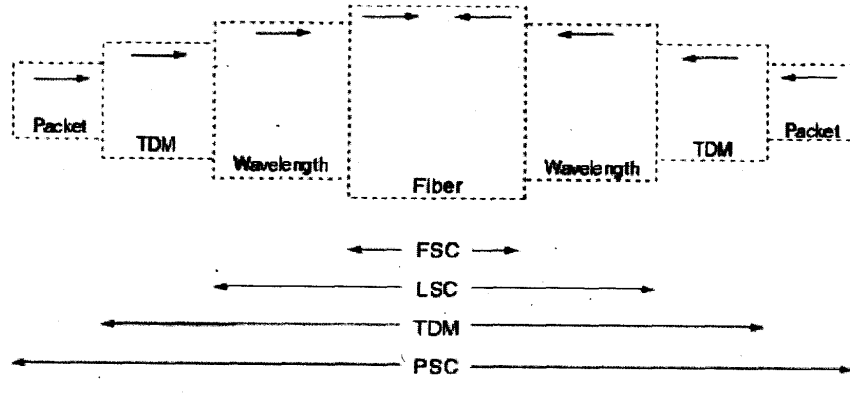


圖 3.12：GMPLS LSP 分級

3.4.9 GMPLS 通信協定

GMPLS 通信協定包含信號、路由及鏈路管理等三部分，其中信號及路由通信協定係由 MPLS 通信協定直接擴展而成，鏈路管理則為 GMPLS 新發展的通信協定。GMPLS 通信協定堆疊如圖 3.13 所示。

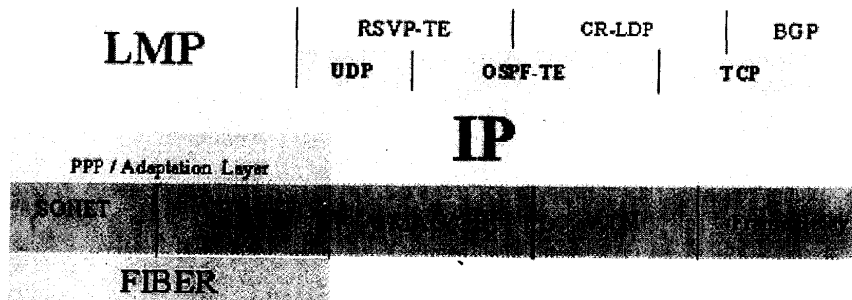


圖 3.13：GMPLS 通信協定堆疊

GMPLS 信號通信協定係由 MPLS 使用之 RSVP 和 CR-LDP 擴展成為 GMPLS RSVP-TE 和 GMPLS CR-LDP，其擴展之功能包含：

- Label exchange to include non-packet networks (generalized labels)
- Establishment of bidirectional LSPs
- Signaling for the establishment of a back-up path (protection Information)
- Expediting label assignment via suggested label
- Waveband switching support—set of contiguous wavelengths switched together

GMPLS RSVP-TE 和 GMPLS CR-LDP 是功能相同的兩個協定，但是兩個協定是無法互通，IETF 並未明確要求 GMPLS 系統應採用那種信號通信協定，其選擇完全交由廠商與網路業者決定。

GMPLS 路由通信協定係將 MPLS 使用之 OSPF 和 ISIS 通信協定擴展成為 GMPLS OSPF-TE 和 GMPLS ISIS-TE，其擴展之功能包含：

- Advertising of link-protection type (1+1, 1:1, unprotected, extra traffic)
- Implementing derived links (forwarding adjacency) for improved scalability
- Accepting and advertising links with no IP address—link ID
- Incoming and outgoing interface ID
- Route discovery for back-up that is different from the primary path (shared-risk link group)

GMPLS 將網路劃分為兩個層次，分封交換層(PSC)和非分封交換層(non-PSC)，非分封交換層當然還可以細分，特別是當 TDM 與光交換由不同設備完成時，進一步細分是非常必要的。每一個非分封交換層可以自成為一個 AS(自治系統)，即自成一個單獨的路由域，每個域內可以運行不同的內部路由協定，如 OSPF-TE 或 ISIS-TE，域間外部之路由協定目前尚未定義，BGP 已被列為最可能贏得勝選之候選人。

GMPLS 鏈路管理協定的功能包括：

- 控制通道管理 (Control Channel Management)
- 鏈路所有權關聯 (Link-Property Correlation)
- 鏈路連通性驗證 (Link-Connectivity Verification)
- 鏈路故障管理 (Fault Management)

GMPLS 採用專用通道載信號、路由和網路管理資訊，控制通道與

資料通道採用分離的通道，以提高網路的可靠性和可管理性，GMPLS 通常要求為控制通道預先配置備份通道。傳統 IP 網路是通過控制/路由信號來判定資料通路的狀態，在出現故障後，須重新計算為資料尋找新的路由，所以，在資料通道與控制通道分離後，GMPLS 必須為資料通道設計新的協定以完成資料通道的檢測。

鏈路所有權關聯定義鏈路所有權交換程序，鏈路所有權交換可進行鏈路綁定，可以修改、關聯和交換鏈路的流量工程參數。例如，它可以把一個鏈路加入到一個鏈路束中，可以改變一個鏈路的保護機制，改變一個埠的 ID，改變鏈路束中的各組成鏈路的 ID 號。

鏈路連通性驗證規程主要用於驗證資料連結的連通性，它通過發送 Ping 類的測試消息逐一驗證所有資料連結，包括捆綁鏈路中的每一個元件。鏈路連通性驗證是一個可選的程序，在鏈路交換配置階段會協商是否啟用此程序。

鏈路故障管理包括故障檢測、故障通告和故障定位。GMPLS 尚未完成鏈路故障管理程序規範之制定。

3.4.10 IF 規範

OIF 的使命為，加速推動可互運光互聯網之建設及促進相關技術之發展，OIF 研發工作之成果對產業界帶來兩方面之貢獻：

- 公佈光網路互運之實作協議之貢獻：制訂網路介面之實作協議 (Implementation Agreements)，提供給業界遵循，以製造可互運之光網路設備及建設可互運之光互聯網。
- 光網路設備實機互運展示之貢獻：藉由不同廠商設備之實機互運展示，可測試光網路設備之互運功能，並驗證網路互運協議之正確性與可行性。

OIF 扮演中立的角色在推動可互運光互聯網之工作，OIF 有效的化解 ITU-T 與 IETF 於光網路互聯技術衝突之處，目前 ITU-T 與 IETF 從事光網路標準制訂之要角均加入 OIF 工作成員之行列，因此 OIF 工作成果將接受嚴格之考驗，尤其是在如何妥協 ASON 與 GMPLS 技術相衝突之處。

從另外一角度來看，OIF 為制訂 ASON 與 GMPLS 標準之主要成員，提供了獨一無二之舞台進行辯論，因 OIF 論壇提供 ASON 與 GMPLS 兩個陣營有充分的機會，向對方闡述己方制訂技術標準之特點與論證，OIF 的另一項任務係藉由強力的斡旋折衝運作，避免 ASON 與 GMPLS 標準往不同的方向發展，當然運作之結果往往無法讓所有

參與成員均能滿意。

OIF 主要工作係制訂 ASON UNI 和 NNI 介面之實作協議，OIF 目前在光網路控制面最重要的工作成果為“User Network Interface 1.0 Signaling Specification”，即所謂之 OIF-UNI-01.0 實作協議(下述簡稱 UNI 1.0)，UNI 1.0 已將 ASON 標準之最優先功能需求及 GMPLS 制訂之多項通信協定如 RSVP-TE、CR-LDP 及 LMP 予以融合，OIF 於 2001 年 Super Comm 主導多個廠商成功的展示網路設備系統互運，此次展示係採用 RSVP-TE 為基礎之非正式版 UNI 1.0 標準進行互運。

雖然 OIF 目前已完成 UNI 1.0 完整版之制訂，但此版本尚未進行公開性之互運測試，因部分廠商目前才開始進行將 UNI 1.0 功能加入至他們的網路設備中，另有部分廠商對網路設備添加 UNI 1.0 功能之優先順序有不同之考量，因此 UNI 1.0 要進入被業界全面採用之階段，尚需假以時日。

OIF 目前正積極進行 UNI 2.0 版本之發展工作，計畫增強 UNI 介面功能，期能增加新功能以滿足電信網路業者之要求，同時 OIF 亦正進行 E-NNI 實作協議之制訂，期能提供電信網路業者於不同網域間互聯時，有標準可供遵循。

四、觀感與建議

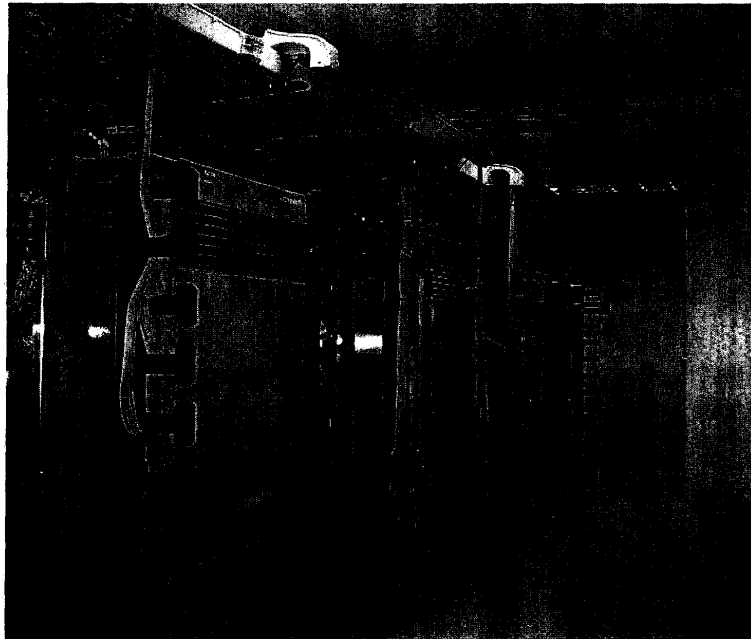
- 4.1 光纖核心網路技術之發展方向是以超高速率、超大容量、超長距離為追求目標，其發展趨勢則朝電氣層網路→OTN（光傳送網路）→ASON（自動交換光網路）之方向發展。

TDM 傳輸速率目前已達 40Gbit/s，速率提升之空間有限，最好的解決方法是 DWDM + SDH 技術。目前，DWDM+SDH 已實現了在一對光纖中 10 Tbit/s 高速傳輸。在應用上，傳輸網路將提供多樣化服務埠，如 FE，GbE 甚至 10G 乙太網路埠。目前，資訊量儲存的需求越來越大，SAN（儲存區域網路）乃應運而生，因此在傳輸網上還需要提供一些 ESCON、FIBER CHANNEL、FICON 等介面。

在光通信系統中，將由光-電-光方式變為光-光-光之方式，即向全光網路發展。全光網路在中繼器內部不需要將光信號變換成電信號，因此可節省大量成本。由於資訊業務之發展，要求傳輸網路需具有動態配置頻寬能力，OXC 和 DXC 就是這方面的前期探索，可以相對靈活地配置網路。但 OXC 和 DXC 仍需人工配置，網路較大時將造成網路維運上的巨大困難，對資訊業務之支援也有其缺陷。因此，要在傳輸網路中引進交換之概念，這就是自動交換傳輸網路（ASTN），其中以光傳輸為基礎者，稱為自動交換光網路（ASON）。ASON 將傳統的傳送網路技術與 IP 技術融合形成下一代智慧型光傳送網路，是一個容量更大、高度靈活、智慧管理、動態配置的光傳輸網路，本公司應隨時注意這方面之發展，適時引進，以提升公司競爭力。

- 4.2 目前由於 IP 訊務之急速發展，傳輸網路之頻寬需求亦跟著水漲船高，因此各大廠商之光網路發展均走向超大容量網路元件—OXC 發展，把塞取多工機（ADM）、數位交接器和光交接器之功能整合在一起，並具有 UPSR /SNCP、線性 (1+1, 1:N) 和 BLSR/MS-SPRing 等保護方式以及以整個波長到個別 STS-1/VC-3 範圍之 Granularity 作彙整和交換網路訊務之彈性，可提升網路頻寬使用效率、配合訊務持續成長、降低建設和維運成本，除了傳統 SDH 介面外，亦提供 ESCON、FIBER CHANNEL、FICON 等儲存區域網路介面，可多樣化服務需求。本公司骨幹網路之大傳輸機房應可考慮引進這類設備，除了提供新訊務外，亦可整合既有 SDH ADM 系統，騰空之系統則可遷裝到較小機房繼續使用，以節省成本。

4.3 本公司之傳輸網路以光通信系統為主流已相當長的一段時間，過去因規模不大，各機房內看到之光纖配線有限，因此佈放光纖時都與既有銅線配線架混雜共用，以簡單之蛇管保護，但是當數量越來越多時將會造成浪費空間且不美觀，亦容易產生損傷光纖問題，職等這次赴美曾赴一位朋友服務之小電信公司參觀，看到機房之光纖電纜架，後來在 CIENA 公司之設備機房亦見到類似光纖電纜架，後者經拍照如下附圖所示，在其設備上可看到該光纖電纜架為美國 Panduit 公司之光纖路由線槽系統 (Fiber Runner)，提供從光纖配線架到設備機架間之光纖纜線路由線槽，可維持有秩序且乾淨之工作環境，使移動、增加和改變配線都非常方便容易；經進一步瞭解發現它是一個整合之纜線路由解設計，以分離、分配而且保護光纖和銅纜之佈線到機房內之機架或机架之間，或機架上之線纜路由系統；它以槽管、附件和支架組成一個堅固之系統為特色，附件維持一個最少 2" 彎曲半徑之保護，以避免因過度之纜線彎曲早成信號損失，使用節省時間之 QUIKLOCK 耦合器裝配槽管和附件，多重的 Spillout 附件具有配合不同机架配置之彈性；QUIKLOCK 支架可用以安裝系統元件到纜線托架、設備機架和牆壁上。在本公司機房因網路日漸龐大，電纜架上勢必會有大量光纖出現，實宜及早考慮引進類似之專屬光纖之電纜架，以節省空間、確保網路安全及機房美觀。



4.4 本次考察之廠商對智慧型光傳送網路設備產品，採取了不同的發展方向，Ciena 及 Nortel 公司，均致力於 ASON 產品的發展，朝向使所有傳送網路設備產品具備 ASON 功能的目標，他們優先發展符合 ASON 基本功能需求之大容量智慧型光交換機，俟 ASON 技術與標準更加成熟之後再將既有的 SDH 及 DWDM 設備產品逐步地加上 ASON 控制模組。相對的，Movaz 公司則致力於 GMPLS 產品的發展，朝向使所有光傳送網路設備，包括 OXC、OADM 及 DWDM 設備產品，具備以 GMPLS 為控制面的目標。

ASON 已被業界公認是新一代光網路的發展方向，目前 ITU-T 在 ASON 標準化方面的工作已建立了 ASON 框架，明確訂定發展方向，Ciena 及 Nortel 公司已經依據此 ASON 標準雛形設計開發智慧型光網路產品。Ciena 公司發展之 Core Director 系列光交換機產品已進入市場應用階段，它採用 OSRP (Optical Signaling and Routing Protocol) 通信協定作為控制面，已具有 ASON 基本功能需求，而且 OSRP 的相關內容已被納入 ASON 之 G.7713.1 通信協定中。Core Director 系列光交換機不但具有獨立的控制面，提供智慧型控制功能，而且它在一個獨立的交換機節點上同時支援光的波長或電的 SDH VC-n 的顆粒度的交換，並可選擇採用多個波長的 DWDM 或單波長的 SDH 傳輸介面。Nortel 公司 OPTera 系列光交換機產品之功能與 Core Director 系列類似。

國外先進電信業者已開始進入智慧型光傳送網路建設的階段。美國 AT&T 公司已率先在國內建設了 ASON 雛形的智慧型光傳送網路，由約 100 部智慧型光交換機和 800 多部 SONET 設備構成，其中大量採用 CIENA 公司的 Core Director 系列光交換機。AT&T 公司的新網路簡化了網路架構層次，不僅降低了網路建設及營運成本，增加了網路容量，而且能夠快速提供服務，及有效處理網路故障恢復。

ASON 雖然是新一代光網路發展的方向，但是 ASON 標準目前只是一個參考架構之框架，此框架中使用之通信協定尚未正式訂定，而且 ITU-T 標準組織為期 ASON 標準之參考架構能夠週圓完整、與時俱進、具有高度擴展性及高度故障恢復能力，其設計將交換和傳送控制技術融合為一體，不但能控制新一代光網路且亦能支援既有的傳送網路，因此 ASON 標準之完成預估約在 2004 年~2005 年。致力於 ASON 產品發展的廠商，為了取得市場先機，早已紛紛根據這個框架開始設計 ASON 的產品，在設計開發中各自對

ASON 功能進行加強與補充，各有特色，因此現階段不同廠商 ASON 產品的介接與互運將俟 ASON 標準完成後方能順利實施。對於傳統傳送網路如何演進至智慧型光傳送網路的問題上，依據不同之投資效益考慮及能夠繼續善用既有網路設備投資的前提下，可以選擇兩種不同的網路建設方案。第一種方案，可以在傳統之傳送網路的上層建立一個以 ASON 光交換機為骨幹的智慧型光網路平臺，將既有 SDH 及 DWDM 網路節點全部接入到智慧光型網路平臺，此種方案適合應用於大型傳統傳送網路的演進。第二種方案，係直接在傳統之傳送網路中新建設具有 ASON 功能的智慧型光交換機，同時將既有的傳送網路設備予以昇級使其具備 ASON 控制模組，並與新建的光交換機介接整合，構成單一 ASON 控制面之智慧型光傳送網路，此種方案適合應用於中小型傳統傳送網路的演進。