

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

赴 Telcordia 參加 WDM 全光網路管理技術實習

出國報告

服務機關：中華電信研究所

出國人 職 稱：助理研究員

姓 名：林立芳 林達民

李卓倫 王俊傑

出國地區：美國

出國期間：89年9月20日至90年3月14日

報告日期：90年5月2日

H6/c09000662

## 摘 要

隨著寬頻時代的來臨以及網際網路蓬勃發展，資料傳輸量以每年倍增的速度成長，網路頻寬需求越來越大，如何提供足夠的頻寬成為重要課題。為配合本公司即將建設的 WDM 光網路，本所將開發下一代光網路管理系統以管理不同廠家的光網路，並整合目前正在建設中的 SDH 網路設備。由於 WDM 光網路的網路管理極為複雜，本所為加速開發下一代 WDM 光網路管理系統，特向美國 Telcordia 公司(原 Bellcore)要求移轉其 WDM 網路整合管理系統之技術，以加速開發本公司之 WDM 網路整合管理系統。

本案赴美實習四位同仁主要任務在於學習 MONET 計劃中全光網路網管技術，取得 MONET WDM 網管系統軟體與部分原始程式碼，並深入研究 MONET WDM 網管系統的功能、架構與設計，期望有能力可依據本公司需求進行修改，進而快速應用於本公司的 WDM 網路。此外，藉由探討全光網路於網管上所面臨之問題與解決方法，更可提供本公司未來引進全光網路時的參考，並可協助相關規格的制定。



# 目 錄

1. 目的.....	1
2. 過程.....	3
2.1. MONET 計劃概述.....	4
2.2. WDM NMS 系統操作.....	10
2.2.1. 系統功能.....	10
2.2.2. 系統架構.....	11
2.2.3. 系統需求.....	12
2.2.4. 系統安裝與組態.....	13
2.2.5. 行程控制介面.....	14
2.2.6. 使用者介面.....	16
2.2.7. 系統管理.....	23
2.3. 核心技術：資訊模型.....	24
2.3.1. 網路管理層資訊模型.....	26
2.3.2. 分層與分割.....	29
2.3.3. 管理資訊物件.....	31
2.3.4. ITU-T 管理資訊物件.....	32
2.3.5. TINA-C NRIM 管理資訊物件.....	33
2.3.6. ATM Forum M4 管理資訊物件.....	35
2.3.7. SONET Interoperability Forum 管理資訊物件.....	47
2.3.8. WDM 管理資訊物件.....	51
2.3.9. 以 CORBA 實作多重傳送技術資訊模型.....	56
2.4. MONET NMS 組構管理.....	62
2.4.1. 組構管理資訊模型.....	62
2.4.2. 網路拓撲結構組態檔.....	66
2.5. MONET NMS 連線管理.....	72
2.5.1. 連線管理資訊模型.....	72
2.5.2. 網路調度.....	76
2.5.3. 路由選擇階段.....	82
2.5.4. 連線完成階段.....	83
2.5.5. 系統設計的其他考量.....	84
2.6. MONET NMS 故障管理.....	88

2.6.1.	故障管理設計.....	91
2.6.2.	光網路設備分類.....	94
2.6.3.	故障管理在光網路上的議題.....	95
2.7.	WDM NMS INTERFACE MODULE 與 AGENT.....	99
2.7.1.	Agent-to-NE 介面.....	99
2.7.2.	Agent-to-NE 介面訊息種類.....	101
2.7.3.	Agent-to-NE 介面訊息語法語意.....	102
2.7.4.	Agent 設計.....	105
2.8.	光網路相關技術.....	108
2.8.1.	光網路元件設備技術.....	110
2.8.2.	光網路演化.....	114
2.8.3.	光網路管理.....	116
2.8.4.	光網路應用.....	116
2.8.5.	網路保護存活與回復.....	119
2.8.6.	自動保護切換.....	121
3.	心得.....	123
3.1.	光網路技術.....	123
3.2.	全光網路.....	123
3.3.	資訊模型.....	124
3.4.	參觀 AT&T、LUCENT 有感.....	125
3.5.	電子商務.....	128
4.	建議.....	129
4.1.	研究所與 TELCORDIA.....	129
4.2.	原始程式碼.....	129
4.3.	世界級的網路維運技術.....	129
4.4.	光網路服務.....	130

## 圖 例

圖 1 MONET NMS 系統架構.....	11
圖 2 PCG 控制畫面.....	14
圖 3 主畫面.....	17
圖 4 設備表列.....	17
圖 5 設備面板.....	18
圖 6 線路交接.....	18
圖 7 連線表列.....	19
圖 8 連線細節.....	19
圖 9 連線路由.....	20
圖 10 自動調度.....	20
圖 11 人為調度.....	21
圖 12 保護路徑.....	21
圖 13 設備告警.....	22
圖 14 告警內容.....	22
圖 15 告警過濾條件.....	23
圖 16 Layer Network & Trail.....	26
圖 17 Layer Network 的組成.....	27
圖 18 傳送實體.....	27
圖 19 Trail.....	28
圖 20 Adaptation.....	28
圖 21 分層(客戶層與伺服層).....	29
圖 22 分割(Subnetwork 之分割).....	30
圖 23 多重傳送技術分層說明.....	31
圖 24 資訊物件與網路資源之對應(CTP/TTP).....	32
圖 25 TINA Network(Logical view).....	34
圖 26 TINA Network(Physical view).....	35
圖 27 TINA Network 的組成.....	35
圖 28 ATM Forum 管理介面參考架構圖.....	36
圖 29 ATM 網路功能架構示意圖.....	37
圖 30 ATM VP Layer Network.....	38
圖 31 ATM VC Layer Network.....	39
圖 32 ATM 之層網路範例.....	41
圖 33 資訊模型之 Entity-Relationship 示意圖.....	53

圖 34 一個簡單的 WDM 網路.....	55
圖 35 ATM/SONET/WDM 技術整合網路架構圖.....	56
圖 36 ATM over SONET 模型.....	57
圖 37 SONET over WDM 模型.....	57
圖 38 ATM/SONET/WDM 整合模型.....	58
圖 39 以 ER 資料模型表示資訊模型.....	59
圖 40 以 CORBA 實作之範例.....	59
圖 41 MONET 組構管理之 UML 模型.....	64
圖 42 MONET GUI Preferences Setting.....	70
圖 43 MONET GUI Markers Setting.....	70
圖 44 網路與連線範例.....	73
圖 45 網路層資訊模型.....	73
圖 46 網路層連線資訊模型.....	75
圖 47 自動路徑調度.....	77
圖 48 路徑保護切換.....	79
圖 49 階層式路由選擇.....	82
圖 50 CHTTL WDM 測試網路.....	89
圖 51 PCG 行程管理.....	89
圖 52 地圖告警顯示.....	90
圖 53 面板告警顯示.....	91
圖 54 MONET 故障管理之 UML 模型(1).....	93
圖 55 MONET 故障管理之 UML 模型(2).....	93
圖 56 光網路設備的分類.....	95
圖 57 Edge Monitoring.....	97
圖 58 Agent 內部物件架構.....	101
圖 59 Agent 之 Equipment 介面.....	106
圖 60 Agent 之 Facility 介面.....	107
圖 61 Agent 之 Fabric 介面.....	107
圖 62 DWDM 系統和光放大器.....	112
圖 63 ITU Channel Spacing.....	112
圖 64 雙向和單向 DWDM.....	112
圖 65 內嵌式和開放式的 DWDM 系統.....	113
圖 66 Optical ADM 的功能.....	115

## 1. 目的

隨著網際網路蓬勃發展，使用人數快速增加，使得網際網路面臨了頻寬不足的問題，網路塞車的情況愈來愈嚴重，使用者必須花更多的時間等待，以取得所需要的資料。這種情況若不加以改善，網路的品質勢必日趨惡化，終至無法忍受的地步，是以世界各國，莫不投入心力，以尋求解決之道。

為了研究如何提供更大頻寬容量，在 1994 年 11 月由美國國防部提供資助，成立一個多波長光纖網路計劃 (Multiwavelength Optical NETworking：簡稱 **MONET**)，成員包括美國政府機構(DARPA、NSA、NRL、NASA、DIA、DISA)、Bellcore (於 1997 年改成 Telcordia)、美國地方區域電信公司 (Bell Atlantic、BellSouth、Pacific Telesis、SBC)、朗訊科技 Lucent、AT&T 等，總計花費 5 千萬美金，歷經 5 年時間，於 1999 年 4 月結束。MONET 計劃主要的目標在研究光波波長分波多工機 (以下簡稱: WDM) 的技術，WDM 設備與硬體、網路架構、網路管理與控制等相關議題，並且展示使用 WDM 設備建構出下一代高速、高容量、高品質的傳輸與交換網路。

為配合本公司即將建設的 WDM 光網路，本所將開發下一代光網路管理系統以管理不同廠家的光網路，並整合目前正在建設中的 SDH 網路設備。由於 WDM 光網路的網路管理極為複雜，本所為加速開發下一代 WDM 光網路管理系統，特向美國 Telcordia 公司(原 Bellcore)要求移轉其 WDM 網路整合管理系統之技術，以加速開發本公司之 WDM 網路



整合管理系統，相關技術包含下列主題：

- WDM 網管系統使用及 WDM 網管系統設計與實作。
- 光網路管理技術包括組構管理、故障管理、性能管理、資訊模式等。
- 光網路之保護與回復、Multicasting 於光網路之應用探討與技術。
- WDM 與 SDH 網管整合技術。
- 多技術、跨區域、多層次之網管問題與解決方法。

本案赴美實習四位同仁主要任務在於學習 MONET 計劃中全光網路網管技術，取得 MONET WDM 網管系統軟體與部分原始程式碼，並深入研究 MONET WDM 網管系統的功能、架構與設計，期望有能力可依據本公司需求進行修改，進而快速應用於本公司的 WDM 網路。此外，藉由探討全光網路於網管上所面臨之問題與解決方法，更可提供本公司未來引進全光網路時的參考，並可協助相關規格的制定。

## 2. 過程

職等於八十九年九月廿日深夜抵達美國東岸紐澤西州，以兩天時間打點生活上之必要設施，包括住宿、交通、飲食等事務，並藉此熟悉附近環境，隨即投入此次為期長達半年的實習。

經與計劃主持人蔡猷琨博士討論，研擬出此次實習內容的大綱，其主題與時程如下表所示：

編號	主題	完成日期
1	Orientation	09/22
2	Project plan revisited	09/25
3	Initial demo	09/26
4	Setup/install computing environment & platform	10/02
5	Delivery of WDM NMS code	10/03
6	Install WDM NMS code in CHT WSs	10/03
7	Hand-on	10/04 -10/05
8	Feature overview	10/06
9	System architecture	10/09
10	System administration	10/16
11	Information model -WDM information model •NMS •EMS •Agent	10/23 - 11/03
12	Information model -Multi-layer (technology) information model •ATM/SONET/WDM	11/06 - 11/17
13	Technology overview -WADM -WXC -WAMP -Unique management issues •connection setup •AIS •Transparency, protection, multicast	11/20 - 11/24 11/27 - 12/01 11/27 - 12/11 12/04 - 12/15
14	GUI	12/18 - 12/29
15	Configuration Manager -NMS -EMS	01/02 - 01/12

16	Connection Manager -NMS -EMS	01/15 - 01/26
17	Fault Manager -NMS -EMS	01/29 - 02/09
18	Interface module	02/19 - 02/23
19	Agent	02/26 - 03/02
20	Integrated management	03/05 - 03/09
21	Consultation	03/09 - 03/11

## 2.1. MONET 計劃概述

MONET 計劃分成數個工作分組，主要包括 Project Management、Lucent Optical NE、NC&M、DC Network TestBed、System Integration and Network Interoperability。其中網路控制與管理(Network Control and Management：簡稱 NC&M)分組主要由本案負責人蔡猷琨博士主導，NC&M 分組主要的目標：

- 針對可調適 (reconfigurable) WDM 網路，提出單一的網路控制與管理方法。
- 設計一個下一代 WDM 網路管理系統，以有效地管理光網路。
- 於美國華盛頓 DC 建構一個 WDM 實驗網路，以展示 WDM 網路管理系統的管理能力。

NC&M 分組主要工作包含五項重點：

- intra-carrier 之 WDM 網管並探討網管功能及架構。
- inter-carrier 之 WDM 網管並探討 multiple-carriers 間之網管議題。
- 用戶控管並探討相關議題。

- 整合 multi-technology 之網管(ATM、SONET、WDM)。
- 探討使用 WDM 提供傳輸及交換服務之可行性。

本案旨在引進 WDM Optical Network Management System，亦即 MONET 計劃中 NC&M 分組所開發的光網路管理系統(簡稱 WDM NMS)。

MONET WDM NMS 系統特徵如下：

- 新一代的網管系統雛型。
- 可助於漸進、彈性、並迅速地引進未來可調適 WDM 網路所需的網管功能。
- 容錯的分散式網管系統。
  - ◇ ITU-T multi-tier TMN-based 網管架構。
  - ◇ CORBA-based 分散物件計算平台。
- 提供基本的 wavelength add-drop multiplexers 與 wavelength cross connects 管理功能。
  - ◇ 組構管理 (configuration management)
  - ◇ 連線管理 (connection management)
  - ◇ 性能管理 (performance management)
  - ◇ 故障管理 (fault management)
- 使用軟體備份技術提供了高可靠度與高存活度。
- 親和的使用者介面。
  - ◇ network/site maps
  - ◇ faceplates

- ◇ alarms
- ◇ performance monitoring displays

並且運用網路即資料庫 (network as database) 之概念，以減少資料不一致的問題並可做到自動化管理。

MONET WDM NMS 系統採用 multi-tiered TMN 架構，以提供具備 scalability 及 interoperability 之管理，依據 TMN 架構區分為：

- NML – Network Management Layer (網路管理層)
- EML – Element Management Layer (元件管理層)
- EL – Element Layer (元件層)

將網路分割為許多子網路 (subnetwork)，每個子網路由一個 EMS 管理，而 NMS 則用來提供跨越多個子網路間端對端的網路管理功能。

為使系統具備 interoperability，因而發展出 NML、EML、EL 之資訊模型，利用資訊模型將 NE 或 subnetwork 的管理資訊表示出來，並隱藏與廠商實作相關資訊。

MONET WDM NMS 所採用之資訊模型標準為：

- NML/EML—採用 ITU-T SG 4 及 TINA-C 之網路層資訊模型。
- EL—參考 TA-1042 之 SONET 資訊模型。

MONET WDM NMS 架構於 CORBA-based 之共通分散運算平台：

- 隱藏複雜度。
- 增進點對點的可靠度及可用性。

MONET WDM NMS 使用 OMG 的 CORBA 規格，實作了 NE Agent、EMS、NMS 的管理資訊及介面，所有的網路資源及管理資訊都被定義為 NML、EML 或 EL 階層的 CORBA 物件。

電信網路愈趨複雜而網路管理系統則愈趨分散，如何確保用戶對於服務可靠度及可用性的需求已成為一大挑戰。MONET 投注了部分的研究心力於以軟體為基礎的分散式容錯運算平台，以增進網管系統整體的強度。MONET 系統使用了 object group replication 技術來達成容錯及高可用性，利用 replicated server group 概念，讓 client 端可以忽視內部細節，而重要的 AP 或 data 則複製於不同的地點，以提供不中斷的服務，每個 request 都被送到 group 而非單一的物件，容錯平台會將 request 送至 group 中的物件成員執行，至於被送至那一個 object 則取決於管理系統的 policy。

MONET WDM NMS 系統提供兩種容錯模式

- Master-slave-request 交由 group 中的某一個成員執行，若該成員物件失敗則由 surviving objects 執行。
- Peer-to-peer-透過使用者定義之條件來判斷交由何物件執行 request，如交由負荷最輕的成員物件執行。

MONET WDM NMS 目前具有下列功能：

#### 1. 組構管理 (Configuration Management)

組構管理者 (Configuration Manager) 提供管理網路拓樸、網路連線、網路資源與網路地圖的功能；也提供管理單獨網路設備(卡板與光波波長交接)與遠端設定卡板與光波波長是否服務的功能。使

用者可用下拉式選單或點選方式來操作網路地圖、網路連線、機房、設備面板與信號埠。

## 2. 連線管理 (Connection Management)

連線管理者 (Connection Manager) 提供端對端光路徑連線建立與移除；提供自動路由選擇能力，只需指定兩端點，系統便可計算最短最佳的路徑並且自動維護光波波長使用情形。

## 3. 性能管理 (Performance Management)

性能管理者 (Performance Manager) 提供監視光纖性號的性能情形，例如光纖性號的 power level 與 signal-to-noise ratio 值。只需指定連線或光纖的端點即可查詢相關性能資料。

## 4. 故障管理 (Fault Management)

故障管理者 (Fault Manager) 接收來自網路設備的告警資料，收集並分析告警資料同時參考網路拓樸與連線資料，找出真正的故障所在，顯示並通知使用者。

MONET 計劃已成功地佈放 WDM 設備於紐澤西州 Red Bank 與華盛頓 DC 兩地，包括 Lucent 的光波波長選擇交接機(Wavelength Selective Cross Connect, WSXC)與光波波長放大器(Wavelength Amplifiers, WAMP)，Tellium 的光波波長塞取多工機(Wavelength Add/Drop Multiplexes, WADM)與光波波長放大器(Wavelength Amplifiers, WAMP)。

在為本案進行背景說明後，我們與蔡博士 MONET 計劃成員互相認識。該組系統開發人員表列如下：

組員	負責項目
Kevin Liu	GUI(使用者介面) Configuration management(組構管理) Connection management(連線管理)
Jorge Pastor	System administration(系統控制) Agent(設備代理者)
Michael Post	Agent(設備代理者)
Chien-Chung Shen	Information model(資訊模式) Configuration management(組構管理) Computing platform(電腦計算平台)
Ned Stoffel	Fault management(故障管理)
Brian Wilson	GUI(使用者介面) Configuration management(組構管理) Connection management(連線管理) Performance management(性能管理)
Tsanchi Li	Connection management(連線管理)
Narayanan Nnatarajan	Information model(資訊模式) Computing platform(電腦計算平台)



## 2.2. WDM NMS 系統操作

### 2.2.1. 系統功能

MONET NMS 可提供下列功能：

- 網路資訊：包括網路架構、網路地圖、鏈路資訊、設備資訊、面板顯示、跳線(Jumper)狀態等。
- 連線與路徑管理：提供自動連線搜索(Connection Discovery)、連線資訊查詢、連線之路由(Route)顯示、路徑之建立與刪除(其中包括自動與人為設定、保護路徑和點對多點連接)等。
- 故障管理：可於面板及鏈路上顯示障礙發生、亦可進一步查詢故障細節，針對各種障礙，可設定排序和過濾的條件。
- 行程控制(Process Control)：MONET NMS 提供有一個圖形化介面的行程控制工具，用以啟動系統的各個行程，並可監控諸行程的運作狀態。

NMS 的功能大多可經由圖形化使用者介面(Graphic User Interface，以下簡稱 GUI) 達成，主要項目包括：

- 網路地圖：顯現網路之拓樸結構，亦允許點選地圖上之物件執行管理功能。
- 資料總覽視窗：可顯示網路上之設備(Equipment)、鏈路(Link)、連線(Connection)、以及路徑(Trail)等資訊。
- 詳細資訊：針對上述物件，可進一步查詢其細節。
- 面板：以圖形化方式顯示設備之硬體結構，可反應設備面板之目前狀況。
- 告警：以不同顏色及時反應告警狀態。

### 2.2.2. 系統架構

MONET NMS 係由下列軟體模組構成(括弧內為執行檔名稱)

- CORBA 之 Name Server (nameServer)。
- 作為 NE Controller 代理者之 Agent (agt)。
- 組構/連線管理者(config)。
- 路徑管理者(tmgr)。
- 故障管理者(efm 與 nfm)。
- 使用者介面(gui)。

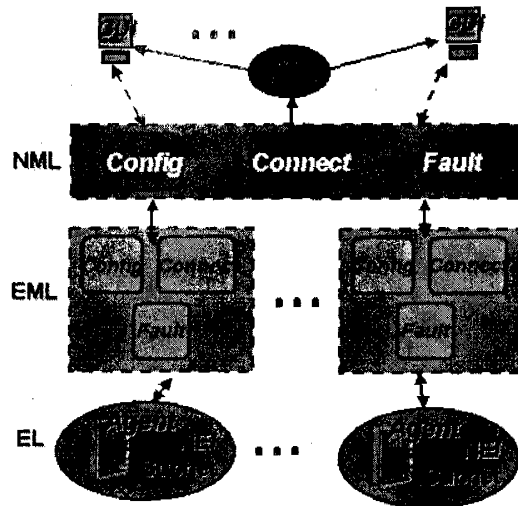


圖 1 MONET NMS 系統架構

MONET NMS系統採用多層次TMN架構(如圖 1)，充分具備擴充性與互通性。

### 2.2.3. 系統需求

MONET NMS 係分散式的網管系統，架構在 CORBA 平台上，該系統採用 IONA 公司開發的 Orbix 產品。透過 CORBA 定義的機制，可以輕易達成分散式物件導向系統的諸多特性，例如 Object Distributed、Object Located、Load Balance 等；此外，MONET 亦採用 IONA 的 OrbixTalk 做為訊息傳播(Event Service)的機制。

欲建構 MONET NMS 系統，基礎的資料傳輸網路 (DCN, Data Communications Network) 必須先架設完成，這其中包括 IP Address 及 IP Router 的設定，以確保 NMS 系統能和 NE Controllers (位於 WDM 設備之上) 有效地連接。

對於所有參與 NMS 的工作站，除了系統本身之軟體外，先前提及的 Orbix 和 OrbixTalk 必須先行安裝完成，並啟動相關之 CORBA Services。NMS 啟動時，相關的行程均會自動與 CORBA Server 註冊並做相關的設定，使用者無須參與 Orbix 之管理。

工作站內已預設幾個帳號，ncm\_admin 可執行系統管理及所有網管功能；ncm\_gui 可執行 GUI 程式，但其權限有所限制。若要新增其他帳號(例如 demo)，必須將相關的環境變數設定正確(可將其置於 .profile 檔案中)，例如 \$PATH 及 \$LD\_LIBRARY\_PATH 等，其中的環境變數 \$SERVER\_PREFIX(例如設定為 demo\_) 甚為重要，該變數的使用可允許在網路上同時執行多個 NMS 系統，透過 \$SERVER\_PREFIX 結合特定的命名，可讓每個 NMS 系統擁有其各自的組態資料。

#### 2.2.4. 系統安裝與組態

系統安裝於某個目錄 (例如/pkg/demo/monet)，所有必要的檔案(包括系統檔與組態檔)均位於該目錄，使用者可透過 PCG (Program Control GUI)來啟動所有的子系統。

MONET NMS 的設計將整個網路區分為兩個管理層(management domain layers)，分別為網路管理層(NML)與元件管理層(EML)，一個 NMS 系統僅包含單個 NML，而為了管理的方便，可根據實際需要劃分多個子網路，每個子網路由某個 EML 管理，這樣的設計將可保持系統的擴充性。

每個網路元件(例如 WADM)均由一個 Agent 代表，EML 則透過 CORBA 介面與其所屬之 Agent 溝通，Agent 和設備之 Controller 間則是單純的 TCP/IP Socket 介面。每個 Agent 均擁有其名稱，可於相關的环境變數中指定，這些名稱將註冊於 Orbix Registry 並且出現在 PCG 的控制畫面中。

MONET NMS 安裝完成後，Orbix 及 OrbixTalk 之 Deamon (orbixd 和 otd)會於開機時自動執行，可用 psit 或 pingit 等系統指令加以測試。此外，所有參與此 NMS 之工作站都必須執行一個稱為 monitord 的行程(亦會於開機時啟動)。

monitord 係為一個 CORBA Server，可對遠端行程做管理與監控，monitord 可接收命令以啟動、結束、或是改變 NMS 行程的狀態，同時，各工作站間的 monitord 亦會彼此分享訊息。monitord 乃是極為重要的

背景行程，一但該行程結束，其他所有的 NMS 子系統都必須重新啟動。

## 2.2.5. 行程控制介面

行程控制介面(Program Control GUI, PCG)是個圖形化的使用者介面(圖 2)，前述之 `monitord` 提供 CORBA interface 供 PCG 使用，使用者透過 PCG 可輕易地啟動 NMS 各行程，並且監控其狀態。

PCG 的啟動模式計有三種：EML, NML 以及 GUI，“pcg”即為 PCG 之 Shell Script。系統人員可用“pcg -e”或“pcg -n”分別啟動 EML 和 NML，而一般使用者則以“pcg -g”執行 NMS GUI。下圖即為一個 PCG 程式(NML)執行的例子：

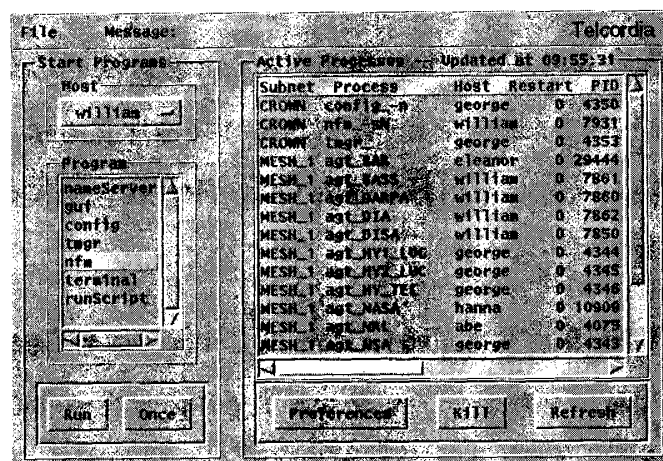


圖 2 PCG控制畫面

根據 `$SERVER_PREFIX` 環境變數的設定，PCG 透過 `monitord` 可篩選出屬於目前 NMS 管理的各個行程。右方“Active Processes”列式出網路上各工作站的狀態，分別是子網路名稱(由設定檔指定)、行程名稱、行程所在之主機名稱、以及行程編號等。透過 PCG 畫面，使用者可在

指定的主機上(利用畫面左上方"Host"選項)執行特定行程以達到 Load Balance 的目的，也可以直接結束特定的行程。

PCG 畫面上有許多按鈕可執行特定之動作：

- Run：於"Host"主機上執行"Program"指定之程式，monitord 將記錄該程式執行之命令列參數，一但該程式意外結束，monitord 將試圖再將之啟動，程式重新啟動的次數將反應於右方"Active Processes"之"Restart"欄位。
- Once：類似 Run 指令，為該程式僅會執行一次，而"Restart"欄位將顯現"N/A"。
- Kill：終止選定的行程。
- Refresh：顯示各主機上最新的狀態。
- Preference：關於其他選項的設定，例如檔案目錄所在。
- File Menu/Kill All：停止所有行程。
- File Menu/Restart All：停止並重新啟動所有行程。
- File Menu/Exit：離開 PCG，但 NMS 相關行程依然在執行。

利用 PCG 可輕易啟動 NMS 系統，NMS 各個行程可以獨立執行，但仍然有一些執行上的先後順序。

首先，執行"pcg -e"以啟動 EML PCG：

- 必須先執行 nameServer (以 Once 模式)，且這個行程不可中途停止。
- 啟動各個 NE Agent，利用"Host"選項可將 Agent 行程分散至適當的工作站上執行，NE Agent 的啟動順序並不重要。此外，透過 runScript 的設定，可以一次執行數個 NE Agent。

- 待所有 NE Agent 啟動後執行 config 行程。
- 待 config 行程啟動後執行 efm 行程。

接下來再以"pcg -n"以啟動 NML PCG：

- config (NML)。
- nfm。
- tmgr (必須確定 NML-config 已初始化完畢)。
- gui (必須確定上述所有行程已準備妥當，且 GUI 的執行約需數十秒鐘)。

#### 2.2.6. 使用者介面

MONET NMS 使用者介面係由 Tcl/Tk 寫成，允許多個使用者同時登入，亦可由遠端執行。MONET NMS 使用者介面以地圖為主畫面(圖 3)，擺列 NE 設備與鏈路(Link)，使用者可用滑鼠以點選方式操作本系統，除查詢各項網路資料外，即時的告警指示也將反應於畫面上。





點選設備可檢視其面板，面板上顯示出實體的組成(如圖 5)：

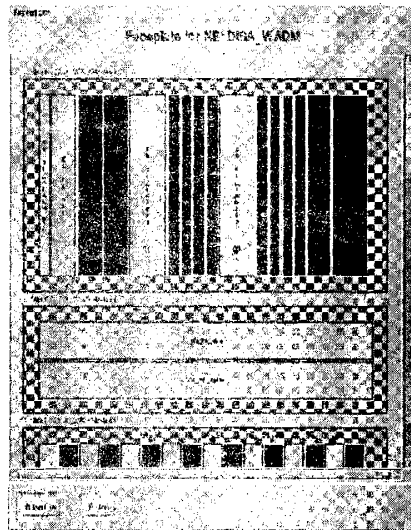


圖 5 設備面板

從面板上也可查詢線路交換的情形(圖 6)：

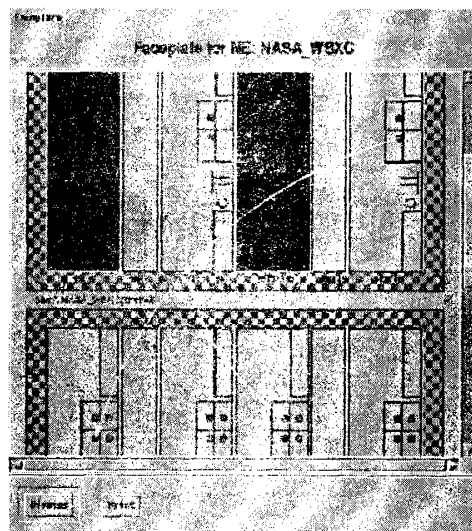


圖 6 線路交換

從畫面上可查詢連線與路徑的資料(如圖 7和圖 8)：

Case Summary

### Connection Summary List

Case	Type	A	B	Flow	Rate
Connection 1	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 2	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 3	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 4	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 5	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 6	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 7	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 8	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 9	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 10	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000

Buttons: [Back] [Next] [Help] [Refresh]

圖 7 連線表列

Configure Connection

### Connection Details

Case	Type	A	B	Flow	Rate
Connection 1	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 2	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 3	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 4	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 5	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 6	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 7	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 8	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 9	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000
Connection 10	Flow	1000.0000	1000.0000	1000.0000	1000.0000

Buttons: [Back] [Next] [Help] [Refresh]

圖 8 連線細節

或是以圖形化方式顯示其路由(圖 9)：

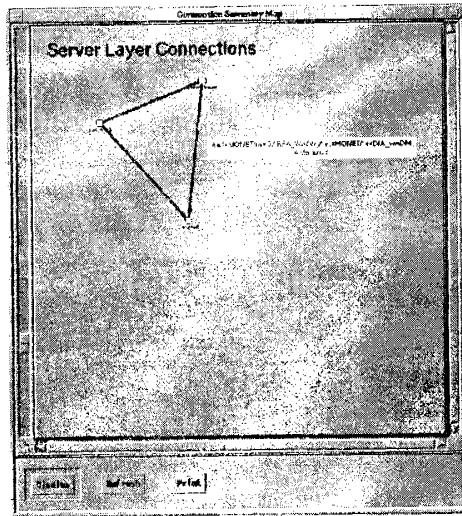


圖 9 連線路由

MONET NMS 提供單一光波波長之端對端自動調度(圖 10):

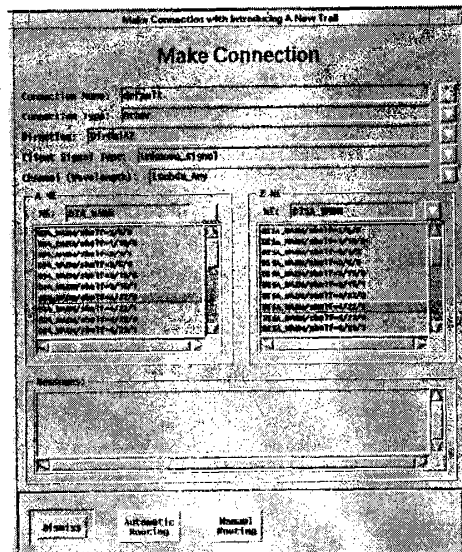


圖 10 自動調度

也可由人為方式建立特定波長、特定路由之路徑(圖 11):

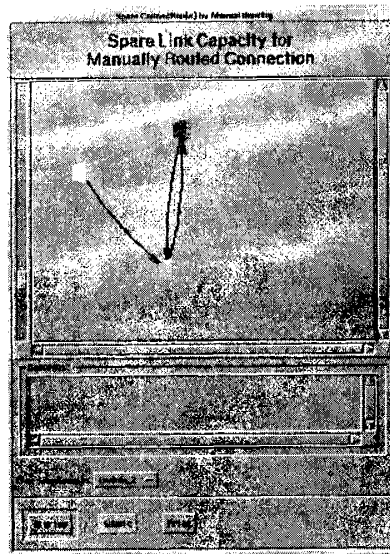


圖 11 人為調度

MONET NMS 亦支援保護路徑與點對多點傳播(圖 12)：

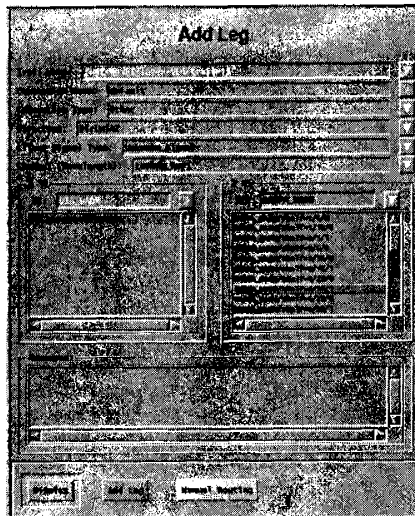


圖 12 保護路徑

MONET NMS 中存在 efm 及 nfm 等行程負責處理告警訊息，由 NE 設備接收告警，經過相關告警判別(Alarm Correlation)與告警主因分析

(Alarm Root-Cause Analysis)後，依不同顏色表示各個告警嚴重等級，而顯示於 GUI 畫面(圖 13)。

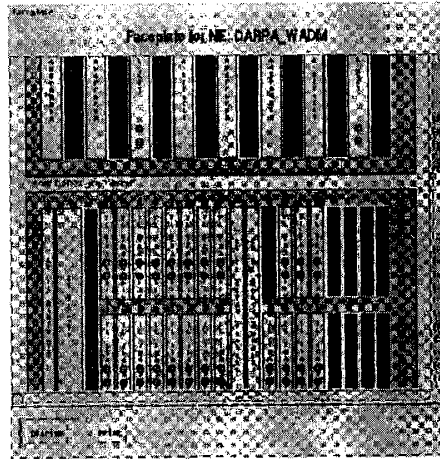


圖 13 設備告警

點選發生告警之物件可查看該告警之詳細內容(圖 14)：

NE:	DWPA-CHIN
Shelf:	SH1101 (UPDR-SHELF)
ShelfAlarm:	Clear (Line alarm)
ShelfAdminUser:	unassigned/assigned
CP1:	Alarm (Line) Slot 22 (CE-TE TRANS)
CP1Alarm:	Warning (Line) Slot 22
CP1AdminUser:	unassigned/assigned
CP2:	
CP2Alarm:	
CP2AdminUser:	
Port1 IN17:	
Port1 Alarm:	
Port1 Admin User:	

圖 14 告警內容

針對告警表列，使用者可設定排序方式(Sorting)或過濾條件(Filtering)來查閱相關的告警(圖 15)：

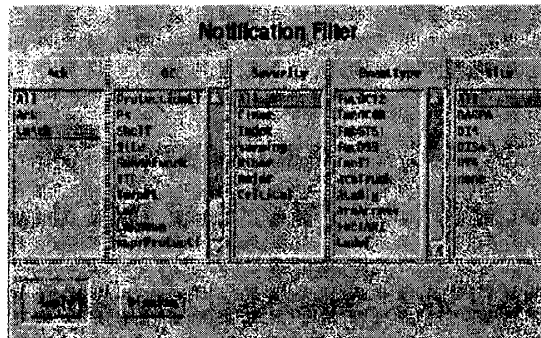


圖 15 告警過濾條件

### 2.2.7. 系統管理

MONET NMS 系統主目錄下計有下列子目錄：

- bin：所有執行檔以及相關之 Scripts。
- config：靜態之組構資料，除非像是新增設備型態，否則無須更動其內容。
- demo\_data：其中 demo\_為環境變數\$SERVER\_PREFIX之設定值，本目錄下存放網路結構之原始文字檔，如欲改變網路之拓模結構或元件名稱，可更改相關之檔案。
- demo\_trace：程式執行之輸出訊息。
- bitmaps：NMS GUI 使用到之圖形檔。
- scripts：NMS GUI 使用之 TCL 程式。
- tcl：PCG 使用之 TCL 程式。

使用者可從 PCG 畫面下執行一個稱為 runScript.data 之 script 程式，該程式通常是用以啟動多個 NE Agent，但使用者也可利用該檔案以啟動其他的程式。

### 2.3. 核心技術：資訊模型

MONET WDM NMS 系統採用 multi-tiered TMN 架構以提供具備 scalability 及 interoperability 之管理，依據 TMN 架構區分為：

- NML – Network Management Layer(網路管理層)
- EML – Element Management Layer(元件管理層)
- EL – Element Layer(元件層)

最下面一層為元件層，其次為元件管理層，再上方為網路管理層，最上一層則為使用者介面。依據 TMN 的管理架構，相鄰之兩層位於上方者為客戶(Client)管理層，位於下方者為伺服器(Server)管理層，客戶管理層透過伺服器管理層所開放之管理介面取得伺服器管理層欲提供給外界之資料或服務。藉由管理介面的製作，伺服器管理層可以將自己的內部實作隱藏，並經由管理介面將欲公告給外界的資訊或服務以物件方式呈現，因此對客戶層來說，伺服器管理層對其提供的資訊或服務都蘊含在這些物件中，這些由伺服器管理層透過管理介面公告出來的所有物件類別(Class)則稱為該層的資訊模型(Information Model)。

在實作管理層時針對每一層分別設計不同的資訊模型，以提供不同的管理功能。不同的資訊模型提供不同種類的資訊，例如元件層的資訊模型旨在將網路元件的基本資料提供給元件管理層，讓網路元件本身具備被監控的能力。元件管理層具備管理網路元件的功能，收集特定範圍內網路元件資訊，藉由資訊模型提供給網路管理層。網路管理層則提供

網路層次的管理功能，其資訊模型提供如網路路徑管理、路徑性能監控、路徑故障管理等所需的資訊。

目前國際上有許多標準文件說明了電信網路的管理標準，除了管理通訊協定標準外，X.700 系列描述了 TMN 架構及五大網管功能，M.3100、G.774、G.805、G.803、G.85x 系列、TINA-C NRIM、ATM Forum M4 也分別定義了不同管理層次的資訊模型。

MONET WDM NMS 計劃範圍包括了元件層、元件管理層、網路管理層，在元件層參考的資訊模型標準為 TA-1042 之 SONET 資訊模型，網路管理層/元件管理層則參考了 ITU-T G.805、ITU-T G.853 及 TINA-C 之網路層資訊模型。

元件層及元件管理層的資訊模型通常與網路元件息息相關，並且牽涉到廠商對於設備之 know-how 及智慧財產，通常由設備廠商提供。網路管理層則因管理範圍可能含括不同的廠牌或不同的技術，如何整合這些不同廠牌不同技術之網路元件資訊，並提供網路管理層次的功能，成為一大課題。

Telcordia 因為 DARPA MONET 計劃而與設備廠商有密切的合作，並與設備廠商討論如何將硬體特性用標準管理物件表達出來，因而有機會製作 NE Agent 及元件管理層網管功能。而對於網路管理層更設計了一套一般化(generic)的資訊模型用以整合 SONET、WDM 及 ATM 等不同技術以及 Tellium 與 Lucent 不同廠牌 WDM 設備。



### 2.3.1. 網路管理層資訊模型

在 ITU-T Recommendation G.805 中描述了傳送網路通用的功能性架構，這份文件將傳送網路的一般性架構具體描述出來，並針對傳送網路中不同功能性的組件予以明確定義。在 G.853.1 中更將這些組件由資訊的觀點給予明確的定義而成為資訊物件。MONET 系統的 NML/EML 資訊模型即參考這些網路層的資訊模型標準來實作。

G.805 將傳送網路功能性架構分為 Topological components、Transport entities、Transport processing functions、Reference points，以下依序作說明。

#### 拓樸組件(Topological components)

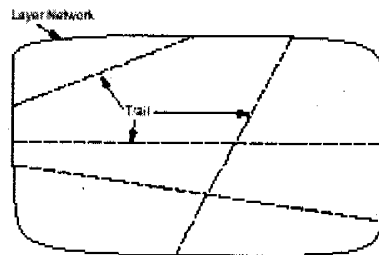


圖 16 Layer Network & Trail

- Layer network – 載送特別特徵資訊的傳送網路，以 WDM 為例，就是 WDM Layer Network。
- Subnetwork – 子網路又包含了其他 subnetwork 及 link。最小的子網路為實體網路元件。
- Link – subnetworks 間的實體連接。

- Access Group – 位於同一位置(co-located)且連接至相同的 subnetwork 或 link 之 trail termination functions。

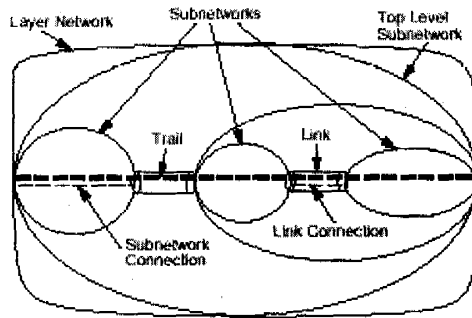


圖 17 Layer Network的組成

### 傳送實體(Transport entities)

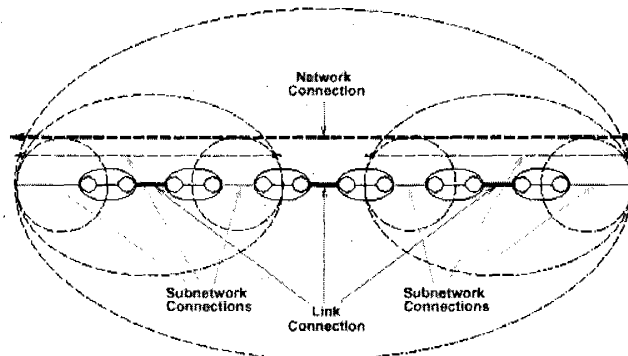


圖 18 傳送實體

- Link connection – 連接兩個子網路並傳送特徵資訊的資源。
- Subnetwork connection – 跨越子網路連接並傳送資訊的資源。
- Network connection – 跨越層網路連接並傳送資訊的資源。

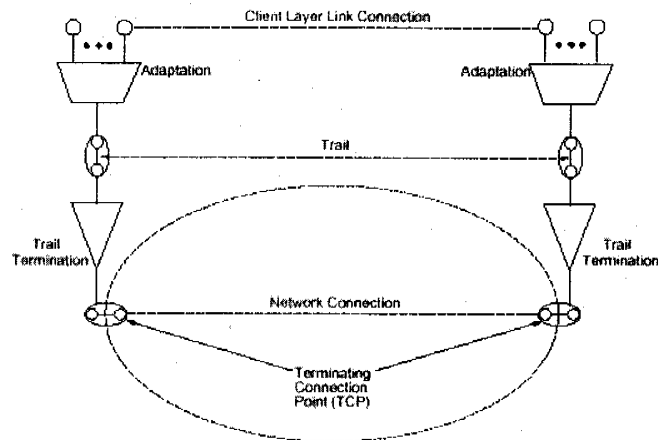


圖 19 Trail

- Trail – 代表透過 access points 替客戶層網路載送受監督且調變的特徵資訊的資源。

### 傳送處理功能(Transport processing functions)

- Adaptation function – 在客戶層網路或伺服器層網路間將特徵資訊調變以適合於傳送之處理功能。包括編碼、速率轉換、多工... 等功能。

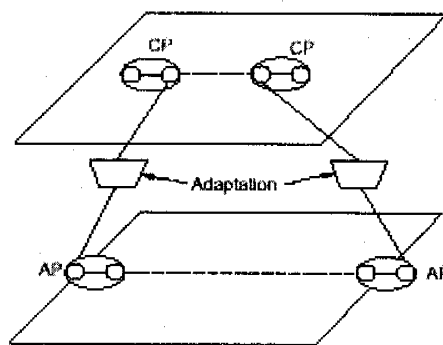


圖 20 Adaptation

- Trail termination function – 將傳送的特徵資訊加上或移除監視資訊之處理功能。

### 參照點(Reference points)

參照點是指介於相鄰傳送處理功能及(或)傳送實體的輸入輸出埠間的點。其種類有 AP(Access Point)、CP(Connection Point)、TCP(Terminating Connection Point)。

### 2.3.2. 分層與分割

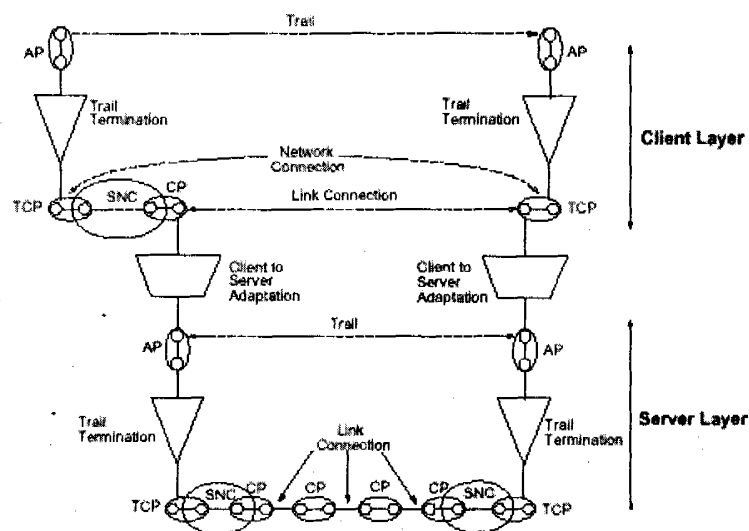


圖 21 分層(客戶層與伺服器層)

傳送網路可以被分解成數個獨立的層網路，相鄰兩層網路為客戶與伺服器關係。每個層網路又可依照其內部拓模結構分割成更小的單位。

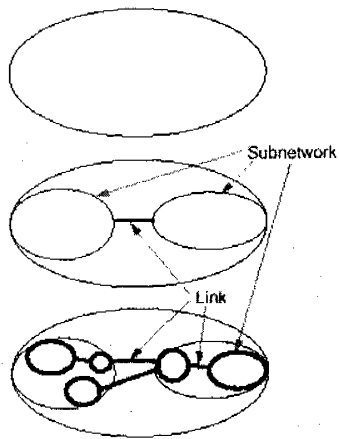


圖 22 分割(Subnetwork之分割)

分割(Partitioning)概念可應用於定義

- 層網路之網路結構。
- 同一層網路跨區調度線路時，不同區網管人員之網管界線 (boundaries)。
- 單一網管人員在同一層網路內之領域界線(domain boundaries)。
- 單一網管人員在同一層網路內的路由領域界線(routing domain boundaries)。
- 由其他單位控制的部分層網路或子網路。

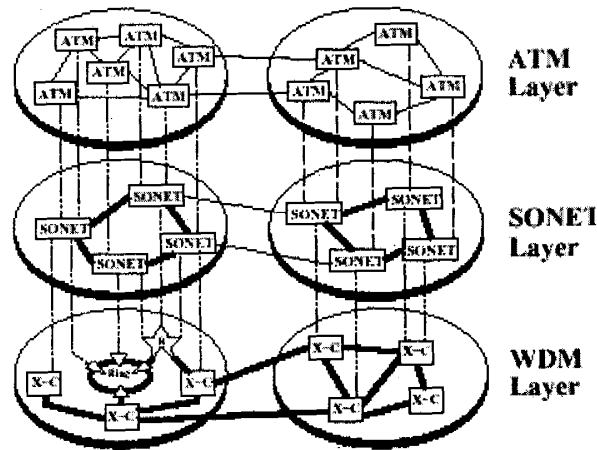


圖 23 多重傳送技術分層說明

分層(Layering)概念可使

- 每一層網路都可用相似的功能來描述。
- 層網路之間彼此獨立設計並運作。
- 每一層網路有自己的運作、診斷及復原能力。
- 能夠新增或修改某一層網路而不影響其他層網路。
- 能夠用更簡單的模型來描述包含不同傳送技術的網路。

### 2.3.3. 管理資訊物件

G.805 標準文件中將傳送網路一般性的架構及組件明確地描述出來，因此不論傳送網路是由何種技術來實作，如 ATM 網路、SONET 網路、SDH 網路、PDH 網路或 WDM 網路...，皆可用同樣的方法來描述他們，這個一般性的功能及架構描述有助於建立管理這些網路的資訊系

統。

然而 G.805 僅將網路資源定義並描述出來，當真正在實作資訊系統時，如何以實際的資訊物件來表示他們，以及不同資訊物件之間的關聯性如何建立等問題都有待解決。

### 2.3.4. ITU-T 管理資訊物件

G.853.1 從資訊觀點將 G.805 提及的資源以正規的語法描述成為資訊物件並明確定義出資訊物件間的關係。由於實作之考量，並非每一個 G.805 提及之網路資源皆被對應至一個資訊物件，下圖即為 G.805 組件對應至資訊物件之範例。如圖 24 所示，Adaptation 及 Termination function 並沒有被對應至資訊物件，而是與 CP、AP 及 TCP 合併而成為 TTP 及 TCP。

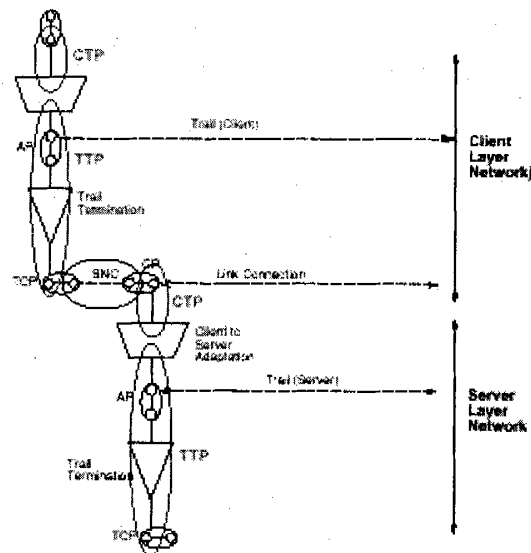


圖 24 資訊物件與網路資源之對應(CTP/TTP)

### G.853.1 資訊物件

LayerNetworkDomain	層網路中所被管理系統管轄的部分
Subnetwork	用以代表G.805中的sub-network
SubnetworkConnection	用以代表G.805中的sub-network connection
SubnetworkTP	代表transport entity及相關port可能的終端點。 隱含可能有跨越subnetwork之connection之意
link	subnetwork之間或subnetwork與accessGroup 之間之容量。也表示存在linkConnection集合
LinkConnection	傳送某一特徵資訊之最小單位
Trail	用以表示G.805中的trail
networkTTP	用以表示trail端點
networkTTPSink	trail終結點(terminates)
NetworkTTPSource	trail起始點(originates)
networkCTP	用以表示linkConnection端點
networkCTPSink	單向linkConnection之output端點
networkCTPSource	單向linkConnection之input端點
tandemConnection	用以表示G.805中之tandem connection。代表 任意個數的相連的link connection及/或sub-network connections.

### 2.3.5. TINA-C NRIM 管理資訊物件

TINA-C 為 Telecommunications Networking Information Architecture Consortium 之縮寫，此組織源於 1990 年的 TINA Workshop，而於 1993 年創立 TINA Consortium，並有許多電信服務提供者、電信設備廠及電腦廠商加入致力於電信資訊架構之建立。TINA-C 並與其他國際標準制定機構如 ATMF、DAVIC、ITU-T、TMF 及 OMG 等密切交流以確保達成一致且互通的標準規格並避免重複的工作。

經過五年的合作及努力，TINA-C 於 1997 年提出許多驗證過的架構規格，Network Resource Information Model (NRIM) 為其中一項。其目的在於制定出連線管理(Connection Management)、資源組構管理



(Resource Configuration Management)、故障管理(Fault Management)及帳務管理(Accounting Management)等網路資源管理功能所需的資訊物件及關係，此份文件的範圍相當於 TMN 中的 Network Management Layer 及 Element Management Layer。此資訊模型與應用何種網管功能架構無關，並可適用於傳輸及交換技術。除此之外，此資訊模型尚訂定了適用於告警監視、資源組構及帳目等功能之管理支援物件，並採用 OMT 符號及 Quasi-GDMO+GRM 來表示。

由 logical 觀點來看 TINA Network 的模型如圖 25，連線資源(connectivity resource)稱為 Stream Flow Connection(SFC)，每個 SFC 終端為 Stream Flow End Point(SFEP)，Source SFEP 可連接到一個以上的 Sink SFEP(point-to-multipoint 之情形)。

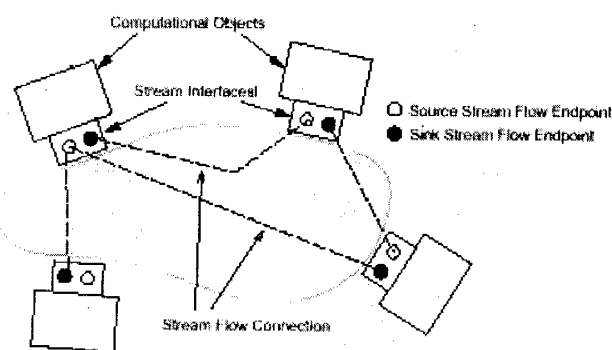


圖 25 TINA Network(Logical view)

由 physical 觀點來看，TINA Network 被分成兩個主體：Connectivity Layer Network(CLNW)及 Customer Premises Equipment(CPE)。如圖 26所示。CLNW 是由一個或多個 layer network 構成，其包含了不同種類的交換機及傳輸設備及 adaptor。這些不同傳送技術組件可以是

ATM、Frame Relay、narrow band ISDN、wireless、SDH 或 PDH。

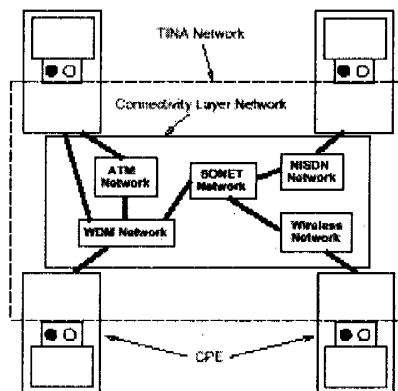


圖 26 TINA Network(Physical view)

CLNW 接受或送出貨訊的通訊端點稱為 Network Flow End Point(NFEP)，Terminal Flow Connection(TFC)則是由 SFEP 傳送資訊至 NFEP 之連線資源，如圖 27 所示。

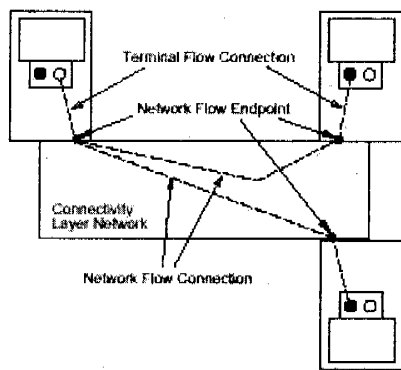


圖 27 TINA Network的組成

### 2.3.6. ATM Forum M4 管理資訊物件

ATM Forum 管理介面參考架構如圖 28 所示。此架構界定了五個不

同的管理介面，分別為 M1 到 M5。M4 介面被 ATM Forum 定義於管理 Public ATM network，此介面可用於管理個別的 ATM 設備也可用於管理設備之集合(子網路)。

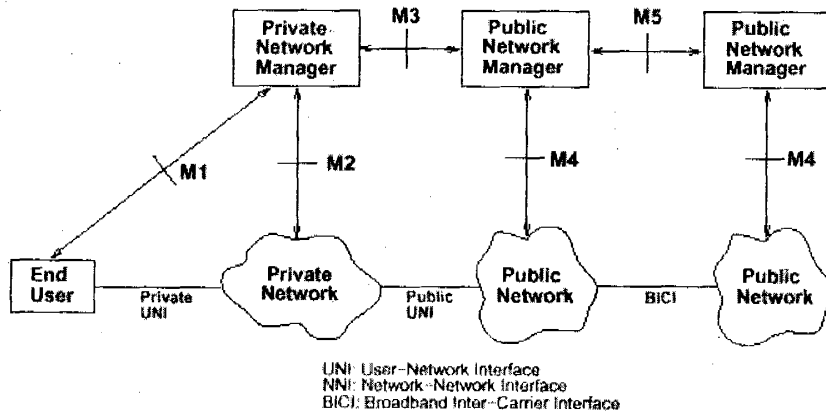


圖 28 ATM Forum 管理介面參考架構圖

M4 Network View 介面需求及 Logical MIB，其目的為提供一套網路觀點(Network-View)的管理實體以用於管理 ATM 網路的 VC 及 VP 層次。網路觀點為一 ATM 資源的集合，可以提供更具彈性的網路管理。

M4 Network View 提出幾個 ATM 網管的 functional area：

- Transport Network 之組構調度(Configuration provisioning，包括子網路調度、link 調度)。
- Transport Network 連線管理(Connection management，包括 subnetwork connection 之建立/預留/修改，link connection 之建立/預留/修改，trail 之建立/預留/修改)。
- 網路故障管理(Network Fault Management，包括 correlation、

localization、notification)。

- 網路效能管理(Network Performance Management，包括 congestion monitoring、connection monitoring)。
- 網路帳務管理。
- 網路安全管理。

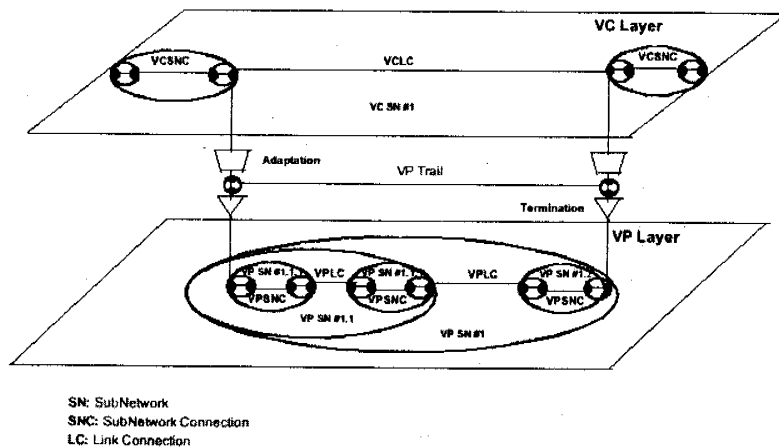


圖 29 ATM 網路功能架構示意圖

M4 Network View 仍依循 ITU-T G.805 之傳送網路功能性架構將 ATM 傳送網路分為 Topological components、Transport entities 及 Adaptation and termination functions，說明如下：

Topological components – 描述網路本身。如 VP 及 VC layer 層網路、subnetwork、subnetwork 間之 link、port。Subnetwork 可以被遞迴分割為多個 subnetwork 及 link 之集合。

Transport entities – 描述被用來支援網路服務之功能。如 trail, subnetwork connections 及 link connections。

Adaptation and termination functions – 確保不同層網路間之 interworking。

透過 M4 Network View 架構，如圖 29所示，可以將 ATM 網路分為獨立的 VC layer 及 VP layer。相鄰的層網路間為 Client/Server 之關係。M4 Network View 架構可以分別對不同層網路作描述，每一層網路也可以有獨立的管理，對某一層網路的修改也不會影響其他層。

M4 Network View 架構依循 G.805 的傳送網路功能架構，而針對 ATM 網路特有的 layer structure、partitioning 及 client/server 關係則說明如下：

### Layer Structure

ATM 網路可以分為兩個 layer，分別為 VC Layer(Virtual Channel Layer)及 VP Layer(Virtual Path Layer)，其中 VP Layer 為 server 層，VC Layer 為 client 層。

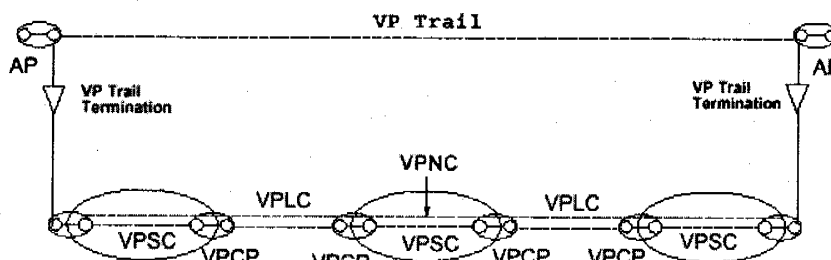


圖 30 ATM VP Layer Network

Virtual Path Layer Network 如圖 30所示，VP Layer Network 允許 ATM cell 藉由 Access Point 間的 VP Trail 來傳送。Access Point 可以位於 user domain 及(或)network operator domain。VP Layer Network 包含以下 transport functions 及 transport entities：

- VP trail termination - generate/terminate end-to-end OAM cells
- VP network connection (VPNC)
- VP link connection (VPLC)
- VP subnetwork connection (VPSC)
- VP connection point (VPCP) – bind link and subnetwork connection
- Access point (AP) - bind trail termination and adaptation functions

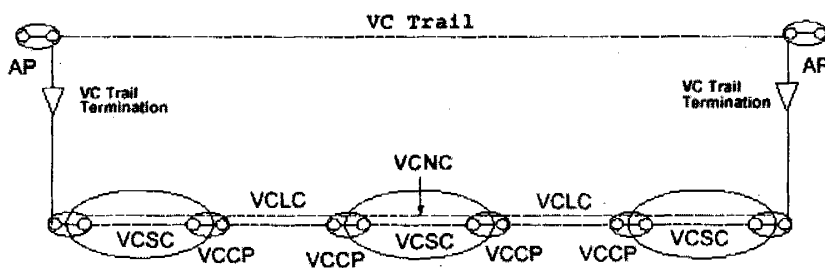


圖 31 ATM VC Layer Network

Virtual Channel Layer Network如圖 31所示，VC Layer Network 允許ATM cell藉由Access Point間的VC Trail來傳送。Access Point 可以位於user domain及(或)network operator domain。VC Layer Network

包含以下transport functions及transport entities :

- VC trail termination - generate/terminate end-to-end OAM cells
- VC network connection (VCNC)
- VC link connection (VCLC)
- VC subnetwork connection (VCSC)
- VC connection point (VCCP) - bind link and subnetwork connection
- Access point (AP) - bind trail termination and adaptation functions

### **ATM Layer Network Adaptation**

ATM 層網路整體的概念可以用圖 32來表示。VP Link Connection 由 Transmission Path(T-path) Layer Network 的 Trail 來提供服務。T-path Layer Network 可以是 SONET/SDH-based、PDH-based 或 cell-based。VC link connection 則由 VP layer network 的 Trail 來提供服務。

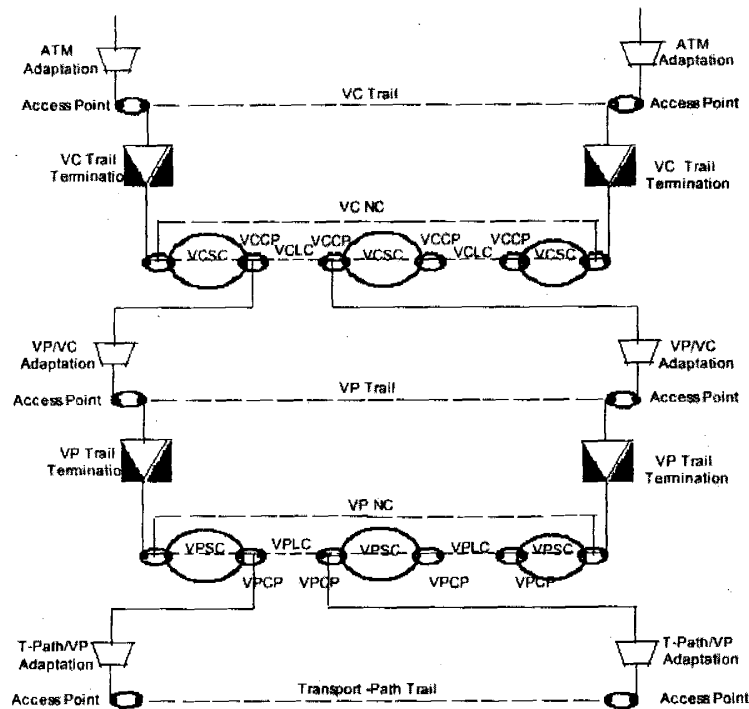


圖 32 ATM之層網路範例

由圖 32可以看到，不同層網路間有 Adaption Function。如 VP Layer Network 與 T-path Layer Network 間為 VP/T-path adaptation，在左方的為 source VP/T-path adaptation，其輸入端為 VP 層的 connection point、輸出端為 T-path 層的 access point，其功能為：



- VPI 的配置。
- cell 多工。包含 selective cell discards and GFC setting 或 unassigned cell insertion。
- idle cell insertion。
- cell scrambling。
- HEC generation
- cell stream mapping into the T-path payload。

在右方的為 sink VP/T-path adaptation，其輸入端為 T-path 層的 access point，輸出端為 VP 層的 connection point，負責功能為：

- cell stream extraction from the T-path payload。
- cell delineation。
- cell descrambling。
- HEC processing。
- idle cell removal。
- cell demultiplexing according to the VPI value including unmatched VPI cell discards and selective cell discard。

同樣地 VC 層與 VP 層之間亦有 VC/VP Adaption 並具有相關的調變功能。Source VC/VP adation:

- VCI allocation。
- cell multiplexing, including cell discard and meta signaling insertion。
- Sink VC/VP adaptation :
- cell demultiplexing according to the VCI value
- meta-signaling extraction and unmatched VCI cell discard.

資訊物件

M4 Network View 針對VC Layer及VP Layer訂定以下資訊物件：

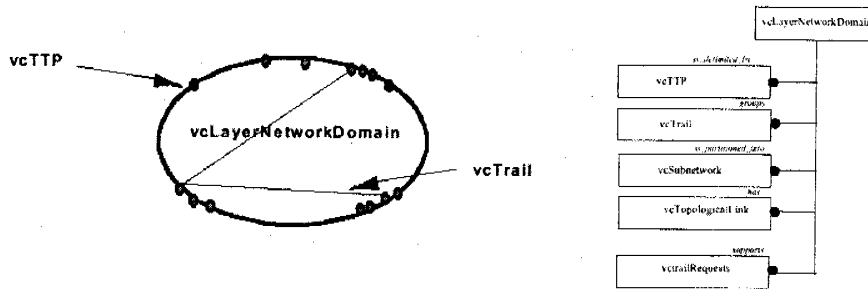
VC Layer	VP Layer
vcLayerNetworkDomain	vpLayerNetworkDomain
vcLinkConnection	vpLinkConnection
vcSubnetwork	vpSubnetwork
vcSubnetworkConnection	vpSubnetworkConnection
vcSubnetworkTP	vpSubnetworkTP
vcTopologicalLink	vpTopologicalLink
vcTopologicalLinkTP	vpTopologicalLinkTP
vcTrail	vpTrail
vcCTP	vpCTP
vcTTP	vpTTP

由表中可以看到 M4 Network View 對 VC Layer 及 VP Layer 訂定兩套資訊物件，兩者僅有名稱不同，以下針對 VC Layer 的資訊物件作簡單說明。

### **vcLayerNetworkDomain**

為因應獨立性階層管理之需求而訂定 layer network domain。一個 ATM Layer 主要是產生並傳送特徵資訊(如 ATM cells)，layer network domain 則是用來代表 ATM Layer 所被管理系統管轄的部分。一個

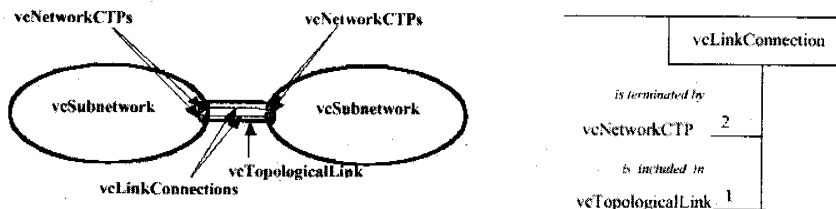
LayerNetworkDomain 只包含一個 subnetwork，該 subnetwork 可以被進一步分割為更多更小 subnetwork 之組成。



vcLayerNetworkDomain 與其他資訊物件之關係如上圖所示。一個 layerNetworkDomain 由 0 個以上的 TTP delimit，一個 layerNetworkDomain 群組 0 個以上的 trail，一個 layerNetworkDomain 可以分割為 0 個以上的 subnetwork 所組成。

### vcLinkConnection

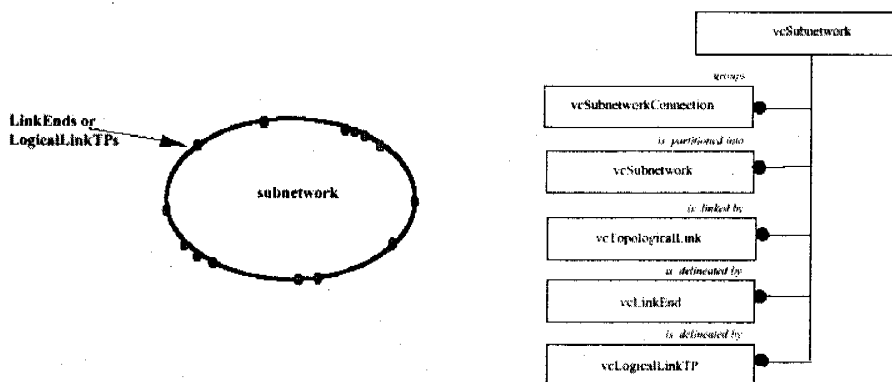
此資訊物件與 I.326 之 VC LinkConnection 相同，都由 G.805 之 link connection 衍生而來，是指橫跨 link 在兩 port 之間傳送資訊之傳送體。linkConnection 資訊物件是由網路管理功能所產生，但不能產生於一個 subnetwork 與其分割後更小 subnetwork 之間。linkConnections 只支援 point-to-point 模式。



vcLinkConnection 與其他資訊物件之關係如上圖所示。每個 vcLinkConnection 有兩個 vcNetworkCTP，每個 vcNetworkCTP 皆位於 vcLinkConnection 所連接之 subnetwork 上。一群有相同端點之 LinkConnection 被包含於一個 TopologicalLink 中。

### vcSubnetwork

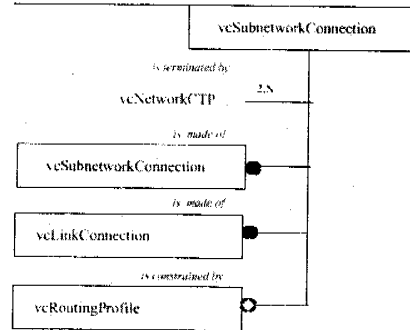
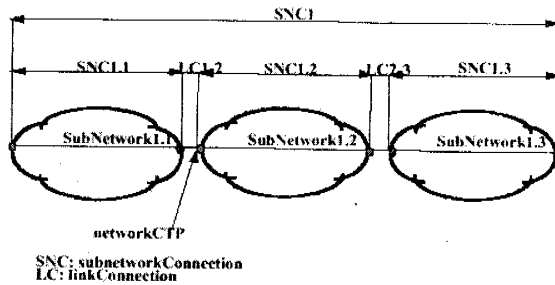
subnetwork 為一運送特徵資訊之 topological component，如 ATM subnetwork 運送 ATM cell。subnetwork 被用來建立 subnetworkConnection，subnetwork 之邊界為 linkEnd 或 LogicalLinkTP。



subnetwork 與其他資訊物件之關係如上圖。一個 subnetwork 可以包含一個或多個 subnetworkConnection，可以被分割成一個或多個 subnetwork，一個 subnetwork 與其分割後更小的 subnetwork 間以 TopologicalLink 連接。

### vcSubnetworkConnection

此與 G.805 之 subnetworkConnection(SNC)相同，代表橫跨

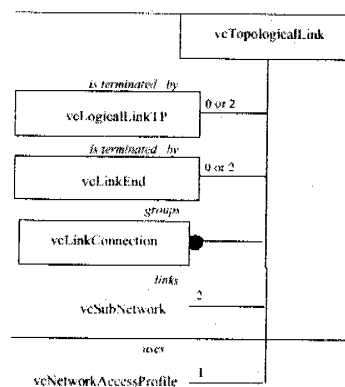
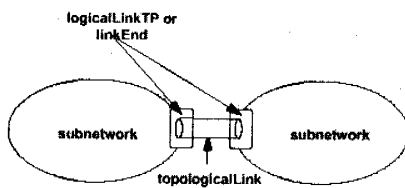


subnetwork 傳送資訊之傳送體，由兩端位於 subnetwork 邊界之 port 組成。在一個 composite subnetwork 中的 subnetworkConnection 可以分為一連串的 subnetworkConnection 及 linkConnection 所組成，如下圖 SNC1 為 SNC1.1、LC1-2、SNC1.2、LC2-3 及 SNC1.3 所組成。此物件由網管系統產生。

vcSubnetworkConnection 與其他資訊物件之關係如上圖所示。

### vcTopologicalLink

topologicalLink 是兩 subnetwork 之間的 link。一個單一的



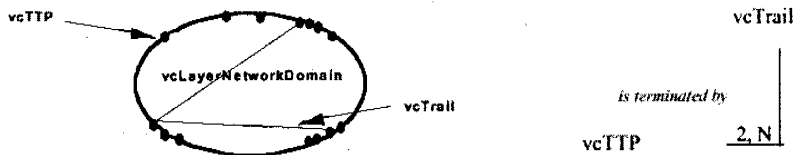
(unary)link 表示其 server layer 之 trail，topologicalLink 可以代表

composite link(由多個 unary link 組成)也可以代表 partitioned link(由 unary link 的部分組成)，兩個 subnetwork 之間可以有 multiple topologicalLink。

topologicalLink 與其他資訊物件之關係如上圖所示。topologicalLink 終端點為 logicalLinkTP 或 linkEnd。一個 topologicalLink 會和兩個且只有兩個 subnetwork 有關係，表示該 topologicalLink 連接該兩個 subnetwork。若 topologicalLink 代表 partitioned link 或 composite link 則會有兩個 logicalLinkTP 為端點，每一個 logicalLinkTP 位於此 topologicalLink 所連接的 subnetwork 上。若 topologicalLink 代表一個 unary link 則會有兩個 linkEnd 為端點，分別位於此 topologicalLink 所連接的兩個 subnetwork 上。

### vcTrail

此物件表示 I.326 之 VC Trail，其方向為雙向。vcTrail 之終端點為 vcTTP。此物件由網管系統產生。



### 2.3.7. SONET Interoperability Forum 管理資訊物件

SIF Network Management Information Model Working Group 提出一套適用於 TMN NM 及 EM Layer 之間的 CMISE GDMO Information

Model，在這過程中，SIF Information Model 也力求與其他標準組織如 ITU、ETSI、NMF 及 ATMF 所訂定的規格一致，以訂定出適用於 SONET 管理之資訊模型規格。在[5]中，SIF 定出了 NMS/EMS 的 network view 以支援 SONET 之網管。該份文件中提出幾項 SONET 網路之 functional area：

- 傳送網路連線管理(connection management, 包括 subnetwork connection、link connection 及 trail 之建立及修改)。
- 傳送網路組構調度(configuration provisioning, 包括 subnetwork provisioning 及 link provisioning)。
- 網路故障管理(fault management, 包括設備及連線之 correlation、localization、notification)。

SIF 提出之網路層次觀點之資訊模型簡介如下：

### **sonetAccessGroup**

layer network domain 中同一位置的 network trail termination point 所成之集合。

### **sonetLayerNetworkDomain**

與 G.853.1 中的 LayerNetworkDomain 相同。

### **sonetLink**

提供介於不同 subnetwork 間傳送能力之 topological component，端點為 sonetNetworkCTP 集合或 NE view CTP 之集合，這些集合在不

同分割階層以不同的 sonetSNTPPool 來代表，因此每一個 sonetLink 物件其 aEndList 及 zEndList 屬性皆以指標指向許多 sonetSNTPPool 資訊物件。兩個 subnetwork 間可以有許多不同的 link。一個 link 亦代表一組 link connection。

### **sonetLinkConnection**

代表一可於 link 內於兩個 sonetNetworkCTP 間或兩個 NE View CTP 之間傳送固定容量特徵資訊之傳送體。

### **sonetNetworkCTP**

代表一 link connection 的端點[G.855-01]。

### **sonetNetworkTTP**

代表一 sonetTrail 的端點[G.855-01]。sonetNetworkTTP 包含了 trail termination 之功能以確保端對端資訊傳輸之完整性。

### **sonetSNTP**

此物件僅被繼承用，為一虛擬的抽象物件，代表一 sonetSubnetwork 與一 CTP 或一 TTP 之間之連結。此處的 CTP 與 TTP 可以是 network 或 NE view。此物件之存在也隱含有一橫跨 sonetSubnetwork 之 connection 存在。

### **sonetSNTPPool**

代表一組位於 sonetSubnetwork 邊界之 sonetSNTP 集合(可能為空集合)。sonetSNTPPool 也可以是 sonetLink 之終端，此物件中的



linkPointer 屬性會指向所終端之 sonetLink。sNTPList 屬性會指向此物件集合所代表的所有 sonetSNTP。

### **sonetSubnetwork**

此物件代表一用來有效傳送特徵資訊之 topological component。每個 sonetSubnetwork 都會關聯到一個 layer network。在同樣一個 layer 中，sonetSubnetwork 可以被分割為許多 sonetSubnetwork 及 link 組成。

### **sonetSubnetworkConnection**

代表一橫跨 sonetSubnetwork 傳送資訊之傳送體，由 subnetwork termination point 為終端(由 aEndSNTP 及 zEndSNTP 兩屬性儲存)。sonetSubnetworkConnection 可以進一步分割為 sonetSubnetworkConnection 與 sonetLinkConnection 所組成，並由 componentLinkConnectionList 與 componentSubnetworkConnectionList 兩屬性儲存。

### **sonetTrail**

代表於 sonetNetworkTTP 或 NE view TTP 間傳送資訊之物件，並由 aEndTTP 及 zEndTTP 兩屬性指向這些終端點。trail 由 subnetwork connection 及 network connection 來支援，並加上 trail termination 功能以確保端至端傳送資訊之完整性。trail 可以建立以直接提供端對端之網路服務，亦可提供 client layer 所須之 link connection。

### **sonetTransportEntity**

此物件為被繼承用之抽象類別，為在 layer network 內某一 input 與

一 output 間傳送資訊之傳送體。包括 subnetwork connection、link connection 及 trail 都屬於此類別。

### **2.3.8. WDM 管理資訊物件**

MONET WDM 網管系統計劃中，資訊模型即為最重要的部分之一，管理資訊庫(management information base, MIB)即代表被管理網路上的資源以及這些資源之間的關係，MIB 可以有效地記載並獲得被管理網路的狀態，並且可將這些資訊分享給其他的網管應用程式。MONET 參考了 ITU-T SG-4、TINA-C 及 ATM Forum M4 之 network level 的資訊模型加以實作，在這個資訊模型之下可以提供彈性的、可擴充的且整合的網管系統。以下針對 MONET WDM 資訊物件簡介：

#### **Layer Network**

MONET 定義了一個 WDM layer network 類別用以表示一個載送特別的特徵資訊的傳送網路。

#### **Subnetwork**

一個 subnetwork 可以被遞迴地分為許多 subnetwork 及 link 所組成。最小的 subnetwork 為單一的網路元件(network element)。

#### **Link**

link 代表兩個 subnetwork 間之連接。MONET 所定義的 link 代表網路元件間的光纜。

### **Link Termination Point (LinkTP)**

LinkTP 表示 link 的一個終端點(termination point)。

### **Link Connection (LC)**

link connection 代表在兩個 subnetwork 間透過 link 傳送特徵資訊的資源。MONET 中 link connection 代表 link 中的一個光波長通道 (wavelength channel)。

### **Connection Termination Point (CTP)**

CTP 代表一個 subnetwork connection 或 link connection 之一個端點。

### **Subnetwork Connection (SNC)**

subnetwork connection 為 subnetwork 邊界上的兩個 CTP 之間傳送特徵資訊的資源。由於最小的 subnetwork 為網路元件本身，最小的 SNC 即代表 switching fabric 中的 cross-connection。

### **Trail Termination Point (TTP)**

TTP 為界定 layer network 之資訊物件。為提供 client layer network 之介接點(access points)。

### **Trail**

在兩個或多個 TTP 之間負責端對端傳送客戶資訊的資源。trail 支援客戶層之連線。

以上的資訊物件彼此之間存在某些被定義之關係。圖 33以 ER Diagram 說明這些資訊物件之間的關係。

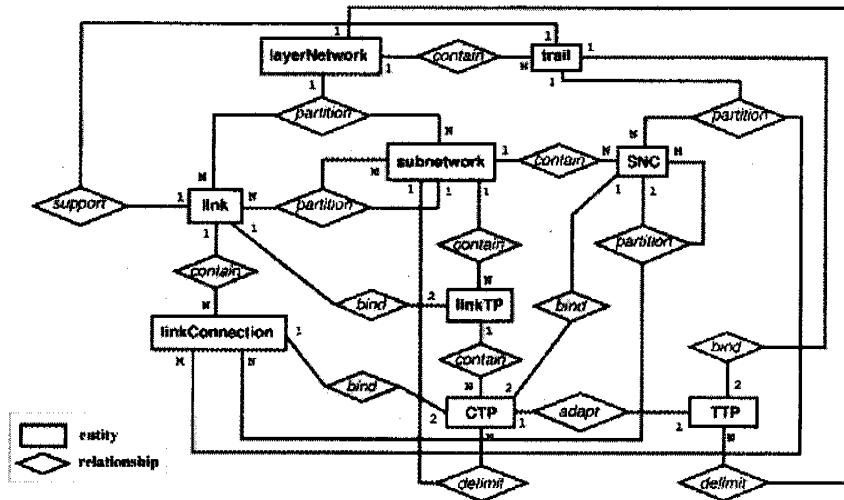


圖 33 資訊模型之Entity-Relationship示意圖

MONET 所使用之關係資訊物件簡介如下：

### Partition

一個 layer network 可以被分割成一組 link 與 subnetwork 所組成的集合。每一個 subnetwork 可以遞迴地被分割成許多 subnetwork 及 link 所組成。subnetwork connection 可以被分割成許多 subnetwork connection 及 link connection 所組成。

### Contain

一個 layer network 包含許多 trail。一個 link 包含許多光纖內利用不同波長傳送之 link connection。每個 linkTP 包含許多 CTP，其個數取決於光纖所支援之波長個數。subnetwork 可以包含許多 subnetwork

connection。

### **Bind**

一個 link 被繫結到兩個 linkTP、一個 LC 被繫結到兩個 CTP、一個 SNC 被繫結到兩個 CTP、一個 trail 被繫結到兩個 TTP。

### **Support**

server layer network 的 trail 支援 client layer network 之 link connection。

### **Adapt**

描述 client layer network 中的 CTP 由 server layer network 中的 TTP 所支援之關係。

### **Delimit**

layer network 被 TTP 集合界定，此關係可以被 layer network 的連線管理程序設定或解除。同樣地 subnetwork 被一組 CTP 集合所界定。

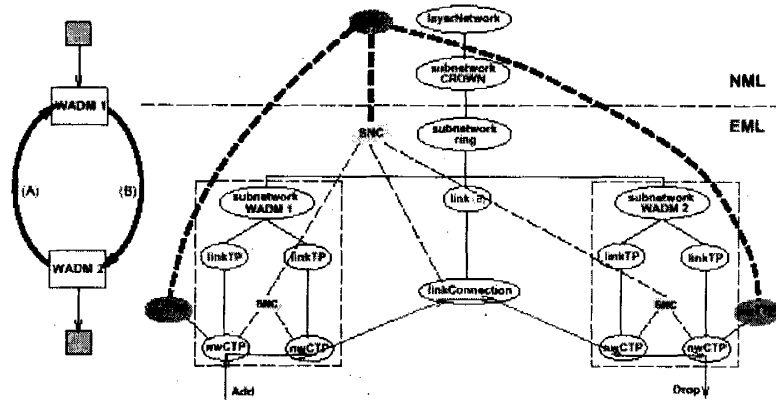


圖 34 一個簡單的WDM網路

圖 34為一個簡單的 WDM 網路範例，圖中包含兩個 WADM 設備，兩設備間各有一條單向的連線相連。這樣的網路在管理系統中將產生如圖 34右方的資訊物件案例(instance)。如 EML 中 WADM1 本身就是一個 subnetwork，WADM2 為另一個 subnetwork，兩個 subnetwork 間由 link 相連，link 內包含了 link connection，subnetwork 內則包含 linkTP，linkTP 內包含 network CTP(依設備所提供光波數而有不同數目，此處僅畫出一個)，這樣一個簡單的網路就構成了 EML 中的一個 subnetwork “ring”。

而 EML 的連線部分，以由 WADM1 add 到 WADM2 drop 的(B)路徑為例，WADM1 中存在一條由 client interface 端(low speed)add 並 cross connect 至 transport interface 端(high speed)之 SNC，當該 SNC 被建立後會有兩個指標分別指向兩個 nwCTP 端點，同樣 WADM2 內亦有一 SNC，這兩個 SNC 以 link connection 相連，組成更長的一段 SNC。

而在 NML 的連線部分，若將整個網路視為一個 layer network，該 layer network 只管理一個 subnetwork(稱為 CROWN subnetwork)，CROWN subnetwork 中可能包含由更多 EML 網管系統所管理的 subnetwork(此處僅有一個)，由 client layer 透過圖中灰色方框(nwTTP)將特徵資訊加上額外的資訊(header)以確保資訊傳送的完整性，進入網路後由“ring” subnetwork 之 SNC 載送資訊，到 WADM2 後再由 newTTP 將 header 移除，此一連線即此 layer network 提供給 client layer network 服務之 trail。

### 2.3.9. 以 CORBA 實作多重傳送技術資訊模型

ATM/SONET/WDM 多技術整合之網路架構可以如圖 35所示，圖中 ATM、SONET 及 WDM 間為 client layer network 與 server layer network 之關係。以 ATM over SONET 為例，如圖 36所示，ATM 的 OC-12 link 由 SONET STS-12c trail 所支援。同樣地，如圖 37 SONET OC-48 link 由 WDM trail 所支援。

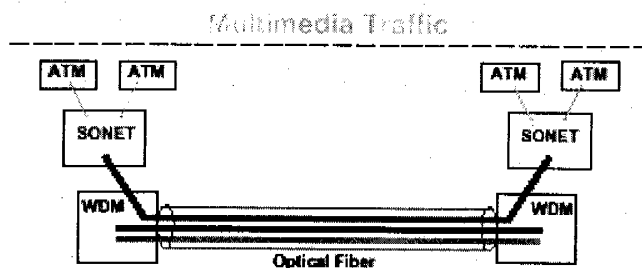
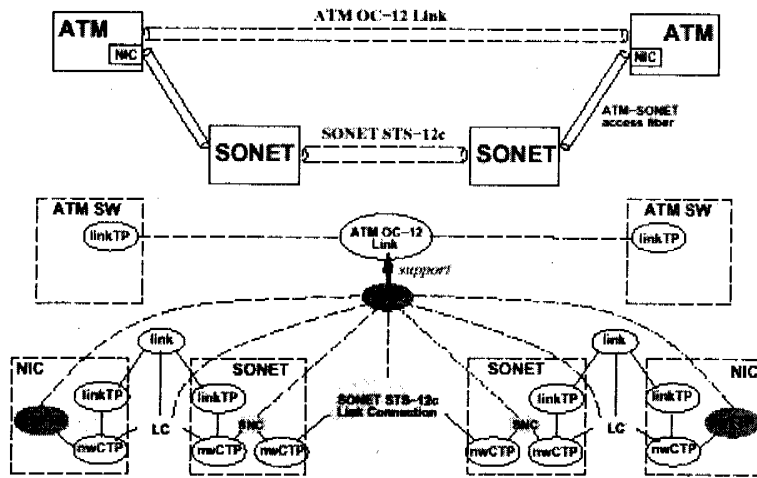
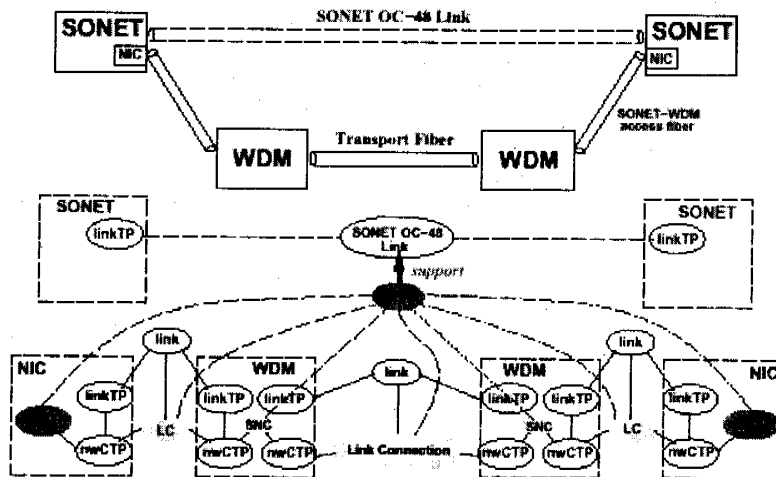


圖 35 ATM/SONET/WDM技術整合網路架構圖



An ATM OC-12 link is supported by a SONET STS-12c trail

圖 36 ATM over SONET模型



A SONET OC-48 link is supported by a WDM trail

圖 37 SONET over WDM模型



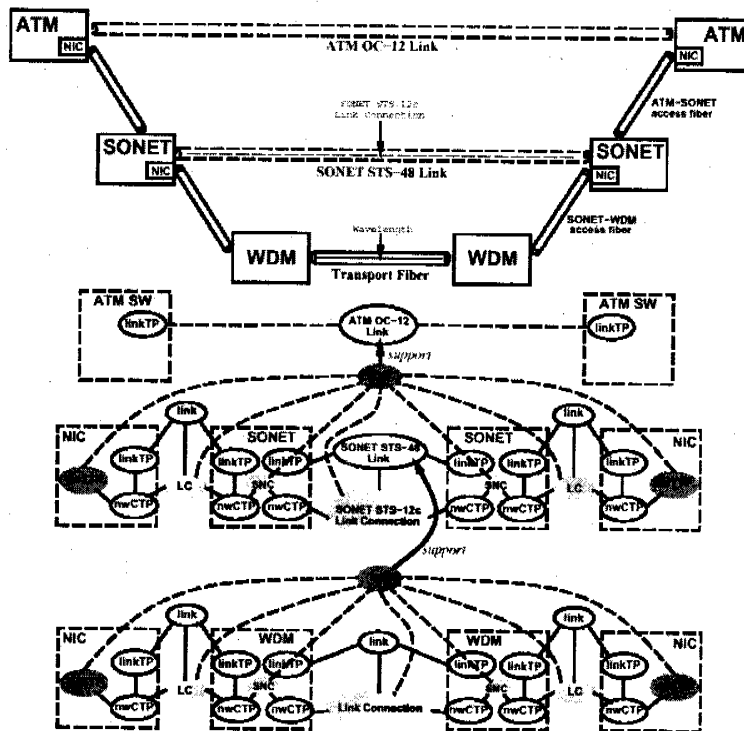


圖 38 ATM/SONET/WDM整合模型

ATM/SONET/WDM 整合模型如圖 38所示。

在 MONET 計劃中所有的資訊物件都以 CORBA 物件來實作，以圖 39為例，一個 composite subnetwork 可分割成 component subnetwork1 與 component subnetwork2 並以 link 相連，此為圖中 ER 模型的一個實例，此實例可用圖 39右下之實例關係圖來說明。此實例若以 CORBA 來實作，其觀念如圖 40所示，圖中每個橢圓部分皆為一個 CORBA 物件。

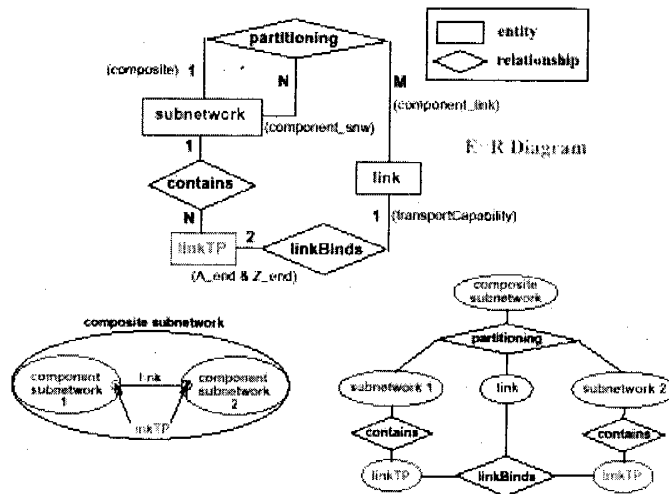


圖 39 以ER資料模型表示資訊模型

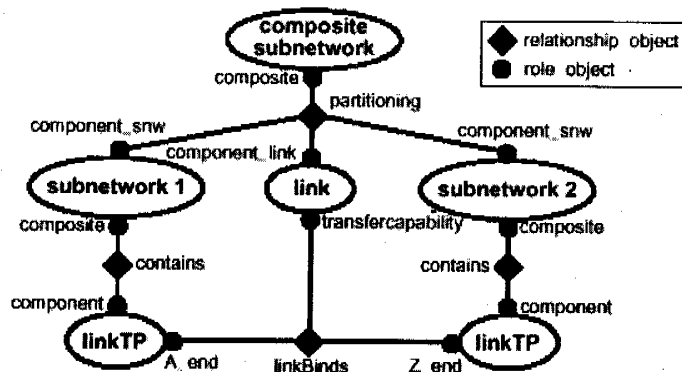


圖 40 以CORBA實作之範例

然而當網管系統所管轄的網路規模達到一定程度，所有的資訊物件皆以 CORBA 物件來實作將會影響系統效能，因為此時網路中如 CTP 等資訊物件之數目將因網路規模加大而急遽增加。MONET 計劃特別針對此點加以分析，以評估系統的 scalability。

MONET 以一個簡單的模型及假設來粗估資訊物件的數目，假設網

路含有  $N$  個網路元件、 $L$  個 link、每個 link 有  $W$  個光波長容量，每個 NE 含有  $R$  個 add port 及  $R$  個 drop port，網路可被分割成直徑為  $E$  個設備的 subnetwork，並且在整個網路中有  $T$  條 trail。一般狀況下，最尋常的物件為 CTP、link connection 及 subnetwork connection，則物件個數說明如下：

transport interface CTP 個數大約為  $2*L*W$ 。

client interface CTP 個數大約為  $2*k*R*N$  ( $k$  取決於設備種類，Lucent  $k = 2$ ，Tellium  $k = W/2$ )。

link connection 個數  $L*W$

假設每個 NML connection 由  $E$  個 EML subnetwork connection 支援，而每個 EML subnetwork connection 又由  $E$  段 NE level 的 subnetwork connection 支援，若 trail 由一段 NML connection 支援，則所有的 subnetwork connection 數目將有  $T*(1+E+E^2)$ ，若每個 trail 由兩段 NML connection 所支援，則 subnetwork connection 數目將為兩倍。

由以上假設若網路包含  $N=40$  個設備， $L=100$  段 link， $W=60$ ， $R=30$ ， $T=200$ ， $E=3$ 。以 Lucent 設備來說，則共有 16800 個 CTP ( $2*60*100+2*2*30*40$ )，6000 段 ( $60*100$ ) link connection，及 2600 ( $200*(1+3+3^2)$ ) 段 subnetwork connection。以 Tellium 設備來說，則將有 84000 ( $2*60*100+2*30*30*40$ ) 個 CTP。由以上可知 CTP 為 information base 大小之主要因素。

Telcordia 將每個資訊物件皆以 CORBA 物件來表示的方法稱為“fine-grain”，另一個方式是“coarse-grain”，以“coarse-grain”方式 manager 只建立一個或少數 CTP 來代表所有的 CTP，而以不同的參數來指定到真正實際的 CTP。此方法可以避免有過多的 CORBA 物件，可以提高系統的性能。

## 2.4. MONET NMS 組構管理

組構管理者必須有能力管理網路之拓模結構(Topology)：例如網路連結狀態(Connectivity)和網路資源(Resources)；此外，組構管理者尚需提供網路地圖(Network Map)之顯示。MONET 組構管理者的主要功能需求可歸結為下列三部份：

- 建構一個屬於網路層次的資訊模型。
- 能夠清楚地描述個別網路元件間的連結和組態。
- 支援其他如連線(Connection)、故障(Fault)、性能(Performance)等管理功能。

組構管理者所需之資訊基本上均由設備 NE 處取得，包括下列內容：

- NE 之實體組態，例如卡版、插槽等，以及硬體運作之狀態和告警訊息。
- NE 之邏輯資源，例如 Link、CTP 等。
- CTP 間之 Cross-Connection，包括保護或多點傳送等連接。

### 2.4.1. 組構管理資訊模型

利用資訊模型可定義物件之內涵及其關係，藉由網路元件(Network Element)、元件之拓模關係(Topological Relationship)、連線終端點(Connection End-Points)、以及傳送連線(Transport Connection)等物件

之描述，可將傳送網路予以抽象化，進而獨立於特定之傳輸或交換技術之外，以增進其擴充性與彈性。

從軟體系統開發的觀點而言，資訊模型其實就是軟體物件(Objects)和 ER 模型(Entity-Relationship Data Model)的組合，在 MONET 計劃中係以 CORBA 物件加以實作。

於實作管理層時針對各層分別設計不同的資訊模型，以提供不同的管理功能。例如元件層的資訊模型旨在提供網路元件的基本資料給元件管理層，使得網路元件本身具備被監控的能力；而元件管理層將收集特定範圍內之網路元件資訊，藉由資訊模型以提供給網路管理層；網路管理層則支援網路層次的管理功能，提供網路路徑、路徑性能監控、路徑故障等管理所需的資訊。

MONET MNS 選擇 CORBA 分散式平台以實作前述之資訊模型，利用 CORBA IDL 定義各物件之介面及其關聯；圖 41 為採用逆向工程方法將原始之 IDL 檔案轉變為標準之 UML 模型，更清楚地表達各物件間的交互關係。

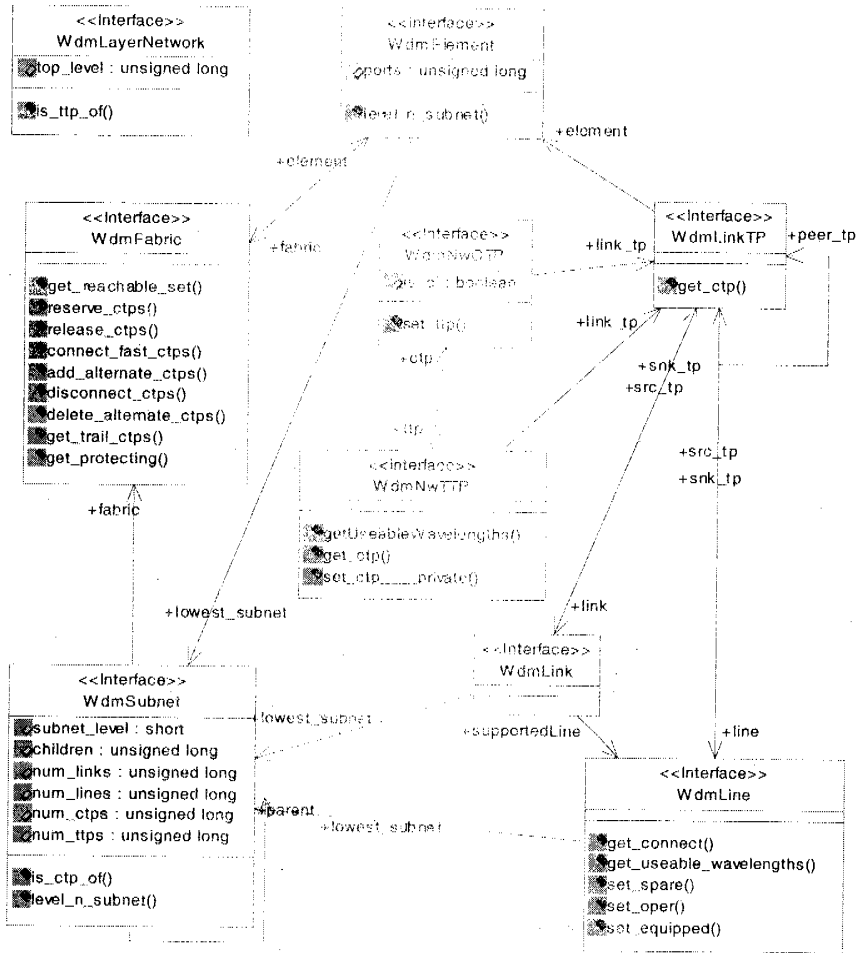


圖 41 MONET 組構管理之UML模型

重點摘要

類別	摘要
WdmLayerNetwork	● 代表WDM層網路
WdmElement	● 代表WDM設備 ● element_dn記錄設備名稱 ● element_type記錄設備型態 ● lowest_subnet記錄包含此設備之最小子網路

	<ul style="list-style-type: none"> <li>ports 記錄此設備所含port的數量</li> <li>tp_list 記錄此設備所屬的linkTP</li> </ul>
WdmLink	<ul style="list-style-type: none"> <li>代表WDM網路中的實體區段，可能是連接WADM與WAMP</li> <li>src_tp 記錄此link的source tp</li> <li>snk_tp 記錄此link的sink tp</li> <li>lambda_mask 記錄此link目前可用的光波</li> <li>supportedLine 記錄此link支援的WdmLine</li> </ul>
WdmLine	<ul style="list-style-type: none"> <li>代表WDM網路連接WADM與WADM的區段，經過WAMP</li> <li>src_tp 記錄此line的source tp</li> <li>snk_tp 記錄此line的sink tp</li> <li>supportedLinks 依序記錄支援此line的link</li> <li>supportingWAMPs 依序記錄支援此line的WAMP</li> <li>lambda_mask 記錄此line目前可用的光波</li> <li>connect_list 記錄經過此line的link connection</li> </ul>
WdmLinkTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>代表WdmLink的終端點</li> <li>element 記錄包含此tp的設備</li> <li>link 和 line 記錄此tp所連接的WdmLink和WdmLine</li> <li>peer_tp 記錄另一端的WdmLinkTP</li> <li>ctp_list 記錄隸屬於此tp的CTP</li> </ul>
WdmNwCTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>代表屬於特定光波的終端點</li> <li>ttp 記錄相關聯在一起的TTP</li> </ul>
WdmNwTTP	<ul style="list-style-type: none"> <li>代表端對端trail的終端點</li> <li>ctp 記錄支援此ttp的CTP</li> </ul>
WdmFabric	<ul style="list-style-type: none"> <li>代表設備中的Cross-Connection</li> <li>提供路徑調度功能</li> <li>connect_fast_ctps(ctp1, ctp2) : ctp1與ctp2間的連線</li> <li>add_alternate_ctps(...): 建立保護連線</li> <li>disconnect_ctps(...): 解除連線</li> <li>delete_alternate_ctps(...): 解除保護連線</li> </ul>
WdmSubnet	<ul style="list-style-type: none"> <li>代表子網路或設備的集合，其為遞迴的概念</li> <li>subnet_dn 記錄子網路的名稱</li> <li>subnet_type 記錄子網路的型態，可以是ring、mesh或NE</li> <li>subnet_level 記錄子網路的層級，0表示該子網路為NE</li> </ul>



	<ul style="list-style-type: none"> <li>● parent記錄包含此子網路的上層子網路</li> <li>● child_list記錄此子網路所轄的下層子網路</li> <li>● num_links和num_lines分別記錄此子網路內含link與line的數量</li> <li>● link_list和line_list分別記錄此子網路所有的link與line</li> <li>● num_ctps和num_ttps分別記錄此子網路內含ctp與ttp的數量</li> <li>● ctp_list和ttp_list分別記錄此子網路所有的ctp與ttp</li> <li>● 若此子網路實為NE，則fabric記錄該設備之WdmFabric</li> </ul>
--	--

#### 2.4.2. 網路拓樸結構組態檔

WDM 資訊模型中大部分的物件係由網路設備直接取得，但設備間的區段(即 Link)卻需從其他管道得知。MONET NMS 於啟動之初會讀取一個特定的檔案，該檔案內容可描述某子網路內部區段的連接情形，範例 1 之片段即為描述北區子網路的語法：

```

# $Header: /home/ngs/aug16/ngs_data/RCS/eml_1.data,v 1.11 1999/04/30 12:28:56
ngs Exp $

EML /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN/subnet=MESH_1 WDM_MESH_1

# northern subnetwork
LINK /net=MONET/layer=WDM/link=TPN1-1A_TPE1-55
/net=MONET/ne=TPN1_WADM/linkTP=1-10-0
/net=MONET/ne=TPE1_WADM/linkTP=5-5-0

LINK /net=MONET/layer=WDM/link=TPE1-1A_TPN1-15
/net=MONET/ne=TPE1_WADM/linkTP=1-10-0
/net=MONET/ne=TPN1_WADM/linkTP=1-5-0

LINK /net=MONET/layer=WDM/link=TPE1-5A_TPS1-55
/net=MONET/ne=TPE1_WADM/linkTP=5-10-0
/net=MONET/ne=TPS1_WADM/linkTP=5-5-0

LINK /net=MONET/layer=WDM/link=TPS1-5A_TPE1-15
/net=MONET/ne=TPS1_WADM/linkTP=5-10-0
/net=MONET/ne=TPE1_WADM/linkTP=1-5-0

LINK /net=MONET/layer=WDM/link=TPS1-1A_TPN1-55
/net=MONET/ne=TPS1_WADM/linkTP=1-10-0
/net=MONET/ne=TPN1_WADM/linkTP=5-5-0

```

```
LINK /net=MONET/layer=WDM/link=TPN1-5A_TPS1-15
/net=MONET/ne=TPN1_WADM/linkTP=5-10-0
/net=MONET/ne=TPS1_WADM/linkTP=1-5-0
```

範例 1 EML 子網路描述

範例中定義了 6 段 Link，連接 TPN1、TPE1、TPS1 等三個機房，由於 WDM Link 係單向傳輸，放在地圖上僅看到 3 段雙向的 Link；每段 Link 需指定其名稱以及左右終端(即資訊模型中的 linkTP 物件)，此處所定義的物件名稱必須與設備實際的連接方式互相一致。

為驗證 MONET NMS 系統的彈性與擴充性，本組同仁特別以台灣北中、南、長等分公司的架構，試圖建立屬於自己的 WDM 拓樸結構。背景以台灣島地圖覆蓋，地圖上方建置四個環狀子網路，分屬四個 EML 管轄，上方再置放一個 NML 系統以連接諸子網路，進而提供網路層之管理功能。

MONET NMS EML 係由 PCG -e 指令啟動，針對每個子網路，均須啟動獨立的 EML 行程加以管理；其優點在於擁有極佳的擴充性，並可利用分散式作業使系統達到較好的運作效能。

指令 PCG -e 將執行一系列的 Script 命令：

```
if (" $1 " == " -g " ) then
  echo "Launch MONET GUI PCG: @ $THISHOST"
  set SPEC=gui
  set PROG=./monet
else if ( " $1 " == " -e " ) then
  echo "Launch MONET EML PCG: @ $THISHOST"
  set SPEC=eml
  set PROG=./monet
else if ( " $1 " == " -n " ) then
  echo "Launch MONET NML PCG: @ $THISHOST"
  set SPEC=nml
  set PROG=./monet
...
else
```

```

echo "usage: pcg <-d|-g|-e|-n>"

set IN=$ATDNET/bin/scripts/$SPEC-defaults
set OUT=~/.SERVER_PREFIX.$SPEC-defaults
echo " IN: $IN"
echo " OUT: $OUT"
if ( -e $OUT ) then
    echo "Will use pre-existing preferences file:"
    ls -l $OUT | cut -c1-20,41-
else if ( -e $IN ) then
    ...
else
    echo Cannot launch $SPEC.$THISHOST PCG due to missing preference files:
    echo " IN: $IN"
    echo " OUT: $OUT"
    exit 1
endif
...
$PROG $SERVER_PREFIX.$SPEC >>& $OLOG_FILE &

```

範例 2 PCG Script 片段

範例 2 中當 PCG 的參數為 `-e` 時，將設定環境變數 `$SPEC` 的值為 `eml`，於是以 `$.SERVER_PREFIX.$SPEC-defaults` (該檔案名稱即為 `.demo_eml-defaults`，位於 `$HOME` 目錄下的隱藏檔) 做為系統執行組態 (Preference)，

範例 3 為檔案 `~/.demo_eml-defaults` 的片段：

```

...
*nameHost:      yktquest1
*servPrefix:    demo_
*subnetMarker:  /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN/subnet=MESH_1
*monServPrefix: demo_
*rootdir:      ..
...
*config_options: -e
*conn_options:  EML MESH
*etmgr_options: -s1 -k
...

```

範例 3 ~.demo\_eml-defaults 片段

其中的變數 `subnetMarker` 決定目前欲啟動的子網路名稱，不同的子網路必須予以不同的命名，例如以 `MESH_1`、`MESH_2`、`MESH_3`

或 MESH\_4 分別代表北中南長等四個子網路。

PCG 程式會根據子網路名稱的設定，於 \$SERVER\_PREFIX (預設值為 demo\_)data 目錄下讀取 runScript 檔案(參考範例 4)，而決定屬於該子網路管轄的設備以及該設備所屬之 Agent 的啟動方式和相關設定；此外，PCG 再從特定檔案(本例中該檔案名稱為 MESH1.data)內容決定各設備間區段(Link)的连接組態，檔案內容如範例 1 所示。

```
# $Header: /home/ngs/aug03/data.1/RCS/runScript.data,v 1.2 1999/04/30 12:05:46 n
gs Exp $

# runScript data for Program Control GUI (PCG)

# Format:
# subnet_name PCG_label binary_name command_line_options |
environment_variables

# subnet_name: must match the final component of the SUBNET_MARKER
# env variable set in the PCG Preferences (the part after the './subnet=')
# PCG_label: a short unique tag that will be displayed on the PCG Program list
# and will be appended to the binary_name specifier (see next item).
# binary_name: exact name of an executable binary or script. Alternatively, a
# link to an executable file. The env var BIN_FILES will be used as the PATH.
# command_line_options: (not required) Any number of tokens for command line.
# The number of characters on the line before '|' must be less than 80.
# environment_variables: any number of NAME=VALUE environment variables.
These
# values override the PCG Preferences with the same variable name.

MESH_1 TPN1 agt -v5 -n TPN1_WADM |AGT_NE_CTRL_ADDR=128.96.80.205
AGT_NE_CTRL_PORT=7000 AGT_NE_TYPE=WADM
AGT_NE_CTRL_MACHINE_TYPE=TELLIUM_NETWORK_ELEMENT
AGT_NE_CTRL_SESSION_GROUP_ID=2 AGT_SERVER=agt_TPN1

MESH_1 TPE1 agt -v5 -n TPE1_WADM |AGT_NE_CTRL_ADDR=128.96.80.205
AGT_NE_CTRL_PORT=7002 AGT_NE_TYPE=WAMP
AGT_NE_CTRL_MACHINE_TYPE=TELLIUM_NETWORK_ELEMENT
AGT_NE_CTRL_SESSION_GROUP_ID=2 AGT_SERVER=agt_TPE1

MESH_1 TPS1 agt -v5 -n TPS1_WADM |AGT_NE_CTRL_ADDR=128.96.80.205
AGT_NE_CTRL_PORT=7004 AGT_NE_TYPE=WADM
AGT_NE_CTRL_MACHINE_TYPE=TELLIUM_NETWORK_ELEMENT
AGT_NE_CTRL_SESSION_GROUP_ID=2 AGT_SERVER=agt_TPS1

MESH_2 TCKH agt -v5 -n TCKH_WADM |AGT_NE_CTRL_ADDR=128.96.80.205
AGT_NE_CTRL_PORT=7008 AGT_NE_TYPE=WADM
AGT_NE_CTRL_MACHINE_TYPE=TELLIUM_NETWORK_ELEMENT
AGT_NE_CTRL_SESSION_GROUP_ID=2 AGT_SERVER=agt_TCKH
```

#### 範例 4 runScript 說明及片段

實作上若要執行多個 EML，方法之一為修改 PCG Script，增加其他的選項(例如 -e1, -e2,...)以執行不同的子網路，並以不同的 \$SPEC 設定促使 PCG 讀取不同的組態檔，檔案中再佐以相異的子網路名稱；另一種方法為每次均執行 PCG -e 指令，但命令執行前需更改組態檔以設定不同的子網路名稱。明顯的，第一種方法較容易理解，但第二種方式可由畫面操作，無須直接修改 PCG Script 或組態檔，圖 42 與圖 43 分別顯示如何由 PCG 使用者介面來更改組態檔。

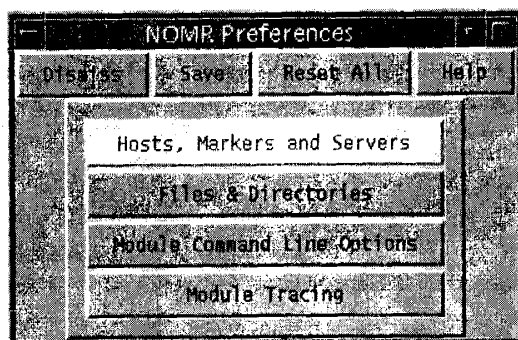


圖 42 MONET GUI Preferences Setting

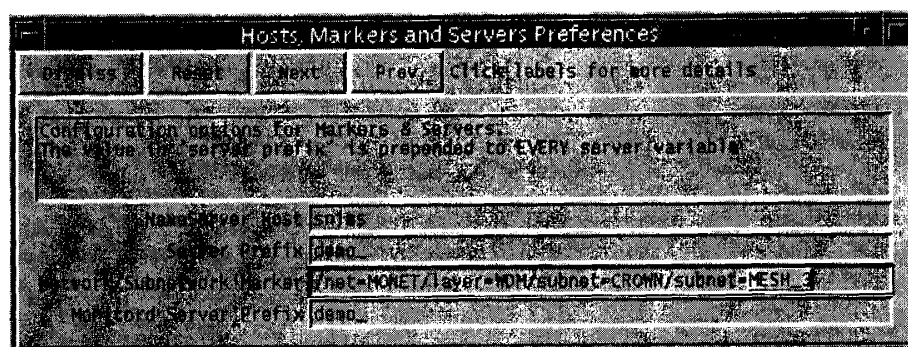


圖 43 MONET GUI Markers Setting

當各個子網路系統啟動完成後，接著可以 PCG -n 啟動 NML，如同前一節談論的原理，PCG 程式將讀取網路層組態檔以得知其下轄之所有子網路。

```
*nameHost:      yktguest1
*servPrefix:    demo_
*subnetMarker: /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN
*monServPrefix: demo_
*rootdir:      ..
```

範例 5 NML 組態檔

範例 5 描述網路層的名稱為 CROWN，於是讀取 CROWN.data(參考範例 6)得知共有四個子網路存在，同時也可獲取各子網路間連接區段的資訊。

```
NML /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN WDM_MESH 2
EML /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN/subnet=MESH_1
EML /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN/subnet=MESH_2
EML /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN/subnet=MESH_3
EML /net=MONET/layer=WDM/subnet=CROWN/subnet=MESH_4
...
# hub conection
LINK /net=MONET/layer=WDM/link=KHC3-22_KHC2-22
/net=MONET/ne=KHC3_WADM/linkTP=4-22-1
/net=MONET/ne=KHC2_WADM/linkTP=4-22-0

LINK /net=MONET/layer=WDM/link=KHC2-22_KHC3-22
/net=MONET/ne=KHC2_WADM/linkTP=4-22-1
/net=MONET/ne=KHC3_WADM/linkTP=4-22-0

LINK /net=MONET/layer=WDM/link=KHC3-23_KHC2-23
/net=MONET/ne=KHC3_WADM/linkTP=4-23-1
/net=MONET/ne=KHC2_WADM/linkTP=4-23-0
```

範例 6 CROWN.data 片段

## 2.5. MONET NMS 連線管理

對於客戶端要求的連線服務，MONET NMS 連線管理者可提供必要的功能與演算法；所謂客戶端指的可能是光網路的終端用戶，或是上層如 SDH/SONET 等之傳送網路。

MONET 提供調度(Provisioned)以及信號(Signaled)兩種方式來建立所需的連線，本文將針對調度方式做一探討。調度連線(Provisioned Connection)的建立一般是由網路調度人員於網管系統前下達調度指令，連線調度模組擁有網路的整體現況，可依調度指令自動運算以取得最佳之路由(Routing)或是滿足特定之品質條件(QoS)。

MONET NMS 連線管理提供的功能包括：

- 自動(Automatic)路由建立。
- 人為(Manual)路由建立。
- 保護路徑(Protected Trail)建立。
- 廣播路徑(Multicast Trails)建立。
- 連線與路徑自動偵測(Discovery)。

### 2.5.1. 連線管理資訊模型

利用資訊模型可定義物件之內涵及其關係，藉由網路元件(Network Element)、元件之拓樸關係(Topological Relationship)、連線終端點

(Connection End-Points)、以及傳送連線(Transport Connection)等物件之描述，可將傳送網路予以抽象化，進而獨立於特定之傳輸或交換技術之外，以增進其擴充性與彈性。

圖 44是一個簡單的網路架構，底下將據此說明如何以資訊模型表達該網路與其既存之連線。

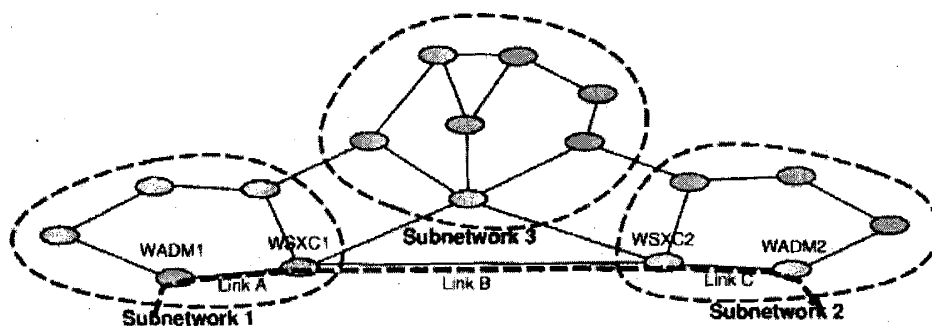


圖 44 網路與連線範例

圖 44範例中共有三個子網路，其中子網路 1 與子網路 2 係環狀結構，各含三部 WADM 和兩部 WSXC 設備，子網路 3 為網狀(Mesh)結構，子網路間由數條光纜銜接，WADM1 與 WADM2 設備間經過 linkB 光纜已有連線與路徑存在。

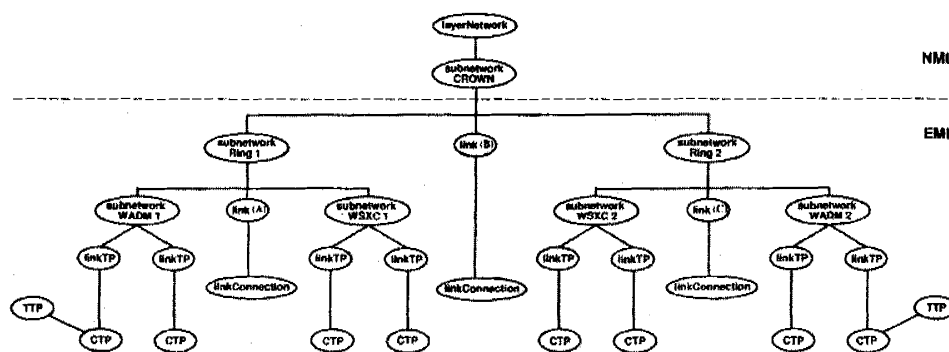


圖 45 網路層資訊模型



圖 45之資訊模型案例即表達出上述範例網路底層的兩個子網路 (Mesh 子網路 3 在此省略)，其內容摘要如下：

- 頂端的 WDM 層網路(Layer Network)係由頂網路(Crown Network)組成，底下包含兩個環狀子網路(子網路 3 在此省略)，彼此由 link(B)連接。
- 環狀子網路 1 內有五部設備，此處僅顯示參與連線的設備 WADM1 及 WSXC1，兩部設備間由 link(A)連接。
- 環狀子網路 2 內有五部設備，此處僅顯示參與連線的設備 WADM2 及 WSXC2，兩部設備間由 link(C)連接。
- 上述每一條 link 均由 8 個 linkConnection 組成(MONET WDM 網路為 8 個 Lambda)，圖例中僅以一個 linkConnection 表示。

每一部網路元件設備底下均含有 linkTP、nwCTP、及 nwTTP 等其他資訊物件，茲以設備 WADM1 做一說明：

- WADM1 計有三個 linkTP，分別代表三條光纜(Fiber)，圖例僅顯示其中兩個，一個是支端(Access)光纜，另一個是傳送端 (Transport)光纜 link(A)。
- 每個 linkTP 下包含 8 個 nwCTP(此處僅顯示一個)，代表該光纜中不同波長光波之終端點。

若要進一步探究圖 44中加入網路連線與路徑時的資訊模型，可參考圖 46的例示。

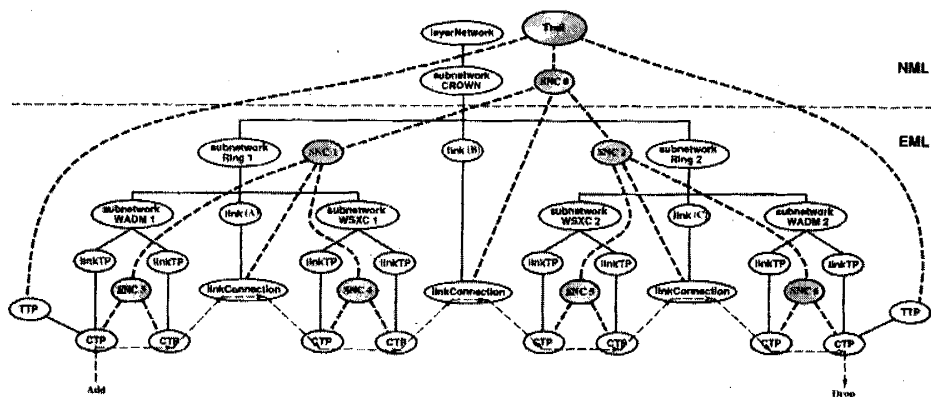


圖 46 網路層連線資訊模型

一旦點對點路徑建立後，資訊模型中將出現相對應之 SNC 與 Trail 物件，這些物件分別由 EML 或 NML 層管理，圖 46 範例重點整理如下：

- 跨越頂網路上存在一個 WDM 層之點對點路徑(Trail)，該路徑由 WDM 層子網路連線(SNC0)所支援。
- NML 層子網路連線 SNC0 係由兩個 EML 層子網路連線(分別是經過環狀子網路 1 與 2 的 SNC1 和 SNC2)和一個跨越 link(B) 上的 linkConnection 所組成。
- EML 層之子網路連線再進一步分解為其他 linkConnection 和 NEL 層的子網路連線(即 Cross-Connect)。

資訊模型係由所有管理模組共享，管理模組可經由探索(Navigate) 整個資訊模型的內容而取得必要的資訊。舉例來說，從 Trail 物件出發，應用系統將可得知該路徑所經過之詳細路由、設備或 Cross-Connect，反之亦然。

## 2.5.2. 網路調度

### 自動(Automatic)路由

網路調度人員可輕易地從 MONET NMS GUI 畫面上建立路徑，給定路徑(Trail)的起始兩終端點(TTPs)，視需要選擇特定的光波波長，MONET GUI 便會要求 NML 層中的路徑管理者(Trail Manager)建立適當的路徑，路徑管理者再透過 CORBA 介面通知連線管理者(Connection Manager)以建立必要的連線來支援該路徑。連線管理者於建立連線時採取下列三個步驟：

#### 1. 路由選擇階段(Route Selection Phase)

路由選擇階段將依循下列程序取得尚有空間的 links。首先，找出起始兩端點 TTP 所對應的 EML 層子網路；接下來，於 NML 層上以圖形理論演算法(Graph Theory Algorithm)計算出連結上述起始子網路的 link 最短路徑(Shorest Path)，這些 link 應該存在充裕的可用空間(linkConnection)，並且處於運作(Operational State)正常的狀態；最後，針對方才找出之最短路徑所經過的其他子網路，再以遞回(Recursive)方式決定子網路內部的詳細路由，直到 NE 設備為止。

#### 2. 光波波長選擇階段(Wavelength Selection Phase)

系統預設的光波波長選擇方式僅是簡單地選用第一個可用的波長。研究結果顯示，對一個不支援波長交換(Wavelength Interchange)的光網路而言，不同的波長選擇演算法對網路調度的產出並無太大的影響。MONET NMS 可讓使用者決定特定的波長，此外，系統在設計上亦

允許置換不同的波長選擇演算法。

### 3. 連線完成階段(Connection Commit Phase)

連線完成階段先行依選定的光波波長將起始終端點 TTP 連接至相對的 CTP，接下來 NML 層連線管理者會將於路由選擇階段確定的路由分給對應的 EML 層子網路連線管理者並要求其建立 EML 層的連線，同樣地，這個過程將以遞回方式處理直到最後的 NE 設備。待所有 EML 層子網路連線建立完成，NML 連線管理者便可連接起始終端點而產生屬於 NML 層的連線，進而在路徑管理者中建立最終之路徑。

連線完成階段最終當然可能失敗，導因於前兩階段決定的資訊已經不符實際所需，在失敗的情況下，系統將回復至最初的起始狀態，並以適當訊息告知使用者。

圖 47 便是經由 MONET GUI 下達自動調度後的結果。

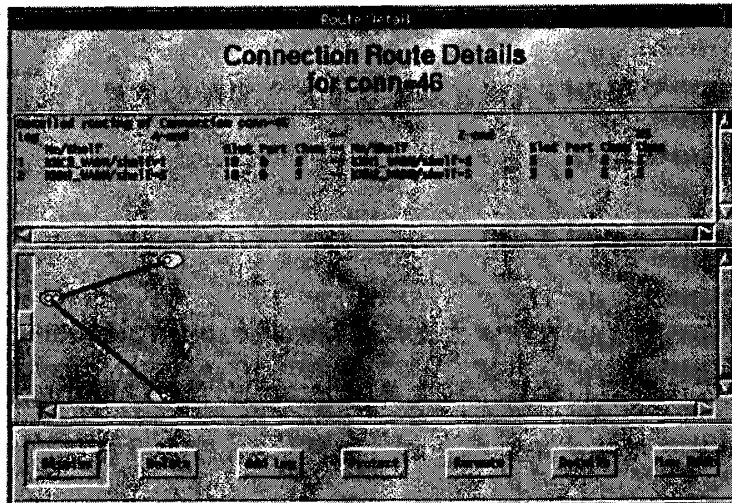


圖 47 自動路徑調度

## 人為(Manual)路由

在某些情況下自動路由的建立並無法滿足使用者特定的需求，此外為了測試與分析光網路的性能，MONET NMS 尚提供有人為選取路由的調度功能，特殊的例子是欲建立一條出發與結束都發生於同一部設備的路徑，為了完成此類路徑的調度，實有必要使用者的介入。

人為路由建立的程序如下：

- 如自動調度一般，先選取路徑的起始終端點 TTP。
- GUI 模組呼叫路徑管理者(Trail Manager)以找出可用的網路資源。
- 所有可用的網路資源將回應給 GUI 模組顯示，藉此讓使用者選取特定的路由。
- GUI 模組再呼叫路徑管理者以執行人為路由建立的功能。
- 路徑管理者將透過連線管理者建立實際的連線，最後便完成路徑的建立。

## 保護路徑(Protected Trail)

MONET 網路中的設備可支援路徑保護切換(Protection Switching)的能力，方法是將終端設備內主要(Primary)和備援(Alternate)的 Sink CTP 均連接至位於起始設備的同一個 Source CTP。當經過主要 CTP 的訊號強度低於一個特定的水準(Threshold)後，設備將自動產生保護切換而選用備援 CTP 的訊號。保護路徑的功能可用以評估上層(Client

Layer)或 WDM 光網路層保護機制的交互影響。

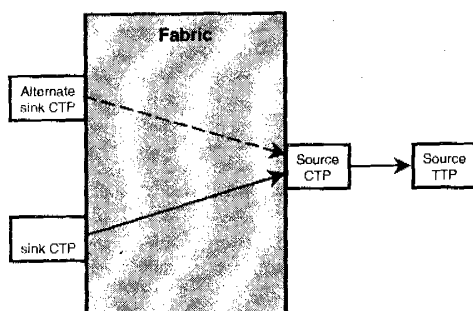


圖 48 路徑保護切換

圖 48顯示出 MONET NE 設備路徑保護的概念，此處的 Source CTP(必須和另一個 TTP 相連接)係由一個 Sink CTP 和另一個 Alternate Sink CTP 所保護。一旦 Sink CTP 的訊號水準降至一個特定值並且弱於 Alternate Sink CTP 時，設備中的 Fabric 將自動從目前的 Sink CTP 切換到 Alternate Sink CTP，自此原本的 Sink CTP 轉化為 Alternate Sink CTP，透過 MONET NMS 將可得知某個 Source CTP 目前所關聯的 Sink CTP 和 Alternate Sink CTP。

MONET 的資訊模型中把路徑(Trail)定義成一個起始 TTP 與一個或多個目的 TTP 間的繫結(Binding)，該繫結係由主要或保護連線所支援。一個受保護的路徑將有一個起始與目的 TTP，以及給予其支援的主要和備援連線。

使用者在操作上是先建立一條普通的路徑，然後再針對該路徑建立所謂的保護路徑。路徑管理者中的保護路徑功能將驅使連線管理者計算出一條原始路徑完全區隔(指在設備和光纖層次)的保護連線，假若連線管理者能成功地找出該連線，路徑管理者便會將該連線加入原路徑使之

成為備援連線。

### 廣播路徑(Multicast Trails)

MONET 網路中的設備可支援廣播(Multicast)的能力，允許單一訊號從某個起始 TTP 同時傳送到數個目的 CTPs，MONET NMS 亦允許使用者建立此一廣播路徑。對使用者而言，首先建立一般的路徑，於該路徑上用人為調度的方式連續加入所謂的 Legs 使之成為廣播路徑，Leg 或主要的連線均可單獨取消，但唯有全部 Legs 消失後，該路徑才能真正刪除。

### 連線與路徑自動偵測(Discovery)

一個正在運行的網路需要為數眾多的網管與維護人員，多數人員仍然習慣於於設備的 Craft 介面上執行維護與調度，於是 MONET NMS 必須花費痛苦的代價以維持系統和實際網路間的同步。MONET NMS 設計上的哲學是『網路即資料庫』(The Network is the Database)，系統僅單純地反應網路的現況，並以清晰的方式將其表達。

連線與路徑自動偵測(Discovery)的功能即在於從網路上擷取資訊，適當地將連線與路徑資料安置於連線和路徑管理者。設備元件的 Cross-Connect 係透過 NE Agent 的 Fabric 介面取得(有關 Agent 介面將有專文報告)，該資訊將轉化為 MONET 資訊模型中的 NE 層子網路連線，並且由 EML 層的連線管理者維護。隨後，EML 層連線管理者再將這些子網路連線聚合(Aggregate)成 EML 層之子網路連線，欲說明該程序，首先定義兩個名詞：

- 內部(Internal) CTP：包含此類 CTP 之 linkTP 所支援的 link 必須位於子網路之內。
- 邊緣(Boundary) CTP：非內部 CTP 之其他 CTP。

於是整個子網路連線自動偵測的程序將如下所示：

1. 首先由 EML 層連線管理者取得所有子(child)子網路連線。
2. 對於其目的(destination)CTP 為邊緣(boundary)CTP 的每個子網路連線，將其擴展(extend)如下：
  - 2.1 若其起始(origin)CTP 亦為邊緣 CTP，那麼連線管理者已成功地發現一條跨越 EML 子網路的完整連線。
  - 2.2 起始 CTP 若為內部 CTP，連線管理者將循資訊模型取得繫結於該 CTP 之 linkConnection，並進一步得到 linkConnection 另一端的 CTP\*。然後連線管理者再從所有子(child)子網路連線中搜索出其目的 CTP 為 CTP\*的子網路連線，並將其附加(pre-pend)於原來的子網路連線，這個過程繼續持續下去，直到組合成兩端均為邊緣 CTP 的連線為止。
3. 對於目的 CTP 非邊緣 CTP 的子(child)子網路連線而言，可以略過不予處理，因為其若非於步驟(2.2)中與其他子網路連線結合，便會是獨自(dangling)存在而沒有支援任何上層(higher level)的連線。



NML 連線管理者將利用同樣的演算法取得 NML 層之子網路連線。最後再由路徑管理者(Trail Manager)完成點對點連接的路徑，包括保護路徑和廣播路徑。除非資訊模型內容有誤，NMS 當能解析出所有路徑，在錯誤發生的情況下，必須考慮重新同步網路資源。

### 2.5.3. 路由選擇階段

由網路調度人員下達的路徑建立指令可以是完全自動化的，同時也可加諸不同的控制條件(Control Parameter)以維持其調度的彈性。

MONET NMS 採用 k-shortest path 演算法以找出最佳的路徑。依據網路目前的實體現況，從最頂層的中包含起始與目的終端點的子網路開始，利用 k-shortest path 演算法計算出最佳路徑(best route)，而下一層次子網路的詳細路由則以遞回方式解決，所有經過的路由均加以保留(Reserved)，如果所有路由都能完全地保留，路徑建立的程序便可進入第二階段；一但某些路由無法順利保留，系統將嘗試該子網路的次佳路由，如果子網路中所有路由均已耗盡，那麼上一層(higher level)子網路的次佳路徑便要重新計算。

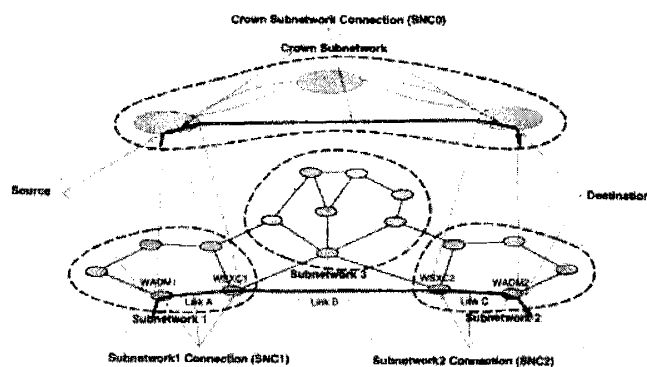


圖 49 階層式路由選擇

圖 49 的範例描繪出階層式路由選擇的程序，起始與目的終端點係由網路調度人員選取，於頂層 Crown 子網路中，最佳路徑演算法計算出沿著 linkB 從 Subnetwork1 至 Subnetwork2 的路徑，而該二子網路的詳細路由則交由下層子網路自行運算。階層式路由選擇程序尚允許設定下列的控制參數，藉由參數的設定，可在某種程度上引導或控制路由選擇的結果，使之在全自動化之餘仍保有一些彈性。

### 路由範圍(Routing Scope)

演算法計算中，路由範圍可限制參與運算之網路資源的數量，大範圍的運算將可求得近乎最佳的結果，但相對要花費更多的時間與記憶體，系統預設的範圍僅是包含起始與目的終端點的最小子網路。

### 路由解析度(Routing Resolution)

最佳路徑演算法依上述範圍擴展參與運算的子網路，而路由解析度則定義子網路擴展的深度(depth)，較深的程度自然可取得較佳的結果，系統預設的解析度僅及目前子網路的下一層。

### 路由預算(Routing Budget)

為確保路由的品質(距離或是經過設備數量)，路徑演算法受限於一預算值，凡超過該預算的路由便將捨棄並且不再往下擴展，系統在路由預算上其預設值沒有上限。

## 2.5.4. 連線完成階段

路由選擇階段所成功保留的網路資源將於本階段予以實作，連線管

理者將對設備下達 Cross-Connect Cut-Through 指令將輸入與輸出之連線端點(Connection Point)繫結在一起以建立實際的連線。

由於 MONET 光網路內並無所謂的 idle signals，因此當路徑建立時，一個有效的(valid)客戶端輸入訊號(client input signal)必須存在；一般情況下，採用調度(provisioning)方式預先建立路徑時，客戶端幾乎無法立即提供有效的訊號，為因應此一問題，MONET 光網路設備採取兩種 Cross-Connect 的設立方式。

#### **驗證式連接(Verified Connect)**

驗證式連接將特別要求客戶端輸入訊號必須存在，於 Cross-Connect Cut-Through 命令執行前，設備要能偵測(detect)到該訊號，否則將予以拒絕。

#### **快速式連接(Fast Connect)**

透過快速式連接，設備無需客戶端輸入訊號即可逕行 Cut-Through 動作，其缺點在於無法確保輸出訊號滿足 MONET 定義的訊號格式。

### **2.5.5. 系統設計的其他考量**

#### **路由代價定義(Routing Metric Definition)**

最佳路徑演算法需要給定一個路由代價以表現經過各段連線所需的成本(cost)，傳統上的做法係取自網路資源的參數，諸如拓樸連接關係、網路可用頻寬、網路資源使用率等。由於 MONET 乃透通性(transparent)的 WDM 光網路，有別於其他光信號可以再生(regenerated)

的網路，導致路由選取的良莠與否會影響光信號傳送的品質，因此路由代價必須將光信號的衰減(degradation)因子列入考慮。

舉例來說，OC-48 相較於 OC-3 對於訊噪比(signal-to-noise ratio)的降低更為敏感(sensitive)，所以在給定路由代價成本值時，可以考慮針對不同的載送訊號給予不同的路由預算值(budget)，以前述例子而言，OC-48 應當比 OC3 獲得較少(smaller)的預算。

MONET 初始雛形系統所採用的是最簡單的方式，亦即以連線經過的光纜數目(fiber hops)做為路由代價值，因此得到的將會是最短(shortest)路由，更複雜的設定方式係屬於進一步的研究課題。

#### 子網路綜整(Subnetwork Summarization)

為了支援階層式路由選擇運算，每個子網路有必要加以整理以有效萃取出行經該子網路任兩個輸入/輸出埠(port)間的路由成本(routing cost)，這是個相當複雜的問題，存在各種可行的方案，但又沒有任何一種可提供完美的解答。底下將列舉數種不同程度的綜整方式：

- 純量制(Scalar Metric)

不論是那一個輸入或輸出埠，總是給予相同的成本值。

- 向量制(Vector Metric)

係 ATM Forum PNNI 路由選擇演算法所倡議，例如經過輸入埠  $i$  之成本為  $A_i$ ，經過輸出埠  $j$  之成本為  $B_j$ ，那麼從  $i$  到  $j$  的連線便給予成本值  $A_i+B_j$ ；明顯地，系統可視實際需要定義更複雜的成本函數

- 矩陣制(Matrix Metric)

本例中，輸入/輸出有序對(i,j)將唯一決定一成本值  $C_{ij}$ 。

- 高階制(Higher Order Metric)

加入更複雜的考量，例如同樣行經輸入埠 i 和輸出埠 j，但 OC3 連線卻與 OC48 擁有不同的成本；同理，在 WDM 網路中，也可以對不同的光波波長指定不同的成本值。

何種方式最為恰當端視網路的拓撲結構或子網路連線的統計資料，MONET 初期的實作中，係以純量制方式而以子網路的直徑(diameter)做為成本依據。

### 光波波長選擇(Wavelength Selection)

視網路設備之硬體能力而定，客戶端的訊號行經 WDM 光網路時可選用不同的光波波長，這種特性當使網路資源的使用率大為提昇，但同時也增加網路調度的複雜度。

MONET 光網路中，光波波長選擇的時機可能發生在兩個地方：

- 於客戶端介面光源起始之處。舉例來說，當 SONET 訊號進入 noncompliant 介面後，會先經過波長調適(adaptation)的處理。
- 於波長轉換之處。例如在光波波長交接 (WIXC, Wavelength Interchange Cross-Connect)裝置上，輸入的訊號可能經由另一種波長光訊號輸出。

如果僅僅考慮第一種情況，問題將可簡化許多：

- 根據起始/目的客戶端介面的組態，決定出起始和目的客戶端尚可用的波長交集。
- 對集合內的所有波長計算其最佳路由。
- 根據路由代價或波長使用率等經驗法則，選擇一個擁有最佳表現的波長。

若要考慮 WIXC 存在的情況，事情便十分棘手，這還同時牽涉到設備本身的技術能力，例如光波長轉換所需的代價、QoS 資訊無法立即取得等因素，因此需要更多的研究來解決此方面的問題。

WDM 光網路在連線管理方面，其所用的資訊模型遠較 SDH/SONET 簡單，但若牽涉到光波的特性與設備的能力，使得欲開發一個完善的調度系統，實面臨極大的挑戰。連線管理功能除與組構管理有著密切關聯外，同時也要和故障管理及性能管理互相合作，現階段仍有許多問題有待克服，例如該如何檢測出光纜中特定光波波長是否有障礙發生。

MONET NMS 連線管理在路由選擇方面雖然採取最簡單的法則，但其系統留有相當程度的擴充性，可配合各種網路架構置換不同的演算法，藉此亦可研究 WDM 光網路的特殊性質。

## 2.6. MONET NMS 故障管理

MONET NMS 的故障管理者接收來自網路設備的告警，並將告警資料(Raw Alarm)儲存起來，同時收集告警並依據網路拓樸與光路徑關係，找出真正告警主因，並將告警主因顯示在 notification window 中，地圖相關的圖示會依據告警嚴重等級分別顯示不同顏色。

以台灣北、中、南、長等分公司的架構，模擬一個 CH TTL WDM 測試網路結構，如圖 50所示。背景以台灣島地圖覆蓋，地圖上方建置四個環狀子網路，分屬四個 EML 管轄，上方再置放一個 NML 系統以連接諸子網路，進而提供網路層之管理功能。

在 EML 層每個 Subnetworks(分成 MESH1、MESH2、MESH3、MESH4)皆有自己的 Fault Manager 由 efm process 代表，處理來自該 Subnetwork 內部的 Agent 報出的告警。在 NML 層則只有單一的 Subnetwork(CROWN) Fault Manager，由 nfm process 代表，處理來自 4 個 EML Subnetworks 之 Fault Manager 送來的告警。

我們利用 PCG 行程管理將 EML 層 MESH1 的 Agent、Config Manager、Fault Manager 放置在 yktguest1 機器執行，MESH2 的 Agent、Config Manager、Fault Manager 放置在 yktguest2 機器執行，MESH3 的 Agent、Config Manager、Fault Manager 放置在 yktguest3 機器執行，MESH4 的 Agent、Config Manager、Fault Manager 放置在 yktguest4 機器執行，而 NML 層的 Config Manager、Trail Manager、Fault Manager 放置在 yktguest1 機器執行(圖 51)。如此展示 MONET





生 Fake alarm 能，可以模擬 NE 的告警。可以在 EML 之 Fault Manager 視窗中輸入下列語法，即可產生 NE 的告警：

```

"cut"      send alarms for link cut. I.e., : cut TPS1-5A_TPE1-15
"uncut"    send alarms for link restoration. I.e., : uncut TPS1-5A_TPE1-15
"unequip"  send notification to unequip slot. I.e., : unequip TPN1_WADM 1 5 0
"power"    send alarm for power failure. I.e., : power TPN1_WADM 1 5 0
"env"      send alarm for power failure. I.e., : env TPN1_WADM 1
"good"     send clear for environmental alarm. I.e., : good TPN1_WADM 1
"slot"     send alarm for circuitpack failure. I.e., : slot TPN1_WADM 1 5 0
"ok"       send clear for circuitpack alarm. I.e., : ok TPN1_WADM 1 5 0
"removed"  send alarm for PACK_REMOVED_PHYSICAL. I.e., : removed TPN1_WADM
1 5 0

```

範例 7 EML 子網路 fake alarm 語法描述

於是我們在 MESH 1 子網路之 Fault Manager 下達 "slot TPN1\_WADM 1 5 0" 命令，代表 TPN1\_WADM 設備的 shelf 1/slot 5/port 0 面版產生 Circuit Pack Failure 告警，則地圖上 TPN1\_WADM 設備的圖示會更改成顏色(如圖 52)並且將告警相關資料顯示在 Notification Window。

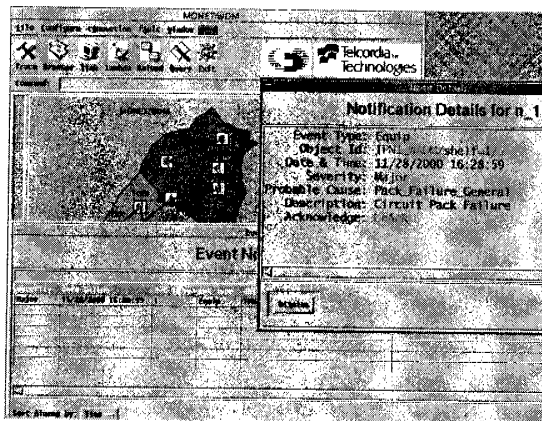


圖 52 地圖告警顯示

此時選取 TPN1\_WADM 設備的圖示，使用 View Object 功能則可看見面版的告警顯示(如圖 53)。

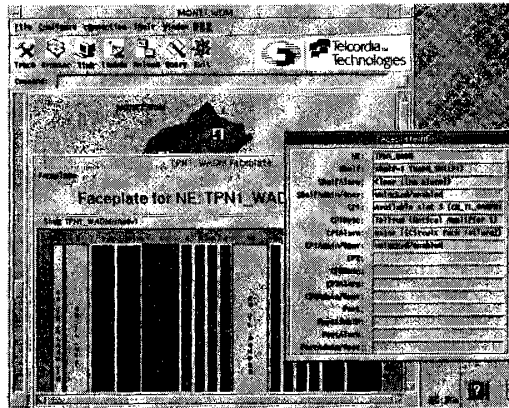


圖 53 面板告警顯示

### 2.6.1. 故障管理設計

故障管理者處理告警的流程步驟有三：Alarm Collection、Alarm Correlation 與 Alarm Log。

#### Alarm Collection

故障管理者收集所有來自設備的告警，藉由 Agent 對 NE controller 介面的讀取告警命令：

- read\_shelf\_alarms
- read\_existing\_ckptck\_alarms
- read\_existing\_port\_alarms

#### Alarm Correlation 及 Root Cause Analysis

故障管理者執行暫時性的告警關聯性判別，使用網路拓模與光路徑關係以找出真正告警主因。例如 link cut 是由於位於 link 下游端之 TI\_IN 介面產生 total power failure 告警，假設 link 上載有光路徑，則光路徑

下游端之 CTP 產生的單一光波長告警應被忽略。

為了處理跨子網路的光路徑告警，故障管理者會依據階層關係，先由 EML 層的故障管理者處理，最後再由 NML 層的故障管理者做最後的告警關聯性判斷。

## Alarm Log

故障管理者會將接收來自網路設備的告警，儲存在資料庫中，以供使用者參考與分析。

MONET NMS 中存在 efm 及 nfm 等行程負責處理告警訊息，由 NE 設備接收告警，經過相關告警判別(Alarm Correlation)與告警主因分析(Alarm Root-Cause Analysis)後，依不同顏色表示各個告警嚴重等級，而顯示於 GUI 畫面。MONET NMS 選擇 CORBA 分散式平台作為其計算平台，利用 CORBA IDL 定義各物件之介面與其關聯，

茲將所取得 MONET NMS 的 CORBA IDL 整理如下：

目錄	idl 檔名	內容說明
Fm	eventDest.idl	可以request或接收alarm之介面。
	fm_common.idl	定義一些FM功能所需之資料結構如alert、alarm等。
	fm_es.idl	定義raw_esEvents及fm_esEvents兩CORBA物件。
	nmlEvent.idl	NML fmgr用來接收event之介面。
	wdm_configUpdate.idl	供cmgr呼叫以取得get response或發出組構更新的事件。

我們將原始之 IDL 檔案轉變為標準之 UML 模型，更清楚地表達 Fault Manager 各物件間的交互關係，如圖 54與圖 55所示。

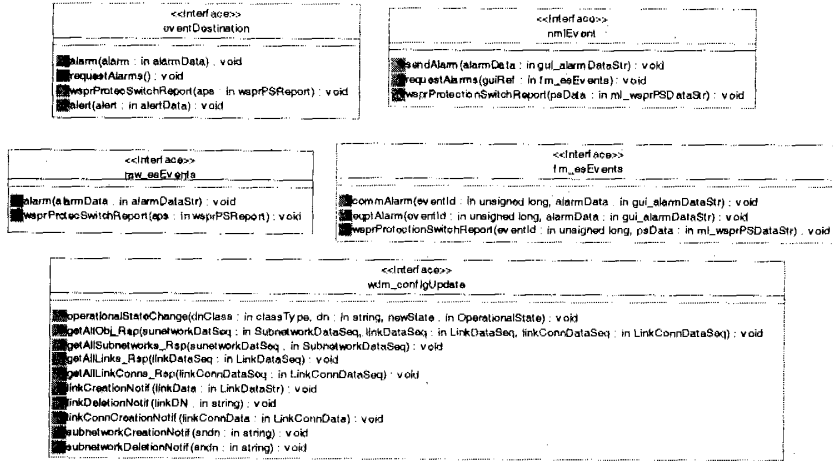


圖 54 MONET 故障管理之 UML 模型(1)

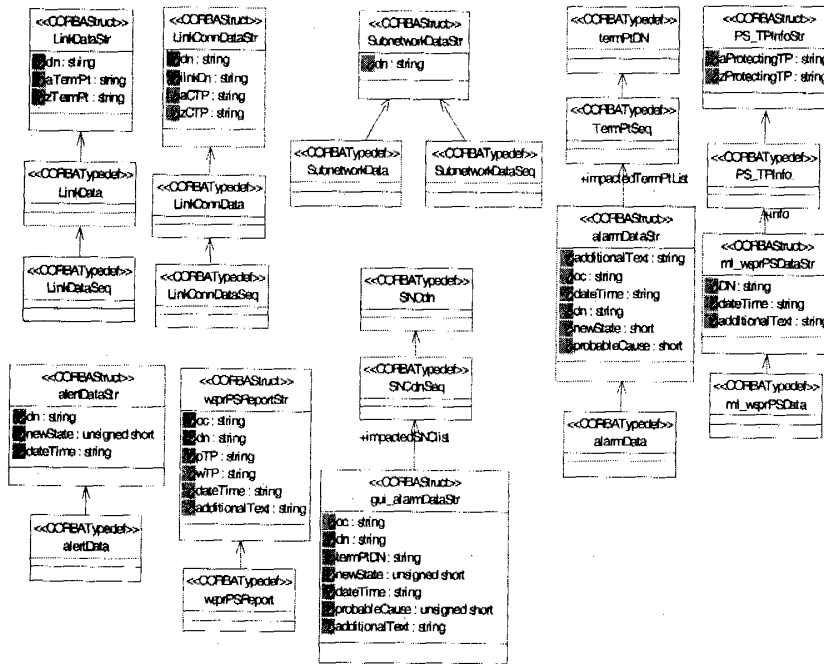


圖 55 MONET 故障管理之 UML 模型(2)

## 2.6.2. 光網路設備分類

在探討故障管理在光網路上的所面臨的問題與其解決方法之前，必須先對光網路設備的分類進行了解，從不同光網路設備的特性，才能提出相對應的問題與解決方法。

Telcordia 將目前光網路設備的特性，依據下列三種因素分類：

- connection types supported
- signal presence
- degree of transparency

### Connection Types

- Provisioned : information transferred along a previously set up end-to-end wavelength path，簡稱“Prov”
- Burst-Switched : information transferred without setting up an end-to-end wavelength path，簡稱“Burst”
- Label Switched (packet) : information transferred along a virtual wavelength path，簡稱“Lab Sw”
- “Ordinary” packet : optical trails (packets) terminated at each network element，簡稱“Pck Sw”

### Signal Presence

- Optical signal always present :
  - ◇ Optical signal generated at each network element (如：Telium 設備)，簡稱“Lgt 1”
  - ◇ Optical signal generated at the source only (by client)，簡稱“Lght 2”

- Optical signal present only when data is being transmitted, 簡稱“Dk/Lgt”

### Transparency Type

- “Full” transparency - only re-amplification (1R), 簡稱 “T”
- “Protocol” transparency - e.g. digital wrappers (3R(re-amplify, re-clock, re-framing) but protocol transparency), 簡稱“S”
- No transparency - 3R plus payload termination at NE, 簡稱 “N”

上述三種因素共有  $4 \times 2 \times 3 = 24$  種組合，這裡只提出 10 種組合的光網路設備如下(圖 56)：

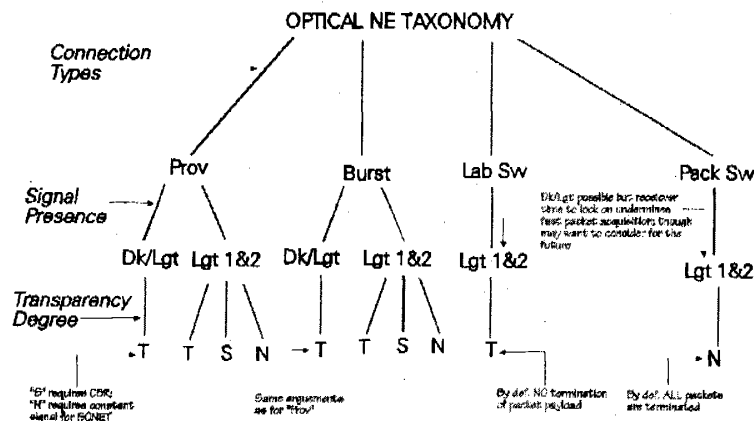


圖 56 光網路設備的分類

### 2.6.3. 故障管理在光網路上的議題

接下來討論光網路的 Fault Management 議題，這裡我們針對如何偵測 Loss of Signal 作為探討的重點。這裡分成 Provisioned 與 Burst Switch 兩部分探討。

## Fault Management on Provisioned

在 provisioned 與“Dk/Lgt”的光網路設備中，光訊號只在客戶端 (client) 開始送訊號時才存在，如此造成在偵測到 Loss of Signal 時，無法得知到底是網路出了問題或是客戶端(client)停止送訊號。

假設光網路設備可以偵測光訊號的有無(signal presence/signal absent)，並將此變化送至網管系統，並且還能針對每一個波長( $\lambda$ )作設定。基於上述的 scenario，可利用“edge monitoring”的方法有效監控 Loss of Signal，並且減少 alarm storm 的發生。做法如下：

只有在光路徑(light path)兩端的光網路設備(egress/ingress)才將使用的 $\lambda$ 之偵測光訊號有無變化(signal presence/signal absent)的功能打開，中間經過的光網路設備之使用的 $\lambda$ 的 signal presence/signal absent 功能關閉。當 egress 的光網路設備 detect 到 Loss of Signal 時，會通知網管系統，此時網管系統會監控 ingress 的光網路設備是否有送出 Loss of Signal，如果有，則代表客戶端(client)停止送訊號，反之，代表中間經過的光網路設備發生問題，此時網管系統會依據經過路徑，一一對光網路設備啟動 signal presence/signal absent 功能，以查出問題所在(如圖 57)。

- For Dk/Lgt networks must to do edge monitoring and selective signal presence message disable/enable to avoid message storms

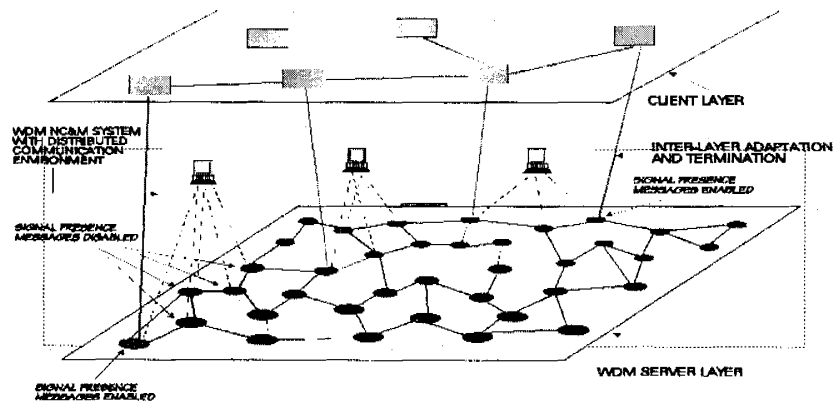


圖 57 Edge Monitoring

在“Lgt1”的光網路設備，由於設備持續產生光訊號，所以當訊號消失，就可以馬上找到問題，不需要使用“edge monitoring”方法。

在“Lgt2”的光網路設備，由於光訊號是由客戶端(client)產生，所以“edge monitoring”方法是適用的。

### Fault Management on Burst Switching

Fault Management 在 Burst Switching 的光網路設備則與 Provisioned 的光網路設備做法上則有些許的差別。在“Dk/Lgt”的光網路設備中，當建立光路徑的要求產生時，signaling 訊號會送至各個光網路設備中以用來建立光路徑，同時啟動 signal presence/signal absent 功能，如此馬上造成 signal absent 訊息，網管系統可藉由等待一段時間  $\Delta t$  (此時光路徑已經建立完畢)，之後用檢查是否收到 signal presence 訊息的方式，以決定網路的好壞。

Burst Switching 光網路設備亦可利用 Payload 的光訊號存在與



否，來決定是否將光路徑 teardown。當資料傳遞完畢，會產生 signal absent 訊息，如此代表可送出 signaling 訊號將光路徑 teardown。

在“Lgt1”的光網路設備，上述的動作必須由 edge node 完成，teardown 的 signaling 必須送至光網路設備。在“Lgt2”的光網路設備，teardown 的 signaling 必須由 source 送出。所有的 cases 中，網管系統必須透過 DCN 網路與光網路設備溝通，所以 DCN 網路的好壞必須予以監控。

## 2.7. WDM NMS Interface Module 與 Agent

WDM NMS 主要可分成 GUI module、NML module、EML module 與 Interface module 等四大模組。Interface module 的主體為 Agent，每個 WDM 網路元件均由一個 Agent 代表，EML module 透過 CORBA 介面與 Agent 溝通；WDM 設備上具有一個 Controller 軟體(embedded system)與實際硬體交談，Agent 和 WDM 設備的 Controller 則是單純的 TCP/IP Socket 介面，此介面為 proprietary。

事實上，應將 Agent 與 WDM 設備 bundle 在一起，則視為一個 CORBA-based 的 WDM 設備。本次報告的內容為 WDM NMS Agent 部分。主要分成 Agent south bound interface(Agent/NE TCP/IP 介面)、Agent north bound interface(EML/Agent CORBA 介面)與實作兩部分。

### 2.7.1. Agent-to-NE 介面

WDM NMS 系統的主要核心元件為 NMS 與 NE 的介面，NMS 利用此介面達到控制與管理 WDM 設備的目的，NE 的介面接受來自 WDM NMS 的命令，並回覆結果或錯誤訊息。同時也將設備內部的變化(包括硬體狀態與告警事件)主動通知 NMS，接下來將針對 NE 介面的架構、訊息、語法語意等做說明。

首先說明 Agent 與 NE 設備所各自代表的資訊模型。Agent 是由下列 9 種物件組成：

- Network Element

- Shelf
- Slot
- Circuit Pack
- Fabric
- Optical Signal Trail Termination Points
- Optical Wavelength Trail Termination Points
- Optical Wavelength Connection Termination Points
- Cross Connects

WDM NMS 管理 WDM 網路最後都是透過 CORBA 介面 操作

Agent 所內含的資訊物件，而 Agent 再透過與 NE 的 TCP/IP 介面處理 NE 所代表的物件。NE 是由下列 8 種物件組成，其中在 Agent 的 9 種物件中有 8 種物件是直接對應自 NE：

- Network Element <--> Network Element
- Shelf <--> Shelf
- Slot <--> Slot
- Circuit Pack <--> Circuit Pack
- Fabric <--> Fabric
- Port (Transport) <--> Optical Signal Trail Termination Point
- Port (CCI or NCI) <--> Optical Wavelength Trail Termination Point
- Connection Point <--> Optical Wavelength Connection Termination Point

這些物件在 NE 內部也許不是真正的 object，可能是 implemented

by data structure，但是在 Agent 與 NE 的介面訊息中已隱含著物件導向的觀念，仍可將 NE 視為由上述物件組成的系統。整個架構可由圖 58 表示：

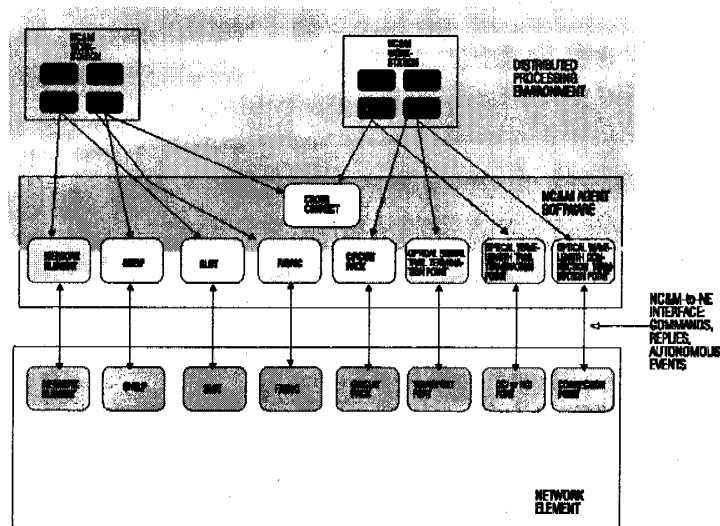


圖 58 Agent 內部物件架構

### 2.7.2. Agent-to-NE 介面訊息種類

Agent-to-NE 介面訊息分成 commands (with replies) 與 autonomous events 兩類。

#### Commands 及 Command Replies

Commands 是 Agent 往下送給 NE 的訊息，包括查詢網路設備物件的資訊(“read” commands)或設定更改網路設備物件的狀態(“write” or “set” commands)。Replies 是 NE 針對 Agent 的 Command 往上送給 Agent 的回覆訊息(包括結果或錯誤訊息)。

## Autonomous events

Autonomous events 是由設備自動產生，來源為設備內部的變化(包括硬體狀態與告警事件)或藉由其他介面(Craft Interface Terminal)造成的改變。Autonomous events 分成三種：Notifications、Alarms and Alerts。

- Notifications

Notifications 的產生是由於設備狀態發生變化，來源是由其他介面(Craft Interface Terminal)造成的，而非透過網管的 GUI。

- Alarms and Alerts

Alarms and Alerts 的產生也是由於設備狀態發生變化，但非透過其他介面。Alerts 只是代表狀態的改變，Alarms 也是代表狀態改變，不同的是 Alarms 增加了 Severity(嚴重等級)、Probable Cause(問題原因)，有相對應的 Clear Alarm Message，另外 Alarms 會被 NE log，Alerts 則不被 log。

### 2.7.3. Agent-to-NE 介面訊息語法語意

#### Network Element 物件

1. **get\_ne\_attrs** is for reading information about the network element. This information

consists of the NE name, serial number, software version, etc.

2. **set\_ne\_attrs** is used for setting specific network element attributes. The settable

network element attributes are the NE name, the current time, the alarm stretch and the alarm delay.

## Shelf

1. **get\_shelf\_info** command and its associated reply are used to read information about the shelf. This information consists of the number of slots in the shelf and the states of these slots.

2. **read\_shelf\_alarms** command and its associated reply are used to read the alarm log of currently active alarms that have been raised against the shelf object.

**shelf\_alarm** the shelves can emit alarms. This message carries information about these alarms. The shelf alarms that are currently supported by both vendors are power failure and NE controller software failure.

## Slot and Circuit Pack

1. **get\_ckptck\_info\_by\_slot** and its associated reply deliver information about the circuit pack currently occupying the slot.

2. **getEquipValue** and its associated reply retrieves information about the state of the circuit pack (such as its amplifier pump temperature) or information about the current slot state. Currently both Lucent and Tellium only support retrieving the current slot state. No physical equipment parameters are currently readable.

3. **setEquipValue** and its corresponding reply are used to set values associated with either the circuit pack or the slot. Currently the only value that can be set is the slot state from "equipped-idle-removed" to the state "unequipped-idle-good".

4. **read\_existing\_ckptck\_alarms**: retrieves all outstanding alarms associated with this slot (or circuit pack).

An alarm raised against a slot is referred to for historical reasons as a "circuit pack alarm". The message name is **ckptck\_alarm**.

They are raised when either the slot transitions between the “idle” and “active” states or when the slot transitions from “unequipped” to the “equipped” state. Both of these messages are delivered under the name **cktpck\_alert**.

## Port

**get\_port\_value** allows us to read the values of the thresholds as well as the parameters that are associated with the signals themselves (power, OSNR, etc..)

**set\_port\_value** allows thresholds to be changed within specified limits. Thresholds that can be altered are alterable on an individual wavelength basis.

**read\_existing\_port\_alarms** retrieves all active alarms that are associated with the given port.

The **port\_alarm** message is sent to NC&M to indicate an alarm occurrence or an alarm clear.

## Connection Point

“**set\_cp\_value**”, for changing the administrative state of a connection point object, and “**get\_cp\_value**”, for reading the state.

The only non-notification autonomous message is the **connection\_point\_alert** which is emitted when the connection point object goes from the OOS state into the IS state.

There is a notification “**set\_cp\_value\_notify**” that informs other interfaces of a change in the administrative state.

## Fabric

**uni\_connect\_fast**: connect (bind) a single input point to a set of output points to form a unidirectional, possibly multicast, connection. This command succeeds as long as doing so will not violate the fabric state (see error conditions in Section 4.2.3).

**uni\_connect\_verified**: same as above, but command fails if a non-acceptable signal (or no signal) is present at the input connection point. This command is currently

not supported by Tellium.

**disconnect:** disconnect a single input connection point from a set of output connection points.

**add\_alternate:** add the capability of doing a selective merge to an existing connection. This command will be explained further in the next section on protection switching.

**delete\_alternate:** remove the selective merge capability from an existing connection. See protection switch section.

**select\_alternate:** force the connection to switch to the alternate input connection point. See protection switch section.

**read\_fabric\_table:** read information about all existing connections.

**read\_cp\_info:** get connectivity information that pertains to a single, specific connection point.

**read\_alternate\_table:** retrieves all entries from the fabric table that represent protecting connection points.

There is one alert type that affects the fabric state—the protection switch alert: psw\_alert.

#### 2.7.4. Agent 設計

茲將所取得 MONET NMS Agent 的 CORBA IDL 整理如下：

目錄	idl檔名	內容說明
rmc	guikludge.idl	雜項，推斷為補IDL定義之不足而額外加入者，定義了port value request之call back。
	Ne_Str.idl	定義MONET所需的equipment屬性，皆以string儲存，說明為暫用之資料結構。
	OTSEquipment.idl	由MONET Resident Agent所實作之equipment介面。
	OTSFabric.idl	由MONET Resident Agent所實作之fabric介面。
	OTSFacility.idl	由MONET Resident Agent所實作之facility介面。



Agent 提供三個 CORBA 物件作為 EML 與 Agent 溝通的橋樑：分別是 OTSEquipment、OTPFacility、以及 OTSFabric。圖 59 為 OTSEquipment 介面，描述 NE、Shelf、CircuitPack、Slot 等網路資源之關係，相關訊息將由設備上之 Controller 提供。圖 60 為 OTSFacility 介面以建構完整之資訊模型。圖 61 為 OTSFabric 介面，主要提供電路調度的功能，由連線管理者(Connection Manager)使用。

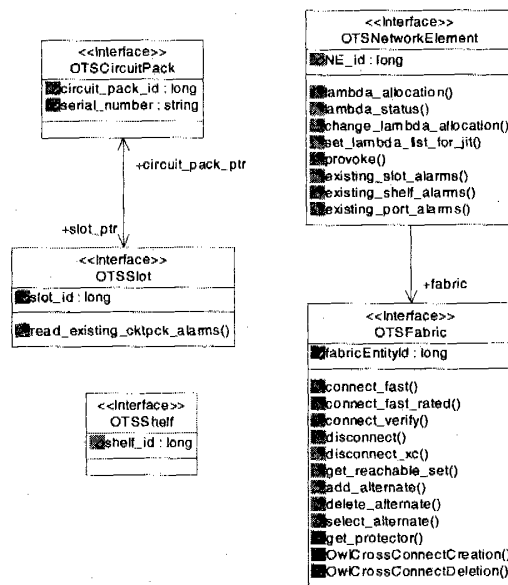


圖 59 Agent之Equipment介面

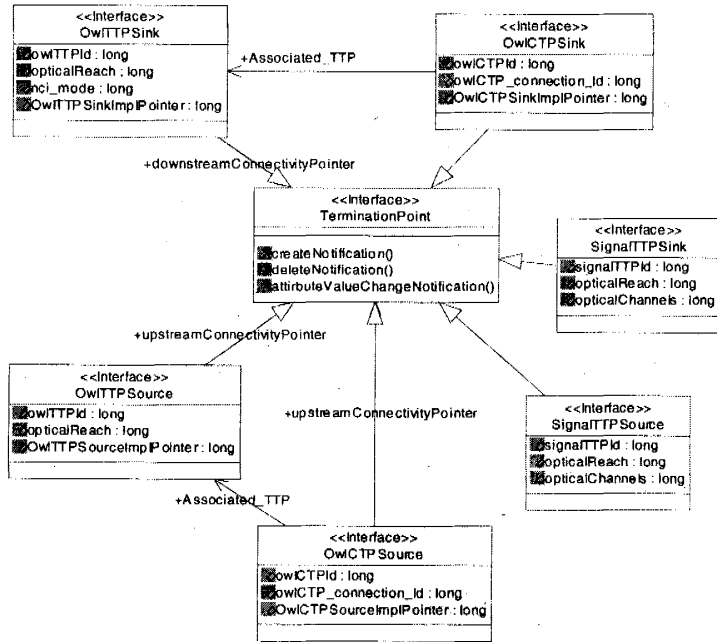


圖 60 Agent之Facility介面

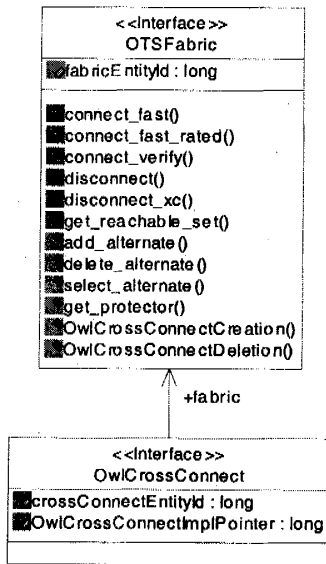


圖 61 Agent之Fabric介面

## 2.8. 光網路相關技術

光網路主要是架構於相關光技術與元件的高容量電信通訊網路，它就像是直接建構在光波的基礎上服務，而能在光波階層中提供 routing、grooming 和回復等功能。

當網路面對頻寬需求的不斷增加和光纖可用率的逐漸減少時，網路的提供者需要更大的頻寬及單一整合性的網路結構來提供更多不同的服務，以滿足消費者的需求。而在整個網路架構的變革中，正走向一個關鍵的里程碑，那就是光網路。光網路主要是架構在通信網路的光階層，並為新的應用，例如：網際網路、視訊和互動式多媒體以及數據資料，提供高容量低成本的服務。

當新的技術發展同時，很多相關的問題也就會跟著呈現。譬如：光網路和以往的現存網路有何不同？光網路需要什麼樣的網路組成元件？哪一種應用最適合使用於光網路傳輸？我們將在以下作說明。

由於分波多工 wavelength division multiplexing (WDM) 技術能夠提供現有光纖額外的容量，光網路開始興起。就像 SDH 一樣，定義網路的組成元件和架構來提供光網路的基礎。不管如何，光網路不像 SDH，需使用一個定義好的比次速率和碼框結構當作基本的建構台，光網路只建構在不同的光波長上。光網路元件，是依照光波如何在網路傳送、groomed 或達成來定義。從階層的觀點來看光網路，光網路需要一個額外的光階層，去定義網路的功能。網路可被切割成許多不同的實際或虛擬階層。第一層—服務層，就是進入電信網路資料的傳送。下一層，SDH 層對第一層透通並提供回復、效能監測和調度的功能。

額外的光階層則是第三層，光階層最後將提供像 SDH 層相同的功能，當完全在光領域作業時。光網路也有額外的需求，它可越過 SDH 層，去承載不同型態的非 SDH 高速率比次的光信號。就像 SDH 層對服務層是透通的，光階層理想上也對 SDH 層透通。相對於 SDH 層的電信號，光階層是以不同個別的光波長來取代，並提供回復、效能監測和調度等的功能。

很多因素驅使光網路的需求不斷增加。而一些移植到光階層主要的原因，如下所述：

#### 光纖容量

光網路開始上路，首先是因為光纖資源的限制。網路提供者需要在兩個地點間提供更大的容量，在這種狀況下，一種選項是去佈建更多的光纖，它是一種昂貴和煩雜的工作；或者在同一光纖中建置更多分時多工 time division multiplexing(TDM)信號提高速率比次。而 WDM 則在一條實際的光纖上，提供許多虛擬的光纖，以不同頻率波長來傳送每一種信號。網路提供者就可以在同條光纖上傳送許多種的信號，就像他們在自己的光纖中行進傳送一樣。

#### 回復的能力

光纖如果被切斷可能導致巨大的影響。在目前電架構中，每一網路元件可執行它自己的回復動作。WDM 在單一光纖上有許多通道，光纖斷線將引發多種錯誤而導致許多獨立系統亦有錯誤產生。光網路在光階層執行回復，將比在電階層執行保護切換，更為快速且經濟。此外，光

階層可提供目前並無保護策略的網路作回復動作，網路提供者可以在內嵌的非同步系統中增加回復的能力，而無須升級到另一個電保護的架構。

### 成本的降低

光網路架構中，在某個地點，只有在那些需 add/drop 信號的波長通道，才需伴隨信號轉換的電節點，其他通道可以很容易的以光型式經過，如此節省了大量設備和網路管理的成本。

### 光波的服務

光網路最大的好處之一，即是讓網路提供者，有能力去賣頻寬而非光纖。當在光纖的容量極大化可行時，服務供給者能夠以販賣光波長來增加利潤，而不用去管資料的需求速率，而對顧客而言，這種服務提供了就像是租用一條光纖的相同頻寬服務。

#### 2.8.1. 光網路元件設備技術

當光纖開始使用時，網路的提供者立即發現，在技術上的些許改進可以增加現有網路的容量及降低成本。這些早期的技術最後導致目前整個光網路的演進。

### 寬頻 WDM

WDM 首先的具體實現就是寬頻的 WDM。在 1994 年，使用雙凹鏡細耦合器，可將兩種信號結合至同一條光纖上。因為技術上的限制，這信號的頻率必須區隔較大的間隙；這系統主要使用 1310-nm 和 1550-nm

的信號波長，並提供 5GB 的速率。雖然執行效能無法與今日的技術相比；然而，這耦合器在單一光纖上提供了兩倍的頻寬，比新建設光纖節省了大量的成本花費。

### 光放大器 **Optical Amplifiers**

第二個基本技術元件，是目前光網路的基礎，那就是塗鉍的光放大器。使用這種稀有元素—鉍，光信號可被放大，而無須轉回電信號的狀態。特別是在長途網路上，光放大器比電的再生器更節省大量的建設費用。目前，使用相同功能的設備作系統佈建，較之早期更加有效率和精密。特別是在可以在單一光纖上結合更多的光波長的 flat-gain 光放大器，也已經在光網路上實際的應用。

### 密集分波多工 **Dense Wavelength Division Multiplexing(DWDM)**

當光過濾器及雷射技術相對的演進，在同條光纖上結合更多的光信號波長的能力，就更能具體的實現。DWDM 在同一光纖上，結合了許多信號波長，其範圍可至 40 或 80 個通道。藉由 DWDM 與光放大器的實現，光網路可以提供不同的比次速率(例如：OC-48 或 OC-192 等)及眾多的通道在同一光纖上(圖 62)。這些光波作用在整個光放大器正常以光型式可執行的範圍，他們一般的是從 1530-nm 到 1565-nm(圖 63)。

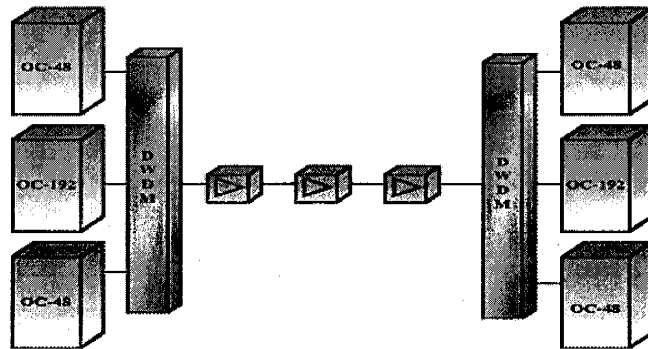


圖 62 DWDM系統和光放大器

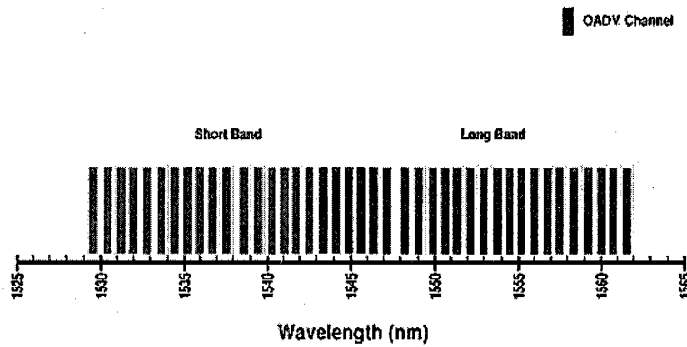


圖 63 ITU Channel Spacing

目前有兩種基本的 DWDM 型態：單向和雙向的 DWDM(圖 64)。在單向系統中，所有光纖裝的光波行進在同一方向，而在雙向系統中，信號可區分成不同的波段組別，在兩相反不同的方向行進。

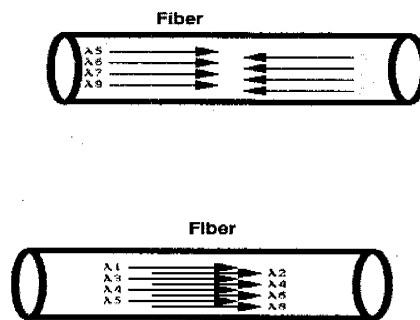


圖 64 雙向和單向 DWDM

## 窄頻雷射

先進的窄頻雷射提供了光網路上每個個別通道窄波長的來源。一般來說，長途網路應用需使用外部的調變雷射，而短距離網路的應用則只需使用整合的雷射技術。

依照不同的系統使用，雷射可以是 DWDM 系統的一部份，也可以內嵌在 SDH 網路元件中。當精密雷射內嵌在 SDH 網路元件中時，此系統是一個封閉性的專屬系統。而當精密雷射是 DWDM 系統的一部份時，這部份的模組叫 transponder。而此系統，則因為任何在 SDH 層網路元件中的雷射傳送器，都可以被使用當作輸入來源，而稱為是一個開放性的系統(圖 65)



Embedded WDM System

Open WDM System

圖 65 內嵌式和開放式的DWDM系統

這兩種系統的好壞有其爭議性。開放性的系統允許網路業者可針對需要的設備採購到競爭性的價格。而內嵌封閉式的系統，通常的結果是導致單一廠商供應的方案。雖然在內嵌封閉式系統中，組成元件數量較少(沒有 transponder)，不過由於鎖定在單一廠商環境，系統價格可能更高。我們很難去預測未來網路的走向；而目前來說，一般是較偏好於開放性的架構系統。



## 光波塞取多工機 **Wavelength Add/Drop Multiplexers**

首先整合於光網路的設備元件是光波塞取多工機。這塞取多工機可以結合定數的光波長進入單一的光纖，並允許所有光信號沿著相同光纖行進。光波塞取多工機原始的應用，是增加現有光纖路由的能力而無須建設更多光纖；不過它們在很多方面，也被當作一個光階層進入點來服務，包括塞取多工和光交接的功能。

## 光波交換器 **Wavelength Switches**

為了極大化光網路的容量和效能，個別光波長互相交換的能力是很重要的。光波交換器提供和電子交換器相似的功能，可以把一個輸入的光波交換指定到一個實體的輸出埠。

## 光轉換器 **Wavelength Converters**

光轉換器主要是將輸入的信號波長轉換成另一不同的輸出波長。

### 2.8.2. 光網路演化

#### 密集分波多工 **Dense Wavelength Division Multiplexing (DWDM)**

許多網路的提供者已經佈建了大規模的 DWDM。目前 16 通道密集式 WDM 終端機式已廣泛的佈建，去加強長途網路骨幹頻寬的能力。

#### 光塞取多工機 **Optical Add/Drop Multiplexers (OADM)**

光塞取多工機強化 WDM 終端機許多主要的特質(圖 66)。OADM 系統有能力達到 40 個光波長以上的容量。它可以在網路中間地點，有

效率的 add/drop 不同的光波長-解決現今 WDM 的主要問題。

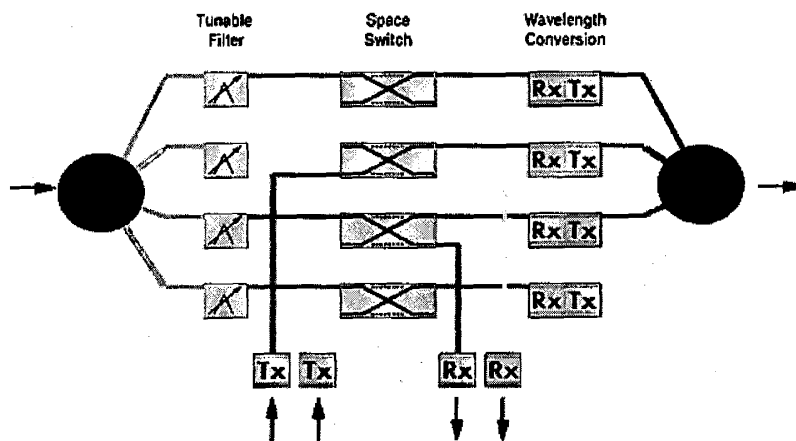


圖 66 Optical ADM的功能

### 光交接設備 Optical Cross-Connect(OXC)

光纖設施要能在光階層有效率的使用，很明顯的成為一嚴肅的課題。當服務提供者開始提供光波長服務時。Routing 和 Grooming 是必須著重的領域，這是 OXC 最主要的功能。

在光領域中，多個光通道可以被結合在一條光纖中傳送；一個網路設備元件，它必須在輸入埠能接受不同的波長，並將之繞到適當的網路輸出埠，要完成這些事項，OXC 需含下列模組：

- 光纖交換：能夠把輸入光纖中所有的光波長，繞到另一相異的輸出光纖上。
- 波長交換：提供從一輸入光纖特定的波長，交換到多條不同的輸出光纖上能力。

- 波長轉換：有能力將輸入光波長，轉換到輸出埠的其他光波長頻率。

### 2.8.3. 光網路管理

網路管理在光網路上是比較重要且困難的問題，其中包含了回復、效能和光波長的服務。首先光網路可能是架構在一個現存 SDH 網路結構上，而 SDH 已有提供自己的回復和保護機能。沒有一個高智慧的網管系統(NMS)，要去確認這介於電階層與光階層回復的機制不會互相衝突，將變的非常困難。此外在光階層與 SDH 層之間需互相協調，網管系統必須能夠防止可能的衝突產生；不然，至少需告訴服務提供者，能夠去確認衝突的情況。

此外，管理整個網路架構，NMS 也必須能夠對每一光波長信號，監測其個別的執行效能。使用光塞取多工機和光交接設備，這種點對點光波長效能監測，將變的更加困難。光網路 NMS 必須在障礙監測上，協助網路提供者，將網路上有問題的光波長障礙，單獨和分解出來它可能的位置。尤其，當光波長達到每條光纖接近 40 或更多時，有一個完善而智慧的方法來監測管理他們，將更形重要。

### 2.8.4. 光網路應用

由於分波多工 wavelength division multiplexing (WDM) 技術能夠提供現有光纖額外的容量，光網路開始興起。就像 SDH/SONET 一樣，定義網路的組成元件和架構來提供光網路的基礎。不管如何，光網路不像 SDH/SONET，需使用一個定義好的比次速率和碼框結構當作基本的建

構台，光網路只建構在不同的光波長上。光網路元件，是依照光波如何在網路傳送、groomed 或達成來定義。

從階層的觀點來看光網路，光網路需要一個基本的光伺服階層，去定義網路的功能。網路可被切割成許多不同的實際或虛擬階層。最上層—服務層，就是進入電信網路資料的傳送。下一層—客戶層（例如 SDH/SONET）對服務層透通並提供回復、效能監測和調度的功能。光伺服階層則是在最底層。光網路也有額外的需求，它也可越過 SDH/SONET 層，去承載不同型態的非 SDH/SONET 高速率比次的光信號（如：ATM、視訊信號等，此時客戶層即為 ATM 或視訊層）。就像客戶層對服務層是透通的，光伺服階層理想上也對客戶層透通。相對於客戶層的電信號，光伺服階層是以不同個別的光波長來取代，並提供回復、效能監測和調度等的功能。

WDM 光網路技術的重要價值，在於架構在同一光纖上，傳輸不同光信號、格式的能力。依照這樣的彈性，它能允許客戶層同時地使用相同實體設施，並產生不同格式的光信號。在此，我們將討論，在一個 WDM 服務網路上，可以有什麼樣的客戶階層應用。

## **SDH/SONET**

不管是目前或將來的 SDH/SONET 網路，都有可能是一個架構在 WDM 網路的客戶階層。有一個值得注意及探討的問題是：自動保護切換 Automatic Protection Switching (APS)，應該運用於 SDH /SONET 客戶層或 WDM 的伺服層呢？在一般的原則下，有人也許會爭論，認為保護措施應該是做在最基本的層次（那也就是說，接近至實體）；在這

例子中，也就是 WDM 伺服層。但是，以目前的技術，只有當 WDM 保護技術可以達到並符合 SDH/SONET 保護切換標準 50 ms 時，SDH/SONET APS 才應該被取而代之。甚至於，假如在 WDM 層有做光纖連結的保護，而為了整個網路最大的強固性，SDH/SONET 的高速設備保護（例如：發射器故障保護）也應該要依然作用。當使用 WDM 光纖連結保護時，假如 SDH/SONET 設備支援個別保護關閉的功能，我們應該去停止 SDH/SONET 的 line 保護較為妥當。在其他方面，雙重重複（WDM+SDH/SONET）的 APS，可能在某些架構下是可能較為適合，但是如何防止客戶層與光階層因自動保護切換速度的落差，而導致兩者保護機制衝突的發生，則是目前須解決及研究的課題。須注意的是，一個在 WDM 伺服層的 APS 事件，在一個 8 波長 WDM 網路中，可以影響到 8 個客戶，而 SDH/SONET APS 只對此 APS 保護切換相關的系統有所影響。

## ATM

一個使用 STM-1、STM-4 或 STM-16 埠的 ATM 交換機可以接入光網路一個 WADM 的連接埠，假如需要的話，信號也可以在此經過擴大和波長的調整處理。WDM 網路在光連接埠上，對於 ATM 交換機，可以提供彈性的互連。經由 WDM 網路管理系統使用時間延遲大約在 1 秒或更少，可以使得連接 connection 的改變成為有效；這可以被稱為直接 ATM，因為在這些 WDM 網路元件中，它省略了配置在 ATM 交換機中，昂貴的 SDH/SONET 多工設備。此外，一個 WDM 網路也可支援 ATM 網路（像 ATM 環）架構在 SDH/SONET 環上；不論如何，以上的架構，SDH/SONET 是 WDM 網路真正的客戶層。

## 視訊 (Video)

各種不同的類比、數位、和混和類比及數位的視訊調變技術也可以是 WDM 網路的客戶層。要注意的是，對於 WDM 網路，當數位視訊被承載在 SDH/SONET 架構上時，這 SDH/SONET 才是真正的客戶層。其他非 SDH/SONET 數位視訊系統，假如它們的信號格式、調變格式、和比次速率都可以被 WDM 網路技術所承載，應該都是 WDM 網路的客戶層。

## 其他

相類似於 SDH/SONET，FDDI 環也可以直接架構在 WDM 光網路上（但是，假如 FDDI 是架構在 SDH/SONET 上，那 SDH/SONET 將成為 WDM 網路真正的客戶層，而非 FDDI）。此外，STM-1、STM-4 和 STM-16 數位迴路承載系統 Digital Loop Carrier (DLC) 也可以是 WDM 網路的客戶層，在這些例子中，這真正的客戶層是 SDH/SONET。另外，一個 WDM 網路將可以提供直接對光的存取。對於那些非標準信號格式、調變格式、和比次速率的應用，使用高階透通的技術也都可以支援；值得一提的是，WDM 網路，對於那些沒有自己自動保護切換能力的客戶層，也可以提供自動保護切換能力的支援。

### 2.8.5. 網路保護存活與回復

一般來說，可以有三種不同層級的網路復原：

## 自動保護切換 **Automatic Protection Switching**

(最快，大約 50 ms) 我們會將主要焦點著重在此，對於網路連結和節點故障的自動保護切換，我們會有另外的說明。

## 回復 **Restoration**

(數秒至數分鐘) 對於系統的回復，來自多個故障錯誤的網路的復原；可以使用一個作業系統所預先計畫的錯誤管理系統 (不論是分散式或集中式)，應該要求能夠重新復原。傳統的作業系統，所規劃的復原時間範圍約從數秒至數分鐘。有一點我們須考慮的，可以使用事先設計好的路徑準備方案去降低錯誤回復的時間。再者，網狀連結網路架構，也可以彼此互相分享保護的容量，藉以降低過多須被預存作為保護之用的容量總額。

## 人工手動 **Manual**

(數小時到數天) 對於天然重大或意外災害的網路損害，可能就需以人工手動的方式來做網路的回復。

我們將自動保護切換 (APS) 分為三大類，並討論於後：

- 客戶電階層的自動保護切換
- WDM 光階層的自動保護切換
- 客戶電階層與 WDM 光階層自動保護切換的組合

## 2.8.6. 自動保護切換

### 客戶電階層的自動保護切換

客戶層可以被用來保護光網路上的承載流量。在客戶階層的保護，本質上，是將 WDM 網路拿來作為傳輸之用，而將保護的責任落於客戶層。因此 WDM 網路光階層需要做的，就是提供客戶層保護機制所需要的實體相異的連結路徑。

例如點對點電客戶層 APS，它可以採用 1+1 保護機制。這保護是被執行在一個端對端以每一波長為基礎。在兩點間的 WDM 光網路階層可以是任何的子網路拓樸，任何相異的互連架構。在這例子中，這客戶須有電橋接它的 traffic 進入兩個不同的波長路徑（實體上互異），去承載工作中和保護中的 traffic。而此時光階層的角色，則是提供一個實體相異的傳輸路徑。在這例子中，這客戶層的 APS 可以保護工作路徑中任何單一的連結，節點或發射器的故障。我們也可以運用 1:1 和 1:N 保護機制。1:1 保護機制的好處之一，就是在正常的作業中，低權限的 traffic 可以使用這些保護的路徑。1:N 保護方案，則是一個保護路徑資源，由眾多的工作路徑來共同分享。當故障發生在某一工作路徑中時，它將優先取得這保護路徑，而停止保護路徑中低權限的 traffic。不論如何，在 1:1 或 1:N 的保護機制中，都需要有一個“位元組或位元導向的資料傳輸通道”傳送信號，從接收端到傳送端，去要求切換來保護。

此外，當這點對點電客戶層保護是被一個 WDM 環型網路所支援時，我們稱它是一個 Client Protection Ring (CPRING)。可以有 2 芯或 4 芯光纖的 WDM CPRING。



## WDM 光階層的自動保護切換

光階層的目的，主要是對於不同的客戶層（例如：SONET/SDH，非 SDH 骨幹數位視訊，GHz 類比信號）在提供一個通用的實體傳輸層。大部分的客戶層傳輸應用，特別是 SDH/SONET 應用，本質上已提供不同方式的保護。因此，當一個客戶應用架構在 WDM 光階層時，客戶層的保護可以當作是保護的基準線（防護的第一條線）。而且，光階層保護，只可以保護並防止光階層的錯誤（例如：光纖的斷裂），然而客戶階層的保護方法，卻可提供保護防止光階層和電終端設備兩者的錯誤。

不管如何，在某些情況情況下，光階層的保護下可以提供作業上成本的好處。例如：光纖如果被挖斷可能導致巨大的影響。若是目前電架構中，每一網路元件可執行它自己的保護回復動作。WDM 網路在單一光纖上有許多通道，光纖斷線將引發多種錯誤而導致許多獨立系統亦有錯誤產生。光網路在光階層執行保護回復，將比在電階層執行保護切換，更為經濟有效。此外，光階層也可提供目前並無保護機制的客戶層應用作保護回復動作，網路提供者可以在內嵌的非同步系統中增加保護回復的能力，而無須升級到另一個電保護的架構。

### 客戶電階層與 WDM 光階層自動保護切換的組合

組合客戶電階層與 WDM 光階層的自動保護切換，可能在某些架構下可以得到兩者的好處，但是問題在：如何防止客戶層與光階層因自動保護切換速度的落差，而導致兩者保護機制衝突的發生？如何協調兩者的保護機制？則是目前須待解決及研究的課題。此外重覆的保護機制，也將佔用較大的容量資源，這也是應該考慮的重點。

### 3. 心得

#### 3.1. 光網路技術

光網路技術對電信網路的影響將會非常的深遠。這可從兩方面來說：一個是經濟層面的影響，一個則是業者提供新服務的能力。光網路的技術將加大網路的容量，允許網路的提供者在相同現有光纖架構下，傳送超過 40 倍於目前的流量。這將導致相同頻寬價格的降低及業者間客戶的競爭。

消費者也將由於網路容量的增加，能享有新的高頻寬的服務。目前一些較為昂貴的服務，諸如視訊會議或高速影像傳送服務，到時將會變得更為便宜且普遍，如此，將帶動整個通信網路世界更加的蓬勃發展。

#### 3.2. 全光網路

所謂『全光網路』係指訊號進入光網路後暨離開光網路之前均維持在光的領域(Optical Domain)，而不進行所謂的光電光(O-E-O)轉換，換言之，目前商用化的 DWDM 系統，在網路設備元件內部多少都進行有某種程度的光電轉換。

全光網路最大的優點在於該網路對於輸入訊號具備完全的透通性(Fully Transparant)，無論任何速率、任何格式、數位或類比、或是任何通信協定的訊號，均可於全光網路內傳送，網路外部通信設備的升級不至影響網路內部的光元件，如此將有助於網路架構的演進。

由於全光網路的透通性，傳統網路管理使用的通信協定將不再適

用，使得全光網路在網路管理方面面臨極大的挑戰。以組構管理而言，由於光訊號在傳送過程中將引入雜訊。該雜訊將隨著網路設備的串接而累積(傳統網路因有光電再生的機制而無此項困擾)，導致網路調度時須要考慮更複雜的因素。其次，由於全光網路缺少傳統網路在面臨無客戶訊號時自動伴隨的 Idle Signal，使得故障方面的管理遭致許多難題，例如假性告警或告警風暴。

透過這次的實習，使我們確實了解全光網路的本質，在網路元件和管理技術上，全光網路仍處於研究的階段，距離商用化尚有一段時間。

### 3.3. 資訊模型

一個網管系統中除了所提供的功能外整個系統的中心就是資訊模型了，好的資訊模型可以讓系統有較佳的擴充性，也易於與其他系統整合，而好的資訊模型實作則可以提高系統效能及穩定度。

經由此番訓練，讓我們了解 ITU-T、TINA-C、ATM Forum、SIF 等組織對於電信網路從網路層觀點所訂定的資訊模型，這些模型的精神是相同的，只因為所管轄的領域不同而有些許的差異。Telcordia 由這些模型中綜合歸納出 MONET 計劃所需的整合資訊模型，這樣的模型可以同時收納不同傳輸技術網路設備之網路資料，模型看似簡單，但非得要深入探究其為何如此定義與來龍去脈才能了解其精髓所在。在研究所開發的網管系統，往往只針對某一種技術(如 ATM 或 SDH)分別開發，然而因為網路技術的進步，甚至整合技術的運用，網管系統的整合是勢所必行。除了資訊模型外，系統的互通及資訊的共享都是一大課題。

在實作方面，Telcordia 採用“fine-grain”方式實作，亦即每一個資訊物件皆以 CORBA 物件實作，這樣的方式讓系統更為一般化也更為直接，可以降低系統日後維護的複雜度。然而由於 DARPA MONET 計劃只是一個對五年後新技術之研究與雛形系統及測試平台的建立，雖然提出系統效能的分析，但對於實際應用到現場相信還有可供研究及改進之處。例如 CORBA 物件急遽增加之後，CORBA 物件之間訊息之互通效能是否降低、CORBA 物件 binding 效率以及大量 CORBA 物件如何以資料庫來存取，雖然 Telcordia 對這些並無實際測試數據，但都給我們寶貴的建議。另外在 GUI 部分，目前 MONET 網管系統之 GUI 為 Tcl/Tk 所製作之 Motif 介面，這與目前以 Web-based 為基礎之趨勢有些許差距，也是我們回到研究所可以加強改進之處。

### 3.4. 參觀 AT&T、Lucent 有感

當整個合作案的尾聲階段也就是我們回國前的最後兩個禮拜，分別安排拜訪了 AT&T 及 Lucent 的網管研發團隊，與這兩個公司頂尖的研發人員針對網管系統的議題做了交流，令我們印象十分深刻。

第一次到 AT&T 是參觀其『全球網路維運中心』(GNOC, Global Network Operation Center)。進入 GNOC Building 後，負責接待的 Tim 先帶我們申請門禁許可，此時由大廳透過落地窗看到屋外的是以地球上的河川來象徵網路，並以各國語言將此意象表達出來。大廳地上以大理石拼湊出世界地圖，周圍環繞許多古老的樂器，這些是遠在電話發明以前人類就利用空氣來傳遞聲音的器具。就在我們繼續往前走時牆上傳出由中文解說的聲音，正當我們感到驚訝時，牆上一片高大的木雕竟然如

電動門一般的打開了，一看之下更是歎為觀止，原來我們即將踏入的是 AT&T 的電信藝廊(Telecom Gallery)。

電信藝廊中的展覽包羅萬象，包括介紹古老印第安人用鼓來傳遞信息的方法，最早的電話及交換機，各種包括鐵路、河川及公路網路的介紹，藉由早期單線鐵路網路班次調派的模擬來說明相鄰車站間對於突發狀況時彼此溝通的協定，此外利用在數個以吊橋相連的小島間尋求單程即經所有小島的圖學問題引進了路由及路徑觀念....，所有佈置都非常精緻，中文語音自動說明更讓我們倍感親切，藝廊的終點為一個小小的 Coffee Bar，每張桌上都放了一部 iMac，讓我們可以真實的連上現代的 Internet。這個藝廊令我們印象非常深刻，無疑是一場融合古老文化與現代科技、藝術與科學之旅。

小歇片刻後即進入一間簡報室，非常特別的是簡報室的投影屏幕非常的寬。透過 Tim 的簡報，我們了解到 AT&T GNOC 的功能，藉由 GNOC 集中的網管，AT&T 可以掌控其密佈全世界的網路最新動態。藉由整合的後端系統，AT&T 可以綜合各種資料達到即時準確的分析及預測。Tim 更 show 出歷年超級盃當天全美電話網路負載圖表，有趣的是由曲線的升降可以明顯看出開賽前因親友間奔相走告而使 traffic 量急劇升高，比賽時大家屏氣凝神 traffic 又近乎零，在近乎零的曲線間又有許多突起是為廣告時間，比賽結束後因大家熱烈討論又使 traffic 到達巔峰，AT&T 利用這些資料分析預測並事先進行調度以避開擁塞的流量。

簡報完後原本以為已近尾聲了，沒想到這時投影屏幕竟向上升起，映入眼簾的是有如在電影中才看得到的太空總署監控中心，141 個超大

型螢幕正分別監控著 AT&T 全球網路，超過 200 個維運系統同時運作，而其背後則以 System X 來統籌整合，這麼多的系統僅以一天三班一班約二十人來管理，看到這裡我們已到了張大嘴巴說不出話的境地，AT&T 不愧為全球電信業的龍頭，手筆之大讓我們今天的電信之旅處處充滿了驚奇，然而要構建如此不凡的設計卻也花掉一億美金不少的代價。

正因這次對 GNOC 如此深刻的印象，我們接著又做了拜訪 System X 研發小組的約定，並且也決定再去拜訪 Lucent 整合網管的研發小組，看看美國這兩個電信巨人在這方面的先進技術。在聽取兩個研發小組的簡報及與他們深談後，我們深刻體會到美國不愧是 IT 與 Telecom 產業的佼佼者，他們領先了全球的競爭者將網管系統整合並藉以支援 Service Management Layer 及 Business Management Layer 之服務，由他們運作的經驗，證明了整合網管這條路不僅是可行的更是必然要走的路。

以目前中華電信面臨其他民營固網業者的挑戰，可以預期的是市場佔有率將被其他業者瓜分，然危機即轉機，市場競爭的白熱化，將刺激使用者需求，進而使市場急劇擴張，中華電信未嘗不能從中創造更大的獲利。值此同時，如何以更好、更快、更穩定的品質來服務顧客，將是未來的決勝關鍵。中華電信研究所以既有的網路維運系統技術及優秀的研發人才，在整合的趨勢中早已立於一有利之立足點，相信只要能夠洞悉此趨勢並及早著手規劃，以精良的及整合的資訊系統來提供完全 e 化的維運工作流程，必能在這場激烈的競爭中立於不敗之地。

### 3.5. 電子商務

美國是個購物天堂，到處都設有大型的購物商場(Shopping Mall)，倘若懂得門道，很容易便可買到高品質而且價格誘人的良品。除了無所不在的 Shopping Mall 之外，利用高科技帶來的便利，透過網路也幾乎可以買到各式各樣的商品，對於出門動輒數十公里之遙的 Mall，網路購物不啻為另一種好選擇。從小至民生必需品、文具或玩具、乃至高單價的消費性電子產品或是名牌，網路上不一而足，除了可以在彈指之間了解產品的規格和特色，同時也可以比較各家商店的售價和服務品質，虛擬商場在美國可真是完整充分地實現。

網站內容的豐富與多樣性外，交易機制和物流系統也是成就電子商務的重要因素。交易機制有賴健全的金融體制和優良的資訊加密技術加以達成；而美國早已發展成熟的物流系統如快遞服務更有助於產品的流通。依據筆者的經驗，多次透過網路的交易，都可以在預期的時間內取得所須的商品。

網路上除了販賣實體商品外，也還可以經營增值服務。舉一個網站為例，該網站提供數位相片的沖洗服務，顧客只要在家裡透過網路，將欲沖洗的數位照片(電腦檔案)上載至該網站，並要求該網站予以列印(照片的品質)，完成後再以郵遞方式寄達，這對普羅大眾而言真是一項貼心的服務。對該網站來說，透過電腦系統的協助，無須傳統店面，但服務範圍卻能無遠弗屆，自動化的經營更可提供低廉的價格，進而創造大量的營收。總之，在美國的購物經驗是愉快的(因為不須任何理由均可退貨)，而虛擬的網路購物經驗也是愉快的。

## 4. 建議

### 4.1. 研究所與 Telcordia

本所與 Telcordia 公司在許多方面很相似，都是研發單位，工作環境與風格也頗類似，但是 Telcordia 已歷經組織重組與民營化的洗禮，我們可以從 Telcordia 的經驗中找出將來研究所的趨勢與管理模式，Telcordia 走過的方式將是未來研究所的模式。建議本所可積極與 Telcordia 建立更多的合作關係，在技術與管理上獲取 Telcordia 的經驗。

### 4.2. 原始程式碼

較為可惜的是這次技術引進案並不包括 NML/EML 模組的原始程式碼，雖然 Telcordia 對所定義出來的 CORBA IDL 做說明，對於我們所詢問到內部實作的部分也都毫不保留的解說，但整個 MONET 計劃除了資訊模型的訂定，內部實作也是核心技術所在，若有機會一窺原始程式碼的奧秘，相信對系統的整體實作將更能掌握。

### 4.3. 世界級的網路維運技術

此次赴美實習期間，非常難得有機會參觀世界知名的 AT&T 公司，除了參觀 AT&T 的網路維運支援系統(如負責網路維運的 System X、負責網路供裝的 NetPlan、負責障礙處理的 RuBy 等)，並與 AT&T 研發人員對談，獲益良多。

隨著電信市場的全面開放，中華電信面臨前所未有的激烈挑戰。而



電信技術的進步發展，網路服務提供者可以快速引進便宜有效率的網路設備以提供服務，像中華電信這種既有的電信公司(ILEC)與新興的電信業者(CLEC)，最大的差別在於中華電信擁有許多網路維運支援系統(OSS)，但是以美國 AT&T 電信公司為例，其對網路維運支援系統的做法與態度上，非常值得中華電信學習。

在建設電信網路之前，AT&T 會針對其企業內部流程與維運需求，思考如何設計網路維運支援系統(OSS)以符合企業需要，提昇公司競爭力。所以 AT&T 會花許多時間分析其 OSS 所需的功能，基於這些需求制定對網路設備的介面規格，所以 AT&T 提出其明確清楚的網路(PDH、SONET、DWDM 等)整合介面的規格，讓網路設備供應商有所依循，利用其 buying power 要求網路設備供應商提供符合 AT&T 的網路整合介面，如此所購買的網路符合其維運支援系統(OSS)的需求，也由於網路整合介面的一致，則其 OSS 無須作變動即可整合不同廠商的網路。另外從 AT&T 動則數百人開發 OSS 系統(如負責網路維運的 System X、負責網路供裝的 NetPlan 等)，可見其對 OSS 的重視。

如何建立正確有效的網路維運作業程序，並進行配合相關公司組織與流程的改造(reengineering)，開發網路維運支援系統(OSS)以符合企業需要，如此才能提昇公司競爭力，創造公司的價值。

#### 4.4. 光網路服務

目前由於網際網路數據頻寬需求的暴增，傳輸品質的要求持續擴大，不論是骨幹網路或接取網路都是以光纖作為寬頻傳輸的最佳媒介。此行赴美研習 DWDM 相關的網管技術，深知 DWDM 必為日後骨幹網

路之主要傳輸技術，採用新一代光電元件 DWDM 設備及 DWDM 的技術，不僅可確保我中華電信先前光纖建置的投資，同時更能在既有的光纖媒介上，加增相關設備，擴增頻寬為原來的數十倍甚至百倍，而無須再重新佈放光纜。而新一代的光網路規劃建設，不論是硬體或軟體的建設，更需要有長遠的眼光與周詳的考慮，如何符合當前使用者的需求，如何因應未來環境的競爭，如何降低建置營運的成本，如何提高服務的品質，網路如何妥善的管理？都是目前我們所需思考與面對的課題。

新的民營固網業者固然沒有歷史的包袱，可以採用先進的設備與技術；然而相對的，他們也沒有我們現有的客戶與市場優勢，如何化危機為轉機，保持現有的領先優勢，更進一步開發新的客源，創造新的優勢，端賴我們是否能提供更好、更穩定的網路服務品質，及更具競爭性與低廉的網路服務價格而定。如此，才能在往後的網路服務競爭中立於不敗之地。

光纖在傳輸上所具有的高頻寬、低損耗、高保密性的優點，而 DWDM 系統更能以光纖為傳輸實體，在不同的波長上，承載不同的比次速率與格式的信號，在 DWDM 系統上可架構不同的服務內容，諸如 SDH、ATM、Video 或 IP 等，如此不僅增加頻道的容量，網路服務內容的彈性，同時也降低了傳輸的成本。

而除了骨幹網路光纖化外，在接取網路方面，更需加快光纖延伸到家(Fiber To The Home)建置的服務速度，對於能大量穩定傳輸資訊的光纖網路，以往只鋪設骨幹或只到社區的光纖目前已逐漸不敷使用，因此

接取網路逐步的光纖化，是條必行之路。要提供客戶良好的傳輸品質，提高電路可用率至 99.99% 以上，纜線的全線光纖化，光供裝的工法是不可或缺的。對於重要客戶，我們可以提供 SLA 的服務品質保證，提供備援路由或系統的自動保護切換，提高電路可靠率幾至 100%，而對以往接取網路，例如 T1/E1 專線所使用電纜 HDSL、POR、BB512 等工法，則應逐步以光供裝工法汰換，以提高網路服務品質並加強競爭性。目前我中華電信在北區分公司已建置兩千多個光纜到客戶端的供裝點，而其他固網公司則才正在作初期的建設，要保有我們領先的態勢，則要加快我們規劃與建置的腳步，以避免被其他固網公司迎頭趕上，而喪失相對的競爭優勢。