

行政院所屬各機關因公出國人員出國報告書
(出國類別：訓練)

赴義大利接受台鐵環島同步光傳輸網
路設備訓練報告

| | |
|--|---|
| 出國地區：義大利 | 服務機關 交通部台灣鐵路管理局 |
| 出國期間：民國八十九年十一月 二十七日至八十九年 十二月二十七日 | 出國人員： 工務員 周賢杰 助理工務員 高國輝 幫工程司 劉裕庭 工務員 蘇修賢 幫工程司 陳昌一 技術助裡 盧明照 |
| 報告日期：九十年三月八日 | |

H4/
c09000639

目 錄

| | |
|---------------------|----|
| 壹、 依據 | 2 |
| 貳、 訓練之地點及期程 | 2 |
| 參、 受訓人員名單 | 2 |
| 肆、 訓練過程概述 | 3 |
| 伍、 訓練之目的 | 5 |
| 陸、 本局電信系統建設概述 | 6 |
| 柒、 學習內容 | 6 |
| 捌、 受訓心得 | 32 |
| 玖、 建議事項 | 34 |
| 壹拾、 上課剪影及設備縮影 | 36 |

壹、依據

本次赴義大利接受同步光纖傳輸設備訓練，係依據本局『環島同步光傳輸網路招標規範』之規定，立約商須負則安排本局人員赴國外製造廠接受訓練。本案經呈報行政院後，於八十九年十一月十七日以台 89 交字第 32769 號函核准本案。

貳、訓練之地點及期程

一、訓練地點：義大利米蘭

二、訓練期程：自八十九年十一月二十七日至八十九年十二月二十七日

參、受訓人員名單

| 單 位 | 職 稱 | 姓 名 |
|---------------------|---------|-------|
| 台灣鐵路管理局 電務處電訊課 | 工 務 員 | 周 賢 杰 |
| 台灣鐵路管理局 電務處電訊中心 | 助理工務員 | 高 國 輝 |
| 台灣鐵路管理局 電務處台北電務段 | 幫 工 程 司 | 劉 裕 庭 |
| 台灣鐵路管理局 電務處彰化電務段 | 工 務 員 | 蘇 修 賢 |
| 台灣鐵路管理局 電務處高雄電務段 | 技 術 助 理 | 盧 明 照 |
| 台灣鐵路管理局 電務處花蓮電務段 | 幫 工 程 司 | 陳 昌 一 |

肆、訓練過程概述

| 日期 | 課目 | 概要 |
|-----------|---|---|
| 89年11月27日 | 去程 | 由台北搭乘中華航空前往受訓目的地義大利。 |
| 89年11月28日 | 去程 | 於下午抵達義大利羅馬，隨後轉搭義大利國內航線前往 ALCA TEL 公司位於米蘭的訓練中心。 |
| 89年11月29日 | SDH (Synchronous Digital Hierchery 設計概述 | <p>主要內容有以下各點：</p> <ol style="list-style-type: none"> 1. 現今世界的傳輸大環境概況。 2. 網路架構。 |
| 89年11月30日 | Network Survivability | <ol style="list-style-type: none"> 1. 網路保護的原理。 2. 次網路連接保護(SNCP)(Sub Network Connection Protection)。 3. 傳輸路徑保護(Trail Protection)。 4. 環狀網路保護(Ring Protection) 5. 網路互連架構(Network Interconnecting Architecture)。 6. 網路故障後之回復(Restoration) |
| 89年12月1日 | 分波多工器 (DWDM) 簡介 | 分波多工器之介紹及基本原理 |
| 89年12月2日 | 研討 | 過去3天課程內容之討論 |
| 89年12月3日 | 星期天例假日 | |
| 89年12月4日 | 1641 同步多工器 | 實體架構及多工原理 |
| 89年12月5日 | 1641 同步多工器 | 各個插槽之介紹及設定 |
| 89年12月6日 | 1641 同步多工器 | 環路架構(Ring)各個單體之設定 |
| 89年12月7日 | 1641 同步多工器 | 電路之設定及電路之保護 |
| 89年12月8日 | 1641 同步多工器 | Craft Terminal 對系統之管理與設定 |
| 89年12月9日 | 研討 | 過去5天課程內容之討論 |
| 89年12月10日 | 星期天例假日 | |

| | | |
|-----------|---------------|--|
| 89年12月11日 | 1660SM 同步多工器 | 實體架構及多工原理 |
| 89年12月12日 | 1660SM 同步多工器 | 各個插槽之介紹及設定 |
| 89年12月13日 | 1660SM 同步多工器 | 環路架構(Ring)各個單體之設定 |
| 89年12月14日 | 1660SM 同步多工器 | 電路之設定及電路之保護 |
| 89年12月15日 | 1660SM 同步多工器 | Craft Terminal 對系統之管理與設定 |
| 89年12月16日 | 研 討 | 過去5天課程內容之討論 |
| 89年12月17日 | 星期天例假日 | |
| 89年12月18日 | 網管架構及數據通道網路介紹 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 網路管理軟體之介紹 2. 數據通道網路之介紹： <ol style="list-style-type: none"> a. OSI 的 IS-IS 路由協定 b. 路由器在網路之應用 c. 如何分割網路以符合 IS-IS 路由協定 d. 如何保護數據通道網路、如何設計備用數據通道網路 e. 網路協定下不同的裝備應用 f. 標準之數據通道網路架構 |
| 89年12月19日 | 網路同步 | <ol style="list-style-type: none"> 1. 同步的基礎 2. 同步網路階層 3. SSM Byte 在網路中之功能 4. 同步網路之管理 5. 時鐘源之保護機制 6. 有關同步之標準 |
| 89年12月20日 | 1660SM 操作複習 | |
| 89年12月21日 | 課程複習 | |
| 89年12月22日 | 檢討與測驗 | |
| 89年12月23日 | 測驗解答與討論 | |
| 89年12月24日 | 星期天例假日 | |
| 89年12月25日 | 返 國 | 因義大利當天下大雪，致班機延誤，於荷蘭阿姆斯特丹住宿 |
| 89年12月26日 | 返 國 | 於阿姆斯特丹搭華航班機回國 |
| 89年12月27日 | 返 國 | 於下午5時抵達桃園機場 |

伍、訓練之目的

為配合鐵路行車運轉相關資訊之連繫（包括行車調度無線電話系統、CTC、自動列車防護系統、電力遙控、售票網路、旅客服務資訊系統……等）相關應用及因應未來行車保安設備改善計劃及各項重大工程等需要，本局於 88 年間完成環島同步光傳輸網路之規劃設計，同年公告招標，並於 89 年 2 月 14 日由台灣國際標準電子公司得標，乃依據招標規範之規定，辦理本次國外訓練。

本次計畫訓練項目有下列四項：

- (一)系統說明
- (二)系統設計
- (三)網路規劃
- (四)操作、管理與維護

本案同步數位光傳輸系統架構除與本局既有傳統 PDH 電信傳輸設備完全不同外，其最主要之處乃在於 SDH 傳輸系統增加之網路管理功能，可靈活系統電路之調度、路由保護、提升系統穩定及縮短、簡化維修時間等特性。

基於上述網路管理及其相關功能不同於既有設備，故本次訓練之預期效果如下列所述：

- 1、對於同步數位光傳輸系統能有深入了解。
- 2、配合國內訓練，協助培訓有關人員。
- 3、於系統架構完成後，擔任維運管理之工作。

陸、本局電信系統建設概述

本局於 1986 年配合台北市區鐵路地下化工程，由原延平北路之管理局本部遷至台北新站大樓，而為維持本局既有行車及通信系統之運作正常及汰換老舊之同軸載波設備，乃完成台北～基隆間光纖電纜之佈放及該區段之類同步 (PDH) 傳輸系統之架設，其後並陸續完成台北～屏東間之光纜佈放及類同步傳輸系統之架設。

柒、學習內容

一、傳統類同步(PDH)傳輸系統已逐漸淡出通信傳輸舞台

80 年代中期以來，光纖通信在電信網路中獲得了大規模應用。其應用場合已逐步從長途通信、中繼通信轉向用戶網路。光纖通信的廉價、優良的頻寬特性正使之成為電信網路的主要傳輸主流。然而，隨著電信網路的發展，傳統點對點傳輸的類同步系統(PDH)已暴露出以下無法改變之缺點：

- (一)只有地區性的數位信號速率和碼框結構標準，沒有世界性標準，造成國際互通的困難。
- (二)沒有世界性的標準光介面規範，導致各製造廠自行開發的專用光介面大量滋生。這些專用光介面無法在光傳輸路由上互通，唯有通過光電轉換成標準電介面才能互通，大大限制了網路互聯應用的靈活性，也增加了網路複雜性和營運成本。
- (三)多工結構難以從高速信號中識別和提取低速支路信號。為了高低速電路之轉換，唯一的方法就是將整個高速線路訊號一層一層地解多工到所要取出的低速支路信號等級，上

下支路訊號後，再一層一層地多工至高速線路訊號進行傳輸。多工結構不僅複雜，也缺乏靈活性，硬體數量多，高低速訊號轉換費用相對提高。

(四)網路運作，管理和維護(OAM)主要靠人工測試。而今天，以人工作業之方式已成了進一步改進網路維運管理能力的重要障礙，無法適應不斷演變的電信網路要求，更難以支援不斷更新的網路。

(五)由於係建立在點對點傳輸基礎上的多工結構，缺乏靈活性，使頻道設備的利用率很低，非最短的路由佔了業務流量的大部份。無法提供最佳的路由選擇，也難以經濟有效地提供不斷出現的各種新服務。

顯然，要想在原有技術體制和技術框架內解決上述這些問題是事倍功半、得不償失的。是故經由技術體制上進行根本的改革及以微處理器支援的智慧網路單元的出現，使網路技術體制上產生重大變革，進而發展出另一種結合了高速大容量光纖傳輸技術和智慧網路技術的新架構——同步數位光傳輸網路(SDH, Synchronous Digital Hierarchy)。

二、電信傳輸市場的主流——同步數位光傳輸網路(SDH)

由於同步數位光傳輸網路標準規範係由國際性組織ITU (International Telecommunication Union) 所製定，故各製造商所生產之設備均符合國際標準之規定，網路間容易互連。更由於係應用先進之微處理器，不但減少了多工階層，更大大提升傳輸容量，故近年來已成為電信傳輸市場之主流，普遍由世界各大電信公司所採用。

茲將同步數位光傳輸網路(以下簡稱SDH)有關設計、原理及相關功能及特性概略說明如下：

(一)同步數位光傳輸網路(以下簡稱 SDH)設計

1、SDH 於設計時需考量下列參數：

A、光介面之參數

a、MIN and MAX LAUNCH

(傳送端的最大和最小發射功率)

b、MIN SENSITIVITY

(接收端的靈敏度，低於此刻度會有過高之誤碼率 BER)

c、RECEIVED OVERLOAD

(接收端之超載刻度，超過過久會造成光卡片老化)

d、OPTICAL PATH PENALTY

(接收端之功率損耗，包括光元件本身之反射，雜訊干擾，零件老化等因素)

e、MAX DISPERSION

最大可容忍色散刻度，在 SDH SPAN DESIGN 計算時我們通常可以省略。

B、光纖參數

a、DISTANCE

距離，從發射端到接收端的距離(單位 KM)。

b、DISPERSION

色階色散損失在 G.652 光纖跑 1550nm 波長時是 18+/-2PS/MNM-KM，G.653 光纖 1310nm 波長時是 3.5PS/NM-KM，而極化色散(PMD)損失則是兩者都取 0.5PS/ $\sqrt{\text{KM}}$

c、SIDPERSION POWER PENALTY

光波進入接收器時引起的一些損失補償。

| 光纖種類 | G.652 | G.653 |
|-----------|-------|-------|
| 1310nm 光波 | 1.0dB | 2.5dB |
| 1550nm 光波 | 2.5dB | 1.0dB |

d、FIBER ATTENUATION

光纖本身衰減對，1310nm(2ND WINDOW)的光波來說，衰減值是 0.30~0.35dB/KM，對於 1550nm(3RD WINDOW)的光波來說，衰減值是 0.2~2.5dB/KM。

e、AGEING FACTOR

光纖的老化，估計值是 0.006dB/KM。

f、CABLE REPAIR

光纖的修復損失，以 20 年來計算，估計值是 0.0007dB/KM。

g、ODF ATTENUATION

連結光纖配線架損失，每一個接續點是 0.5dB。

h、SPLICES ATTEUATION

光纖接續損失，一般光纜是 3KM 一捆，而每接續一次就損失 0.007dB，所以可換算為 0.023dB/KM。

i、CLIMATIC ATTENUATION

氣溫影響衰減，如果光纜是佈放在地下，就不需考慮這一項，但如果光纖是佈放在空中時，從-40°C~+50°C 度時，將會有 0.01dB/KM 的衰減。

j、SYSTEM MARGIN

系統餘裕度，這是網路供應者(OPERATOR)在寫規格時加入的參數，為的是使系統有更多的衰減空間，一般來說從 3dB~6dB 都有。

2、SDH 光傳輸區段 (SPAN) 之設計

在考慮 SDH 的 SPAN 設計時，通常不需要考慮到色散的問題，因為單一波長的 SDH 介面對色散的容忍度比 DWDM 系統高很多，而且在色散係數到達限之前，衰減值早已超過系統容忍度了，所以對 SDH 而言“衰減”是比較需要考慮的。設計時以前述參數作為計算 POWER

BUDGET 及 OVERLOAD 兩項之依據，從而求得光傳輸區段。

A、POWER BUDGET

POWER BUDGET 的計算是在最差的情況下，以及在任意的環境中都能使光功率滿足系統條件的計算方法，可以使系統維持正常運作不會有過高的誤碼率 (BER)。

$$\text{POWER BUDGET(PB)} = [\text{光卡最小發射功率} - \text{最小靈敏度} - \text{系統餘裕度} - (\text{光纖配線架接續損失} \times 2)] > \text{總衰減} = \text{距離} \times (\text{光纖本身損失} + \text{光纖接續損失} + \text{光纖老化損失} + \text{氣溫影響損失} + \text{光纖修復損失})。$$

B、OVERLOAD

OVERLOAD 是在計算接收端能接收的最大功率，使得裝備能夠正常運作並維持穩定度及壽命。

$$\text{OVERLOAD(O)} = [\text{最大發射功率} - (\text{光纖配線架接續損失} \times 2)] - \text{距離} \times (\text{光纖本身損失} + \text{光纖接續損失})。$$

C、DISPERSION

DISPERSION 在 SDH 的計算中大部分作為參考用。

$$\text{DISPERSION(D)} = (\text{色階色散參數} \times \text{距離}) + (\text{極化色散參數} \times \sqrt{\text{距離}})。$$

3、本局 SDH 系統之設計

本局 SDH 系統係以業務需求及地理環境作為系統架構之主要考量並以階層型環路架構設計。骨幹環路係由台北、桃園、新竹、台中、彰化、嘉義、高雄、台東新站及宜蘭站等八個主要業務車站構成 (如圖 1)。依據業務性質之不同，骨幹環路內又分為交換話務、寬頻非同步傳輸話務、專線話務及本局業務話務等四種話務環路。而區域環

路則依據地理環境之關聯性，各有台北、桃園、台中、嘉義、高雄、及宜蘭等八個區域環路（如圖 1），每個區域環路均經由兩個骨幹環路車站和骨幹環路相聯。

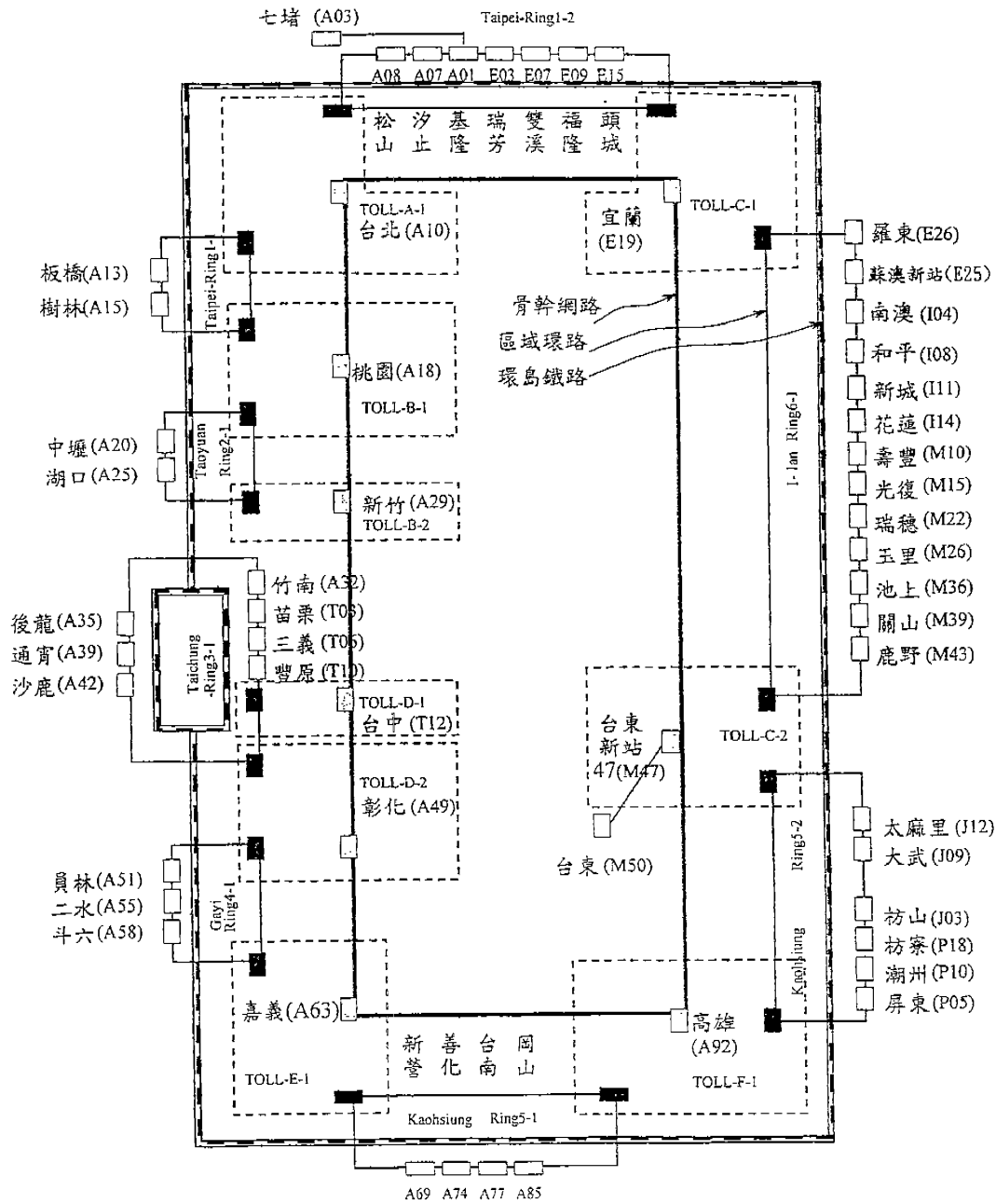


圖 1

4、階層型架構之特性及優點如下所述：

A、組成特性

- a、對話務的安排除了本地的需求還考慮到整體地理因素的影響。
- b、在每一個區域連到另一個區域間需要一個 HUB 節點（為了增加可靠性，可以增為兩個獨立的 HUB 節點）。
- c、在區域內的話務由本地網路管理（或稱為 LOCAL RING）
- d、在區域外的網路由傳輸網路管理（一個或兩個以上的傳輸網路，也可以稱為 BACKBONE）

B、優點

- a、每一個 RING 都可以獨立考慮（在新加入 RING，站台，或是話務成長時，都非常容易規劃）。
- b、網路管理架構和操作環境都是因循同一種結構（環狀架構）。
- c、服務品質容易控制（走相同的傳輸路徑）。

(二)同步數位光傳輸網路工作原理

1、同步數位光傳輸網路構成單元

同步數位光傳輸網路應用最基本的二個網路單元為終端機多工器(Terminal Multiplexer，如圖 2)和分插多工器(Add & Drop Multiplexer，如圖 3)。

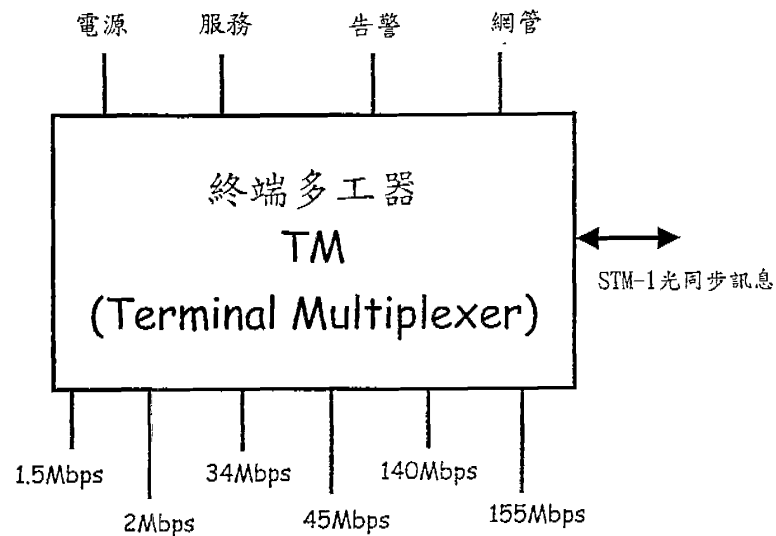


圖 2

A、終端多工器

終端多工器位於網路之終端，主要功能係將低速(1.5,2,34→155Mbps)的電信號多工成為 SDH STM-1 的同步數位光傳輸格式的資料塊型式傳送，相反的在接收信號時，訊息藉由設備解多工的功能將光信號轉變為電信號，因係位於網路終端節點，故只由單邊傳送訊號。

B、分插多工器

而分插多工器則位於網路兩終端之間之信號送收點，它將同步多工和數位交叉連接功能綜合於一體，具有靈活的將各種低速信號(1.5,2,34~155Mbps 等電氣信號)做 Add (由低速端多工為高速)和 Drop (由高速端解多工為低速)的功能。同步數位光傳輸系統，在光纖上進行同步訊息傳輸，具有多工(Multiplex)和交叉連接(cross connect)的網路特性。它有全世界規範統一的網路節點介面(Network Node Interface)，從而簡化了信號的互通以及信號的傳輸、多工、交叉連接和交換過程。

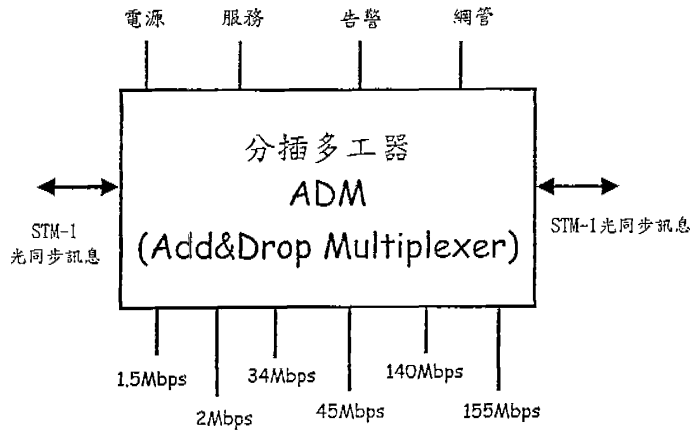
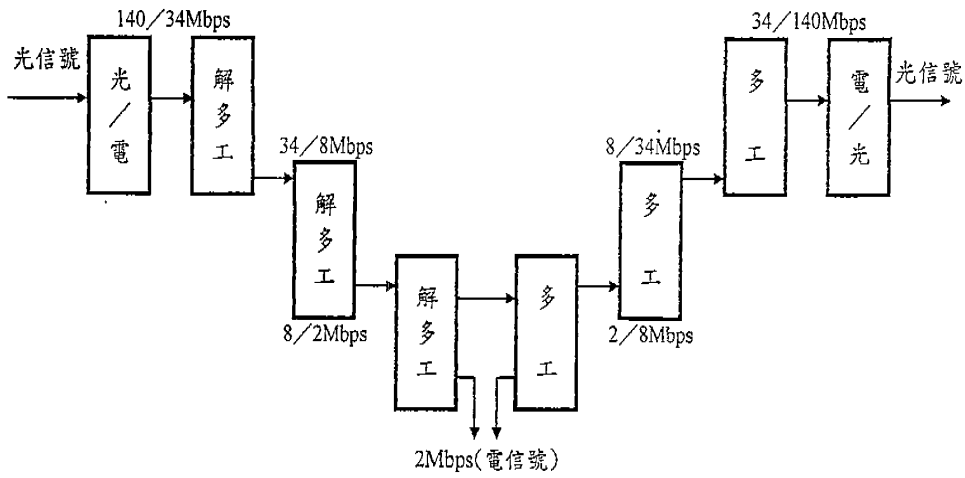


圖 3

2、同步數位光傳輸網路 (SDH) 與傳統類同步數位傳輸網路 (PDH) 對於低速訊號多工及解多工之比較：

以一個 140Mbps 信號中要作 Add 和 Drop 一個 2Mbps 的訊號為例，由圖 4 中可知，在傳統 PDH 類同步系統中，為了從 140Mbps 訊號中解多工一個 2Mbps 的訊號，必須經過 140/34Mbps，34/8Mbps 和 8/2Mbps 三次多工、解多工的流程，而 SDH ADM，可藉由軟體的應用，直接一次作好一個 2Mbps 低速訊號多工及解多工，既簡單又方便。由此即可清楚得知同步數位光傳輸網路在多工及解多工功能上之優越性。

傳統PDH之解多工多工方式



同步數位光傳輸設備SDH多工解多工方式

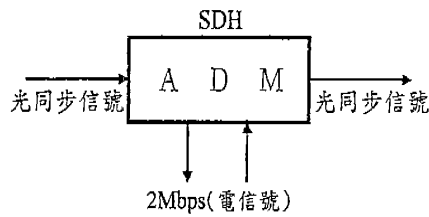


圖 4

(三)同步數位光傳輸網路應用架構：

由上述兩個基本單元組成之典型網路應用有多種型式，以下僅列舉點對點架構（圖 5）、線型架構（圖 6）及環狀架構（圖 7）等三種架構供參考。

1、點對點架構

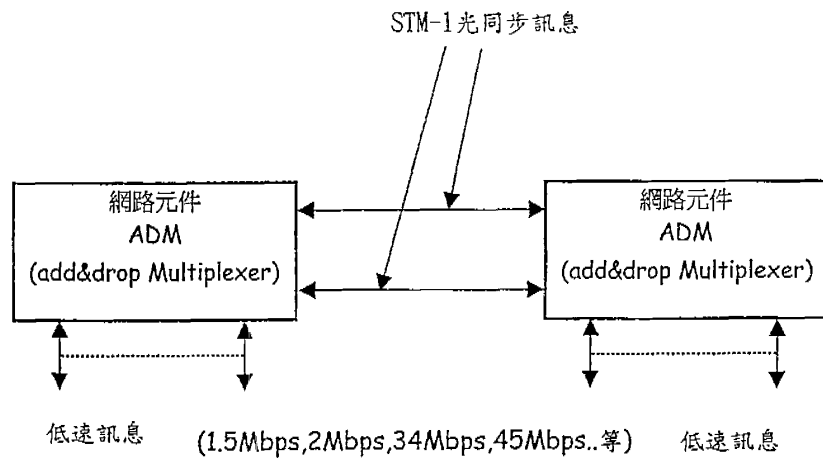


圖 5

2、線型架構

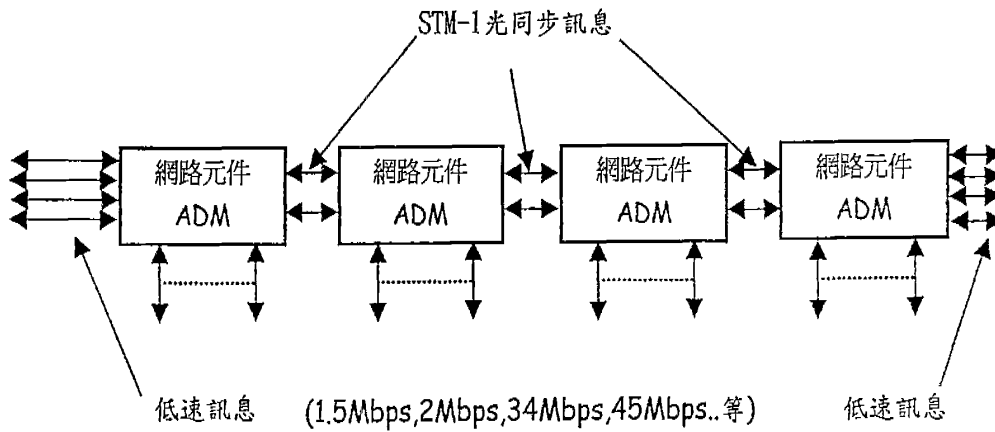


圖 6

3、環狀架構

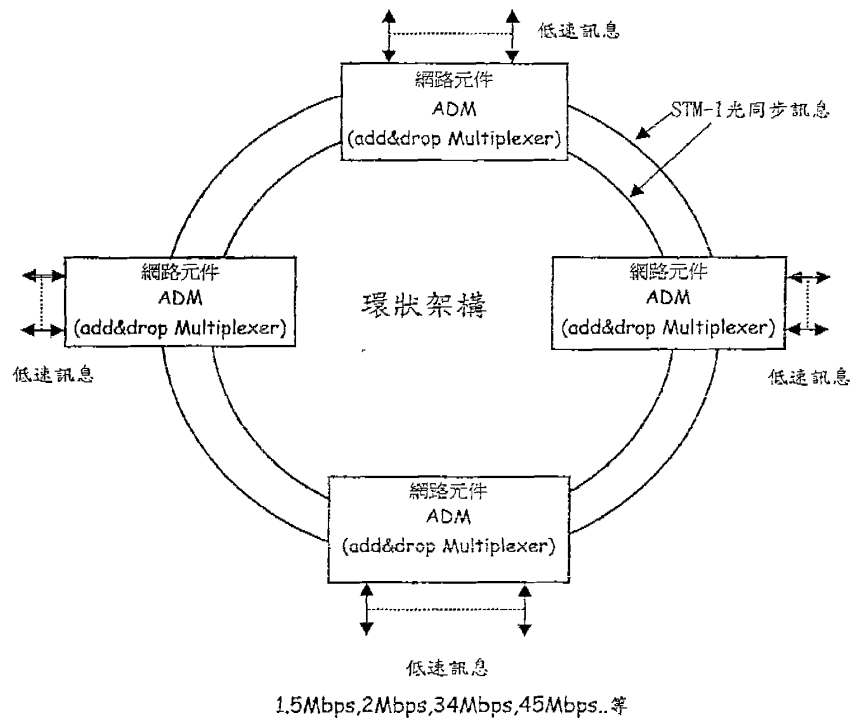


圖 7

(四)同步數位光傳輸網路之同步

網路同步之目的在於使傳輸網路內所有交換節點的時鐘頻率和相位都控制在預先確定的容差範圍內，以便使網路內設備交換節點的全部數位訊息能正確有效的交換。否則會在數位交換的暫存器中產生信息位元的溢出和遺缺，導致數位訊息的滑動損傷，造成數據出錯。由於時鐘頻率不一致產生的滑動在所有使用同一時鐘的系統中都會出現，影響很大，因而必須進行有效控制。

本局同步數位光傳輸網路使用之同步方式為主從同步方式。主從同步方式使用一系列分級的時鐘，每一級時鐘都與其上一級時鐘同步，在網路中的最高一級時稱為基準主時鐘或基準時鐘(PRC)，這是一個高精度和高穩定度的時鐘，該時鐘經同步分配網路分配給下面的各級時鐘。

主從同步方式的主要優點是網路穩定性較好，組成網路靈活，適於樹形結構和星形結構，控制簡單，網路的滑動性能也較好。缺點是對基準主要時鐘和同步分配鏈路的故障很敏感，一旦基本主時鐘發生故障會造成整個網路發生問題。為此，其準主時鐘採用多重備份以提高可靠性。同步分配鏈也儘可能有備用路由。採用分級的主從同步方式不僅與交換分級網路相匹配，也有利於改進全部網路的可靠性。主從式同步網路已在各國獲得廣泛的應用，本局同步網路亦是採取上述主從樹狀架構配置。

(五)同步數位光傳輸網路之保護

1、保護分類

同步數位光傳輸網路之保護可大分為裝備的保護與網路之保護兩種，為便於明瞭，以表二之方式各別陳述之

| | | | | |
|-------------------------------|--|--|---|--|
| 保護種類 | 裝備保護 | EPS(Equipment Protection Switch) 通常用在電介面，可以有 1:1,1+1 及 N:1 模式。 | | |
| | | APS(Auto Protection Switch) 通常用在光介面或是 STM-1 的電介面，只有 1:1 或 1+1 模式。 | | |
| 網路保護 | Trail | 線性 | MS-Trail 也就是 MSP(Multiplex Section Protection)通常和 APS 一起使用。 | |
| | | | VC-Trail 類似 SNCP | |
| | | 環狀 | MS-SPRING(Multiplex Section-Shared Protection Ring)有兩芯光纜及四芯光纜之應用模式。 | |
| | | | MS-DPRING(Multiplex Section Dedicate Protection Ring) | |
| SNCP (Sub Network Connection) | SNCP/I Inherent 模式，偵測到 AU/TU 信號遺失 LOS，告警指示 AIS，或指標遺失 LOP 即會切換。 | | | |

| | | | |
|--|--|-------------|---|
| | | Protection) | SNCP/N Non-Intrusive 模式，除了 Inherent 之功能外，又多加了偵測追蹤識別信號不匹配 TIM，裝而未用信號 UNEQ，信號衰減 SD 的功能。 |
|--|--|-------------|---|

表二

2、本局網路係以 MS-SPRING 作為骨幹網路之保護而以 SNCP 作為區域網路之保護，為此，再將 MS-SPRING 及 SNCP 這兩種最常用網路保護方法以下表（表三）作一比較。

| 保護種類 | SNCP | MS-SPRING |
|-------|------------------------------|---|
| 控制結構 | 硬體偵測 (LOS, SD...) | |
| 切換時間 | 較快 (Switch Time<50ms) | 較慢 (50ms<Switch Time+Span Delay<100ms) |
| 回復 | 固定 (5 分鐘) | 可以自定 (從 0~300 秒) |
| 保護等級 | VC-12 | VC-4 |
| 話務安排 | 較容易 | 較困難 |
| 節點限制 | 無 | 最大 16 個節點 |
| 話務容量 | STM-16 | 大於 STM-16 |
| 頻寬利用率 | 較差 | 較好 |
| 應用範圍 | 區域接續環 (Local Access Ring) | 骨幹環 (Backbone Ring) |

表三

3、圖例

A、SNCP 保護架構 (圖 9)

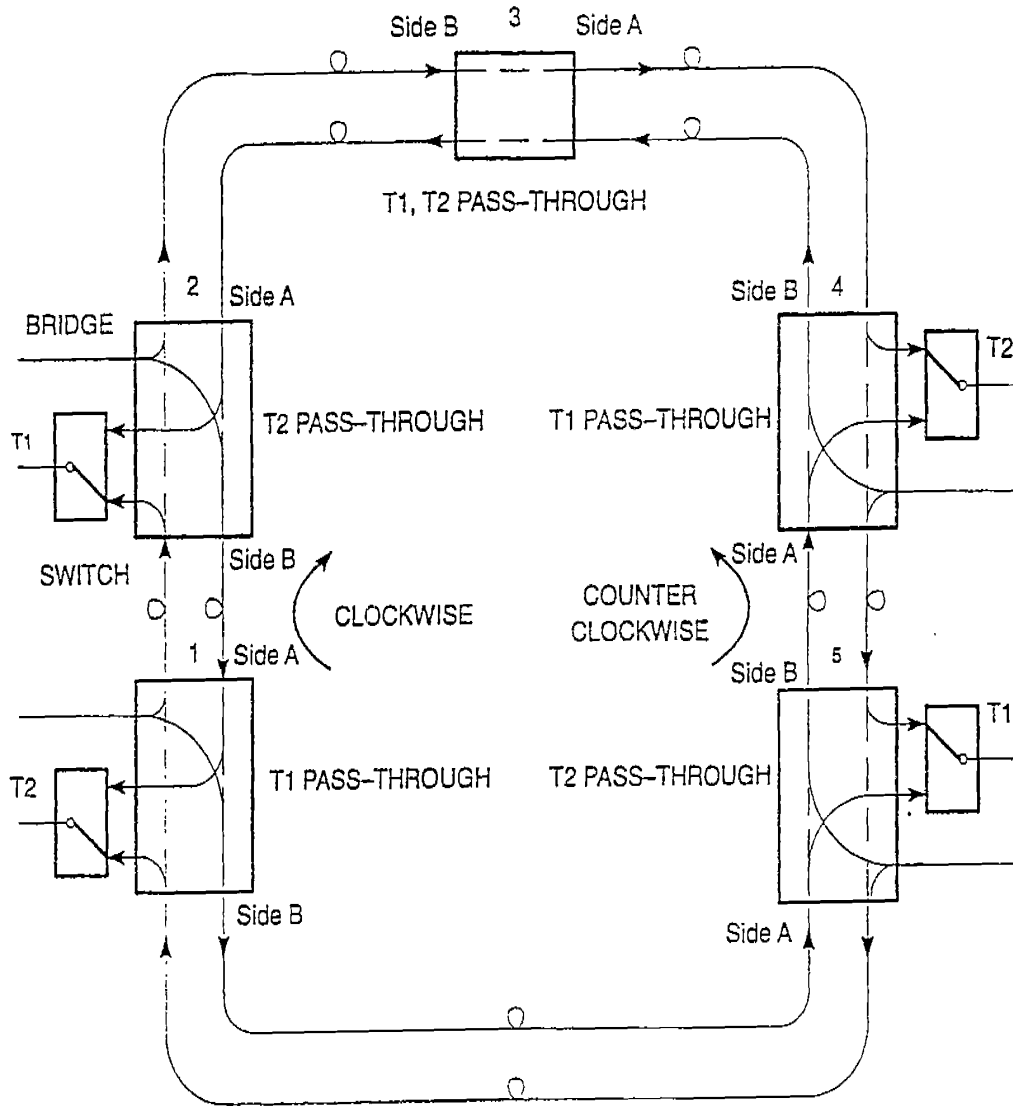


圖 9

正常工作時，是以順時鐘方向 (CLOCKWISE) 之路由傳送訊息

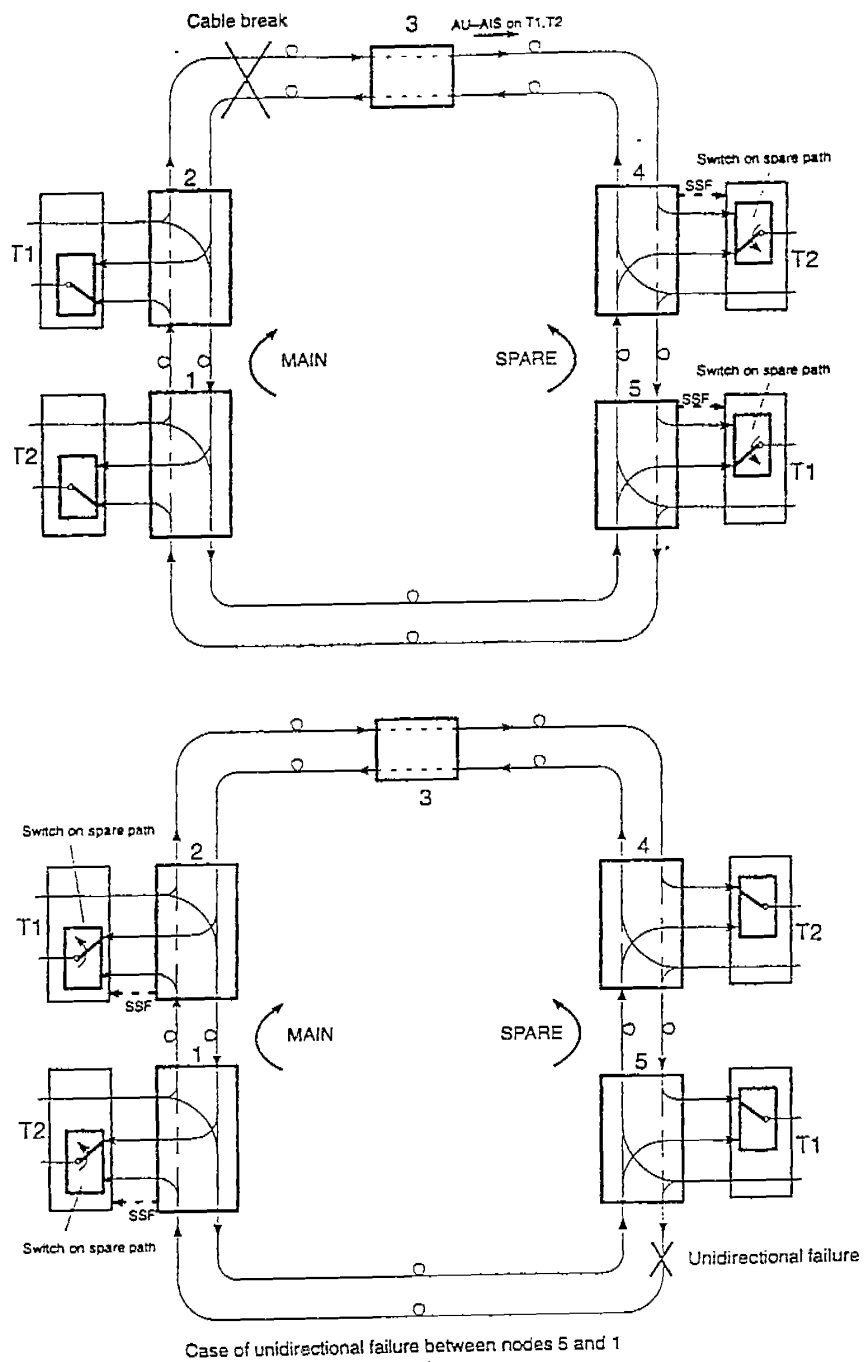


圖 10

當光纜切斷故障時（如圖 10 打“X”所示），即藉由設備之 bridge 和 switch 的動作，由工作路由切換至保護路由（SPARE），使網路能繼續運作。

B、2 Fiber MS-SPRING 保護架構

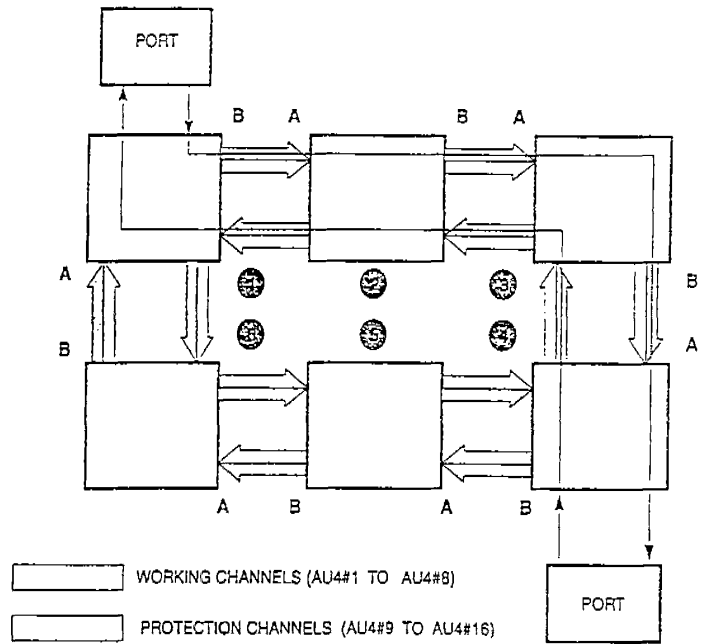


圖 11

正常工作時，是以工作路由（WORKING CHANNELS）作為傳輸路由（如圖 11 所示）

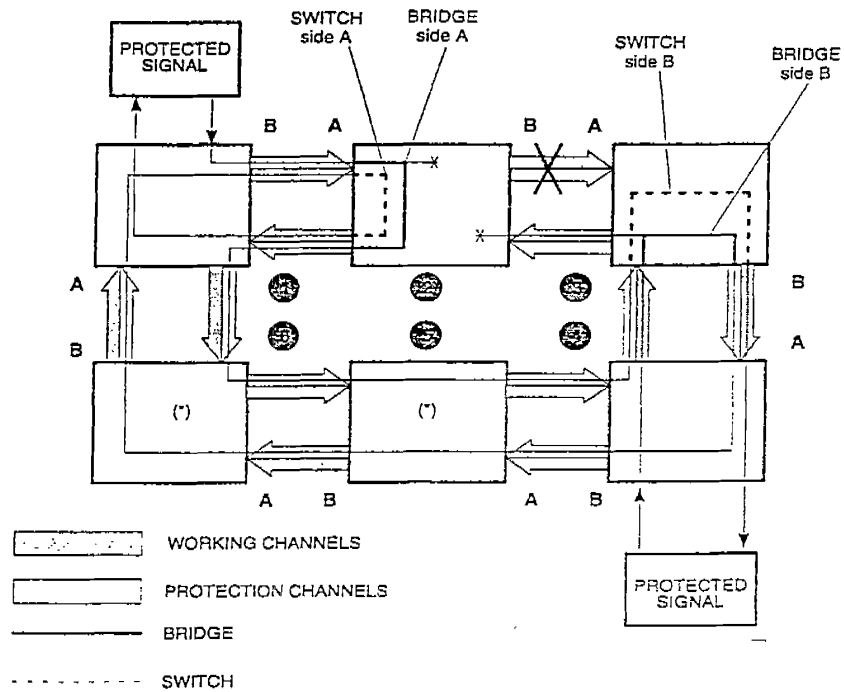


圖 12

當光纜切斷故障時（如圖 12 打“X”所示），即藉由設備之 bridge 和 switch 的動作，由工作路由切換至保護路由（PROTECTION CHANNELS），使網路能繼續運作。

C、骨幹環路（2 Fiber MS-SPRING）與區域環路（SNCP）之間環路互連之保護

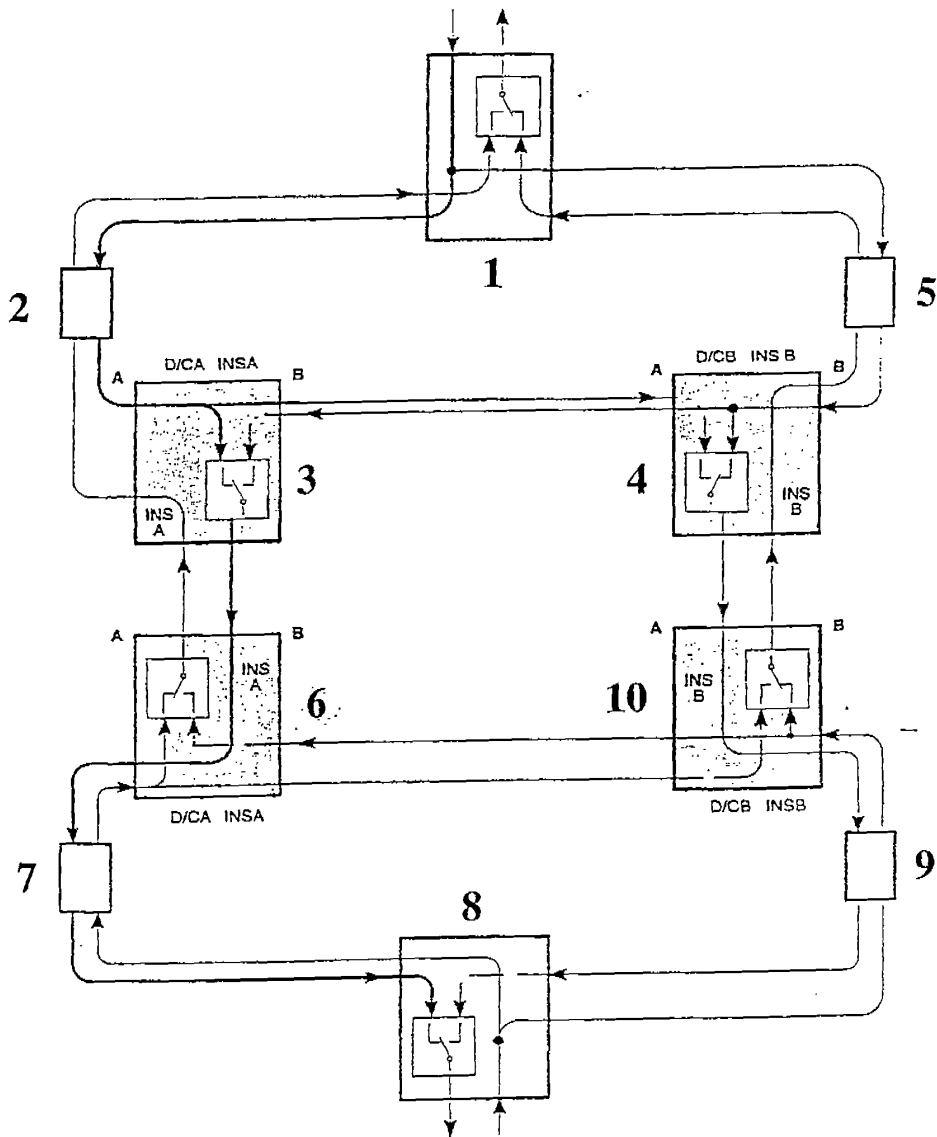


圖 13

本局網路架構在骨幹環路與區域環路間以四個 SDH 網路單元(如圖 13 中,網路單元:3,4,6,10)作 Drop & Continue 之保護【如圖 13, 骨幹環路 (1→2→3→4→5), 區域環路 (8→9→10→6→7)】。

- A、當網路正常時,訊號傳送路由為 1→2→3→6→7→8。
- B、當骨幹網路(上方網路)網路單元 2 和網路單元 3 之間發生故障時,則訊號傳送路由改為 1→5→4→3→6→7→8。
- C、當區域網路(下方網路)網路單元 6 和網路單元 7 之間也發生故障時,則訊號傳送路由改為 1→5→4→10→9→8。

雖然上下環路同時發生故障,但經由於 Drop & Continue 功能之運作,使傳輸路不中斷,對路由做絕對之保護。

(六)同步數位光傳輸網路之管理

同步數位光傳輸網路的管理應用多層分佈式階層,基本上可分為網路管理層(Network Manage Layer)、網路單元管理層(Element Manage Layer)及網路單元層(Network Element)三部份(如圖 14)。

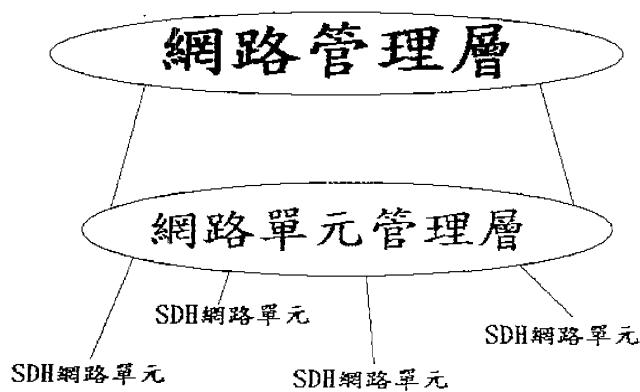


圖 14

1、網路管理層

網路管理層負責對所轄網路進行集中式或分佈式控制管理，例如新電路的提供、網路監視及網路分析統計等功能。而維護、告警及保護功能則可以分配給各子區域管理中心來控制。

2、網路單元管理層

直接控制網路單元，其管理控制功能直接由網路管理層分配，諸如保護之規劃、告警過濾等功能。主要目的是在於減少網路管理層之訊息流量，防止網路管理層過載，進而縮短網管連繫回應時間。

3、網路單元

網路單元本身一般也具有部份管理功能，係直接由網路管理系統下載，使網路單元具有很強的功能，以便於各種事件發生時即時回應，使傳送之訊號不受影響。

4、網路管理各項功能

A、性能管理

性能管理主要提供有關通信設備狀況、網路或網路單元（以下簡稱 NE）效能的報告和評估。主要作用是收集各統計數據用於監視或校正網路、網路單元或設備的狀況和效能，並幫助進行規劃和分析。其任務有三項：

- a、性能監視：連續追蹤系統、網路或服務活動，以便收集數據決定性能優劣。它包括業務量狀態監視和業務量性能監視功能。
- b、性能控制：主要包括業務量控制和業務量管理功能。前者涉及人工和自動網路管理業務量控制的

應用、修改和撤銷。後者涉及網管功能的支持功能和活動，例如網管數據庫的建立和更新等。

- c、性能分析：對性能數據進行附加處理和分析以便評估實體的性能水準。

B、故障（或維護）管理

故障（或維護）管理指能夠對不正常的網路運作狀況或環境條件進行檢測、隔離和校正的一系列功能。諸如：

- a、告警監視：能隨時監視 NE 故障的發生，並能確定故障的性質和嚴重程度。
- b、故障定位：當初步故障訊息不足以完成故障定位時，可以應用附加的故障定位程序，即使用內部或外部的測試系統來完成故障定位功能。
- c、故障校正：網管中心可以要求 NE 開始或結束熱機備用系統的轉換。
- d、測試功能：有兩種方法，一種是由網管中心指定 NE 完成電路或設備特性的分析，處理過程完全在 NE 內進行，結果自動報告給網管中心。另一種由網管中心完成測試分析，此時網管中心僅要求 NE 提供電路或設備的接取，與 NE 之間沒有其他訊息交換。

C、配置管理

配置管理關聯網路的實體安排，主要實施對 NE 的控制、識別和數據交換，為傳送網路增加或取消 NE 和通道／電路。主要功能有：

- a、供給功能：供給功能由一些使設備投入服務所必須的程序組成。一旦設備可以投入服務時，透過網管中心一定之程序開始執行。供給功能還能控制設備的狀況，諸如處於服務狀態、退出服務、

備用或保留。典型供給功能有 NE 配置，NE 管理和 NE 數據庫管理等。

- b、NE 狀態和控制：網管中心能夠依請求監視和控制 NE 的某些功能，例如檢查改變 NE 或其中一部的服務狀態，診斷測試等。典型功能包括一般 NE 狀態和控制、消息處理系統網路狀態、租用電路網路狀態、傳輸網路狀態、以及 NE 安裝功能等。

D、帳目管理

帳目管理能夠度量網路服務的使用及其費用，主要是收集帳目紀錄和設立使用服務的計費參數。主要功能有兩類：

- a、計費功能：網管中心能夠從 NE 收集數據並決定該向用戶收取多少費用。這類功能需要很高的效率和充裕的數據傳送能力，以及能即時處理大量用戶帳目的能力。
- b、資費功能：資費就是用來確定服務收費的一系列數據，它集中存在智能網路內或操作系統內，或者分散在交換機內。資費按照服務類型，起點和終點以及時間劃分為不同類別。上述屬性可以在呼叫期間內改變。

E、安全管理

網管中心應為網路的安全提供周密的安排，一切未經授權的使用者均不得接取網路的系統。典型的安全管理功能有：

- a、平行接取安全：任何用戶只允許管理屬於自己的範圍。
- b、垂直接取安全：對於那些允許接取用戶其內部權限可以由用戶確立和修改。
- c、安全告警：用戶可以接取安全告警。

(七)同步數位光傳輸網路之資料鏈結網路(DCN)

資料鏈結網路在 SDH 網路中扮演的角色不可謂不重要，尤其在網路依靠網管系統的架構下，資料鏈結網路更不能有任何的錯誤是延屬的情形。

IS-IS 是 OSI 定義出來執行或管理 Packet 封包路由的第三層(網路層)機制。一般來說，我們稱有這種機制的裝備為 Router(路由器)或 IS(中間媒介系統)。

Internet 網路上是由很多不同的子網路經過第三層通信協定所串接起來的，所以子網路可以算是第二層。整體來說，Internet 的環境下有兩種裝備 IS 和 ES。

1、IS(中間媒介系統)：

IS 是用來介接兩個子網路用的，因此基本上它的實體介面應該至少能連接兩個或更多的子網路，就像同步數位光傳輸單元(ADM)與高密度分波多工機(DWDM)都是 IS。IS 可以產生、接收或是對封包做安排路線的動作，要注意的是，就算 IS 只連接到一個子網路，在 OSI 的協定標準下，它還是扮演 IS 的角色。

2、ES(終端系統)：

這種裝備只有一個網路介面，因此它必須附在一個子網路下面。基本上，從個人電腦到伺服器都可以算是 ES，ES 可以產生或接收其他 Internet 上的裝備產生的封包。但是他們卻不能對封包做安排路線的動作。

基本上，ES 都得透過 IS 來和其他裝備通訊，ES 不能自己計算規劃路線表，其工作原理如下：

- a、ES A 選擇參考點 IS C。
- b、A 送出封包給參考點 IS B。
- c、IS B 計算最短路徑，傳送給目的地 C。
- d、IS B 同時回送 RD PDU 給 ES A。
- e、A 直接傳送封包給目的地 C(不打擾 B 點)。

3、子網路的種類

A、廣播型子網路

ISO 8802-3[5]也就是所謂的乙太網路。

B、一般型子網路

多點連接型—如 HDLC 高階資料鏈結控制網路。

固定式點對點連接—如 LAPD 連接存取協定，D 通道網路。

動態建立連接—如固定點對點型的 X.25 網路。

動態建立型的 ISDN

NSAP：網路服務存取點，唯一網路位置。

PDU：協定中的資料單元，在同一層協定中，彼此交換的信息。

每一個在 Internet 上的系統都要能產生並傳送 NPDU(包括 NASP 位址)。

基本上，連接同一個區域之 NE 的 IS(換句話說，區域位址相同的 IS)定義為 Level 1. IS，而連接不同區域之 NE 的 IS 則定義為 Level 2 IS。

在同一區域內傳送路線的安排藉由下列兩點來達成

A、L1 Hello PDU 持續傳送。

B、L1 Link state PDUs (LSPs) 尋找最路徑。

區域愈大則 L1 網路元件對路線表所需記載的 L1 LSPs 愈多。同樣的道理 L1 IS 是針對自己的區域做路線的安排，L2 IS 則是針對不同區域間做路線安排，它的動作如同上述的 L1 IS。

除了 IS、ES 之外，IS-IS 通訊協定也允許連結不支援 IS-IS 或 IS-ES 路線安排的裝備，其中 MESA 是用在 Intra-Area 的環境，RAP 則是用在 Inter-Area 的環境。

同步數位光傳輸網路單元 (ADM) 同時擁有幾個網路介面，包括一個乙太網路介面和一些由 DCC (Data Communication Channel) 通道構成的 LAPD 介面。乙太網路介面和 LAPD 介面有固定相同的優先權。ADM 也可被建構成中間媒介系統的 L1 或 L2，同時支援 ES-IS 協定的 IS 部份。

(八) 高密度光分波多工器(DWDM)簡介

由於網際網路使用人口急遽增加及電腦處理資訊速度的不斷提升，對於網路頻寬之需求也越來越大。網路業者受限其既有網路規模及無法於短時間佈放光纜之情形下，最經濟、快速及簡單之高密度光分波多工器（以下簡稱 DWDM）設備的出現，適時解決了上述網路業者之瓶頸。

1、工作原理：

一般傳輸設備將電氣訊號多工後，以單一光波型式藉由光纜之芯線傳送。而 DWDM 之工作原理如圖 15 所示，傳送端可將 n 個光波收集多工轉換為特定波長範圍（1520nm~1580nm）之 n 個虛擬光波通道將 n（一般可分為 8λ，16λ，32λ 等）個 λ 光波多工在一條光纜

芯線上傳送，而在接收端再以相同之工作原理將 n 個 λ 光波解多工。

舉例來說，原來在網路未設置 DWDM 前，一條光纜芯線是以一個 2.5Gbit/s 容量之光波傳送，在設置 DWDM（可收容 16 λ ）之後，在相同之單一芯線內同時傳送 40 Gbit/s（ $2.5\text{Gbit/s} \times 16 = 40\text{Gbit/s}$ ）容量之訊號，也即在不增設傳輸設備及佈放光纜只需投資設置 DWDM 即可達成增加傳送頻寬之目的。

2、工作原理示意圖

DWDM工作原理示意圖

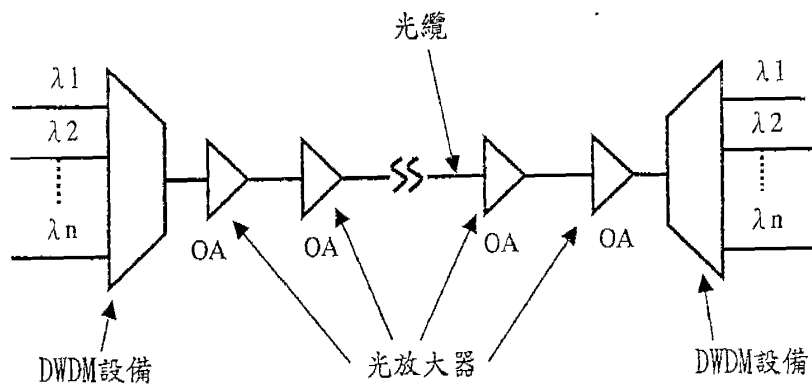


圖 15

本局評估結果，將來完成建置之同步數位光傳輸網路之傳輸容量已符合本局目前及各項建設工程之需求，故並未考慮設置 DWDM，未來將視業務之發展需要再行考量。

捌、受訓心得

一、經過本次受訓後，可以將同步數位光傳輸網路之特點歸納如以下各點：

(一) 同步數位光傳輸網路因具有國際共通之標準 (ITU-T, International Telecommunication Union-

Telecommunication),故對未來與其它公司建置之同步數位光傳輸網路互連時,不再需要轉換成其它標準,可達到世界一致性之數位傳輸體制。

(二)採用同步多工方式及軟體之應用,省去了舊有背對背多工設備,使低速訊號在多工與解多工時十分容易,除了改善網路的複雜性之外更便於兩各傳輸端點之通訊管理。

(三)在訊號傳送的過程中,在設備與設備之間(RSOH 訊號還原放大區段及 MSOH 多工區段)均包含額外之管理位元,可以在資料傳送過程之任何區段內,於設備發生故障或傳送資料之內容錯誤時,可立即回傳告知,作即時之處理。

(四)由於將標準的光介面彙集於網路單元,減少了將傳輸和多工分開之需要,從而簡化了硬體設施,減少設備佈線擁擠。

(五)因為是同步多工,網路單元遵循高精密的同步時鐘源,減少頻率調整,進而提升網路功能。

(六)網路單元是以光介面相連,省略大量的電路元件及跳線,可使網路傳輸訊號誤碼率相對的降低。

(七)訊號格式之設計,已經考慮了網路傳輸及交換應用的最佳化,因而在整體網路中之各個部份都可提供簡單、經濟及靈活訊號互連管理。

二、本局既有傳統 PDH 設備,往往於光纜被挖斷或某個設備故障時,因沒有替代路由及電路可供切換,造成系統無法正常運作,影響通信連繫、電腦售票系統中斷及行政連繫上困難。在同步數位光傳輸網路建置後,藉由本局各項重大工程陸續完成之雙環雙路由、巨大頻寬之光纖電纜,將可發揮同步數位光傳輸網路之強大功能,改善上述之缺點,並對本局未來之營運有極大之助益。

三、雖然本局既有傳統類同步（PDH）設備在功能上有上述之缺點，但因為同步數位光傳輸網路設備兼容類同步（PDH）之傳輸訊號，故既有之傳統類同步（PDH）設備將可作為本局區域性電信傳輸系統之備援路由，因此不但不致浪費資源，且可因此增加本局網路之可靠性。

玖、建議事項

雖然同步數位光傳輸網路（SDH）簡化了以往類同步傳輸網路（PDH）之多工階層，相對的，同步數位光傳輸網路所包含之網管軟體、數位通道網路、同步時鐘系統、電路調度及電路保護系統是以往本局所未接觸之領域，有鑑於此，謹提出下列幾點建議：

- 一、本局現有擔任通訊工作之人員已有老化現象，為維本系統於完成建設後可正常運作，應適時補充年輕新血投入維運管理，以避免未來維運技術斷層之發生。
- 二、因建設中之同步數位光傳輸網路係沿環島環狀架設，不同於以往類同步傳輸系統係點對點之架構，對於故障之及時處理及電路調度至為重要，故對於直接參與系統維運管理人員應定期辦理在職訓練。
- 三、除了維運管理須加強訓練外，對於環島光纜之維護亦是不容忽視，故對於其它未直接參與網路維運之人員，則應加強光纖電纜接續之訓練，於光纜遭致破壞時，可發揮人員人力，作即時之處理，縮短故障時間。
- 四、本局目前大部份之通訊均經由 64Kbps（DS0）做為傳輸路由，而將來完成之 SDH 系統其最低階之支路訊號路由為 T1/E1，故於切換前：
 - （一）應先將各類 T1、64 Kbps 等模擬訊號（諸如本局電腦售

票、專線、語音中繼、調度電話、旅客資詢系統及交換機等所使用之路由)先行於 SDH 系統內做傳輸測試以求系統功能正常及穩定。

(二) 擬定切換計劃、評估切換時間及防護措施，以避免切換時所造成之訊務中斷時間及影響降至最低。

五、由於上課理論著重於知識之傳達，對於現場實際操作之人員而言，實應建立乙套模擬同步數位光傳輸系統，隨時供相關人員作維運管理操作之練習，於故障發生時可作即時之處理。

六、本局 SDH 採購案之招標規範規定，立約商於完成驗收後，需負責本案設備之保固及系統維運管理二年。為求落實及確保符合本局維運管理需求，應於二年之維運管理期間內針對下列項目與立約商作定期之檢討、修正。

(一) 操作、管理、調撥及維護程序。

(二) 運轉計劃、流程及運轉手冊。

(三) 故障排除程序、障礙單追蹤及自動資訊通報系統。

(四) 所提供之技術支援及勞務。

(五) 備品安全庫存量之評估、配置及調度計劃。

七、因同步數位光傳輸網路在其強大的功能中包含機房門禁管制、火災告警、安全管理等通訊路由，故若能予以規畫整合，則可以免除上述門禁管制、火災告警、安全管理等所需之硬體設施，節省國家資源。

八、本局財務困窘，67 年度至 88 年度，累計虧損八百四十七億元，亟思多角化經營，力圖開源，本局環島同步數位光傳輸網路除供未來尚預留相當空間以供發展，在此同時，

適逢電信市場開放機會，除轉投資電信事業外，如果能將預留之電路作妥善規劃，參與第二類電信事業經營將大有可為。惟礙於現行，以本局既有之組織，無法符合參與第二類電信事業經營法令之資格規定，若能上級主管機關可修定相關法令，解除對本局之限制，則除了可以達成國家資源共享之目標外並且為本局在財務上帶來莫大的助益。

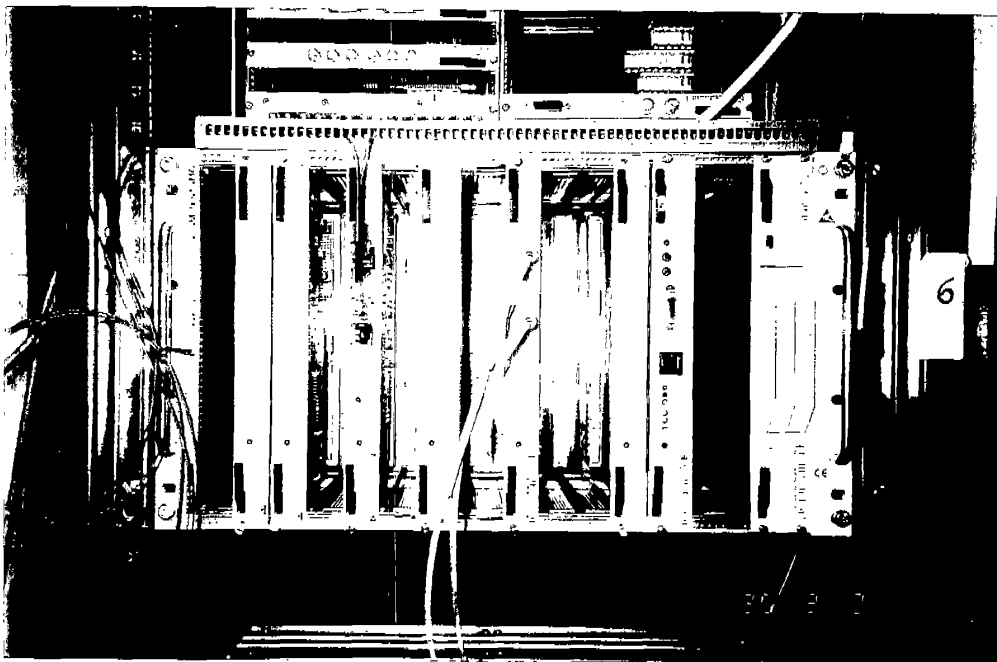
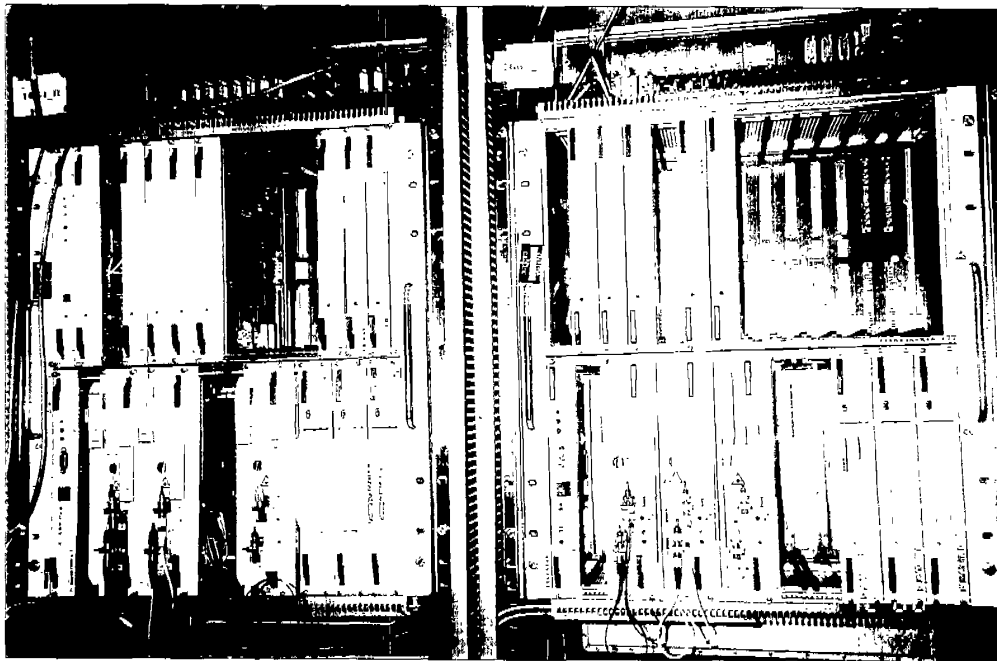
九、本局環島光纜常遭致工程施工之破壞、挖斷，考量未來參與電信事業之經營，將有極大量之各類資訊在光纖電纜內傳輸，依據美國明尼蘇達大學的研究結果估計，通信中斷 1 小時可以使保險公司損失 2 萬美元，使航空公司損失 250 萬美元，使投資銀行損失 600 萬美元。如果通信中斷 2 天則足以使銀行倒閉。為因應上述情形，本局各項工程施工應：

- (一)施工前，應確實落實宣導纜線防護之重要性及破壞時造成通訊中斷承租商對於商業損失之索賠之嚴重性。
- (二)施工時，必須加強防護措施，作好防護工作。
- (三)於工程招標文件內註明因立約商於施工時破壞本局設施造成通訊中斷之商業損失須由立約商負責賠償。

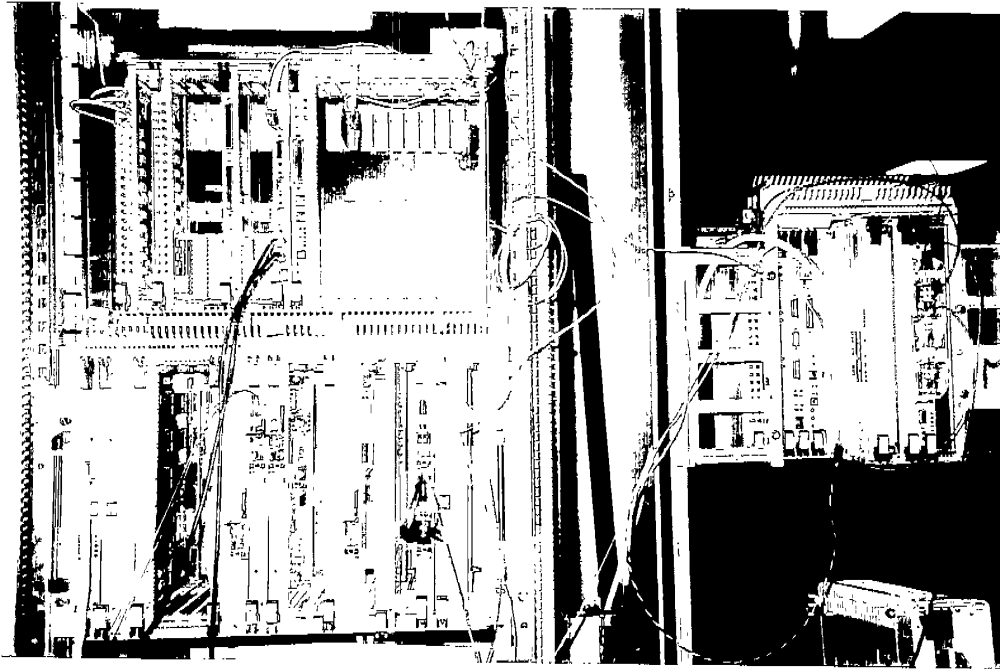
十、未來行車保安計畫設備、電腦化 CTC 系統及環島電度無線電話系統、電腦售票系統..等將整合於本局環島同步數位光傳輸網路及交換系統上傳輸運作，系統之穩定與否直接關係本局行車安全及其它各項業務連繫，故為解決纜線相關設備之長久穩定，在財源許可範圍內，工務單位於排水溝工程、檔土牆工程及路基、路線新設改善工程中，於規畫設計施作時應將纜線管溝併案施作以維護行車及其它各項業務連繫之穩定。

壹拾、上課剪影及設備縮影

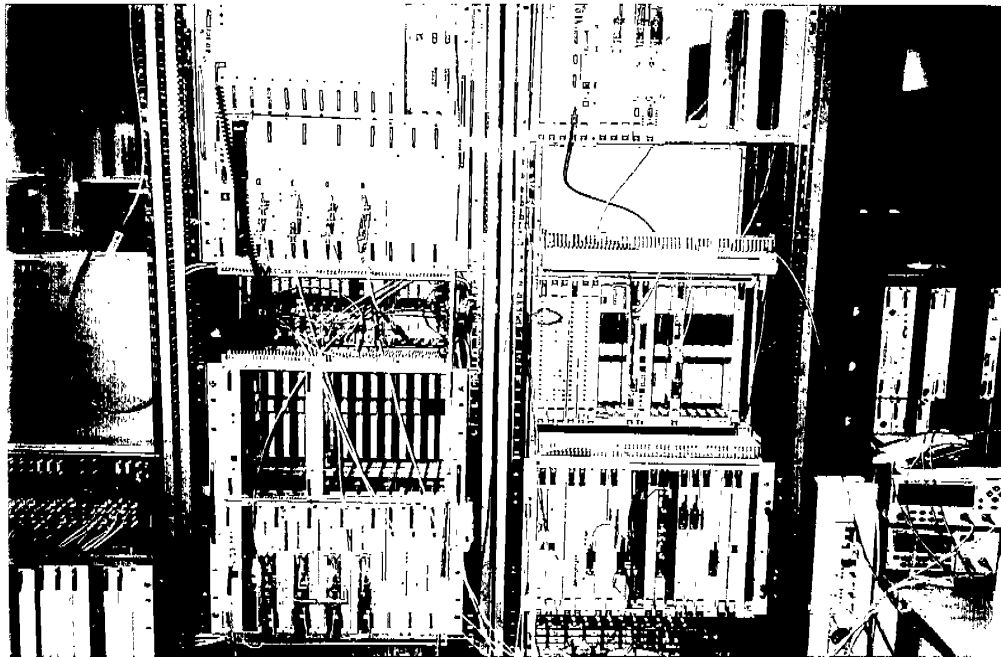
Page38~Page42



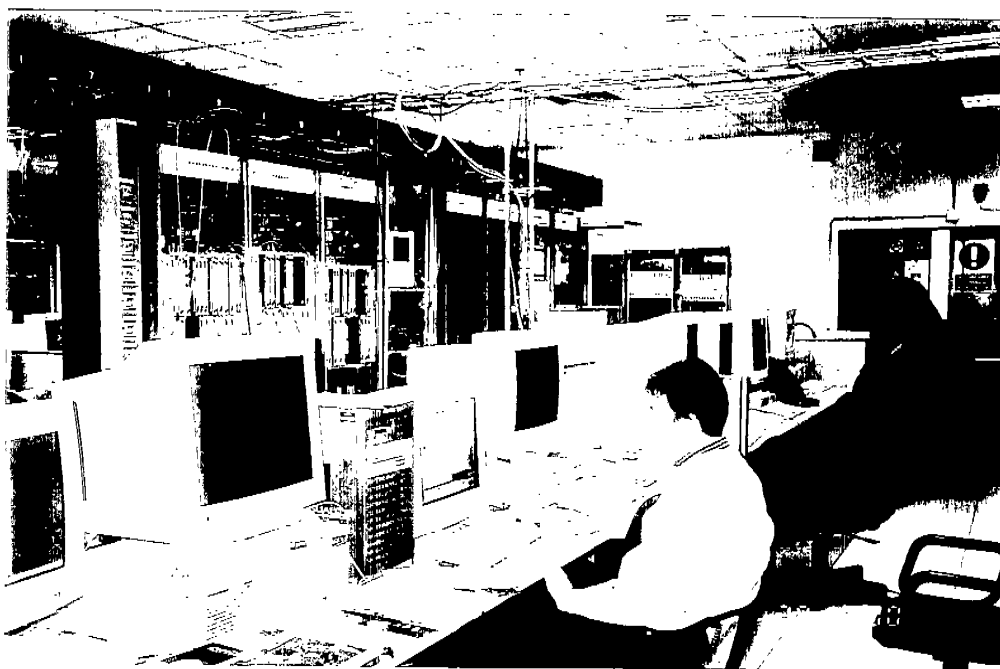
光分波多工器
〔DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexing)〕



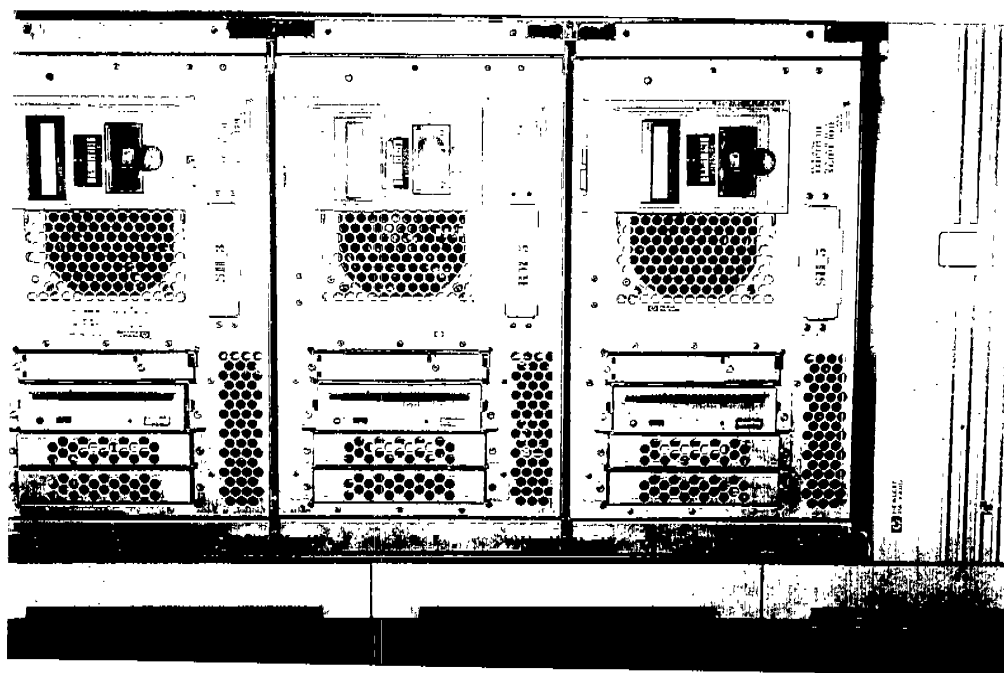
同步數位光傳輸備單元【SDH-ADM-1641SM(STM-1)】



同步數位光傳輸備單元【SDH-ADM-1660SM(STM-16)】



模擬網管系統



網管系統設備【1354SH】



各人維護終端機對 ADM 設備之管理操作情形



全體學員與義大利 ALCATEL 公司授課講師合影