

行政院及所屬各機關出國報告

(出國類別：實習)

同步數位光纖網路技術

服務機關：台灣電力公司
出國人職稱：電機工程師
姓名：吳英吉
出國地區：美國
出國日期：90年9月3日至88年9月20日
報告日期：90年11月15日

43/
CO9005116

行政院及所屬各機關出國報告審核表

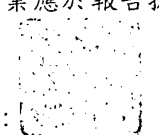
出國報告名稱：同步數位光纖網路技術	
出國計畫主辦機關名稱：台灣電力公司	
出國人姓名/職稱/服務單位：吳英吉/電機工程師/電力通信處	
出國計畫 主辦機關 審核意見	<input checked="" type="checkbox"/> 1. 依限繳交出國報告 <input checked="" type="checkbox"/> 2. 格式完整 <input checked="" type="checkbox"/> 3. 內容充實完備。 <input checked="" type="checkbox"/> 4. 建議具參考價值 <input checked="" type="checkbox"/> 5. 送本機關參考或研辦 <input type="checkbox"/> 6. 送上級機關參考 <input type="checkbox"/> 7. 退回補正，原因： <input type="checkbox"/> (1) 不符原核定出國計畫 <input type="checkbox"/> (2) 以外文撰寫或僅以所蒐集外文資料為內容以 <input type="checkbox"/> (3) 內容空洞簡略容 <input type="checkbox"/> (4) 未依行政院所屬各機關出國報告規格辦理 <input type="checkbox"/> (5) 未於資訊網登錄提要資料及傳送出國報告電子檔 <input type="checkbox"/> 8. 其他處理意見
層轉機關 審核意見	<input type="checkbox"/> 同意主辦機關審核意見 <input type="checkbox"/> 全部 <input type="checkbox"/> 部分 _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 退回補正，原因： _____ (填寫審核意見編號) <input type="checkbox"/> 其他處理意見：

說明：

- 一、出國計畫主辦機關即層轉機關時，不需填寫「層轉機關審核意見」。
- 二、各機關可依需要自行增列審核項目內容，出國報告審核完畢本表請自行保存。
- 三、審核作業應於報告提出後二個月內完成。

總經理

副總經理


 李淑芳
 11/19

主管處

主管

單位

主管

報告人：



行政院及所屬各機關出國報告提要

出國報告名稱：同步數位光纖網路技術

頁數 29 含附件：是否

出國計畫主辦機關/聯絡人/電話

台灣電力公司/陳德容/23667684

出國人員姓名/服務機關/單位/職稱/電話

吳英吉/台灣電力公司/電力通信處/電機工程師/23667588

出國類別：1 考察2 進修3 研究4 實習5 其他

出國期間：90 年 9 月 3 日～90 年 9 月 20 日 出國地區：美國

報告日期：90 年 11 月 15 日

分類號/目

關鍵詞：SDH (Synchronous Digital Hierarchy)

內容摘要：SDH 是一種高容量、高可靠度及存活度的光纖通信系統，它採取一套標準化的碼框架構及速率，方便來接取各家的 SDH 通信設備。SDH 傳輸網路架構中訂定了多種信號櫃和虛擬信號櫃提供各種不同的信號介接的訊框，藉由不同的信號櫃及交插多工架構使 SDH 可靈活的提供不同的介接服務，同時也具備了提供未來各種服務(如 IP/ATM)的擴充性。

SDH 提供各式各樣的保護作用及各種應用方式，可依各公司系統需求不同而建置成不同的系統，同時依通信服務的多寡而取不同的家所提供的服務。

本文電子檔已傳至出國報告資訊網 (<http://report.gsn.gov.tw>)

目 錄

壹、出國任務與目的.....	P1
貳、實習行程.....	P2
參、實習心得.....	P3
一、SDH 系統.....	P3
二、SDH 網路結構.....	P13
三、SDH 網路的同步架構.....	P21
四、ALCATEL 公司產品.....	P25
肆、出國感想及建議.....	P28

壹、出國任務與目的

本公司通信系統幹線主要是以光纖通信網路及微波通信為主，近年來由於通信需求量大增、可靠度的要求提高，於是光纖通信系統便成為公司目前通信的主流。

光纖通信具高速、寬頻與高可靠度的傳輸特性，經過長期的技術發展已然成為現今有線通信最重要的傳輸方式，從國際海底光纜、國內長途光纖骨幹網路系統到都會區域系統甚或是新建的辦公大樓紛紛以最先進的光纖建置通信系統。而今，不但中華電信已開始汰換舊型 PDH 系統改以建置新型 SDH 系統，新加入的固網業者更是大量的建置 SDH 網路，期在寬頻的傳輸平台取得先機。

本公司原本的光纖通信系統是以類同步數位階層架構(PDH)系統為主，在端對端的系統中不但價格便宜而且維護方便，但是在整個通信要求提高後，不但通信需求由傳統的點對點系統提高為整個網路架構，而且要求電路的切換、維護簡便、快速、可靠，原本的 PDH 系統已不敷使用，國際標準化之光纖通信網路的同步數位階層架構(SDH)傳輸架構便是最佳的選擇。

SDH 網路架構除了具有高可靠度、高容量及靈活調度的優點外，此等技術具有極強的網路管理系統，能隨時掌握網路運作情形，而 ALCA TEL 及 Redback NETWORKS 公司更是國際知名的 SDH 光纖通信製造廠商，能實地前往實習各項相關技術更是難得的機會，僅就 SDH 實習心得摘述如後，希望能對公司建立 SDH 系統有所助益。

貳、實習行程

本次出國研習自 90 年 09 月 03 日至 90 年 09 月 20 日為期 18 日，分赴 ALCATEL 及 Redback NETWORKS 兩家知名的 SDH 光纖通信製造廠商，實地研習 SDH 光纖通信設備製造原理、系統設計、施工及維護技術。詳細行程及內容如下：

九月三日

往程（台北 — 紐約）

九月四日 ~ 九月十三日

在 ALCATEL 公司及工廠實習 SDH 設備設計原理 — 1640 FOX、1650 SMC、1660 SM 及 1670 SM 等產品設計原理。
SDH 設備之製造、測試維護及包裝流程參觀解說。

九月十四日 ~ 九月十八日

在 Redback NETWORKS 公司及工廠實習 SDH 設備設計原理 — SmartEdge 800 產品設計原理。
SDH 設備之工廠製造、測試維護及包裝流程參觀解說

九月十九日 ~ 九月二十日

回程（洛杉磯 — 台北）

參、研習心得

一、SDH 系統

(一) SDH 系統概述

SDH 架構為國際電報電話諮詢委員會(CCITT)所製定之架構，也因此整個系統的基本架構不分公司都是相同的，但是實際應用卻因各公司的政策的不同及開發的能力的不同而有不同型態的產品問世。

SDH 傳輸網路架構具有同步多工、指標功能、標準速率、標準碼框、標準光/電介面、強大的網路維運及管理能力，則是一種常靈活的網路，它可以支援多種電路層級的服務，也能迅速的變換路由，同時也具有明確的標準。

建置 SDH 的優點如下：

- 標準的數位信號速率及格式

藉由標準的數位信號速率及格式，可簡化多工、解多工之技術及背對背多工設備、介面，並能大量節省空間。而使用同步校準多工之技術可即時同步後多工。並所設定之指標值有固定位置映射功能，可即時傳送中插入或取出所需要的酬載支路信號框(如：E1、DS3 信號)與內部直接作數位交接。故不需對整個較高位階信號予以解多工或再多工，即可與較低位階支路信號直接介接。

分別為具有較高的速率定義、可直接進行多工而不必多工介面的仲介，及有統一標準的網路管理系統。經由使用位於第四列前 $3 \times 8N$ 位元組內的指標可直接找出負載資料的部份，而且光纖傳輸信號會經由傳輸路徑十分精確的到達端點設備。

- 標準的光介面及模組化設計

具有全世界統一的光網路節點介面(NNI)之標準的光信號，同

步式碼框架構及運作程序，碼框規格結構之設置為標準化，使得各廠商的光介面可以互相通信，在小區域的網路可輕易接入主幹線。模組化的設計可易於改進及擴充，並可大大方便網路的建置。

- 標準附加訊息及軟體架構增加網路智慧

碼框結構中安排的維護管理位元使網路的維護管理能力大幅加強，並提高網路維運管理的能力，諸如故障檢測、區段定位、性能管理等功能。有一套很完整軟硬體之電腦網路系統。如區段開銷位元組(SOH)及路徑開銷位元組(POH)中的有些位元組用於網路維運管理上，以提昇網管能力。

- 未來各種服務的擴充性

SDH 傳輸網路架構中訂定了多種信號櫃(C: Container)和虛擬信號櫃(VC: Virtual Container)，各種不同的信號介接所傳遞服務的訊框藉同步多工輸入各自配套的信號櫃中便可當作一個獨立的實體在 SDH 網路架構中傳送，藉由不同的信號櫃及交插多工架構使 SDH 可靈活的提供不同的介接服務，同時也具備了提供未來各種服務的擴充性。

(二) SDH 碼框架構

SDH 設置了一套標準化信框架構等級，稱為同步傳送模組 STM(Synchronous Transport Module)，有 N 階同步傳送模組 STM-N: $N=1、4、16、64$ (STM-1、STM-4、STM-16、STM-64)。第 64 階同步傳送模組(STM-64)歐美各國及日本已商業化。中華電信也已捨美規 SONET 系統而採取歐規的 SDH 系統。

藉由標準的數位信號及碼框格式可簡化多工及解多工之技術，使用正負填補調整指標作業方式作為同步校準之技術的一種，

可即時同步後多工，所設定之指標值有固定位置映射功能，可直接傳送中塞入及取出所需酬載支路信號框，故不需對整個較高位階信號予以解多工或再多工即可與較低速位階支路信號階接取。

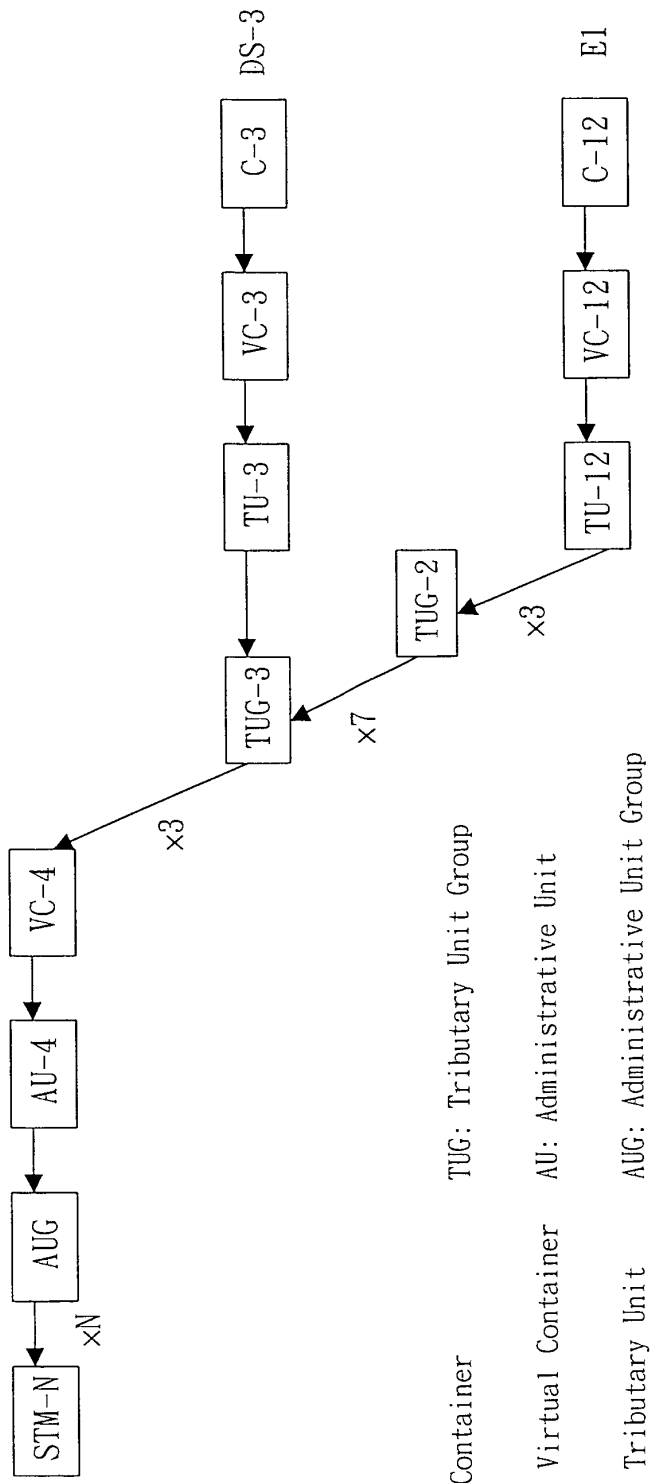
標準架構的 SDH-STM 多工位階、傳輸速率、及 E0、E1、E3 等訊框架構及關係如下表所示：

SDH 位階	傳輸速率	E3 數量	E1 數量	E0 數量
STM-1	155.52 Mbps	3	63	1890
STM-4	622.08 Mbps	12	63 × 4	7560
STM-16	2488.32 Mbps	48	63 × 16	30240
STM-64	9953.28 Mbps	192	63 × 64	120960

SDH 位階及速率表

(三) SDH 同步多工結構系統及其映射操作方法

SDH 之同步多工結構及其映射操作過程是 SDH 最具有特色的內容之一，其過程中同步、定位校準、指標、多工等調度作業處理亦是最特殊的創意技術。SDH 碼框系統可以使數位同步多工由近似同步多工(PDH)僵硬而層層複雜的結構，大量硬體配件與高費用的設備轉變為由靈活運作的軟體配置，故於 SDH 之中繼傳輸通信系統中，可藉電腦執行各種軟體之措施操控 SDH 系統網路之各區段或路徑之間的告警、保護、維運及調度等功能。自動地提昇網管的靈活應用，使電腦能藉軟體充份發揮功能控制網路之維運效能。



C: Container TUG: Tributary Unit Group
 VC: Virtual Container AU: Administrative Unit
 TU: Tributary Unit AUG: Administrative Unit Group

同步映射多工結構

如上圖所示系統圖係作為 SDH 碼框過程中所設置映射、多工簡示各種框路徑作業流程之邏輯結構。

SDH 碼框系統具有完整的數位網路通信系統，藉由具體映射、同步、校準、多工等作業流程之處理及各種環節所設定的虛擬信號櫃、路徑階層、區段局間聚型模塊碼框系統之各數位同步多工終端設備之間的關係所構成 STM-N 碼框，如上圖所示為 STM-N 碼框路徑系統圖，藉各區段及路徑之管理位元組(SOH/POH)的應用功能使 SDH 系統發揮完整網路維運管理。並且 SDH 訊框架構系統之欄位安排可將目前 PDH 的絕大多數標準速率藉映射多工配裝於 STM-N 碼框酬載區(Payload)，也可藉 STM-Nc: STM-1c, STM-4c, STM-16c, STM64c 碼框架構來承載各種寬頻段整合數位網路(B-ISDN)的 ATM 信息或其他的新業務(如：多媒體信息、遠端視訊會議、高畫質數位電視訊號)或 IP 信息。

所謂映射操作，即將支路信號流(PDH)調適配裝至各種虛擬信號櫃(VC-n)的操作過程。為了將各種信號裝入 STM-N 碼框之酬載區，需藉映射、同步、定位校準、指標多工等調適作業流程處理，並經 $[(C-n) \rightarrow (VC-n)]$ 、 $[(VC-n) \rightarrow (STM-1)]$ 、及 $[(STM-1) \rightarrow (STM-N)]$ 等三個主要區間路徑過程。其作業流程之結構，如圖所示為 ETSI 歐規映射多工結構之示意圖。

在 SDH 碼框系統中，經獨特的指標調整及其指標值位置操作程序處理後，所構成的各種(VC-n, n=11, 12, 2, 3, 4)虛擬信號櫃之信框結構，得以應用於路徑層(Path Layer)之連接。並於各種配虛擬信號櫃之酬載區允許承載各種不同速率的(PDH)支路信號流(如：DS1, E1, DS2, DS3, E3, E4 或其他各種同等容量之 ISDN 信號流 IP, ATM)，使每個虛擬信號櫃(VC-n)在 SDH 網路系統中傳輸時始終保持完整不變的封包資料櫃。故在路徑層(Path Layer)過程中可藉電腦控制軟體於同步終端多工(TM)、塞取多工(ADM)、或交叉連接多工(DXC)等單元設備中，將每個虛擬信號櫃當作一獨立實體地來進行

抽取或塞入處理，此過程十分方便靈活。ITU-T 推薦之規範所規定的最普遍、最完整的同步映射多工碼構，但是，並不排選擇更簡單碼框路徑。如上圖中所示可知，對於不少低階支路信號有多種同步映射多工路徑可供選擇。為了簡化設備，可以根據既設的具體網路之應用環境和業務需求，省去某些仲介界面和映射多工支路路徑，使每種酬載路徑只有一條映射多工路徑可供使用，並具有彈性調整。

根據這一思維，歐洲電信標準組織協會建議規定了歐洲的同步數位階層映射多工架構。美國國家標準協會亦建議規定了北美的同步數位階層多工映射架構，既是同步光纖網路階層通信系統架構，而日本選擇了自己所需要的標準架構之通信系統。上述兩種同步映射／多工結構通信系統均可作為標準同步多工映射結構的子架構。

如圖所示中，可以看出這映射多工結構之邏輯示意圖對 ITU-T 所規定的結構進行了簡化，但又不違背其規定，因而可視為其子架構。一般而言，各家商可以本身現有設備及未來所需使用之架構為依據，同時參考所推薦 ITU-T 碼框系統之規範來設計其所使用區段及路徑框架結構。

上述同步映射多工結構不僅僅只是簡單地提供了將各種等級階層信號或其他同步數位階層映射多工配裝至碼框酬載區域之訊框架構路徑，而且安排有靈活的複聯碼框架構應用方式允許傳非標準的等級階層的信息如 PDH 信號。若用戶需求提供一個 10Mbps 的數位通路信息，在現有 PDH 系統架構下，只能提供一個標準的 34Mbps 點對點傳輸系統，其終端提供填補位元用來填滿剩餘的 24Mbps 容量，十分浪費。在 SDH 碼框系統之下，則可以利用複聯碼框應用方式來承載傳輸至對方接收端設備，使其傳送效率大幅提高，並不致於浪費太多的信號容量。

各類信號櫃的主要參數(C-n)

信號櫃	C-4	C-3	C-2	C-12
信櫃週期	125 μ s	125 μ s	500 μ s	500 μ s
信櫃頻率	800 Hz	800 Hz	2000 Hz	2000 Hz
信櫃結構	260 \times 9	84 \times 9	4(12 \times 9-2)	4(3 \times 9-2)
信櫃容量 Bytes	2340	756	424	136
信櫃速率 Mbps	149.760	48.384	6.784	2.176
標稱信號	3 DS3	DS3	DS2	E1

(四) SDH 網路系統運作、管理、維護與調度(OAM&P)功能

建置整個系統後，最重要的便是要有一套網管系統能確實建立通訊整個網路系統並監控它的狀態，如對故障和過載狀況作出反應處置並能靈活的調度以增加系統的穩定性。

SDH 信框架構中設有兩大類型額外管理控制信息區，即區段管理位元組(SOH：Section Overhead)和路徑管理位元組(POH：Path Overhead)，分別應用於各區段層和路徑階之間的傳輸網路調度、管理及維護之運作(OAM&P)。SDH 信框的傳輸系統便是利用 SDH 信框中的區段管理位元(SOH)、及路徑管理位元組(POH)來實現 OAM&P 之功能。

1. 區段管理位元組訊號(SOH：Section Overhead)

SOH 區段管理位元組是指有關 SDH 特定區段階層的管理單元功能上所使用的，而且其信框結構中為了保證本體函蓋資料酬載(Payload)正常靈活傳送所必須的額外添加的傳輸網路調度運作、管理及維護功能的開銷位元控制位元組。SOH 設置於 STM-N 中第 1 行至第 9 \times N 行之 1~3 列(RSOH)及 5~9 列(MSOH)之位置，作為整個

網路區段之間的碼框定位位置、網路維護、效能監視、維運管理及其他網路運作功能資料訊息。

以 SOH 來添加於資訊酬載(STM 之 Payload)成為 STM-N 信框之資訊，SOH 資訊之位元組是包括組框資訊(A1、A2)、及維護、效能監視(B1、B2)與其他網路維護及維運管理之運作功能。

再生器區段管理信號位元組(RSOH)：RSOH 是用於管理再生器區段之間的 OAM&P 之維運功能；多工器區段管理信號位元組(MSOH)：MSOH 則完全透通穿越再生器，終止於 AUG 信框後，被組合或分解作用，即多工終端機設備上。亦是管理多工區段之間的 OAM&P 之作用。

SOH 區間管理信號架構中取幾個在建置系統中最常運用的位元組，亦是各家網路管理優劣常見的功能：

- A1, A2(碼框位元組)

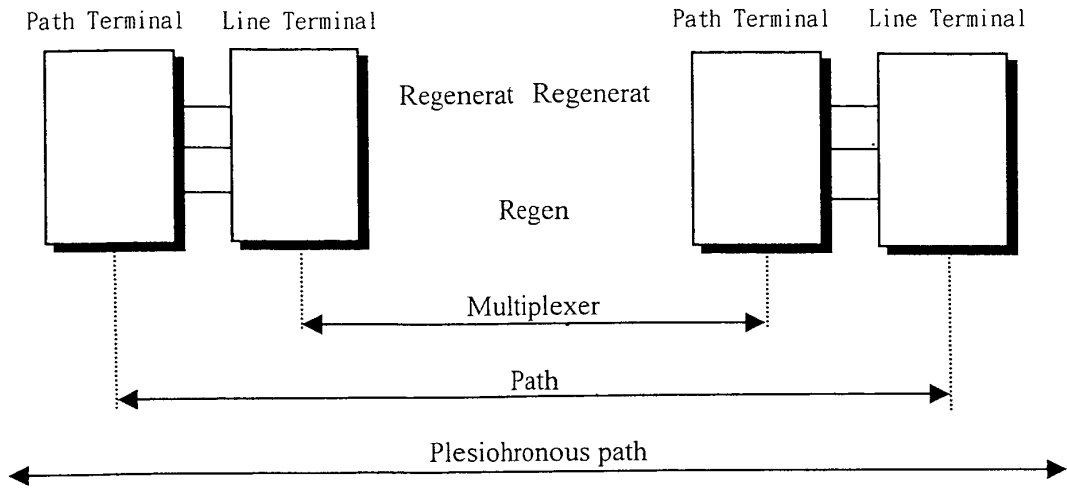
組成碼框位元組(Frame Bytes)，其功能顧名思意便是作為碼框同步之用。A1A2 位元組分別重複三次，形成一個六個位元組(或 48 個位元)組成的組碼框群，亦即是用來識別信框的起始位置。選擇這種組框位元組之組合定位常度為這個碼框中組框碼含量為千分之 2.5，故同步建立時間可大大縮短及重覆概率幾乎為零。

- E1, E2(連絡電話)

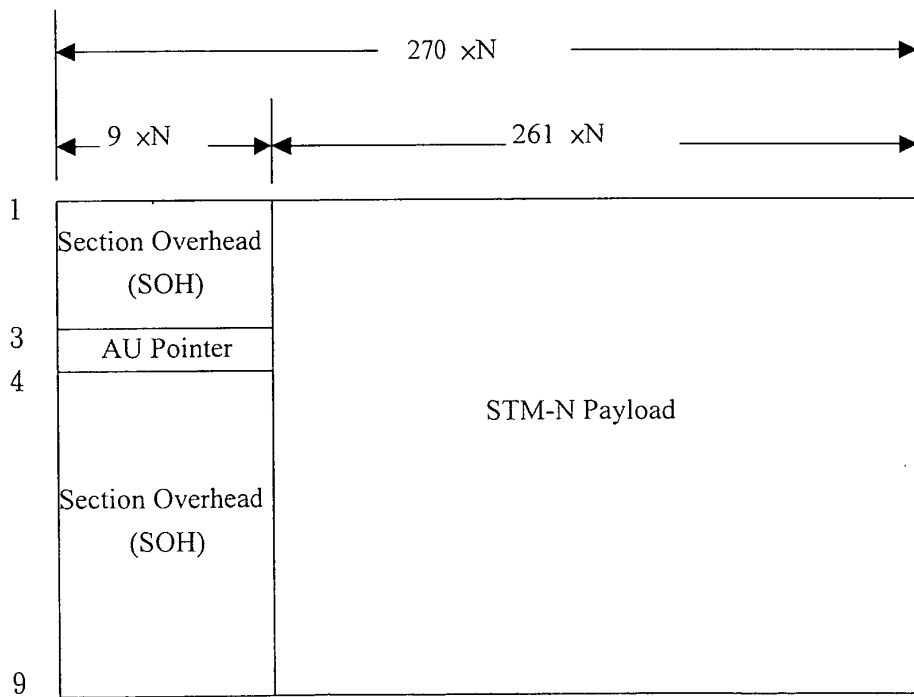
作為連絡電話用，即是維護人員使用的音頻通道。E1 設置於 RSOH 資訊區域，可用來與各個再生器連絡，作為 Local 之用。E2 設置於 MSOH 資訊區域，可用來與各個多工終端機設備之區段間聯絡作為 Express 之用，其速率為 64 KHz。

- D1-D12(數據通信)

數據通信鏈路(DCC)，用來作為 SDH 架構中(SMN)網路管理系統的傳輸鏈路，D1 D2 D3 位元組為 192 Kbps 鏈路再生器與區段間之 DCC，作為交流 OAM 信息之數據鏈路。D4~D12 共 9 個位元組作為多



標準 SDH 可區分為三部份



STM-N 碼框結構圖

工區段終端之間 OAM 信息鏈路，容量為 576 Kbps。皆作為各區段間之 SDH 網路管理。

D1~D12 為 SDH 網路管理控制的一個重要目標，是實施快速的分佈式控制。有了數據通信鏈路(DCC)後，網路管理系統所算得的最佳路由表可以隨時經由 DCC 通道迅速地傳給網路各單元。

- K1, K2(自動切換保護)

自動切換保護電路(APS: Automatic Protection Switching)係供多工區段間作為自動切換保護之使用，要作兩端切換才使用 APS。APS 訊息狀況通常由保護通道傳送。APS 訊息狀況與保護切換軟體相連接，K1、K2 用於多工區間保護(線路或區段)，K3 用於 VC-4/3 路徑保護，K4 用於 VC-11, VC-12, VC-2 路徑保護。SDH 系統除了環路保護外最常用的便是 APS 保護方式，僅多這幾個位元組便數以倍計的提昇 SDH 通信的可靠度。

2. 路徑管理位元組訊號(POH: Path Overhead)

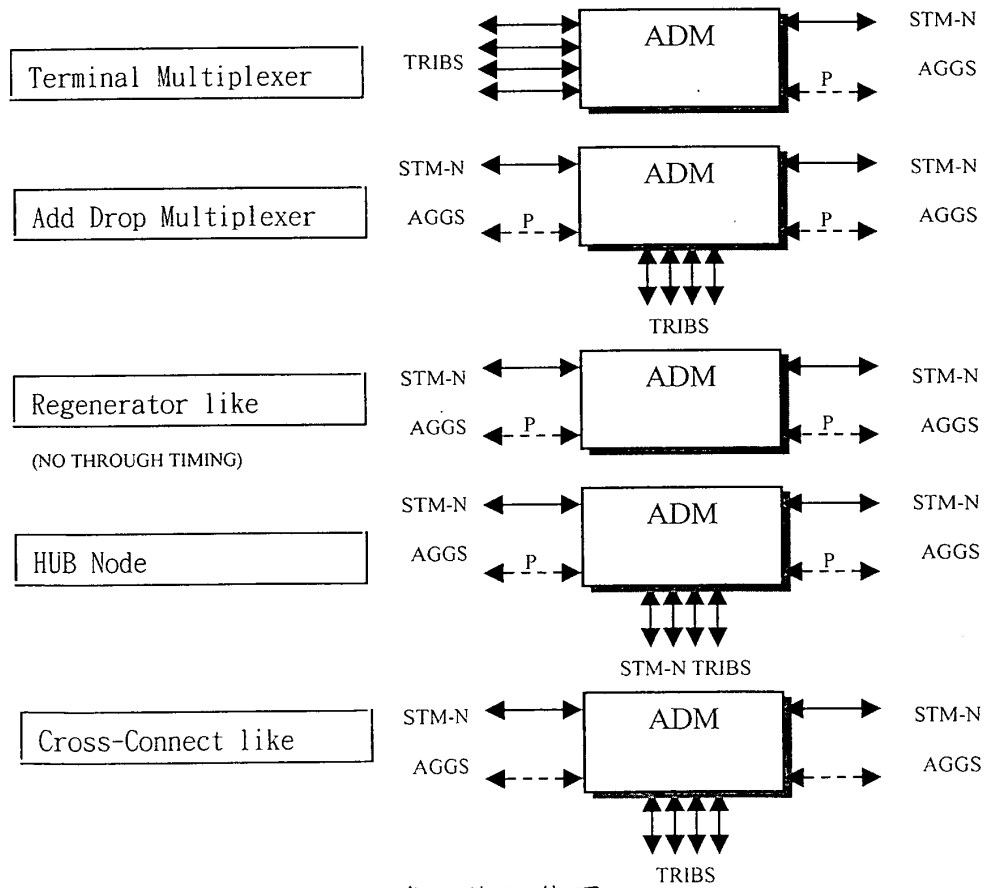
VC-N 虛擬信號櫃係由數個資料容器組合而成，其中每個資料容器又有一組設置為路徑管理位元組。其路徑管理位元組依照所承載資料訊號流之容量大小需劃分為較高路徑管理位元組(HO-POH)及較低路徑管理位元組(L0-POH)兩種類型，分別應用於較高階路徑層(HO-Path)及較低階路徑層(L0-Path)的傳輸網路調度、效能之監視、告警狀態之指示及維護之運作。

較高階路徑層負責傳送承載 34 Mbps(E3)或 45 Mbps(DS3)以上位元速率流之資料。較低路徑負責傳送承載較低位元速率流之資料，如：PDH/E1，DS1 等低階路徑層信框之資料傳遞。

二、SDH 網路結構

(一) 網路單元設備

SDH 傳輸網路系統是由一些網路單元設備(NE)所組成的，並作為統一標準規範之介面介接處理。它有全世界統一標準規格的網路節點網路之間介面 NNI 從而簡化傳輸訊號架構相容性的互通過程。這其中包含終端多工機(TE)、塞取多工機(ADM)等功能。

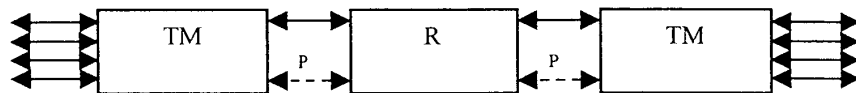


多工機組態圖

(二) SDH 系統保護組態和網路階層

SDH 系統設備簡化了控制系統，並具有高速處理能力，使得各種不同的高存活組態可以利用各種不同的功能塊的設備單元以更簡單更經濟的方式來架構完成自己所需的網路架構。SDH 設備單元因功能及使用者的需求之不同而可以配置成不同的組態，以便提供廣泛之網路應用，其組態應用包括最簡單之端點對端點 (Point-to-point)、路由分散環、線性、自復環等組態。

1. 端點對端點組態

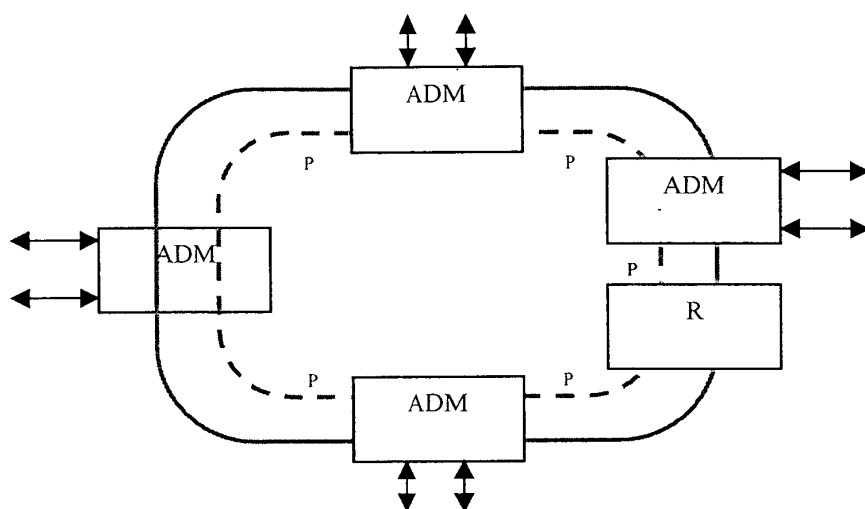


SDH 數位同步網路通信系統均設計自動保護切換 (APS) 系統，本組態兩電信機房局址之間的中繼傳輸電路利用一對 TM 終端多工機連接，其中繼傳輸系統上之訊務只能在兩 TM 之間傳送，並配合光纜路由雙路由化提供網路保護作用，此種保護方式簡單而直接，其組態可分為 1:N 及 1+1 兩類型保護方式。

1:N 的意義為 1 保護通道保護 N 個工作通道，當 N 的值大於 1 時，則不能得到全部的保護，所以在容量的 SDH 而言，為了得到全數電路保護並切換邏輯電路 (APS) 簡單起見，往往採用 1+1 保護方式，其中含幾乎一樣的兩通信系統，即於發射端之工作通道與保護通道並接，此種安排看起來並無所謂何者為特定之保護通道，在發射端有固定之橋接電路將所傳輸的訊務同時分別送至兩個通道中，當接收端偵測出工作通道發生障礙 (AIS-LOS、LOF) 時由另一保護通道以瞬間切換取代，接收端完成切換後通常一直停在此通道，即使障礙排除後也無需再切換回原工作通道，則此系統稱之為非回復性切換 (Non-revertive)，若障礙排除後切換回原工作通道，則此系統稱之為回復性切換 (Revertive)，如果工作通道與保護通道

於接收端分別收容於不同傳輸路由者稱之為 1+1 分散路由保護方式，是以 1+1/DP 表示。此種組態應用於兩端之間的中繼傳訊務需求量大區域。

2. 自復環網路組態



所謂自復環網路組態就是無需人為的干涉，即時自動保護切換，因此，網路就能在很短的時間內從失效障礙中自動保護切換，並使用戶者沒查覺到網路有發生故障現象。其基本原理就是在訊務傳輸過程中使網路具備即時發現替代傳輸路由，並於極短規定時間內(依照 ITU-T 規定之)重新確立通信的能力。

自復環組態是將網路中鄰近點連結，構成一個迴路，迴路上之各傳送點都以雙重的通信設備串在一起形成環狀，環路上任意兩點之間傳輸路由皆提供分散路由的能力。於網路上節點的單元設備可以裝設 DXC、或 ADM 之單元設備，但通常環路節點之單元設備使用 ADM，作為自動保護切換，利用 ADM 的分插矩陣交接能力和智能電路所構成的自復環路是 SDH 網路特色之一。當光纜被切斷或節點受

損時可即時將工作通道切換到保護通道，以達到通信復舊之目的。

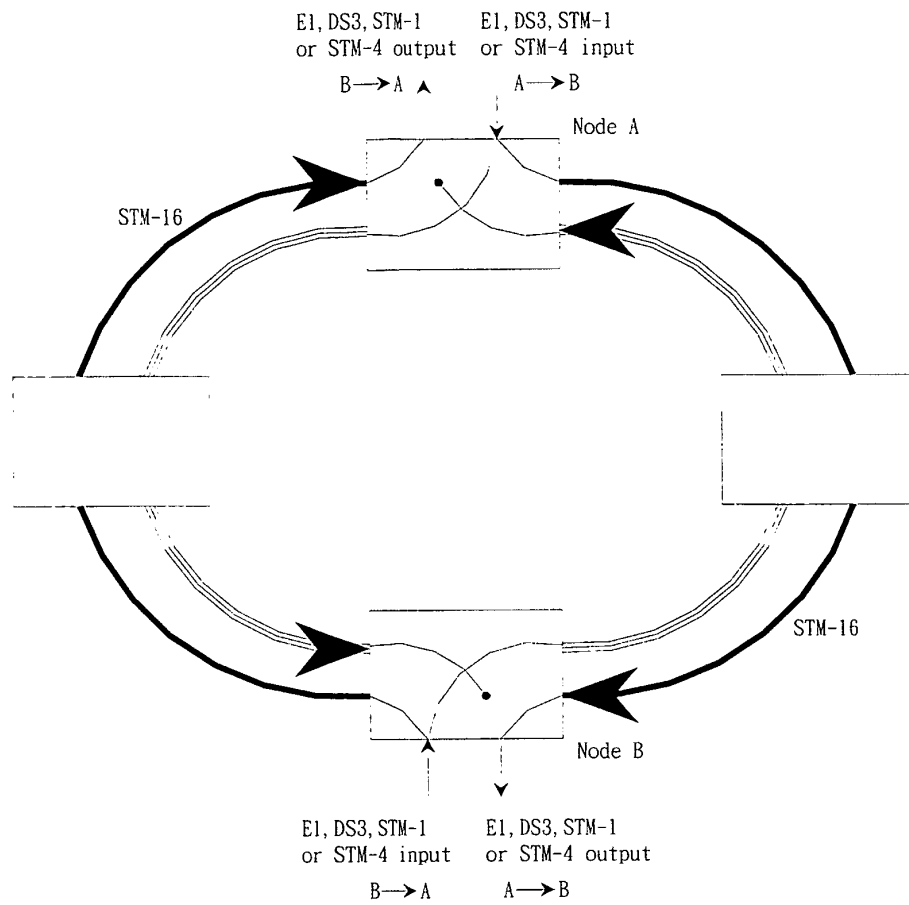
自復環路結構可依照保護方式不同劃分為追蹤式保護和子網路連接保護兩種方式，子網路連接保護方式為子網路連接保護環路 (Sub-Network Connection Protection Ring: SNCP)，追蹤式保護再區分為 MS 共用保護環路 (Multiples Section Shared Protection Ring: MS-SPRING) 和 MS 專用保護環路 (Multiples Section Shared Dedicated Protection Ring: MS-DSPRING)。

- SNCP 自復環路：

環路內局間佈放兩條光纜或兩心光纖，其中之一為工作通道，另一為保護通道，各局址內裝置一套 ADM 單元設備，於任兩局之間的中繼傳輸送收訊務係在不同的路由上，在相鄰局址之間的工作光纜內僅傳送單方向信號。SNCP 自復環路所指自復的方法是利用橋接路徑，信號同時分別由工作通道及保護通道傳送到接收端，並由接收端負責監視效能同時作自動切換。

如下圖所示，圖中 A 至 B 的單向工作通道訊務路由分別由外側光纜及內側光纜傳送，並由 B 局 ADM 單元內之選擇器選取工作通道路由來之信號。同樣地 B 至 A 之訊務傳送路徑採相同方式，由 A 局 ADM 單元內之選擇器選取 A-B 工作通道路由。

當 AB 之間的光纜中斷時，B 局收到路徑告警信號，使選擇器發生動作改選 A-B 保護通道訊務而達成自復功能。此種自復環路由於型態簡單，規範支援完整，電信公司也較易維運，因此，此組態較適用於訊務集中於一、二點之中小型訊務容量之區域。



E1 : 2,048 Kbit/s
 DS3 : 44,736 Kbit/s
 STM-1 : 155,520 Kbit/s
 STM-4 : 622,080 Kbit/s
 STM-16 : 2,488,320 Kbit/s

— Working
 - - - Protection

SNCP 自復環路圖

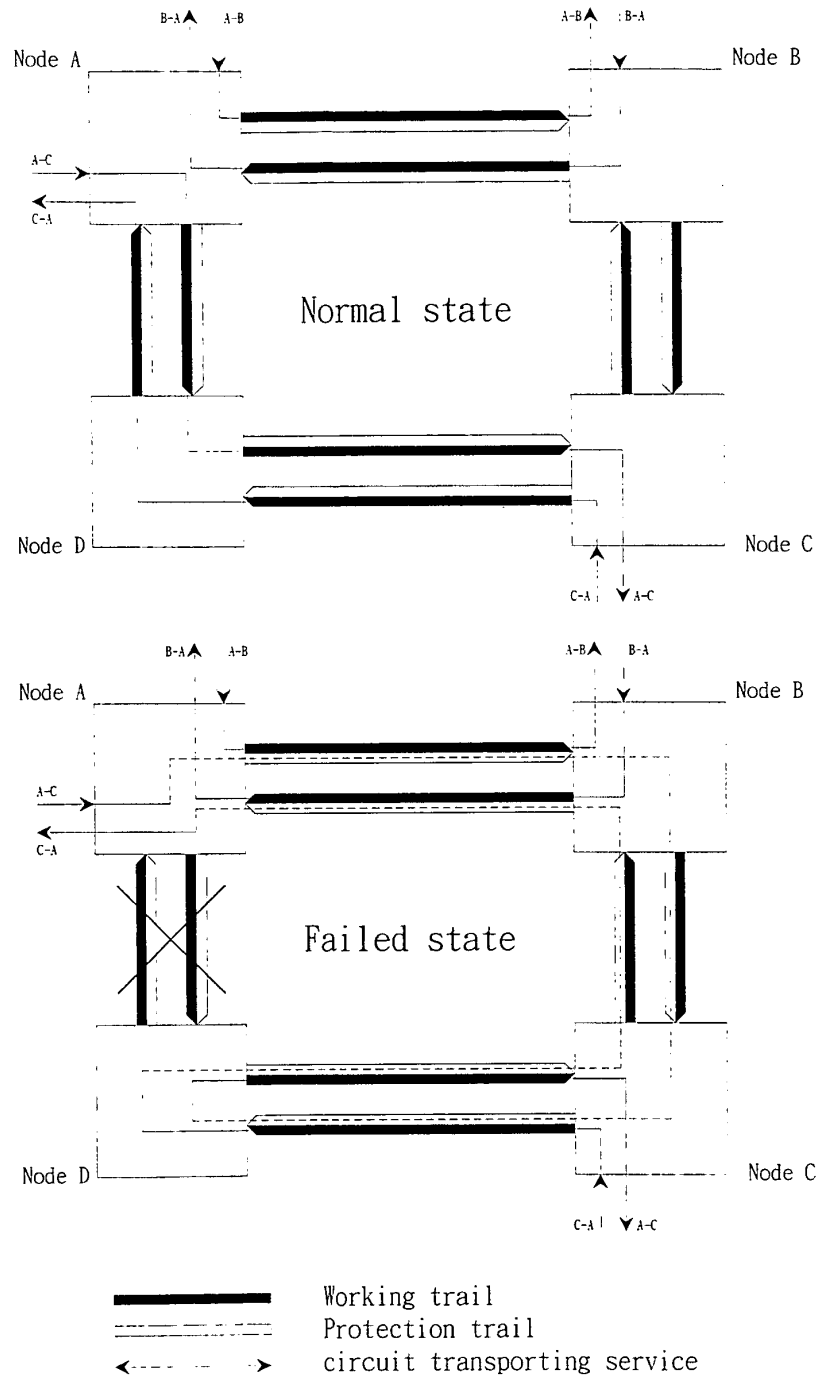
- 多工區間共用保護環路

SDH 多工區間共用保護環路也即為雙向多工區間切換環路，其特點是將多工區間需要傳輸總合訊務容量平均分配給工作容量(工作通道)及保護容量(保護通道)來傳送。

這種環路利用環交換(Ring Switch)切換保護，兩相鄰局址之間的所裝光纜內含有雙向傳輸送收訊務，允許保護通道由各局址之間的電路所共用，其工作訊務傳輸可以沿順時針或反時針方向指配裝設，並經由一區間之訊務總量不能超過此區間之所能傳輸的容量，訊務型態將影響收容電路數。多工區間共用保護環路依使用光纜芯數之不同可劃分為二芯 MS-SPRING 環及四芯 MS-SPRING 環兩類型，這些自復環較適合訊務平均之中小話務區域。例如，對於 STM-N 信框傳輸，使用二芯 MS-SPRING 環時，則用於工作容量和保護容量各為 $N/2$ 個，如使用四芯 MS-SPRING 環時，則用於工作容量和保護容量各為 N 個 STM-1。所謂共用；就是指光纜被切斷或節點失效時，環路的保護容量可以由多節點環路的任意多工區間使用。失效由失效區段間的兩側節點之中繼多工區間效能監測出，而網路的重新配置則發生在保護切換傳送層，在網路正常情況之下，共用保護環路徑中的空閒容量可用來傳送低優先等級的訊務容量，共用保護環的 APS 協議則將通過對 1:N APS 協議的功能增強方式來得到。MS-SPRING 在正常工作條件下比其他環形方式的所攜帶訊務容量要大，因而，適合於長途中繼網路和局間中繼網路對固有攜帶容量要求較高的區域。

- 二芯 MS-SPRING 環路：

二芯 MS-SPRING 自復環路各局址間僅使用二芯光纜，而每一局址也僅裝設一部 ADM，光纜系統中指定一半為工作通道，另一半為保護通道，如下圖所示，當 A-D 間光纜或設備故障時，電路自動回接。此種方式只利用環路切換方式，不採用區間切換方式，故所須光纜芯數較少，初期建設投資也較少。



二芯 MS-SPRING 環路結構圖

- 四芯 MS-SPRING 環路：

四芯 MS-SPRING 環除與現行端點對端點自動保護切換系統類似外，當網路故障時，亦能激發保護切換系統執行折回動作以達網路自復功能，當四芯光纜中有二芯為工程通道，二芯為保護通道每局各裝 ADM 單元設備，當中間光纜中斷時，兩間局工作系統原送至對局的訊務之路由切換至本局另一系統輸入，接收端亦改由另一系統路由收，在對局亦採取類似動作，因此，路徑層次來看，網路復舊時間短，若設備採用區段切換之保護方式，可救援多重障礙。網路採用四芯自復環路設備，在未形成環路時，可如同線性組態來運作。

四芯光纖雙向多工區間切換環路中訊流量的路由僅僅是環路中的一部分，因而，訊務流量通路可以重新使用，相當允許更多的支路信號從環路形中進行塞取作用，因而網路傳輸訊務容量得以增加很多。在極端情況下，每個節點處的全部系統容量都進行分插，於是整個環路的訊務容量可以達單個節點系統容量的 K 倍 (K 是節點數)，即 $K \times \text{STM-N}$ 。

三、SDH 網路的同步架構

由於 SDH 網路的性能與網路同步有著密切的關係，因此，我們必需討論如何來增進網路同步的效能，以符合網路同步的需求。

傳統非同步傳輸網路(PDH)中，多個 E1 信號可被多工成為 E2、E3、E4 的高階層信號。而且在通過各節點時，時序信號可被視為透明地穿越。這是因為 E1 信號的時序與節點之間傳送的設備速率並無絕對的關聯性。此時，我們可說此同步時序具有可追溯性。

在 SDH 碼框系統中所有的網路各單元(NE)設備上的鐘源藉追溯到第一級之主時鐘信號源以主僕階級關係來使網路同步，第一鐘信號源稱之為主鐘信號源(PRC)，PRC 效能之規範依照 ITU-T G.811 所推薦之規定，其頻率正確度及穩定度為 $\pm 1.0 \times 10^{-11}$ 是由銫原子所構成原子鐘。

同步信號之鐘信號的傳送，通常是依據交換網路之架構從上至下分佈，全區設置一個很標準之原子鐘。目前我們公司所採用的原子鐘設置於台北總處，並以同步鐘訊源階層架構方式傳送至其他機房。各個時鐘可追溯到同一個。於 SDH 傳輸系統，也可從接收信號中抽取定時鐘訊，供給數位交接多工(DXC)及終端多工(TM)等單元設備使用。

同步鐘訊源階層架構(或主僕式)，一個國家或一個電信公司控制之同步網路鐘訊源通常採取主僕式(階層式)的網路同步，階層式同步網路鐘訊源系統有一個一級時鐘，有許多二級、三級及四級時鐘，這些時鐘都可追溯到一級時鐘。各級時鐘根據其準確性與穩定度來區分，二、三、四級時鐘都有鎖相迴路接受同級或上級時鐘來的信號，並要避免形成迴路。原則上，一個局或同一建築物內只設一個時鐘，傳輸及交換設備都由此接取時鐘信號。局內設備接受的鐘訊除了自身設備計時外，並可透過信框，以推動他局的時鐘。當設備時鐘之頻率偏離達，就發出告警。

(一) 網路同步

在 SDH 系統中，一個 2.048 Mbps 將被映射至一個虛擬容器中，而這個虛擬容器再由指標的作用掛到碼框之中。此時，因為指標調整所造成的影響，SDH 酬載中的 2.048 Mbps 支路信號並不可以當作同步信號使用。ITU-T G.803 建議書建議了二個方式來使 SDH 網路同步：

1. 第一種方式是使用 STM-N 的線上信號來作為時序傳輸的媒介。第二種方式是從系統外部接收一個同步時序來使網路達成同步的目的。前者因為 STM-N 的線上速率是固定的而且不受指標調整的影響，所以可以拿來作為同步時序。當然，前提是 SDH 節點必須有能力再生一個準確的時序做為輸出信號來推動下游的設備。
2. 第二種達成網路同步的方式是使用外部的同步時序信號，一般傳統上現有的階層性同步網路均是採用主從式架構。亦即同步網路中有一個基本參考時鐘(PRC)信號源，其他的時鐘均鎖相至此一基本參考時鐘。某一層級的時鐘均是上一層級的從時鐘，但是卻是下一層級的主時鐘。ITU-T G.803 建議書定義了階層式同步路架結構節點間的時序分佈。

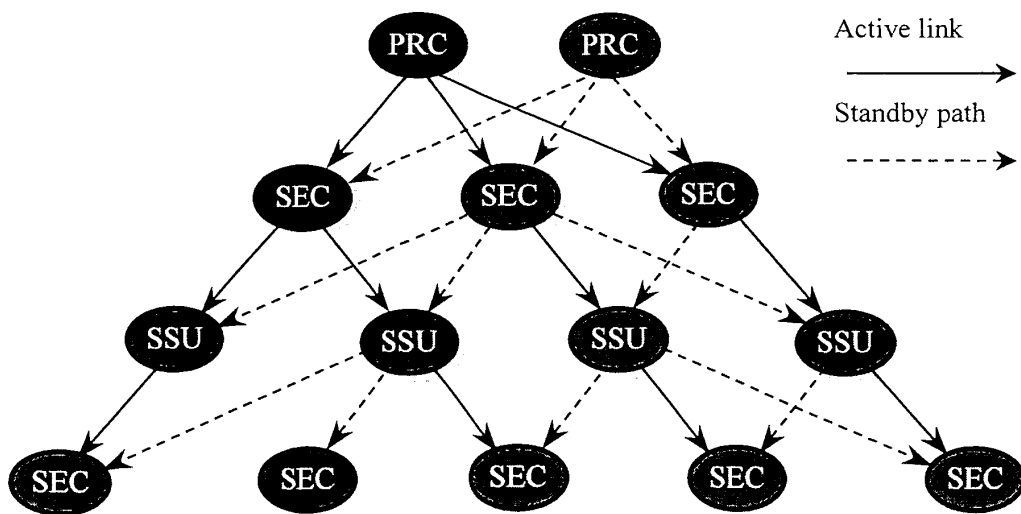
(二) 時鐘特性

時鐘階層	不準確度	不穩定度	捕捉範圍
1 級鐘 (主參考鐘)	$\pm 1.0 \times 10^{-11}$		
2 級鐘	$\pm 1.6 \times 10^{-8}$	$\pm 1.0 \times 10^{-10}$	$\pm 1.6 \times 10^{-8}$
3 級鐘	$\pm 4.6 \times 10^{-6}$	$\pm 3.7 \times 10^{-7}$	$\pm 4.6 \times 10^{-6}$
4 級鐘	$\pm 32 \times 10^{-6}$		$\pm 4.6 \times 10^{-6}$

(三) 主從同步方式(主僕式)

這種同步方式如下圖所示。主從同步方法是在整個通訊網路中，設置一個高穩定度的主時脈鐘源，將時脈以 2.048 Mbps 信框送往各電信機房，使其他電信機房的時脈鐘頻率及相位全部要以主時脈鐘源為標準。如低速率數位通信電子交換機相互間亦要同步，常用的方法為主從同步方式。此方法是使用一個很穩定的時脈鐘源作為主時脈鐘源，利用外加計時(external Timing)或迴路計時(Loop Timing)，使每個數位通信電子交換機獲取所需時源步調必需一致。

在每個電信機房內，其信號時脈鐘源透過相位鎖定迴路與主時脈鐘源保持一致，在各電信機房內轉接的時脈也是由主時脈鐘源來控制，主從同步方式如下圖所示。



主從同步方式示意圖

(四) 結論：

由於同步數位階層系統的出現，使得原有非同步數位階層(PDH)系統高延遲網路設備複雜的情形得以改善。但是由於 SDH 系統特有的指標調整功能，使得內部支路信號在解同步時會在接口造成時閃及漂移的現象。因此為了減少指標調整發生的次數，系統同步信號的要求將比傳統網路的要求嚴格。

此外，在 SDH 網路架構漸趨複雜的今天，由於保護切換動作所引起的連鎖效應會造成同步網路的衝擊，進而使得網路性能降低。由於上述得知，可以使用 LORAN-C 或 GPS 系統來實現分散式基本參考時鐘系統的觀念。由分析結果得知，分散式系統的確大幅改善了同步網路的性能，而當網路愈複雜時，其效果就更明顯。可預期的是，它將成為同步網路設置的趨勢。

四、ALCATEL 公司產品

ALCATEL 公司 SDH 系統產品線十分完備，從最基本的 STM-1 產品(1640 FOX、1650 SMC)到主幹線 STM-64 產品(1670 SM)均十分齊全，可依各家公司的容量需求、保護設計的不同而使用不同的產品來建置。

ALCATEL 公司同一系列的產品均具有相同的功能，差別僅在其卡片提供的多寡，依據機房所需的使用的通信容量大小而提供不同的產品，更重要的是同一系列的介面卡可互相調用，不但提供電話調度的方便性，更是在增加維護上的容易度。因此僅介紹 STM-16 設備來做代表。

(一) STM-16 (ALCATEL 1660SM)

1. 單元(NE)結構

- ADM 模式
- HUB 模式(可支援多環路)

1660SM 設備可支援多環路，亦即在多環路環境中，僅需使用一台設備便可將兩環路的信號互相傳送而不必透過實體線路的交接，不但在線路的調動上僅使用軟體便可完成，而且減少線路損壞與錯誤的發生。

2. I/O 介面模組

- E1 模組
- 35/45 MBIT/S 模組
- STM-1 電模組

- STM-1 、ATM-4 及 STM-16 光模組

提供各式各樣的介面模組，配合運用多環路的使用，可提供各式的環路供公司選擇，而多變的組合更有益將來通信需求的改變時，做電路調動的困難度。

3. 保護方式

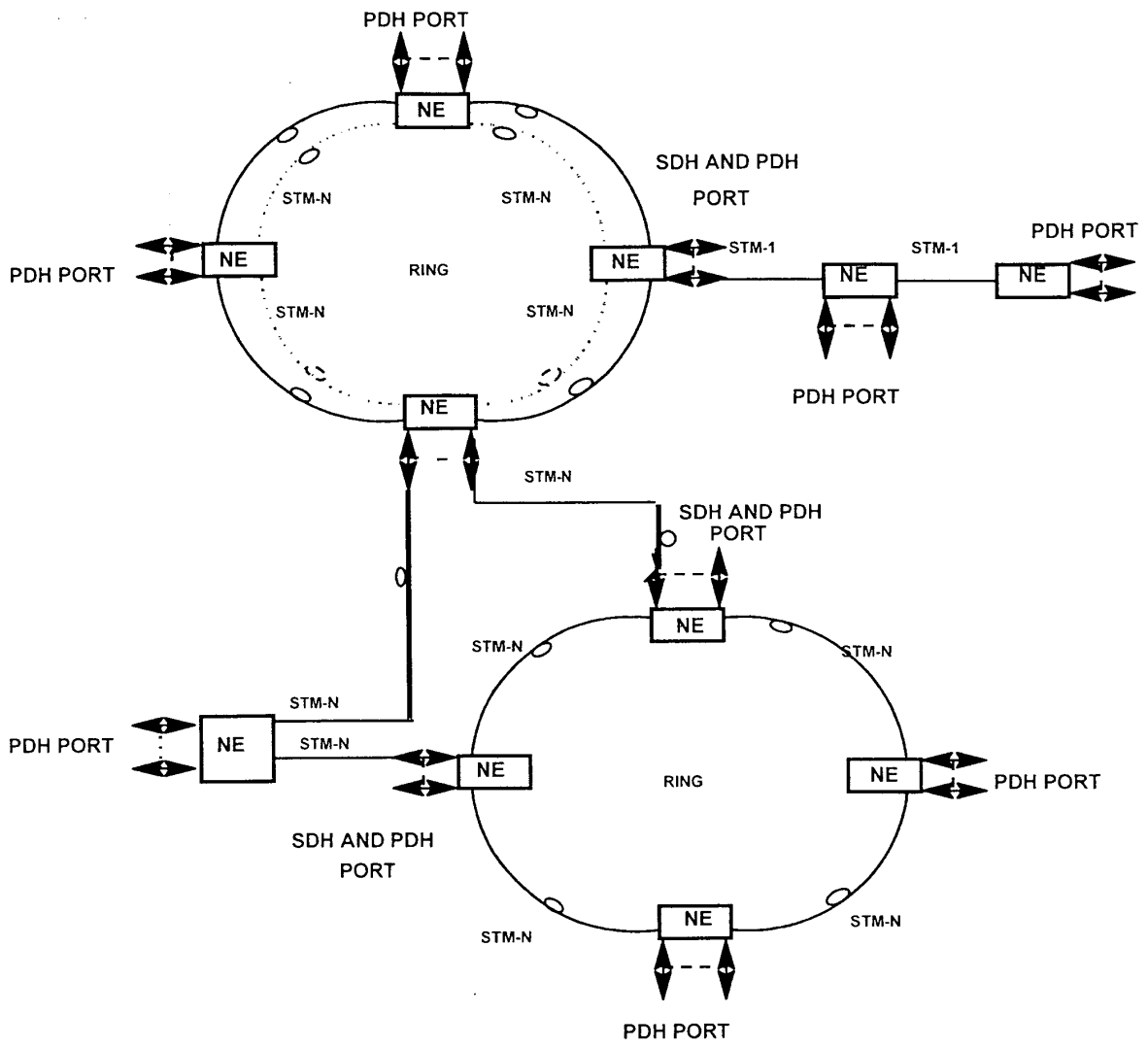
- EPS
- APS
SNCP
MS-SPRING

4. 網路系統的應用

依上述說明的設備單元，運用保護方式、I/O 介面可任意組成如下頁圖示的網路，而非固定要使用某種典型的網路。

5. 結語

公司為民營化在即，為提昇競爭力及永續經營，人力精簡是不可獲缺的一環，SDH 設備不但提供同步多工的能力，而且具有強大的網管能力，在提昇系統的可靠度及服務內容外，透過通信與電腦網路之整合，集中的網管可大量節省人員在現場為提供電路而忙，可集中人力在故障的排除而努力。多樣且可靠的服務內容、快速的提供服務及故障排除再加上有競爭力的員工，即使將來與業者競爭或合作才有一席之地。



SDH 網路系統圖

肆、出國感想及建議

首先必須感謝公司、本處各級主管提供此次出國實習的機會，使個人能在同步數位階層(SDH)系統的規劃與設計上有更進一步的認識與了解。在紐約期間更遇上 911 恐怖分子攻擊紐約事件，在通訊中斷下，對個人危機處理能力更是有所提昇。其次，在出國報告的最後，提出此次出國的感想與建議。

- 一、 出國前的準備事項應儘早進行，尤其是與國外廠商的連絡與交通行程、住宿的安排更應提早作準備，以免身處異鄉再為交通、住宿而煩惱。
- 二、 各項連絡電話、住址、e-mail 應隨身攜帶，家中亦須準備一份，像這次 911 事件雖是偶爾才有的事，當時在電信全斷下，若能妥善運用 e-mail 連絡公司和家人，及早給公司和家人報平安，便可省卻大家許多擔憂。
- 三、 置身在異鄉環境下，才曉得英文的重要性。在專業上的實習或許沒有問題，但是在一般會話中便顯得吃力得多。故建議公司同仁除可參加公司或經濟部舉辦的英文研習班外，多多利用特休參加半自助旅行，置身在英文環境中更是對英文能力的提昇有莫大幫助。除公司及經濟部的英文課程外，個人的自我努力更顯得重要，除了增進個人的能力提昇，更可加強專業能力的吸收。
- 四、 通信在現今發展下已逐漸朝向多元化發展，通信與資訊逐漸合流，這次實習的 Redback NETWORKS 公司所發展的 SDH 系統便具備 IP/ATM 各項功能，而 ALCAIEL 公司實驗室也已開發出具備有 IP/ATM 功能的 SDH 設備。
未來 SDH 網路勢必朝向多元化服務上發展，如何在一次建置中提供雙重服務是我們應該探討的方向，故建議在未來幾年內 IP/ATM 建置在 SDH 系統中技術成熟後，便須加以積極引進

進，以節省重覆建置的成本。

- 五、近來保護電驛逐漸汰換，再加上變電所逐漸無人化，使得保護電驛所利用的通信系統可靠度變得更加的重要。誠如處長所言，在講求多元化服務提供外，我們的天職--提供保護電驛通信頻道更需兼顧。因此建議未來能多編預算提供前往原廠學習先進技術外，更可提供和調度處一起實習保護電驛與通信的相關技術。