

WDM 光纖骨幹 傳輸平台應用架構介紹

台化公司工務部

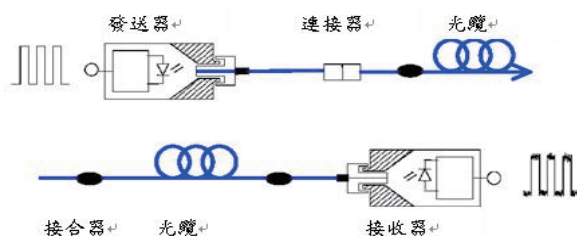
一、前言

傳統的光纖通訊，是採用單一載波波長傳輸資料，即一條光纖僅設計給一個特定波長的光來傳遞訊號。故工程實務上進行光纖光纜鋪設時，一般均以實際需求之光纖芯數作基礎，考量成本等因素後，預留「適當」之備用擴充光纖芯數，進行光纖光纜鋪設之規劃設計。隨著電腦網路資訊之蓬勃發展與廠區不斷增加影像、語音與數據信號傳輸頻寬要求，過去預留備用擴充之光纖芯數往往不足，因此隨著不斷的增加的擴建/改善案，不斷重複道路(挖埋)、公共管架(高空作業)之光纖光纜鋪設擴充，以達傳送影像、語音與數據信號之目的，麥寮警衛處不斷的擴充的監視系統光纖光纜即為一例。

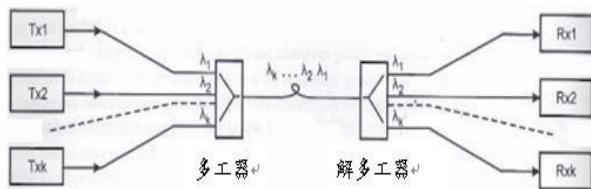
波長分波多工(Wavelength Division Multiplexing, WDM)技術，就是在單一光纖內同步傳輸多個不同波長的光波，讓數據傳輸速度和容量獲得倍增。它採用多工器，在發送端將不同波長的光載波進行合併，然後傳入單模光纖；在接收端再由解多工器將不同波長的光載波分開，由於不同波長的載

波是相互獨立的，所以可以雙向傳輸。依據多工器 / 解多工器規格的不同，可以選用所需傳送波長數量的產品。WDM 技術的特點決定了它可以幾倍幾十倍的提升頻寬，由於分波多工系統的出現，使一條光纖由傳遞一個頻道粗波訊號升級成傳遞多個頻道細波訊號，在相同的鋪設成本下，光纖的使用效率將提高數倍。WDM 能在不破壞現有設備的條件下使廠區的現有光纖基礎設施容量大增。

1. 傳統光纖通訊架構：



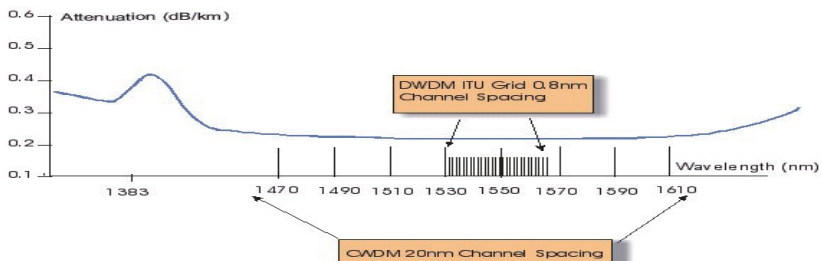
2. WDM 光纖通訊架構：



二、WDM 之國際標準與規定

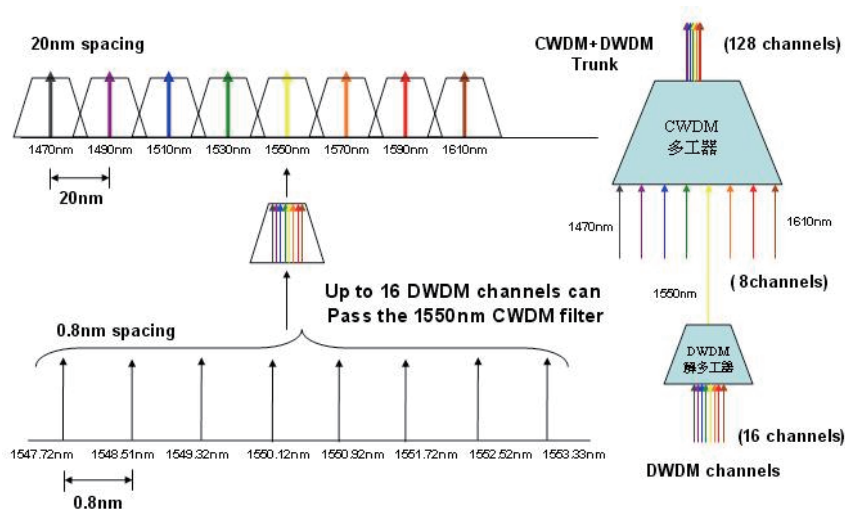
主要遵循聯合國 ITU(International Telecommunication Union) 所制定的兩種標準：

1. ITU-T G694.1：DWDM(Dense Wavelength Division Multiplexer) 細波長多工傳輸，波長間距 $<0.8\text{ nm}$ 。
2. ITU-T G694.2：CWDM(Coarse Wavelength Division Multiplexer) 粗波長多工傳輸，波長間距固定為 20 nm 。



常規石英單模光纖同時具有 1550 nm 和 1310 nm 兩個窗口，最小衰減窗口位於 1550 nm 窗口，故目前主要的 WDM 系統是在 1550 nm 窗口實施的多波長共用技術。其中 CWDM 從 1470 nm 至 1610 nm 以固定 20 nm 波長間距提供 8 個 Channel；而 DWDM 可進一步以 CWDM 8 個單獨 Channel 為中心，分別以 0.8 nm 波長最多再擴展出 16 個 Channel，故一條光纖可由過去僅 1 個傳輸 Channel，擴展至 128 Channel，傳輸容量及頻寬提高 128 倍。

▼在不破壞既有光纖基礎條件下，經由多工器 / 解多工器的匹配，可輕易從 CWDM 擴充至 DWDM

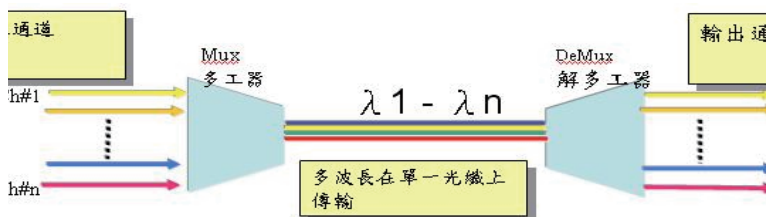


三、WDM 系統架構之優勢

在光纖系統上，建構以 WDM 為主之基礎網路系統具有下列優勢：

1. 具備光纖使用之擴充性。
2. 建立完整之光纖備援機制。
3. 具備光纖路徑備援。
4. 可提供不改變應用系統結構之備援機制。
5. 彈性化的網路系統中心變更。

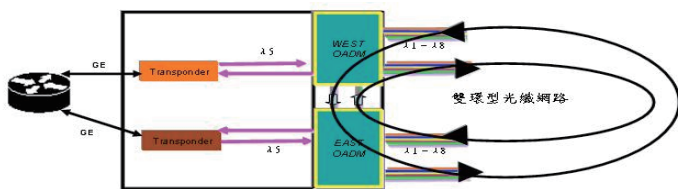
1. 具備光纖使用之擴充性：



- 充分發揮光纖使用之特性 (多 λ 之應用)，提高光纖傳輸之容量及頻寬。
- 提供長距離之光纖傳輸能力。
- 光纖傳輸採全透通式 (fully transparency) 傳輸，不經任何轉換，將來任何先進傳輸技術演進 (Protocol 或 Bit Rate) 均能很容易融入目前之 WDM 傳輸平台，即不必改變光纖環路架構即可加入新技術 / 新服務。
- 可整合不同速率傳輸介面：2 Mbps ~ 40 Gbps/ 通道 (即波長)。

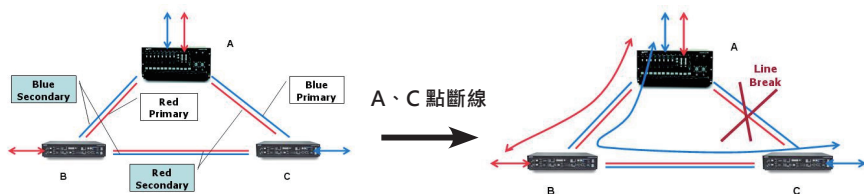
2. 建立完整之光纖備援機制：

典型的 WDM 光纖網路是雙環形的，可以是雙環同一方向也可以是雙環不同方向傳輸，不僅在速度上遠遠超越傳統的光纖傳輸系統，而且網路管理較容易、可靠度也較高，一旦其中一環光纖被切斷，環路會自動繞到另一個方向而不會使網路交通中斷。



3. 具備光纖路徑備援：

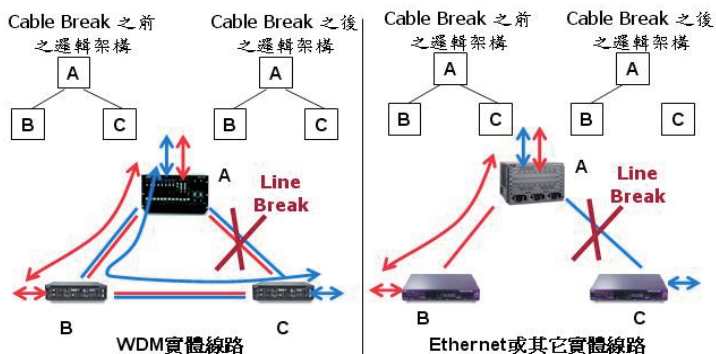
以 A、B、C 三點 WDM 環形光纖為例，若 A、C 點斷線，仍可透過 B 點進行 A、C 點之資料傳遞。



4. 可提供不改變應用系統結構之備援機制：

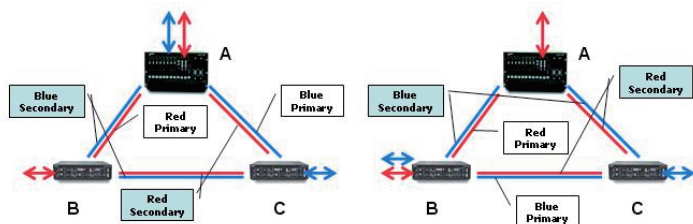
WDM 光纖實體採環狀佈放方式，佈放簡單、維護、擴充及 redundancy 需求容易；又因 WDM 分波多工特性，能兼具邏輯星狀傳輸延遲 (latency) 減少、沒有 switch/router 之 store and forward 情況。故 WDM 環形光纖若斷線，仍提供實體環狀架構，但邏輯上為星狀結構之最佳骨幹環境。

▼以 A、B、C 三點為例：



5. 彈性的網路系統中心變更：

以網路系統中心變更為例：網路系統中心可輕易由 A 點變為 B 點，提供 A、B 點互相備援環境。



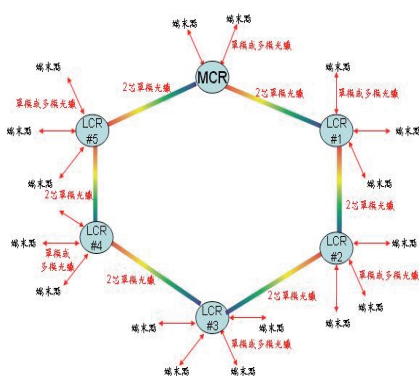
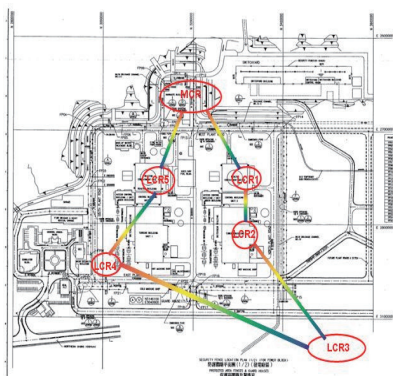
四、WDM 光纖系統設計概念

1. 建構結構化光纖及佈線系統 (分區概念)。
2. 符合現在及未來需求之資料通訊網路系統。
3. 建設完全獨立的網路骨幹傳輸平台，可整合影像 (如 CCTV)、聲音 (如網路電話)、數據 (如 MIS)、控制 (如 DCS)，頻寬可各自獨立使用，互不干擾。

4. 強調系統穩定度、備援規劃及具備彈性的擴充能力。
5. 提供足夠頻寬及實體環狀架構邏輯上為星狀結構，以利整合及時性 (real time) 應用 Video、Voice and Data。

五、廠區 WDM 光纖系統規劃步驟

1. 設定各末端資訊傳輸重點 (含 Data、Voice、Video)。
2. 將各點分群並選擇適當的重要據點為區域中心 (LCR-Local Control Room)，各區域中心至各末端點間採用星狀結構鋪設所需之多模態或單模態光纖。
3. 各區域中心以 2 芯單模光纖互相連接至控制中心 (MCR-Main Control Room)，以構成環狀光纖網路。
4. 達成實體環狀邏輯星狀之最佳目標。



六、效益分析

本企業目前尚無 WDM 使用實績，本效益分析擬以麥寮警衛處為例，其自 2001 年開始設置門禁及監視系統以來，因應各階段不同管理需求，沿麥寮廠區周界共約 28 公里圍牆佈放聯繫 7 廠門間之光纖光纜已擴充 3 次，合計投資 NT.22,906,752 元。若採用目前新開發之 CWDM 技術，預估可節省 NT.8,726,030 元，效益分析詳下表所示：

比較項次	採 CWDM 技術	採 DWDM 技術	既有光纖系統 (經 3 次擴充)
頻寬	10,000M bps (10G bps)	80,000M bps (80G bps)	2,600M bps (2.6G bps)
使用芯數	2 芯	2 芯	26 芯
備用芯數	4 芯	4 芯	0 芯
備援能力	優 (1 芯光纖斷另有 1 芯備援)	優 (1 芯光纖斷另有 1 芯備援)	無 (光纖斷則通訊 斷)
投資金額	NT.14,180,722 元	NT.33,264,972 元	NT.22,906,752 元
節省金額	- NT.8,726,030 (61.9%)	+ NT.10,358,220 元 (145.2%)	- (100%)
備註	1. 既有光纖系統投資金額 NT.22,906,752 元，詳附件一說明。 2. 第一次光纖鋪設為必要，上述 CWDM/DWDM 投資金額為設備 + 光纖之費用。		

目前 DWDM 仍屬於導入階段，這個領域的產品尚屬差異化的競爭優勢，技術的領先與品牌優勢掌握市場，尚未走到價格的競爭優勢，價格偏高，實際上還是以已經商品化之 CWDM 為主。由上表可知 CWDM 即可符合現階段麥寮警衛處之頻寬要求，更高之 DWDM 頻寬已不需要。

七、結論

光纖光纜至少可以使用 20 年，設計者在規劃光纖系統時就需思考：(1) 如何利用最少的光纖傳輸最大的頻寬 (光纖少管理容易)、及 (2) 何種先進技術可一勞永逸 (不必更改佈線方式及擴充容易)，DWDM 無疑是當今光纖應用領域的首選技術。雖 WDM 系統有節省光纖光纜架設成本、頻道數增加、升級容易等優點，但整個系統中，DWDM 多工器 / 解多工器等設備昂貴的價格令人頗為躊躇，幸 CWDM 多工器 / 解多工器等設備已商品化 (CWDM 系統成本約為 DWDM 的 30%)。故進行廠區光纖系統之新增或既有整合，可朝此一方向規劃：

▼各廠區內部 - CWDM 光纖網路傳輸平台
整廠區連線 - DWDM 傳輸平台

