

大型研討會的臨時網路架設 與維運實務

游宗易

Agenda



物理層

暗光纖、WDM 波長設計與光模組內部原理。



實務案例

大型研討會與骨幹網路設計



接入層設計

交換機選型、PoE 供電與頻寬規劃決策。

| ISP 專線 vs. 暗光纖

ISP 點對點專線 (Lit Fiber / Circuit)

- **管理模式：**ISP 負責維運，提供 L2/L3 邏輯電路。
- **限制：**頻寬固定，無法觸及實體層參數。
- **連續性：**適合標準商務互連，免維護成本。

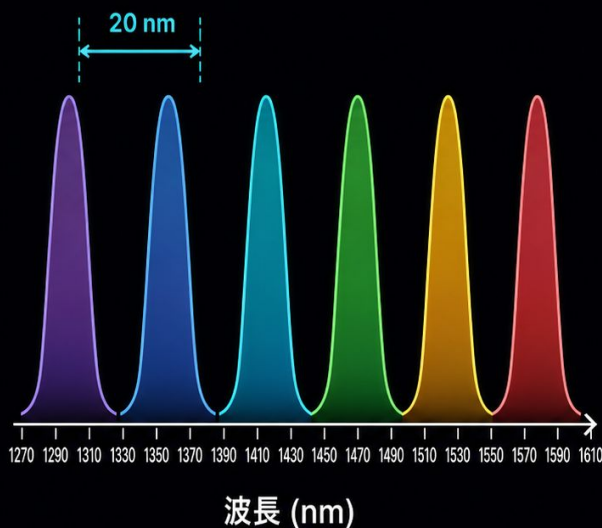
暗光纖 (Dark Fiber)

- **管理模式：**租用純光纖，自行點亮 (Lighting)。
- **優勢：**絕對控制權，可自定 WDM 波長與協議。
- **連續性：**自建骨幹具備極高彈性與極低延遲。

光纖物理層波長

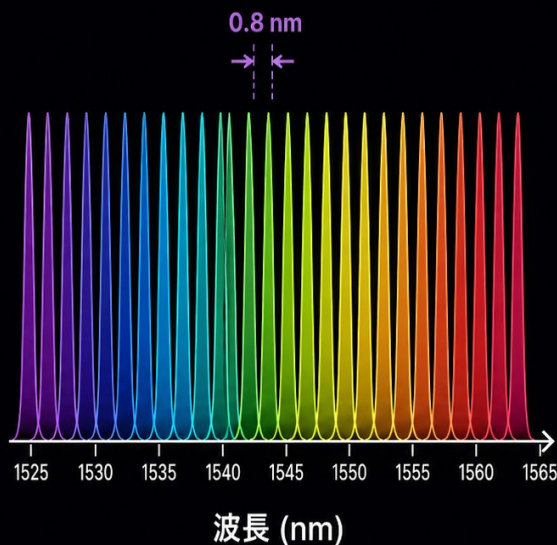
CWDM (粗波分)

20nm 間距



DWDM (密波分)

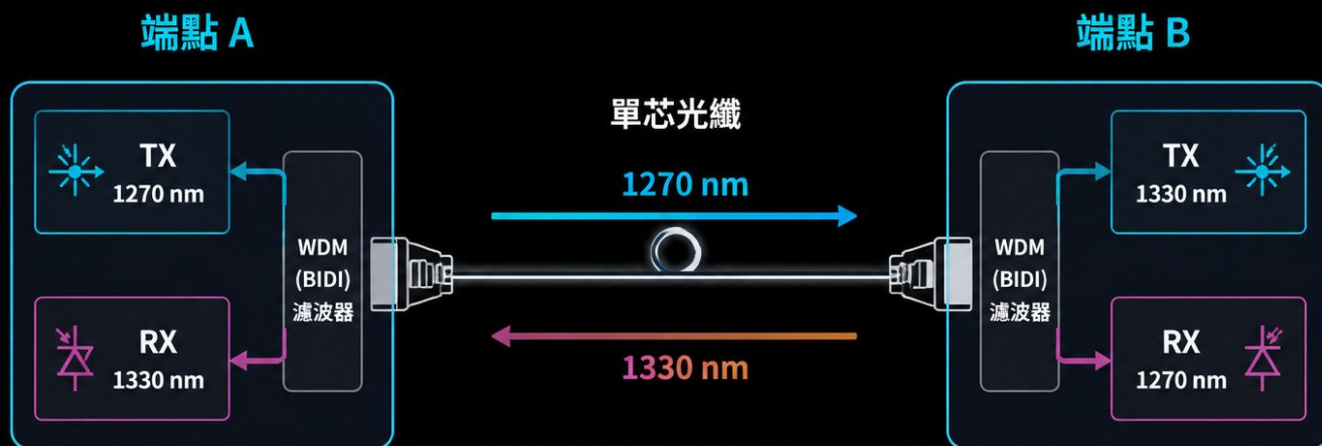
0.8nm 間距



CWDM vs. DWDM

- > CWDM：20 nm 間隔，架構簡單、成本低，常用於短距離到都會接入網；距離依模組與鏈路預算而定，常見 10–80 km。
- > DWDM（密波分）：常見 100 GHz $\approx$ 0.8 nm，也可用 50 GHz、25 GHz 或 flex-grid。
- > 設計邏輯：考量損耗預算與傳輸容量，決定通道密度。

單纖雙向傳輸 (BIDI) 的波長分配



- > 對向匹配：端點 A 用 TX 1270/RX 1330，端點 B 必須用 TX 1330/RX 1270。
- > 工程細節：注意 BIDI 模組的靈敏度與光纖端面回波。



對向配對：

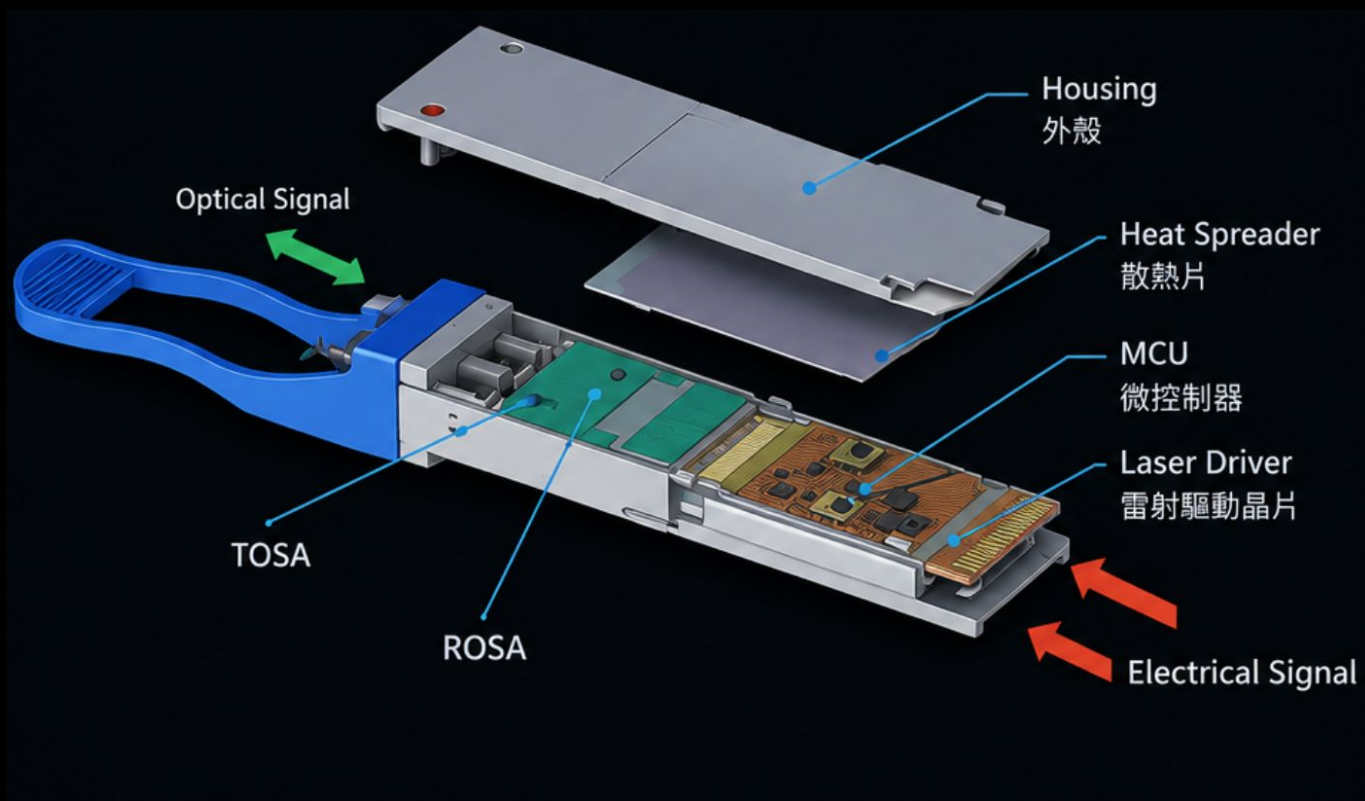
A 端 TX1270 / RX1330 ； B 端 TX1330 / RX1270



常用配對：

1270 ↔ 1330 、 1310 ↔ 1490

光模組設計：從電訊號到雷射輸出



➤ **TOSA**：發射組件，包含雷射二極體、驅動電路與光耦合/封裝結構。

➤ **ROSA**：接收組件（PIN/APD 光檢測器 + TIA）。

➤ **雷射類型**：

- VCSEL (短距 850nm)
- DFB (長距 1310/1550nm)
- EML (高頻 100G+ 長距)。

高速編碼 NRZ 與 PAM4 的物理差異

從 NRZ 到 100G/400G PAM4

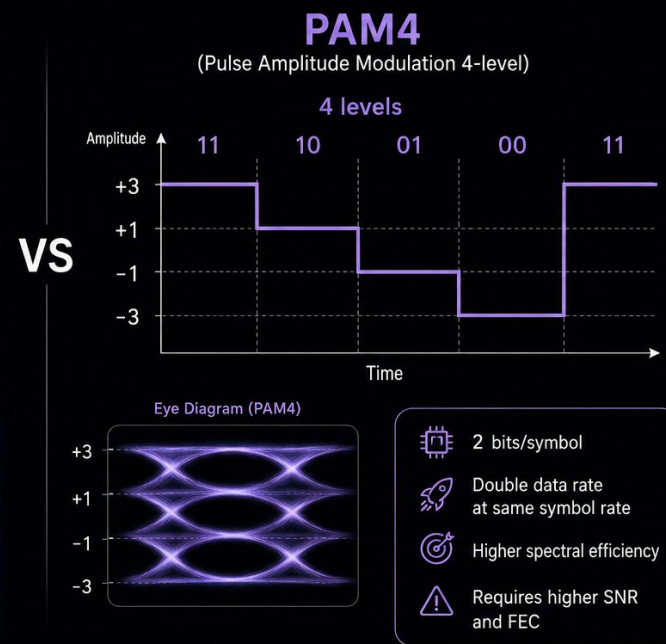
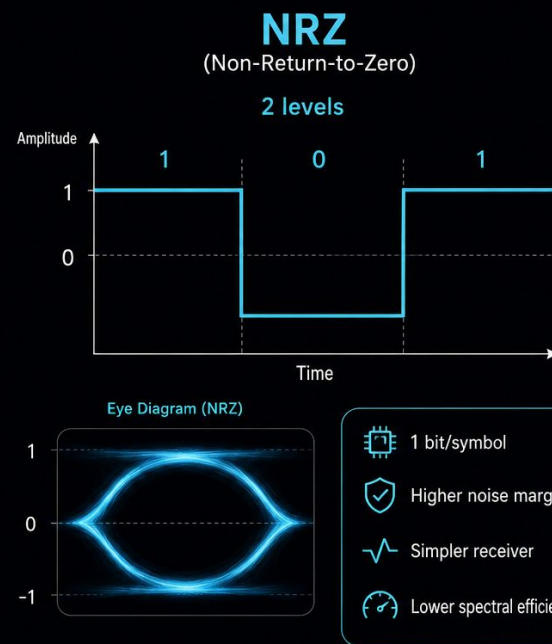
> NRZ (0/1) :

二位準訊號，每個 symbol 傳 1 bit，眼圖開口大、接收較簡單，但頻譜效率較低。

> PAM4 (00/01/10/11) :

四位準訊號，每個 symbol 傳 2 bits，在相同波特率下可傳輸兩倍資料量。

> PAM4 電平間距較小，雜訊容限較低，需更高 SNR、均衡與 FEC。



VS

| 光功率預算 (Link Loss Budget)

$$P_{\text{Budget}} = P_{\text{TX_min}} - P_{\text{RX_Sensitivity}}$$

損耗因子

- 光纖衰減：0.35dB/km (1310nm)。
- 接頭損耗：~0.5dB 每處。
- 熔接損耗：~0.1dB 每點。

設計安全係數

建議預留 3-5dB 作為維護餘裕 (Margin)，防止老化或重複熔接造成的訊號中斷。

實務案例分析

大型研討會與骨幹網路設計

(此處刪除)

實務拓撲解析

- **暗光纖應用**：使用 ISP 的暗光纖，串接約 ~35km 雙路由。
- **100G-ER-BIDI**：在骨幹中利用單纖 100G 實現高頻寬互連。
- **LACP 聚合**：2x100G 綁定，確保節點備援。
- **隔離設計**：
使用 Juniper SRX4200 進行 SNAT 與資安控制。

跨地域的 L2 延伸 - VPLS 技術應用

VPLS (Virtual Private LAN Service)

- 核心：在 L3 骨幹上建立邏輯上的 L2 Switch。
- 應用：讓不同區域的伺服器像在同一個機房互通。
- 優勢：適合跨點 L2 互聯與管理。

LACP 鏈路聚合決策與備援

200G

總頻寬 (LACP Bundle)

設計關鍵點

- 負載平衡：基於 IP/MAC Hash 的流量分佈。
- **Failover**：當一條 100G ER 斷線時，毫秒級切換至另一條，確保直播與訪客流量不中斷。
- 物理隔離：兩條光纖走不同物理路徑（雙路由）。

核心與接入層設計

WiFi 骨幹、交換機選型與頻寬策略

WiFi 與骨幹網路的協同效應



"The wire is the limit"

- **AP 需求：** WiFi 6E/7 單台最大吞吐可破 5Gbps。
- **上鏈配置：** 必須配備 2.5G/5G/10G 上鏈，否則 1G Cat.5e 會成為瓶頸。
- **延遲：** 骨幹必須保證低抖動 (Jitter)，以支撐高密度無線存取。

WiFi 頻譜分配

- 2.4GHz：覆蓋廣、穿透佳，但頻寬小、干擾多
- 5GHz：速度快、頻寬彈性高，適合日常高速連線
- 6GHz：頻寬最大、干擾最少，適合 Wi-Fi 6E / 7 與低延遲應用
- 規劃原則：
 - 2.4GHz 給 IoT 與遠距離裝置
 - 5GHz 作為主要使用頻段
 - 6GHz 給高效能與低延遲設備
 - 通道需避免重疊與相鄰干擾

交換機選型決策：接入層的邏輯

For End-user

強調 1G 埠口數量，
以及基本安全性功能。

For AP / Device

必須考量 PoE 總功率預算，
與高頻寬上鏈 (SFP+)。

For Server

低延遲、LACP 支援、
10G/25G 標配。

PoE 供電標準與設計決策

標準	瓦數 (每埠)	適用設備
802.3af (PoE)	15.4W	VoIP 電話, 基本攝影機
802.3at (PoE+)	30W	WiFi 6 AP, PTZ 攝影機
802.3bt (PoE++)	60W - 90W	WiFi 7 AP, 智慧照明, 數位看板

* 決策邏輯：根據最大耗電總額決定 Switch 的 Power Supply 規格。

Don't forget to clean the fiber optic connector.



最容易被忽視的細節

- 清潔：90% 的 Link Flap 源於端面髒汙。
- 檢查：拔插光模組前，務必使用一按式清潔筆。
- 監控：透過 SNMP 監控光模組的 RX Power，預警光纖老化。

Questions & Discussion

歡迎提問與技術交流