

被動光纖網路

中華電信智慧建築辦公事顧問 劉時森老師

一、前言

電信網路光纖化歷經兩個階段，先長途及中繼線路，後用戶迴路。長途及中繼光纖網路併成為核心網路(Core Network)。用戶迴路部份，以一個機房四面八方涵蓋的光網路稱為光接取網路(Optical Access Network，OAN)¹。而OAN內每單一方位由一個光纖環從機房出去又繞回來，供客戶接取光纖，稱為光配線網路(Optical Distribution Network，ODN)。所以，一個OAN有數個ODN分別建置於不同方位，這些光纖通稱用戶光纖。

為避免外線重疊建設，國際電信聯盟

(International Telecommunication Union，ITU-T)建議，各種被動光網路(Passive Optical Network，PON)都應該延用同一光纖網路，光頻譜的使用可重新分配，被動元件可從耦合器昇級為光分歧器(Optical Splitter)以及分波多工器(Wavelength Division Multiplexing)。因此，現在所談的PON都建置在既有光纖網路上。

二、被動光纖網路

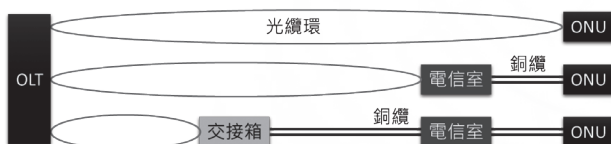
以前，長途及中繼光纖網路每經過一個網路結點，光信號必須換成電信號，經多工或

1 ITU-T G.982號建議。OAN是以機房為中心向四面八方建置的光纖客戶網路，一個OAN可涵蓋數個ODN。

解多工處理後，再換成光信號進入光纖，繼續往前傳送。用戶光纖也有同樣的過程，須經過光電轉換後才能進入最後一段銅線。又近年光纖到府快速成長，光纖數量不斷增加，現有管道將不敷使用。

把多工、解多工、光電轉換等功能用被動元件(如光分歧器、分波多工器、耦合器、放大器…等)執行，這就是被動式光網路(Passive Optical Network, PON)。不但節能，省空間，也降低維運成本。另外，由於輸入與輸出不對稱比例，如1:16、1:32、1:64，耦合器面向機房端的光纖大幅減少，減少幅度最高達64倍²。既有管道使用效率因而大幅提昇，外線的建置費也可以大幅降低。

實務上，長途線路已經被動化。在用戶網路部份，礙於末端既有建物及管道現況，客戶端光纖無法一次到位，只能先將光纖佈到鄰近點(FTTx)，如圖(一)。用戶光纖大部份是環狀設計，光纖從機房出來沿著街道環繞一圈後回到機房，客戶在光纖環中的某一點把光纖切斷接其中的一邊，切斷的光纖變成兩段，一段從機房順時針方向過來為活線，另一段逆時針回機房做備援。



圖(一)FTTx光配線網路(ODN)

三、ITU-T PON的種類

PON有兩種血源，一是E-PON，來自電機電子工程師學會(Institute of Electrical and Electronics Engineers, IEEE)，另一是G-PON來自國際電信聯盟電信標準化部門(ITU Standardization Sector, ITU-T)。E-PON以上下行對稱傳輸為主。G-PON則以非對稱為主，也提供對稱傳輸。在台灣，以ITU-T的PON為大宗。

至目前為止，ITU-T建議的PON有A-PON、B-PON、G-PON、XG-PON、NG-PON2等五種，G-PON是當下市面上的主流。

A-PON：1996年11月，ITU-T提出光接取網路(Optical Access Network, OAN)的概念。使用被動分光元件提供ODN網路點對多點互動服務，包括64kbps互動服務(不含廣播式服務)之光網路。對象為企業及一般客戶，最高速率為ISDN原級速率(1.544Mbps)。因以傳輸ATM³為主，故稱A-PON。

B-PON：2005年元月ITU-T建議將OAN從A-PON昇級成B-PON，但仍維持原來的網路架構。B-PON之ODN使用光耦合器提高光纖使用效率，其他光纖被動元件則與A-PON相同，光譜分配之波段亦同，速率提高到622Mbps。

G-PON：2008年3月，ITU-T建議將OAN對稱型速率昇到2.4 Gbps，不對稱型下行

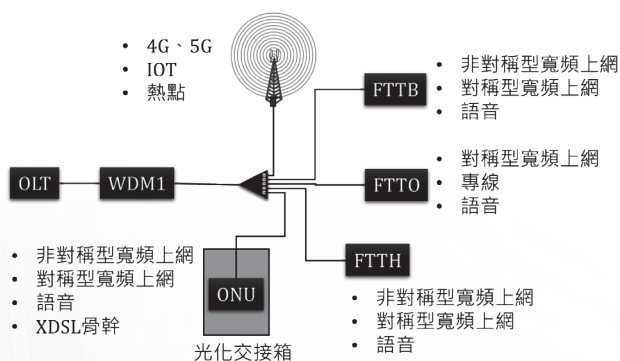
² 最高分歧比1:128，但必須考慮備援光纖，故除以2，成64。

³ A Asynchronous Transfer Mode (ATM)，非同步傳輸模式，用來載送低速、高速率、和即時業務，如語音、數據、與視訊，並將這些業務用一個網路傳送。後來ATM進一頻發展符合當時的B-PON，最後又因IP化衰退。



2.4Gbps及上行1.2Gbps，稱為G-PON，提供消費型及企業型兩種電信服務。網路架構與B-PON相同，FTTx在此時開始出現，有FTTC、FTTB、及FTTH等。

XG-PON：2010年元月，ITU-T提出XG-PON光被動網路建議。因WDM系統每一波長的速率都是10Gbps，因此以10代表羅馬數字的“X”，故稱為XG-PON。



圖(二) XG-PON可提供之電信服務

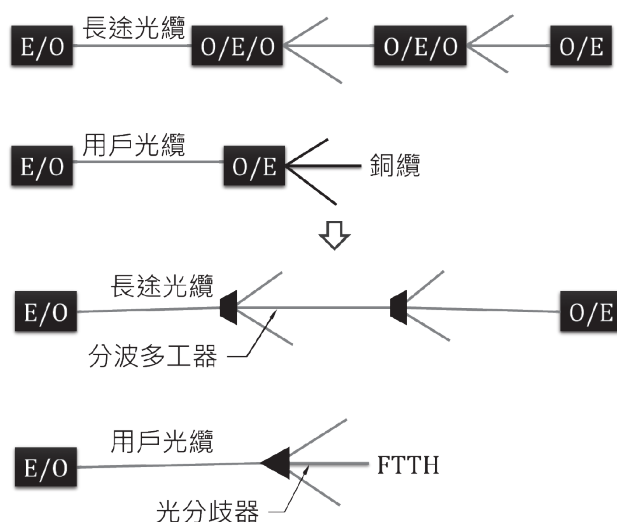
NG-PON2：可傳輸數個1Gbps及10Gbps速率，上下行可傳送多波長，公稱速率40Gbps。有兩個特色：1. 容量可隨著需要增加，仍然可以維持負載平衡。2. 多波長，電路調度極俱彈性，ONU可接收任何新加入的波長。

四、PON對電信線路的影響

PON網路的級數越高，通信機制越複雜，但對實體線路的建置及維護反而越形容易，而且有益無害：

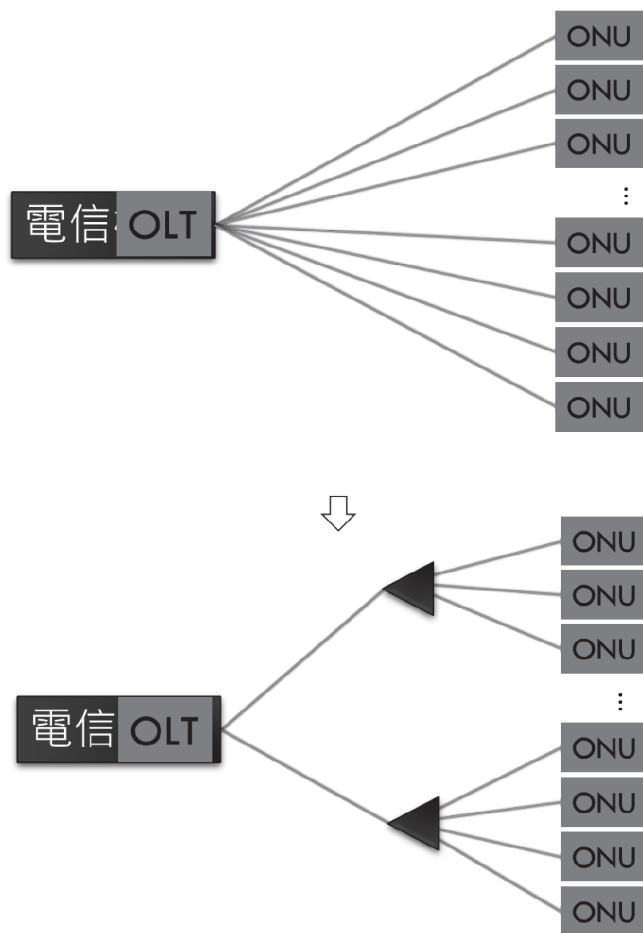
1、不必用電：圖(三)的E/O、O/E/O、或O/E皆為主動元件，大部份發生在電信機房

或電信室，表示需要空調、維護、及防干擾設施。將主動元件改成被動元件，維護時少了電源的顧慮。



圖(三) 不必電源

- 2、可以擺脫銅線的束縛：主動元件是可以放在人孔內，如以前的幫電器、感測器、警報器，但必須用在經過該人孔的電纜開頭引接心線，施工過程複雜，或用特製光纜內附銅線介在對送電。PON網路整體跳脫這些牽絆。
- 3、節省管道：每一戶FTTH都需要一心光纖到機房，則管路已塞滿用戶銅，將被增加的光纜擠爆。PON可以大幅減少各路由管路的擁塞，如圖(四)。
- 4、跳接容易：被動元件的輸入及輸出皆為光介面，只要用光跳線就可以改變光網路的組合，相當方便。
- 5、線路品質得以維持：元件壞了就更換，但被動元件不容易故障。



圖(四) 節省管道

五、未來的線路工作

未來的電信網路將以PON為主，包括外線及屋內。但銅線仍然存在，都在屋內。核心網路(長途及中繼)已全面光化，包括交換、分波多工、光波塞取等，都在機房內。接取網路(用戶網路)深入網路最末端，包含光分歧及點對點光網路，目前到宅內配線箱為止。無宅內配線箱者，直接到黑盒子。而NCC規定新建築物必須有銅纜，舊建築物銅線仍然繼續使用。換句話說，即使有PON的存在，線路工作一直都包含光纖及銅纜。

將來的5G及物聯網更需要PON。因為PON是5G網路最佳骨幹，基地台的回載需靠光纖。散佈在大街小巷的基地台，就是要靠光分歧器或分波器連接。

未來的智慧建築及智慧城市也要靠PON來支撐。智慧建築需要綜合佈線，智慧城市需要光網路建置雲端。尤其是綜合佈線，不但與各弱電系統息息相關，更是PON末端數據的主要來源，這裡應該有一個新的線路設計工作機會來整合PON與綜合佈線的介面。

