認識EPON、GPON、XGPON、和XGS-PON等被動光網路

交通部中華技術服務社 顧問 劉時淼老師
兼台灣區電信工程工業同業公會　技術諮詢顧問

一、前言

被動光網路（Passive Optical Network，PON）把光信號從機房的〝光線路終端設備（Optical Line Terminal，OLT）〞送到裝在網路線路終端的多個〝光終端設備（Optical Network Terminal，ONT）〞，以〝點對多點（Point-to-Multipoint）〞的網路形態完成光信號傳輸，中間完全沒有電信號出現。整個網路沒有電磁干擾、不需電源、沒有發熱情況，靠著分光技術，大幅提高光纖的使用效率。PON為電信網路減少了大量的建置及維運成本，同時也提高網路的通信及傳輸效率，沒有PON，不可能有今天的高速率寬頻光網路。

就如本文的標題提到EPON、GPON、XGPON、和XGS-PON，其中GPON已是成熟的被動光網路，現在業界正準備推出〝10G對稱形光被動網路（10 Gigabit Symmetric Passive Optical Network ，XGS-PON）〞。無論是GPON、EPON、XG-PON、或XGS-PON其在標準、頻寬、及應用上各有不同，本文就此議題進一步討論。

二、GPON是什麼？

GPON （Gigabit Passive Optical Network）是依據國際電信聯盟（International Telecommunication Union） ITU-T G.984[1]技術標準建置的被動光網路，為當今最普遍的PON網路之一，尤其適於大規模的光纖到府（Fiber To The Home，FTTH）的建置。

GPON為〝非對稱形網路〞，上下行速率不同：下行2.488Gbps，使用1490nm；上行1.244Gbps，使用1310nm。支援分波多工（Wavelength-Division Multiplexing，WDM），也支援光分歧器，分光比1：32或1：64，最高可分歧到1：128，傳輸距離20公里。

使用GEM傳輸協定（GPON Encapsulation Method），藉由〝劃時多工/劃時多工接取（TDM/TDMA[2] ）〞技術使其頻寬效率達到90%，適用於需要大頻寬及高效率通信的場合，諸如都市住宅區、企業網路、以及三合一（語音、影像、數據）應用場合。由於成熟及有效率，GPON早已獨佔市場。不過，隨著資訊需求不斷增加，GPON的頻寬與速率顯得有點捉襟見肘。

三、EPON 是什麼？

EPON（Ethernet Passive Optical Network）是依據電機電子工程師學會（Institute of Electrical and Electronics Engineers，IEEE）所訂定之IEEE 802.3ah標準建置的光被動網路。採用乙太網路協定，強調與既有乙太網路設備的相容性。乙太訊框（Ethernet

1 T-REC-G.984.1-200803-I!!PDF-E.pdf 支援千兆位元的被動光纖網路（GPON）：一般特性

2 劃時多重存取（TDMA）是一種用於無線及數位通訊網路的通道存取方法。它透過將單一頻率通道劃分為多個時槽，每個用戶在其指定時槽內快速連續傳送訊號。確保多個用戶能共享同一頻率而不干擾，有效提升頻譜的效率。
TDMA 是一種劃時多工（TDM）技術，但與通常涉及一發射機和一接收器的 TDM 不同，TDMA 支援多個發射器和接收器共用同一通道，大家分開時間使用頻道。

Frame），藉由劃時多工接取（TDMA）技術，可以把網路的頻寬效率提高到70%。

EPON採1.25Gbps上下行對稱通信，若為10G-EPON，則昇級為10Gbps。和GPON同樣，下行使用1490nm波長，上行使用1310nm波長。其使用光分歧器之分光比有1：16、1：32、最高1：64，通信距離20公里。

EPON非常適用於企業內部網路、校園網路，和中小型網路業FTT0（Fiber To The Office）佈建，也適用於資料環境。此網路的最大優點是成本低且容易配置，雖然其頻寬及網路效率不及GPON。

四、XG-PON是什麼？

XG-PON為10 Gigabit Passive Optical Network的縮寫，是依據 ITU-T G.987標準，為大頻寬及長距離傳輸而建置的高速率被動光接取網路。10G不對稱的光被動網路，下行速率最高10Gbps；上行2.5Gbps。

這種速率可以很輕易的傳送高畫質影片、執行雲計算、和轉送大量的資料。其高速率不對稱的網路設計，非常適合一般家庭及企業的運作模式。使用分波多工，可以和傳統的GPON系統共存，有利於既有的使用者可以慢慢的昇速。傳輸距20公里，分歧器分光比1：64或更高，提供更優的服務品質（QoS），確保高品質的語音、視訊及數據服務。

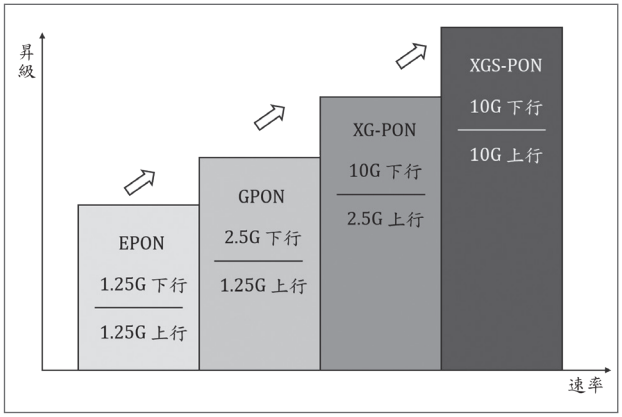
XG-PON應用範圍，從高速率寬頻接取到一般家用和企業的4K/8K串流、線上遊戲、大型檔案轉傳；提供可靠、企業園區間、多棟企業大樓間大容量檔案轉接；提昇多媒體內容分配效率，如隨選視訊和雲應用；支援5G回傳和市區網路昇級，提昇整體無線網路性能昇級。

五、XGS-PON是什麼？

XGS-PON是10 Gigabit Symmetric Passive Optical Network的縮寫。依據 ITU-T G.9807.1標準，迎合5G、8K影像串流和雲端服務的高頻寬需求而建置的新一代被動光網路。

不同於其他的PON，XGS-PON是十足的〝10 Gbps上下行對稱型被動光網路〞。下行波長1577nm，上行波長1270nm，採分波多工（WDM）和既有GPON共存，將來可以順勢的昇級。XGS-PON支援的分光比從1：64到1：256，傳輸距離依網路架構，從20~40公里皆有。通信協定XGEM，採TDM/TDMA接取技術以確保頻寬效率。

多虧其頻寬對稱，XGS-PON很適合用於高密度、高需求的場合，如智慧城市、數據中心連接、未來10G寬頻服務，同時也合其他的GPON相容。



圖一 各種PON網路速率前後關係

表一、GPON、EPON、XG-PON、和XGS-PON的比較

規格	GPON	EPON	XG-PON	XGS-PON
標準組織	ITU-TG.984	IEEE 802.3ah/ 802.3av	ITU-T G.987	ITU-T G.987.1
速率	下行 2.488Gbps 上行 1.244Gbps	1.25 Gbps 對稱 (10G EPON 10Gbps對稱)	下行 10Gbps 上行 2.5 Gbps	10Gbps對稱
對稱形態	非對稱	對稱	非對稱	對稱
頻寬效率	~90%	~70%	~90%	~90%
分光比	常用 1:32/1:64 (最大1:128)	常用1:16/1:32 (最大1:64)	常用1:64 (最大1:128)	常用1:64 (最大1:256)
協定包封	GEM(GPON Encapsulation Method)	乙太網路訊框 (Frames)	XGEM	XGEM
成本	中	低	高	高
應用場合	都會區居民，鄉村寬頻、智慧園區、和企業光纖	中小企業、園區網路、數據焦點場合	高頻寬需求 (4k/8k 影片、雲端)	高密度客戶、10G寬頻、數據中心連接
相容性	--	--	與GPON (WDM)共存	與GPON (WDM)共存

六、EPON,GPON,XG-PON,和XGS-PON速率與對稱性的整體分析

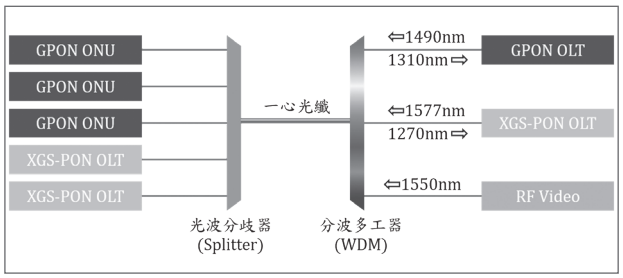
a. 分光比和傳輸距離

以上四種PON網路的分光比都可達到1：128，傳輸距離20公里。不過，XG-PON和XGS-PON的頻寬分配效率較高，可服務較多有高速率需求的客戶。

b. 性能與效率

EPON的架構簡單成本低，適用於中小型網路。GPON可以滿足基本寬頻的需求，但在支援高頻寬應用上仍然有個限度。XG-PON可以解決GPON下行的不足，例XGS-PON的10Gbps對稱可以滿足上傳及下載的需求，是現在的高性能網路的首選。

c. 四種網路共存：



圖二 分波多工網路架構示意

分波多工技術使一心光纖可以同時傳送多個波長。不同網路的上下行波長不同，可以在一心光纖內同時傳送而不會相互干擾。例如GPON的上行1310nm，下行1490nm。而XG-PON和XGS-PON使用1270nm上行，1577nm下行。

d. 相容性：

ITU-T對GPON和XG-PON技術規範G.984和 G.988各包含了共存的條款。只要遵照這技術規範，製造商可以設計出無隙縫共存的方案。換言之，支援GPON的元件在XG-PON或XGS-PON網路裡也可以運作，達到高速和低速傳輸相容的情境。這種相容性在網路昇級時可以節省全面更換設備的成本，同時促使PON傳輸速率順利的向上昇級。

綜使共存和相容在技術上可行。在實務上，網路昇級需要縝密的計劃與管理，以確保PON的技術性能在網路之間可以順暢的轉換。

七、PON技術的演進

- 從吉位元（Gigabit）級系統（EPON/GPON）昇級到10吉位元系統（XG-PON/XGS-PON）。
- 強調系統頻寬以滿足雲端服務、影像會議、及遠端工作。
- 用分波多工技術、開放交換器、及Open WiFi標準網路控制器整合，促成AP和交換器管理統一化。

八、GPON、EPON、XG-PON、或 XGS-PON那一種最適用?

端看頻寬需求、預算、相容性、和未來計畫：

- 預算有限的小型網路，從成本效益、經濟、簡化、及夠用的角度，EPON是最好的選擇。
- 如果是電信業者，強調的是頻寬效益和穩定性，GPON成熟和穩定是個不錯的選擇，不過頻寬稍嫌不足。
- 有10G大頻寬接取需求者，可以考慮XG-PON。有10G的下行和2.5G的上行，可以和GPON共存然後輕易昇級。
- 最後，有對稱10G需求或是有日後應用的可能者，XGS-PON是長遠的選擇，提供最佳的擴展性，但成本較高。