

光纖網路成為「最後一哩」 的現況與發展技術

鄧一中 博士

現職：臺北城市科技大學資訊工程系主任

1960年代網路開始萌芽，當時電話線為網路之主要傳輸媒介，隨著頻寬需求的增加，同軸電纜、雙絞線等使用銅做為傳導信號媒介線材相繼問世並不斷改良，「最後一哩」毫無懸念的是固網；但是近年來行動網路拜手持式行動裝置的普及，使其有突破性的發展，從行動通信3G時代開始，不論是工作或娛樂，我們很難離開行動裝置，台灣行動通信4G時代在WIMAX（Worldwide Interoperability for Microwave Access，全球微波接入互操作性）繞了一大圈之後，隨著中華電信於2014年5月30日4G LTE（Long Term Evolution，長期演進技術）正式開台，宣告台灣4G行動通信技術正式與WIMAX揮手道別，終於走進LTE的時代與世界接軌，雖然LTE/LTE Advanced才正開始廣泛部署，下一代5G標準的制定工作卻早已展開，許多單位都宣告將於2020年進入5G行動通信的時代，行動通信業者盼望「最後一哩」能由固網轉成行動通信。

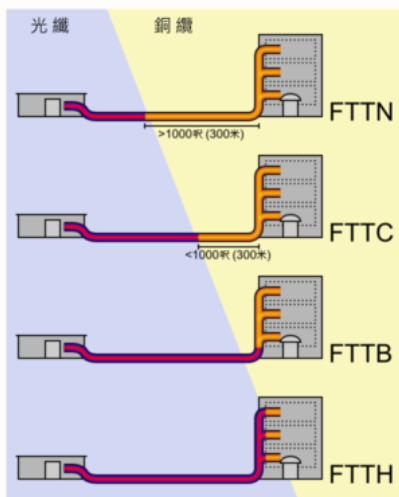
「最後一哩」到底是固網或是行動通信眾說紛紜，由於銅纜受限於資料傳輸速度的極限很難有突破性的進展，目前銅纜最大的下載資料傳輸速度約達200 Mbit/s，勢必無法滿足5G行動通信高達1 Gbit/s以上的資料傳輸量，傳輸基地台（Base Station，BS）之間的連接無法再以傳統的銅纜來

進行系統連結，銅纜最多只能扮演固定設備的最後一碼線路，即連接交換器（Switch）與固定式終端設備；無線網路雖然具有免佈設實體線路的優勢，但在頻譜有限、容易受環境影響、基地台建置成本等問題的限制下，無法在所有地方提供穩定且快速的傳輸品質，很大部分「最後一哩」的網路勢必以高頻寬的光纖固網來實現，光纖網路挾其頻寬大、傳輸距離遠、保密性佳等優勢，加上價格愈來愈親民，逐漸普及於電信網路市場。但是固網即代表有形的線路，這條有形的牽絆雖然快速，但也牽制了使用者的行動，無線網路不論是WiFi或4G LTE在行動通信領域又占盡優勢，筆者深信不論是現在或是未來通信網路系統，為了兼顧傳輸品質與節省通信網路的佈建成本，將會與行動網路整合在一起，以提供便捷、高速與無死角的網通服務，行動通訊系統勢必與光纖固網整合相互搭配使用，其關係就像是“魚”和“水”，誰也離不開誰。

近年來由於各種（超）高畫質影像、大數據、物聯網、及雲端服務等網路頻寬的需求不斷地增加，大頻寬傳輸的需求漸由公司行號開始逐漸普及到一般家庭中，目前行動網路尚不足以支援如此龐大的頻寬需求，因應而生的是家用網路光纖化，家用網路的「最



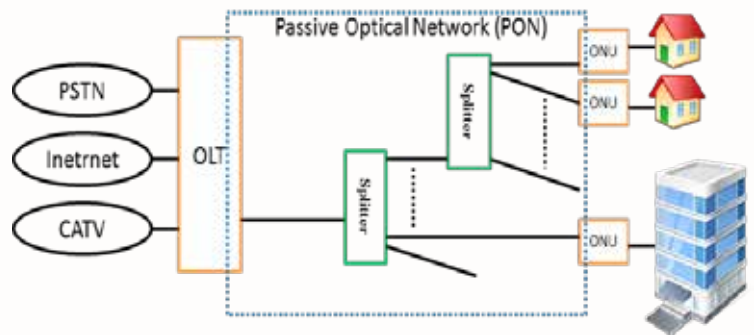
後一哩」由各種FTTx光纖寬頻網路逐漸取代ADSL，FTTx依光纖連接到不同的定點轉換為不同網路接取技術，就會出現FTTH、FTTB、FTTC、FTTN…等不同名稱，圖一以光纖連接到不同的定點的方式定義了常見的四種FTTx之示意圖。



圖一 FTTx示意圖。資料來源：維基百科

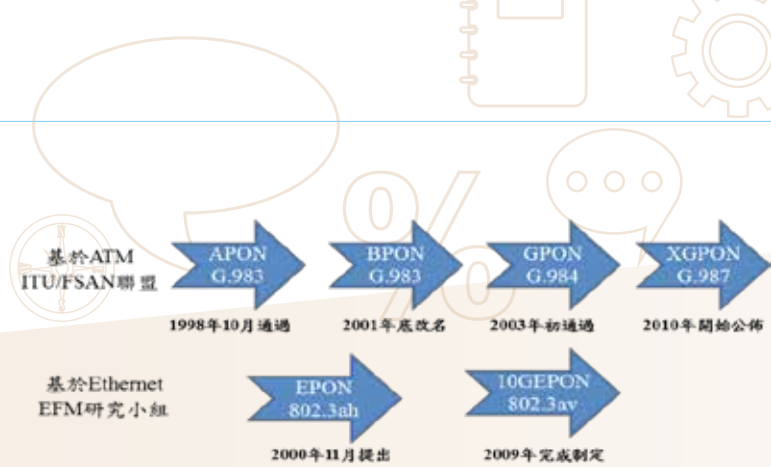
因並非每棟建築物均有光化之垂直管線，所以中華電信光世代網路計劃主要以FTTH與FTTB+VDSL並行的作法，為了提高系統可靠性，同時節省維護成本，中華電信光纖網路技術採用被動光纖網路（Passive Optical Network；PON）為主，有別於主動光纖網路（Active Optical Network；AON）採用需要電源的電信網路節點的元件，PON是一種點到多點的光纖接入技術，由電信機房內的OLT（Optical Line Terminal），將下行的光信號經過光分歧器（Splitter），分成多路提供給多個ONU（Optical Network Unit），而每個ONU上行的信號則逆向通過光耦合器合

成在一根光纖多工傳送給OLT，被動光纖網路示意圖如圖二所示。所謂「無源」是指光纖網路除了終端設備需要用到電以外，ODN（Optical Distribution Network）中不含有任何需要電源之電子元件，全部由光分路器（Splitter）等無源元件組成，故可節省了大量建置成本，此外電磁干擾或自然環境的干擾，也無法影響無源的被動光纖網路，可降低線路和外部設備的故障率。



圖二 被動光纖網路（Passive Optical Network；PON）示意圖。

典型的PON系統，採用分波多工技術進行上下行訊務的傳輸。下行訊務採廣播方式發送到各個ONU，在上行方向，則利用 TDMA（Time-Division Multiple-Access）或 WDMA（Wave-Division Multiple-Access）做為用戶端ONU之多重接取機制，目前 PON 的標準技術上有兩大主流，一為國際電信聯盟ITU-T G.98x 系列，包括APON（ATM PON）、BPON（Broadband PON）、GPON（Gigabit Capable PON）及XG-PON（10 Gigabit Capable PON），另一主流為IEEE 802.3 EFM系列之EPON（Ethernet PON）、10G-EPON等技術。其發展與演進如圖三所示。



圖三 PON 的標準技術演進

由PON網路發展的狀況而言APON/BPON以及GPON (Gigabit PON) 均採用分時多工 (TDM) 方式提供服務，其速度也由622Mbits/s提升至GPON的2.5Gbits/s，GPON所支援的標準是ITU-T G.984，有效整合ATM、Ethernet及TDM訊號於點對多點的PON網路；EPON所支援的標準是IEEE 802.3ah，EPON沿襲傳統及市場上大量使用的乙太網路協定來提供低價的非對稱數據資料傳遞，特性為可達對稱1.0Gbit/s上行及下載的頻寬，目前已有廠商提出2.5Gbit/s傳輸速率的晶片。

現今光纖網路還是以GPON/EPON為主，如何在不影響現有業務的前提下，逐步提升至10G PON網路是非常重要的，能否向下相容通常是直接影響成功升級的關鍵原因，若能向下相容可以逐步可以使PON與10G PON在升級期間並存，目前10G PON分成兩大陣營，一個為10G EPON的解決方案，另一個為XGPON的解決方案，由10G PON使用的光波長來看，上行方向，EPON和10G EPON的頻譜部分重合，10G EPON可以向下兼容EPON，共構時使用分波多工 (WDM) 技術對不同光波長的EPON與10G EPON光訊號進行多工與濾波，其缺點為10G EPON，上行速率會受低速EPON終端影響；而GPON和XGPON的上下行中心波長頻譜完全獨立，因此，如果要實現GPON 和XGPON的共存，必須通過合波的方式來進行，GPON與10G GPON波長不重疊，雖然在同一個ODN上並存時需透過額外的WDM1r將GPON和XGPON1的光信號合波到同一個ODN網絡中，

但波長不重疊的好處就是10G PON可以獲得全部速率。

在實際網路佈建上，XGPON建置初期落後10G EPON，目前技術已經成熟，GPON和XGPON共存的過渡性整合已有數家公司推出Combo解決方案，即將GPON模組、XG-PON模組以及WDM1r元件三合一，集成一個Combo模組，在未來頻寬需求愈來愈大的狀況下，XGPON挾其波長獨立於GPON的優勢下，相當有機會以後居上的型態成為主流，PON的發展由現行1 Gbit/s EPON、2.5 Gbit/s GPON光纖網路，到正在推廣之10 Gbit/s的10G EPON、XGPON1，未來將再進階至40 Gbit/s之NGPON2網路系統，預計至2020年左右，100 Gbit/s的被動式光纖網路技術將可望實現。

以上技術之應用均在近20年內於我們生活周遭實現，可謂是電信網路技術高速成長期，無論是傳統銅纜、無線網路、各種光纖網路，均屬於電信工程業之工作範圍，施工技術也隨技術演進更加複雜，如何提升電信工程從業人員的技術，使其在此急遽改變的時代游刃有餘，完整的教育訓練與人才培養將是刻不容緩之事，但電信工程業大多為中小型公司，實在無力自行發展人才培訓之工作，所幸電信工程同業先進頗有遠見，共同組成公會—「台灣區電信工程工業同業公會」迄今已三十載，透過公會教育訓練委員會的運作，提供相關業者之從業人員教育訓練，實為電信工程業之幸，筆者因緣際會參與公會相關教育訓練工作，對於公會上下不辭辛勞的付出深感欽佩，在其三十週年特刊發行之際，不棄筆者拙劣熱情邀稿，故借特刊一隅致上深深祝福之意，願公會會務蒸蒸日上，全體會員事業順利。