

FTTx 技術

前言：光纖到家庭(FTH)是 20 年來人們不斷追求的梦想和探索的技術方向，但由於成本、技術、需求等方面的障礙，至今還沒有得到大規模推廣與發展。然而，這種進展緩慢的局面最近有了很大的改觀。由於政策上的扶持和技術本身的發展，在沈寂多年後，FTTH 再次成爲熱點，步入快速發展期。目前所興起的各種相關寬帶應用如 VoIP、Online-game、E-learning、MOD (Multimedia on Demand) 及智慧家庭等所帶來生活的舒適與便利，

HDTV 所掀起的互動式高清晰度的收視革命都使得具有高帶寬、大容量、低損耗等優良特性的光纖成爲將資料傳送到用戶端的媒質的必然選擇。正因爲如此，很多有識之士把 FTTx (特別是光纖到家、光纖到駐地) 視爲光通信市場復蘇的重要轉捩點。並且預計今後幾年，FTTH 網將會有更大的發展。本文將對 FTTx 的劃分，實施的主要技術以及 FTTx 現在在世界各地的發展做一個綜合的介紹。

一、FTTx 劃分

FTTx 技術主要用於接入網路光纖化，範圍從區域電信機房的局端設備到用戶終端設備，局端設備爲光線路終端(Optical Line Terminal; OLT)、用戶端設備爲光網路單元(Optical Network Unit; ONU)或光網路終端(Optical Network Terminal; ONT)。根據光纖到用戶的距離來分類，如圖 1 所示，可分成光纖到交換箱(Fiber To The Cabinet; FTTCab)、光纖到路邊(Fiber To The Curb; FTTC)、光纖到大樓(Fiber To The Building; FTTB)及光纖到戶(Fiber To The Home; FTTH)等 4 種服務形態。美國運營商 Verizon 將 FTTB 及 FTTH 合稱光纖到駐地(Fiber To The Premise; FTTP)。上述服務可統稱 FTTx。

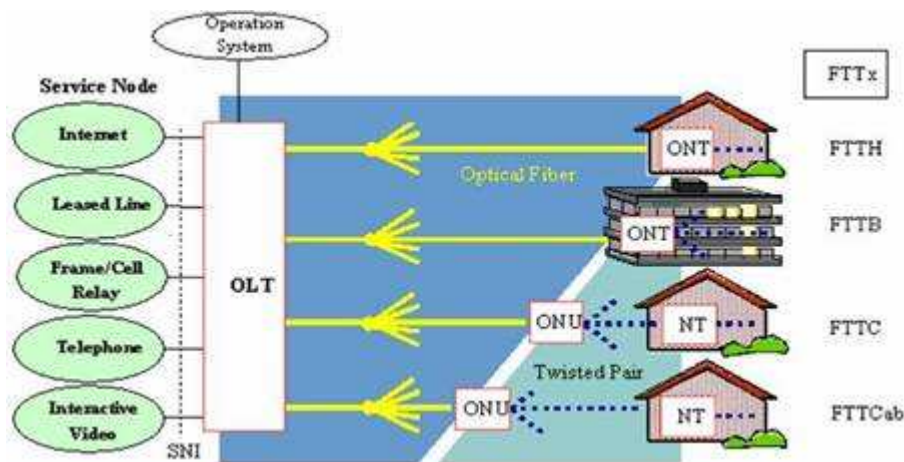


圖 1 FTTx 示意圖

FTTC 爲目前最主要的服務形式，主要是爲住宅區的用戶作服務，將 ONU 設備放置於路邊機箱，利用 ONU 出來的同軸電纜傳送 CATV 信號或雙絞線傳送電話及上網服務。

FTTB 依服務物件區分有兩種，一種是公寓大廈的用戶服務，另一種是商業大樓的公司行號服務，兩種皆將 ONU 設置在大樓的地下室配線箱處，只是公寓大廈的 ONU 是 FTTC 的延伸，而商業大樓是爲了中大型企業單位，必須提高傳輸的速率，以提供高速的資料、電子商務、視頻會議等寬帶服務。

至於 FTTH，ITU 認爲從光纖端頭的光電轉換器（或稱爲媒體轉換器 MC）到用戶桌面不超過 100 米的情況才是 FTTH。FTTH 將光纖的距離延伸到終端用戶家裏，使得家庭內能提供各種不同的寬帶服務，如 VOD、在家購物、在家上課等，提供更多的商機。若搭配 WLAN 技術，將使得寬帶與移動結合，則可以達到未來寬帶數位家庭的遠景。

二、FTTx 技術分類

光纖連接 ONU 主要有兩種方式，一種是點對點形式拓撲 (Point to Point; P2P)，從中心局到每個用戶都用一根光纖；另外一種是使用點對多點形式拓撲方式 (Point to Multi-Point; P2MP) 的無源光網路 (Passive Optical Network; PON)，其拓撲結構如圖 2 所示。對於具有 N 個終端用戶的距離爲 M km 的無保護 FTTx 系統，如果採用點到點的方案，需要 $2N$ 個光收發器和 NM km 的光纖。但如果採用點到多點的方案，則需要 $N+1$ 個光收發器、一個或多個 (視 N 的大小) 光分路器、和大約 M km 的光纖，在這一點上，採用點到多點的方案，大大地降低了光收發器的數量和光纖用量，並降低了中心局所需的機架空間，有著明顯的成本優勢。

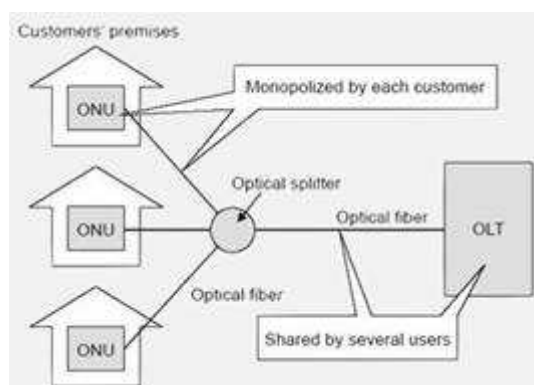


圖 2 PON 的拓撲結構

1. 點到點的 FTTx 解決方案

點對點直接光纖連接具有容易管理、沒有複雜的上行同步技術和終端自動識別等優點。另外上行的全部帶寬可被一個終端所用，這非常有利於帶寬的擴展。但是這些優點並不能抵消它在器件和光纖成本方面的劣勢。

Ethernet + Media Converter 就是一種過渡性的點對點 FTTH 方案，此種方案使用媒體轉換器 (Media Converter; MC) 方式將電信號轉換成光信號進行長距離的傳輸。其中 MC 是一個單純的光電/電光轉換器，它並不對信號包做加工，因此成本低廉。這種方案的好處是對於已有的電的 Ethernet 設備只需要加上 MC 即可。MC 方式的拓撲結構如

圖 3 所示。對於目前已經普及的 100 Mbps Ethernet 網路而言，100 Mbps 的速率也可滿足接入網的需求，不必更換支援光纖傳輸的網卡，只需要加上 MC，這樣用戶可以減少升級的成本，是點對點 FTTH 方案過渡期間網路的解決方案。由於其技術架構相當簡單、便宜並直接結合乙太網路而一度成爲日本 FTTH 的主流，但在 2004 OFC 會議中，NTT 宣稱將從現在起日本 FTTH 標案將採取點對多點(Point to Multi-Point, P2MP)架構的 PON 網路模式，勢必將影響 MC 的未來。



圖 3 使用 Media Converter 2. 點到多點的 FTTx 解決方案

在光接入網中，如果光配線網(ODN)全部由無源器件組成，不包括任何有源節點，則這種光接入網就是 PON (圖 2)。PON 的架構主要是將從光纖線路終端設備 OLT 下行的光信號，通過一根光纖經由無源器件 Splitter (光分路器)，將光信號分路廣播給各用戶終端設備 ONU/T，這樣就大幅減少網路機房及設備維護的成本，更節省了大量光纜資源等建置成本，PON 因而成爲 FTTH 最新熱門技術。PON 技術始於 20 世紀 80 年代初，目前市場上的 PON 產品按照其採用的技術，主要分爲 APON/BPON(ATM PON/寬帶 PON)、EPON(乙太網 PON)和 GPON(千兆比特 PON)，其中，GPON 是最新標準化和產品化的技術。不同 PON 技術有著不同的優缺點，如表 1 所示。

	EPON	A/BPON	GPON
Standard Body	IEEE	ITU-T (FSAN)	ITU-T SG15(FSAN)
Standardization timeline	2004.07	1998	2003.01
Standard driven by	Vendors	SP	SP
Max speed	1 Gbps	155/622 Mbps	Up to 2.488Gbps
Basic protocol	Ethernet	ATM	ATM
Line coding	8B/10B	NRZ	NRZ
Split ratio	1:16	1:32	1:64
Security	No (possible in IEEE LinkSec)	Yes	Yes
protection	No	Yes	Yes
Support voice	Poor	Good	Good
Support QoS	Poor	Good	Good
WDM overlay	No	Yes	Yes

表 1 不同 PON 技術的差異

PON 作為一種接入網技術，定位在常說的“最後一公里”，也就是在服務提供商、電信局端和商業用戶或家庭用戶之間的解決方案。

隨著寬帶應用越來越多，尤其是視頻和端到端應用的興起，人們對帶寬的需求越來越強烈。在北美，每個用戶的帶寬需求在 5 年內將達到 20~50Mb/s，而在 10 年內將達到 70Mb/s。在如此高的帶寬需求下，傳統的技術將無法勝任，而 PON 技術卻可以大顯身手。

1987 年英國電信公司的研究人員最早提出了 PON 的概念。下面對幾種分別進行介紹。

APON 是在 1995 年提出的，當時，ATM 被期望為在局域網(LAN)、城域網(MAN)和主幹網佔據主要地位。各大電信設備製造商也研發出了 APON 產品，目前在北美、日本和歐洲都有 APON 產品的實際應用。然而 APON 經過多年的發展，並沒有很好的佔領市場。主要原因是 ATM 協定複雜，APON 的推廣受阻的影響，另外設備價格較高，相對於接入網市場來說還較昂貴。由於 APON 只能為用戶端提供 ATM 服務，2001 年底 FSAN 更新網頁把 APON 改名為 BPON，即“寬帶 PON”，APON 標準衍變成為能夠提供其他寬帶服務（如 Ethernet 接入、視頻廣播和高速專線等）的 BPON 標準。

在局域網領域，Ethernet 技術高速發展。Ethernet 已經發展成為了一個廣為接受的標準，現在全球有超過 400 萬個乙太埠，95% 的 LAN 都是使用 Ethernet 技術。Ethernet 技術發展很快，傳輸速率從 10 Mbit/s、100Mbit/s 到 1000Mbit/s、10 Gbit/s 甚至 40 Gbit/s，呈數量級提高；應用環境也從 LAN 向 MAN、核心網發展。

EPON 就是是由 IEEE 802.3 工作組在 2000 年 11 月成立的 EFM(Ethernet in the First Mile) 研究小組提出的。EPON 是幾個最佳的技術和網路結構的結合。EPON 以 Ethernet 為載體，採用點到多點結構、無源光纖傳輸方式，下行速率目前可達到 10 Gbit/s，上行以突發的乙太網包方式發送資料流程。另外，EPON 也提供一定的運行維護和管理(OAM)功能。

EPON 技術和現有的設備具有很好的相容性。而且 EPON 還可以輕鬆實現帶寬到 10 Gbit/s 的平滑升級。新發展的服務質量(QoS)技術使乙太網對語音、資料和圖像業務的支援成為可能。這些技術包括全雙工支援、優先順序(p802.1p)和虛擬局域網(VLAN)。但目前 Ethernet 支援多業務的標準還沒有形成，它對非資料業務，尤其是 TDM 業務還不能很好地支援。另外，和 GPON 相比它的傳輸效率較低。

2001 年，FSAN 組啟動了另外一項標準工作，旨在規範工作速率高於 1Gbit/s 的 PON 網路。這項工作被稱為 Gigabit PON(GPON)。GPON 除了支援更高的速率之外，還要以很高的效率支援多種業務，提供豐富的 OAM&P 功能和良好的擴展性。大多數先進國家運營商的代表，提出一整套“吉比特業務需求”(GSR)文檔，作為提交 ITU-T 的標準之一；反過來又成為提議和開發 GPON 解決方案的基礎。這說明 GPON 是一種按照消費者的準確需求設計、由運營商驅動的解決方案，是值得產品用戶信賴的。

3. 光纖回路分類

FTTx 在傳輸層的設計中分為三類，分別是 Duplex 雙纖雙向回路，Simplex 單纖雙向回路和 Triplex 單纖三向回路。其中雙纖回路是在 OLT 端和 ONU 端之間使用兩路光纖連接，一路為下行(Downstream)，信號由 OLT 端到 ONU 端；另一路為上行(Upstream)，信號由 ONU 端到 OLT 端。Simplex 單纖回路又稱為 Bidirectional，簡稱 BIDI，這種方案只使用一條光纖連接 OLT 端和 ONU 端，並利用 WDM 方式，以不同波長的光信號分別傳送上行和下行的信號。這種利用 WDM 方式傳輸的單纖回路和 Duplex 雙纖回路相比可減少一半的光纖使用量，可以降低 ONU 用戶端的成本，但是使用單纖方式時在光收發模組上要引入分光合光單元，架構比使用雙纖方式的光收發模組複雜一點。BIDI 上行信號選用 1260 至 1360 nm 波段的鐳射傳輸，下行則使用 1480 至 1580 nm 波段。而在雙纖回路中則是上下行都使用 1310 nm 波段傳送信號。圖 4 是這兩種情況的示意圖。

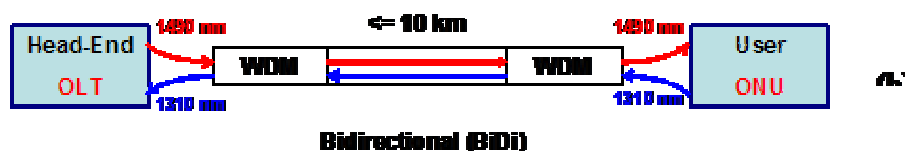


圖 4 (a) Duplex 雙纖回路，(b) Simplex 單纖回

在 2004 年中國光電產業論壇上，趙梓森院士等多位專家都認為，未來的廣電市場將是推動 FTTH 在中國發展的主力軍，因此採用三波長的 PON 比較方便，其中一個波長（1550nm）傳輸廣播電視，2 個波長（1310/1490nm）傳輸上下行資料，這就需要所謂的 Triplex 架構。而 Triplexer 也就成為 FTTH 系統需要的一種關鍵元器件，烽火科技集團根據市場需要又迅速推出單纖三向光電產品，主要應用在 FTTC（光纖到小區）、FTTB（光纖到大樓）、FTTH（光纖到家）中。