

數據網路的傳輸技術發展

吳顯東
資訊工業策進會

一、網際網路擷取速度大幅提升

網際網路發展至今，拜硬體價格大幅滑落、寬頻技術快速進步、高速傳輸媒體（電纜、光纖）普及之賜，再加上電腦技術成熟，因而人們開始想將生活上的各種應用，希望能透過網路來達成，於是各種網路多媒體應用日趨普遍，諸如視訊會議、遠距教學、影像電話、隨選視訊都已經脫離實驗室開始走向人群；而線上商場、網路書店、網路音樂城等電子商務在北美則已經融入人們的生活中。

而要能支撐這股網路多媒體應用的力量，網路的傳輸速度，無論是用戶端的接取速度或是網路骨幹的傳輸速度都必須大幅提升，方能滿足這些應用。而在這樣的需求下，這幾年中，各種技術紛紛出現。在用戶端方面，以目前類比數據機可達 56Kbps 的速度來說，整體傳輸速度比起十幾年前的 1.2Kbps（Kilo Bits per second，每秒可以傳送的位元數），其成長已經近 50 倍。但是這樣還不夠，市場需要更高的速度，方能滿足多媒體傳送的需求。業者也不負所望，更快更便宜的解決方案陸續推出，例如用戶寬頻接取技術的 ADSL（Asymmetric Digital Subscriber Line）和 Cable Modem；而在骨幹的技術方面，就該 DWDM（Dense Wavelength Division Multiplexing）莫屬了。

因此本文想先就用戶端接取技術做一回顧，並從用戶端速度的大幅提升，來看網際網路骨幹如何因應遽增的大量頻寬需求，也就是 DWDM 技術的發展。

二、網際網路用戶端接取技術的發展

最為一般大眾熟悉的網際網路用戶端接取技術，除了最傳統的，使用電話語音線路的 VBD（Voiceband Data）Modem 技術，也就是目前已經發展到 56Kbps 極致的類比數據機外，還有 ISDN（Integrated Services Data Network）和目前普遍在電視廣告可見的 ADSL 和 HFC（Hybrid Fiber/Coax，也就是大家俗稱的 Cable Modem 技術）。

但是除此之外，其實還有很多的技术可以滿足不同環境的網際網路連接需求（請見圖一）。這些包括使用雙絞線，與 ADSL 技術血緣相近的 HDSL（High-data-rate DSL）、SDSL（Symmetric DSL）、VDSL（Very-high-speed DSL）等；使用光纖和同軸纜線的 HFC、SDB；使用無線技術方面則包括衛星、微波（MMDS – Multichannel Multipoint Distribution Service、LMDS – Local Multipoint Distribution Service）、使用行動通訊系統的 PCS 和 Cellular。這些技術把用戶端連接速度大幅提升到 2Mbps 以上（請見表一）。

表一、各種技術相關速率

單位：bits per second

技術名稱	使用媒介	上傳速率	下載速率	有效距離
Analog Modem (VBD)	雙絞線	33.6K	56K	N/A
ISDN	雙絞線	64K~1.5M	64K~1.5M	18,000 ft
ADSL-1	雙絞線	16K~64K	1.5M~2M	18,000 ft
HDSL	2 對雙絞線	1.5M	1.5M	9,000~12,000 ft
SDSL	雙絞線	2M	2M	9,000~12,000 ft
HFC	同軸電纜	最高 10M	30M	
SDB	同軸電纜	n * 16K	50M	
Cellular	無線	9.6K~2M	9.6K~2M	
MMDS	無線		10M	50 km
LMDS	無線	1.5M	52M~155M	5 km
Satellite	無線	使用 VBD	400K	

資料來源：資策會 MIC 整理

由於用戶端連接速度的大幅提升，使得目前以光纖為主的網路骨幹幾乎滿載，而隨著需求日增，往後骨幹線路若沒有因應的技術，勢將阻礙整個國際網路的成長。因此如何改善目前的光纖網路效率成為當務之急。

三、光纖網路技術的發展

要解決網路骨幹頻寬不足的問題有幾個思考方向，首先是擴建光纖網路。但是這個解決方案需要再花費大筆錢去開挖馬路，以便佈線，影響層面相當大，除非無可避免（例如新興區域的佈設），否則應該是最後無計可施時，才會採取的方法。

因為佈線不是最好的方法，因此如何改善光纖的傳輸效率成為眾廠商研發重點。而改善光纖傳輸效率的方法，業界首先採用 TDM（Time Division Multiplexing）技術，利用切割時區（Time Slicing）方式，將更多的資料擠進光纖中。TDM 技術的傳輸速率改善是以四倍數的效率跳進，也就是說可以由 OC-3（155Mbps）進到 OC-12

（625Mbps）、OC-48（2.5Gbps），而目前最高可以達到 OC-192，也就是 10Gbps。

雖然 TDM 可以改善傳輸速率到 10Gbps，但由於對頻寬的饑渴，業者仍不滿足，因此這一兩年來，DWDM 技術的引進成為大家希望所托。DWDM 的技術原理很簡單，就是如何在既有的光纖上擠入更多的訊號。它利用不同波長的光源擠進同一條光纖中，而每一個光源可以使用不同的 TDM 或其他傳輸技術，因此可以同時擠入 OC-3、OC-12、OC-48 和 OC-192 的訊號。所以實際上可以傳輸的資料量更大。

若以解決高速公路塞車問題為例，來看 TDM 和 DWDM 技術的差異時，TDM 就像是以不斷提升行車速率來增加車流量；而 DWDM 則是以拓建更多的車道來解決。不久的將來，DWDM 將可以擠入 80 個不同波長的 OC-48 訊號，或者是 40 個不同波長的 OC-192 訊號。整體而言，可以將同一光纖的傳輸速率提升到 200Gbps 或 400Gbps。

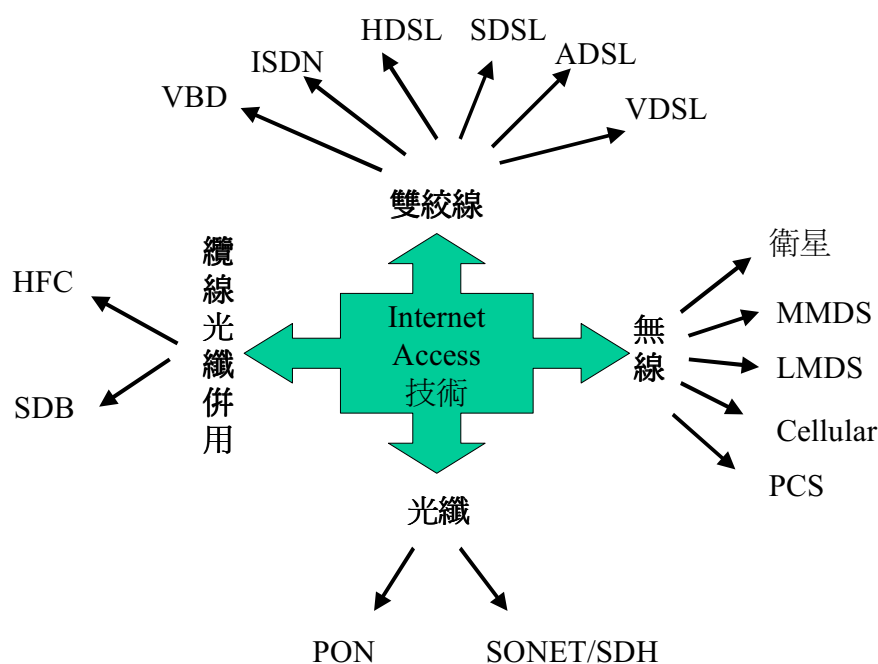
DWDM 能提供如此高頻寬的通訊，其中相當

重要的技術在光放大器（Optical Amplifiers）。光放大器使得訊號在光纖中傳遞時，不用再轉換成電器訊號就可以做訊號放大而能繼續往遠端傳送。根據現階段的實際展示，光放大器已經可以做到同時放大 100 個以上不同波長的光源。而光放大器的另外一個優點就是其能傳送的距離更長。也就是說，所需要的放大器數目將遠比目前的光電轉換器少，這使得實際的成本將更為低廉。

DWDM 另外一個相當重要的優點是，它允許不同格式的訊號組合在一起，因此可以同時使用不同的通訊技術，例如 ATM、SONET 等，而不需要

轉換，雖然這樣會浪費它可以傳送的資料量，但這也使得業者可以很快的將這些現今正運轉的數據通訊技術運用上去。

目前各通訊大廠正努力研發 DWDM 的設備，而研發的方向除了搶先推出現有 DWDM 可行的產品外，後續研發則朝能傳輸更快的速率（OC-192）和能擠入更多的波長方向發展，以期能在現有的光纖實體建設下，提供更高的頻寬來滿足不斷增長的網際網路的需求，而相信以目前的發展來看，未來家庭將能以很便宜的價格，享受高品質的多媒體通訊服務。



圖一、各種網際網路終端接取技術

資料來源：International Engineering Consortium