

光纖通信波段的應用¹

中華電信智慧建築辦公室顧問 劉時森老師

下表為光通信頻譜，O段到U/XL段。其中E段因含有水峰吸收波段，一直未被使用，U/XL段落在最右邊而也未被使用。

波段	波長(nm)範圍	使用情況
O	1260-1360	傳統光纖使用。
E	1360-1460	全波段光纖使用，傳統光纖未使用
S	1460-1530	光放大器激光用。
C	1530-1565	用於高速率PON網路。
L	1565-1625	監測用。
U/XL	1625-1675	網外通信、網管用。

近年，劃時多工(Time Division Multiplexing)及分波多工(Wavelength Division Multiplexing)，後者包含粗調分波多工(Coarse WDM)及密集分波多工(Dense WDM)三個系統把光通信光譜從O到L波段幾乎全部使用。

茲將下列光通信系統及全波段光纖波長使

用的影響分述如后：

一、密集分波多工(DWDM)

此系統是利用C波段光波的低衰減，以及可以被摻鉕光纖放大器(Erbium-Doped Fiber Amplifiers, EDFAs)放大的特性而設計。一心光纖能傳送數個波長，傳輸速率可達兆比

¹ 為避免混淆，以下文中“波段”指的是O、E、S、C、L、U/XL光波各自含蓋的波長範圍；“波道”是指單一通信頻道所使用的波長。



次(Tbps)。系統波道固定間隔有0.2nm、0.4nm、0.8nm等三種，另有非固定彈性波道，現在這個系統漸漸的伸入L波段。

因為DWDM系統同時使用許多波長，不同的波長有不同的衰減。90年代業界曾經投資數十億美元研發雷曼放大器(Raman Amplification)及摻鉍放大(Thulium-Doped Amplification)準備在L波段其他波段的使用，後來因2000年電信事業泡沫化，剛好2.5、10、40Gbps、100Gbps等高速率通信產品商用化而延緩下來。

DWDM系統真正成功的是C波段搭配EDFA應用，在L波段內的放大效率不高，雷曼放大器可望有機會。

二、粗調分波多工(CWDM)

CWDM是低成本的WDM，系統服務範圍在市話網路的範圍，原則上不會使用放大器。所使用的雷射光源對工作溫度控制的要求不高，也較便宜，系統波道間隔通常為20nm，較DWDM來得寬，所以能夠傳送的波道不多，頻寬使用效率不及DWDM，但又比傳統光纖好得很多。目前的系統使用S、C、及L波段，因為這三個波段在光纖裡天生就是低衰減。阿爾卡特-魯森(Alcatel-Lucent)公司有一個8波道的CWDM系統，使用1470nm到1610 nm波段。

ITU-T標準的CWDM使用波段橫跨O到L波段(1310 nm ~ 1625 nm)，共18個波道，因不用放大器，有效傳輸距離受到1310nm衰

減的限制。

三、劃時多工(Time Division Multiplexing, TDM)

TDM使用一個波長或兩個波長(往來單向各一個)做雙工通信，是目前FTTH使用的技術，BPON及GPON也都使用。上行波段1260nm~1360nm，下行1440nm~1500nm，1550nm~1560nm給有線電視使用，未來的CWDM(甚至DWDM)和TDM(GPON)將共同使用既有光纖網路。為了達到網路共用的目的，GPON標準組織(Standard Organization)建議CWDM系統新裝機的客戶不能使用GPON波段。因此，CWDM在C段及L段的波道必須避開GPON、DWDM、及電視用波道。

四、全波段光纖之迷失

傳統光纖通信因1383nm水峰高衰減，E波段因而一直未被使用。現在這高衰減已被克服降低，甚至比1310nm更低，這種新光纖就是全波段光纖。業界一度想用此光纖改變既有系統，但在商用的考量下發現這種光纖的使用率不如想像中的高。

E段被使用的目的是要延伸O段。過去因E段光波的水峰高衰減而無法使用，就直接跳到S段，造成整個通信光波的使用有個缺口。全波段光纖把1383nm的衰減值降低在0.32~0.34 dB/km，比1310nm的0.34dB更低。

光通信系統傳輸距離是受到衰減大的光波



限制，衰減極限在1310nm。如果用1383nm做為通信波段的開始，則1310nm到1383nm這段波長就不能用了，比原來傳統G.652光纖從1310nm到1625nm的波段至少減少了1/4的波寬。

全波段光纖可以提高12%~27%的光纖服務範圍，但這只能在光通信的光纖“完全”使用全波段光纖才有可能。然而市面上沒有這種系統，1310nm仍然是當下最普遍使用的波長。

E波段是O波段的延伸，衰減極限就在1310nm。ITU-T G.652D及IEC B.1.3標準就很聰明的把E段1383nm波長衰減值訂成“相同於(Equal)”或低於(Lower)1310nm，為的就是要讓1310波長能繼續使用。

另一種說法是把全波段光纖可以在S波段使用1440nm波長做雷曼放大器的激光，…有點“畫蛇添足”。EDFA及雷曼放大器的激光本來就使用S波段，效果很好而且已全面商用化。

把1383nm衰減值從0.32dB降至0.3dB，1485nm的衰減可跟著降0.001dB，1440nm則降至0.002dB，這些數值幾乎微不足道，不值得花大筆錢研究。從通信環境的觀點，每件事都有成本。環保公司並不支持水峰衰減降得過低，因為要大量的使用氯，加速臭氧層破洞擴大。

五、L波段的問題

電信傾向於使用長波長波段。C波段的光

波不但低衰減，又可很有效率的被放大。如果參數控制得好，L波段也是低衰減。不過，L波段最大的問題是對彎曲很敏感，同樣的曲率半徑，C段的1550nm彎曲損失就比L段的1625nm少了許多。

因此光纖的一次及二次外被必須仔細的設計，再加保護套管，可把L波段的光纖彎曲損失降低兩倍。雖然彎曲損失對於外線光纖不是什麼嚴重的問題，但對建築物內的FTTH就會造成問題。

FTTH使用的光纖如果只符合G.657A1標準，就很難昇級使用較長的波長。以光纖收容例子來看，收容半徑15mm，在1550nm時彎曲損失0.25dB，1625nm時則1dB，足足高出4倍！一個收容盒的彎曲損失高出4倍，如果是200戶的集合住宅，整個市話光配線網路的光功率損失的預算就會縮緊許多。

六、新戰場

通信技術隨時間一直有新的挑戰出現。以前主要的問題是光纖衰減，光纖尺寸的控制及製造，解決水峰衰減等，現在這些問題都已經解決了。接下來又出現FTTH產生的光纖彎曲不適用於長波長通信的問題。未來光纖通信系統將大幅使用C及L波段的光波，技術人員又要面臨新測試技術及新知識的挑戰。隨著速率提高，又面臨既有光纖反射及接續損失過大的問題。用戶端全面光纖化時，卻產生光纖不足的問題。