

波分复用技术(WDM)介绍

-----密集波分复用 (DWDM) 和稀疏波分复用 (CWDM)

波分复用(WDM)是将两种或多种不同波长的光载波信号(携带各种信息)在发送端经复用器(亦称合波器, Multiplexer)汇合在一起, 并耦合到光线路的同一根光纤中进行传输的技术; 在接收端, 经解复用器(亦称分波器或称去复用器, Demultiplexer)将各种波长的光载波分离, 然后由光接收机作进一步处理以恢复原信号。这种在同一根光纤中同时传输两个或众多不同波长光信号的技术, 称为波分复用。

WDM本质上是光域上的频分复用FDM技术。每个波长通路通过频域的分割实现, 每个波长通路占用一段光纤的带宽。WDM系统采用的波长都是不同的, 也就是特定标准波长, 为了区别于SDH系统普通波长, 有时又称为彩色光接口, 而称普通光系统的光接口为“白色光口”或“白光口”。

通信系统的设计不同, 每个波长之间的间隔宽度也有不同。按照通道间隔的不同, WDM可以细分为 CWDM (稀疏波分复用) 和 DWDM (密集波分复用)。CWDM 的信道间隔为 20nm, 而 DWDM 的信道间隔从 0.2nm 到 1.2nm, 所以相对于 DWDM, CWDM 称为稀疏波分复用技术。

1 DWDM 技术简介

WDM 和 DWDM 是在不同发展时期对 WDM 系统的称呼。在 20 世纪 80 年代初, 人们想到并首先采用的是在光纤的两个低损耗窗口 1310nm 窗口和 1550nm 窗口各传送 1 路光波长信号, 也就是 1310nm、1550nm 两波分的 WDM 系统。随着 1550nm 窗口 EDFA 的商用化, WDM 系统的相邻波长间隔变得很窄 (一般小于 1.6nm), 且工作在一个窗口内, 共享 EDFA 光放大器。为了区别于传统的 WDM 系统, 人们称这种波长间隔更紧密的 WDM 系统为密集波分复用系统。所谓密集, 是指相邻波长间隔而言, 过去 WDM 系统是几十纳米的波长间隔, 现在的波长间隔只有 0.4~2nm。密集波分复用技术其实是波分复用的一种具体表现形式。如果不特指 1310nm、1550nm 的两波分 WDM 系统外, 人们谈论的 WDM 系统

就是 DWDM 系统。

实现光波分复用和传输的设备种类很多，各个功能模块都有多种实现方法，具体采用何种设备应根据现场条件和系统性能的侧重点来决定。总体上看，在 DWDM 系统当中有光发送/接收器、波分复用器、光放大器、光监控信道和光纤五个模块。

光纤的非线性效应是影响 WDM 传输系统性能的主要因素。光纤的非线性效应主要与光功率密度、信道间隔和光纤的色散等因素密切相关；光功率密度越大、信道间隔越小，光纤的非线性效应就越严重；色散与各种非线性效应之间的关系比较复杂，其中四波混频随色散接近零而显著增加。随着 WDM 技术的不断发展，光纤中传输的信道数越来越多，信道间距越来越小，传输功率越来越大，因而光纤的非线性效应对 DWDM 传输系统性能的影响也越来越大。

克服非线性效应的主要方法是改进光纤的性能，如增加光纤的有效传光面积，以减小光功率密度；在工作波段保留一定量的色散，以减小四波混频效应；减小光纤的色散斜率，以扩大 DWDM 系统的工作波长范围，增加波长间隔；同时，还应尽量减小光纤的偏振模色散，以及在减小四波混频效应的基础上尽量减小光纤工作波段上的色散，以适应单信道速率的不断提高。

DWDM 复用系统中的光源应具有以下 4 点要求：(1)波长范围很宽；(2)尽可能多的信道数；(3)每信道波长的光谱宽度应尽可能窄；(4)各信道波长及其间隔应高度稳定。因此，在波分复用系统中使用的激光光源，几乎都是分布反馈激光器(DFB-LD)，而且目前多为量子阱 DFB 激光器。

随着科学技术的发展与进步，用在波分复用系统中的光源除了分立的 DFB-LD、可调谐激光器、面发射激光器外，还有两种形式。其一是激光二极管的阵列，或是阵列的激光器与电子器件的集成，实际是光电集成电路(OEIC)，与分立的 DFB-LD 相比，这种激光器在技术上前进了一大步，它体积缩小、功耗降低、可靠性高，应用上简单、方便。另一种新的光源——超连续光源。确切地说应该是限幅光谱超连续光源(Spectrum Sliced Supercontinuum Source)。研究表明，当具有很高峰值功率的短脉冲注入光纤时，由于非线性传播会在光纤中产生超连续(SC)宽光谱，它能限幅成为许多波长，并适合于作波分复用的光源，这就是所谓的限幅光谱超连续光源。

2 CWDM 技术简介

DWDM（密集波分复用）无疑是当今光纤应用领域的首选技术，但其昂贵的价格令不少手头不够宽裕的运营商颇为踌躇。为了能够以较低的成本享用波分复用技术，CWDM（稀疏波分复用）应运而生。

稀疏波分复用，顾名思义，是密集波分复用的近亲，CWDM 和 DWDM 的区别主要有二点：一是 CWDM 载波通道间距较宽，因此，同一根光纤上只能复用 5 到 6 个左右波长的光波，“稀疏”与“密集”所谓的差别就由此而来；二是 CWDM 调制激光采用非冷却激光，而 DWDM 采用的是冷却激光。冷却激光采用温度调谐，非冷却激光采用电子调谐。由于在一个很宽的波长区段内温度分布很不均匀，因此温度调谐实现起来难度很大，成本也很高。CWDM 避开了这一难点，因而大幅降低了成本，整个 CWDM 系统成本只有 DWDM 的 30%。CWDM 是通过利用光复用器将在不同光纤中传输的波长结合到一根光纤中传输来实现。在链路的接收端，利用解复用器将分解后的波长分别送到不同的光纤，接到不同的接收机。CWDM 用很低的成本提供了很高的接入带宽，适用于点对点、以太网、SONET 环等各种流行的网络结构，特别适合短距离、高带宽、接入点密集的通信应用场合，如大楼内或大楼之间的网络通信。尤其值得一提的是 CWDM 与 PON（无源光网络）的搭配使用。PON 是一种廉价的、一点对多点的光纤通信方式，通过与 CWDM 相结合，每个单独波长信道都可作为 PON 的虚拟光链路，实现中心节点与多个分布节点的宽带数据传输。

CWDM 是成本与性能折衷的产物，不可避免地存在一些性能上的局限。业内专家指出，CWDM 目前尚存在以下 4 点不足：一、CWDM 在单根光纤上支持的复用波长个数较少，导致日后扩容成本较高；二、复用器、复用解调器等设备的成本还应进一步降低，这些设备不能只是 DWDM 相应设备的简单改型；三、CWDM 不适用于城域网，城域网节点间距离较短，运营商用在 CWDM 设备扩容上的钱完全可以用来埋设更多的光缆，得到更好的效果；四、CWDM 还未形成标准。