

## 100G 传输商用化需攻克四大技术

光通信最重要的特点就是具有几乎用不尽的带宽资源。随着信息社会的发展，人们对信息服务的需求量与日俱增。100GbpsWDM 系统是一个重要方向。超宽带时代，承载网的核心层及骨干层面临着越来越大的带宽增长压力。当以 10G 传输技术为基础的承载网带宽耗尽时，网络平滑升级至 40G、100G 是最经济的提升网络容量的方法。因此，在承载网的核心层及骨干层实现 100G 传输将成为必然。随着 100GE 路由器接口标准化的完成，100G 的长途传输也进入了议事日程。与 40GbpsWDM 系统相比，100G 传输的商用化需要解决四大关键技术：100G 线路传输技术、100GE 接口技术、100GE 封装映射技术和 100G 关键器件技术。

### 100G 线路传输技术

现有 100G 线路传输技术主要有两种方案：多波传输方案和单波传输方案。在 100G 多波传输方案中，100G 信号反向复用为多波长的 10Gbps 和 40Gbps OTU2、OTU3 信号。这种方案不会对现有的 10G 或 40G 光传送网络产生影响，并可以在现有的器件技术下实现，因而是现阶段可实现的方案。但这种方案的波长利用率较低，也存在波长管理及多个波长间时延差的控制问题，所以这种方案不是 100G 线路传输技术的最终商用方案。

100G 单波传输方案可做到“一个业务，一个波长”，可以简化网络的管理。从器件发展及降低 OPEX 的角度来看，该方案是未来发展的方向。业界所讨论的 100G 传输基本上是讨论 100Gbps 单波的长途传输。由于波特率的提升，100G 单波传输信号所受到的各种物理损伤较为严重。业界研究了新的码型以降低物理损伤对 100G 信号的影响。

40G 速率提高到 100G，光信噪比 OSNR 需要增加 4dB 左右，为了降低光信噪比 OSNR 的要求，在现有的光网络上传输单波 100G 信号，需要采用特殊的调制技术来降低波特率。例如 PDM-DQPSK 由于采用了偏振态、相位的双重调制，就可以把 100Gbps 的信号速率降低到 25G 波特率，从而保证在 50GHz 间隔的波长区传输。为更好地提高接收灵敏度，有时需要采用相干电处理的技术，也就是采用电处理来解决光波长的相干接收。目前，100GWDM 的调制技术有多项选择。从现在的发展情况看，业内相信 PDM-(D) QPSK 会是一个不错的选择，可以实现 50GHz 的间隔和 1000 公里以上的无电中继传输，相干光检测可以极大程度地提高色散容限和 PMD 容限。缺点是发射机光学结构复杂，相位调制效应容限低，另外需要复杂的 DSP 处理，用于后处理的高速 DAC 和 ASIC 芯片目前较少。目前，该方向的研究还处于实验室阶段。

从系统来看，考虑到 100GHz 的速率只比 40GHz 提高 2.5 倍，在 C 波段传输的波长数目应该保持与现在的 WDM 系统相同，因此 100GHzWDM 系统应该基于 50GHz 间隔，以提高系统容量。

### 100GE 接口技术

100GE 接口技术要解决 100GE 物理端口的高可靠性，并支持完善的监控和保护功能。100GE 物理接口主要有三种：10×10G 短距离（100m）互联的 MMFLAN 接口；4×25G 中短距离（3km、10km、40km）互联的 SMFLAN 接口；10G 铜线铜缆接口。

在接口架构方案上，100GE 接口架构目前有 MLD&CAUI、APL 和 PBL 三种方案。VL&CTBI、APL、PBL 方案分别根据不同的应用需求而提出。这些方案将会于近年内在 IEEE 进行广泛讨论，并最终给出最佳方案。

### 100GE 封装映射技术

100GE 适配到 OTN 时，可映射到 OTU4 中，也可反向复用到 OTU2/3 之中。根据 100GE 接口的具体实现形式，存在多条封装映射路径。第一，100GE 串行信号映射到 ODU4。ODU4、OTU4 的具体速率正在讨论中，有 130Gbps 和 112Gbps 两种选择。由于 ODU4/OTU4 的速率目前还没有最终形成标准，因此将 100GE 映射到 ODU4 的方案还没有最终确定。第二，100GE 串行信号反向复用到 ODU2e、ODU2、ODU3。其主要有 ODU2e-10v 反向复用和 ODU2-11v 或 ODU3-3v 反向复用两种方案。ITU-TQ11 已经明确将对这两种封装映射路径进行标准化。采用 GMP 映射方法在技术上可以实现，但标准还不成熟。第三，100GE 信号反向复用到 10×10G 或 4×25G。这种方案将高速串行的 100GE 信号反向复用为 10G 或 25G 低速并行的信号。目前，ITU 正在讨论承载 Multilane100GE 的问题，主要有 Multi-lanePCS 层汇聚再映射到 OTN，以及比特透明独立映射两种解决方案。

### 100G 关键器件技术

100G 关键器件于 2010 年左右开始生产，于 2011 年~2012 年开始规模商用。其中光模块和高速 DSP 影响最大。只有高速光模块才能实现 100Gbps 速率的调制。DSP 则对于相干电接收至关重要，只有在 100G 高速率数字处理技术取得突破时，才能实现软判决、相干电接收的复杂电处理，从而提高接收灵敏度，加大 100G 的传输距离。