

助推 100-Gbps DWDM 的光子集成技术

作者: Matt Traverso, Opnext

基于分立封装元器件的传统光发送接收技术, 已经无法满足 100-Gbps DWDM 的需求。光子集成技术的引入成为必然。

针对 100-Gbps DWDM 光学接口需求增长的问题, 光互联论坛 (OIF) 已经开始制定相应的光发送机和接收机的实施协议 (IA)。历史上, 光收发模块多源协议 (MSA) 以及 IA 已经严格地规定了光电、电光转换的方法, 例如针对 10-Gbps 光模块的 XMD MSA, 以及针对 40-Gbps 光模块的 XLMD MSA。由于这些调制方案都是基于开 (1) 关 (0) 键控的强度调制, MSA 可以简化 OE/E0 转换。

相应地针对 100-Gbps DWDM, OIF 已经开始着手双偏振正交相移键控 (DP-QPSK) 和相干检测的结合。这种调制机制需要更复杂的光传输接收机制, 因而应用光子集成可以优化设计。

100-Gbps DWDM 中应用 DP-QPSK 的动机

DP-QPSK 调制技术由于低波特率特性, 受到了下一代高速率光传输的关注。光纤传输对于信号的影响与波特率成比例。例如, 光纤的色散会导致脉冲红段频率传输速度慢, 蓝段频率传输速度快, 使得脉冲频谱展宽。对于一段固定长度的光纤, 高速传输系统由于比特长度较短, 受到频谱展宽的影响更大。因此, 低波特率减少了色散的影响。

另外, 低波特率的主要目的在于提高频谱利用率。DWDM 系统常常在同一根光纤中传输尽可能多的波长, 实现光纤带宽的最大化利用。长距系统的信道波长间隔是 50GHz, 系统中的滤波器, 例如可重构光上下复用器 (ROADM) 和波长复用 / 解复用器都是基于这个波长间隔。滤波器频谱截断特性限制了波特率的上限, 因此, 利用目前的光纤网络, 必须选择基于低波特率的 100-Gbps 调制技术。

DP-QPSK 调制技术利用两种基本的方法降低 100-Gbps 比特率码流的波特率 (如图 1)。首先, 信号被

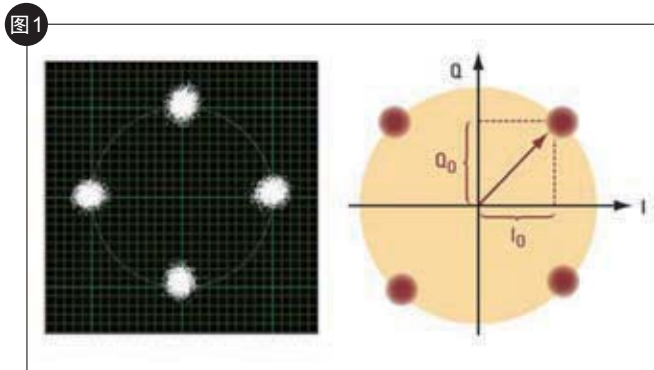


图1 QPSK 调制的星座图

分在两个不同的偏振态上, 使得波特率减半。其次, 信号由相位调制, 每个符号包含两个比特, 再将所需的波特率减半, 这使得波特率降至 25Gbps, 系统对于各种影响的容忍性比 100-Gbps 更强。(值得一提的是, 本文采用名义上的 100Gbps 和 25Gbps 来表述, 事实上为了适应 OTN 的映射, 以及前向纠错编码的冗余, 实际的码率可能会更高)

除了低波特率外, DP-QPSK 还有更多的优势。10Gbps 及以下码率 (波特率和比特率相同) 应用了简单的 OE/E0 强度调制转换。从 40Gbps 开始, 不少公司都开发了至少四种不同的调制方案。这种调制方案的分歧, 使得 40G 光网络市场往往采用客户定制的光发送机和接收机, 甚至特殊的定制 IC。结果使得技术成本较高。

客户定制的 40G 产品有各种劣势, 它促使光网络产业界集中力量开始制定 100Gbps DWDM 系统的标准调制方案, 例如 DP-QPSK 及其关联的技术, 以实现扩容方案的经济化。

光发送机和接收机综述

OIF 定义的 100-Gbps 光发送机如图 2 所示, 为集成



A New Era in Photonic Integration

ONECHIP'S PIC-BASED PON TRANSCEIVERS BREAK NEW GROUND IN COST & PERFORMANCE

OneChip's low cost, high-performance PIC-based EPON and GPON transceivers will help you:

- Deploy FTTx more cost-effectively than ever before
- Meet consumer and business demand for high-bandwidth voice, data and video services

OneChip integrates all the active and passive optical functions required for an optical transceiver onto a single, Indium Phosphide (InP)-based chip. This enables significant improvements over current transceiver designs in:

- Cost
- Reliability
- Quality
- Performance

OneChip's PIC-based transceivers can be assembled, tested and manufactured using industry-standard, automated processes, which enable us to rapidly respond to your needs.

Main Phone: +1 (613) 226-6117

Toll-free: +1 (866) 652-4627

Fax: +1 (613) 226-7871

Email: sales@onechipphotonics.com

or info@onechipphotonics.com

www.onechipphotonics.com

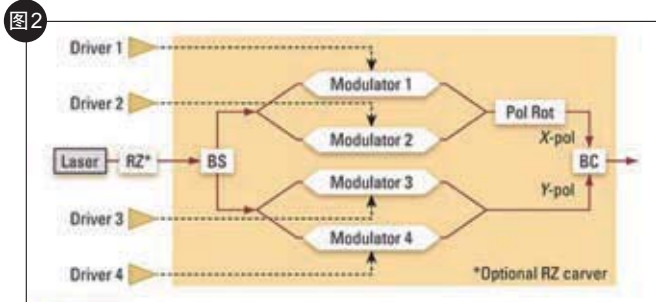


图2 100Gbps DP-QPSK的光发送机框图。(来源: OIF 100G 超长距 DWDM 框架文件)

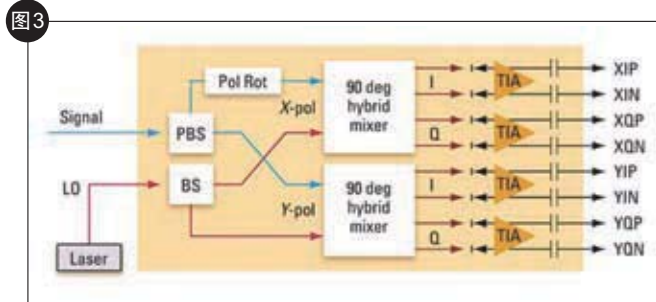


图3 100Gbps DP-QPSK的光接收机框图。(来源: OIF 100G 超长距 DWDM 框架文件)

的偏振复用正交(PM-Q)调制器。发送机由两大部分组成: 偏振部分和 QPSK 调制器部分。偏振分光比由偏振旋转器以及波导光学特性决定。如图中所示, 调制器 1 和 2 构成了 X 偏振的单 QPSK 调制器, 调制器 3 和 4 构成了 Y 偏振的单 QPSK 调制器。

OIF 定义的 100Gbps 光接收机为集成的双偏振外差相干接收机(如图 3)。IA 定义的光接收机包含三个部分: 偏振部分、光学合波部分和高速检测部分。偏振部分由含有高性能偏振分束器和偏振旋转器的保偏波导构成。90 度合波器依赖于良好的光学耦合特性以及之前器件的偏振特性。最后为 10Gbps 及更低速率的接收机, 高速光探测器和运算放大器必须有高带宽、高增益以及低噪声特性。

光子集成

DP-QPSK 的光发送机和接收机都需要多种器件来支持其正常运行。光发送机包含偏振部分和调制部分, 接收机包括偏振部分、光复用部分和高速光探测和电子处理部分。

传统设计需要将这些元器件分立封装, 以优化每个单元的性能。这种做法面临三重挑战: 互联的复杂性、体积庞大、不同器件材料基不同。

光发送机和光接收机的光子集成方案至少解决了一些问题。光子集成通过将大部分参数敏感的器件放在统一结构中实现, 解决了互联复杂性的问题。DP-QPSK 光接收机的传统分立方案需要五条保偏光纤的互联。这种分立结构的生产复杂性较高, 也需要多个分立元器件指标参数的折衷。

使用光子集成的光发送机和光接收机在模块体积上有很大的优势。传统设计中, 每一个器件都有单独的密封包装, 要被单独放在系统板卡中。这些封装的外壳很显然扩大了系统体积, 而且其实最大的体积代价来自盘绕光纤的

布局 and 电子互联的布局。

如前所述, 光互联由于光纤绕纤以及偏振控制的需求而变得庞大笨拙。电子互联也受到定位螺孔冗余的体积和难度、以及不同数据线的高波特率的限制。光子集成方案的封装解决了这个问题。

然而, 光子集成面临的一大挑战是如何将分立器件集成为一个封装中。例如, MZI 调制器常用铌酸锂 (LiNbO₃) 调制器实现, DWDM 系统的激光器往往由镉磷基的半导体构成。不幸的是, 这两种材料在单独封装中不能共存, 两种材料会互相污染, 导致器件失效。OIF 为了解决兼容性问题的方案。

光发送机和光接收机的 OIF IA 包括了机械封装和电子接口。这种做法使得设计者可以不必了解发送机和接收机内部材料和技术。这种设计框图使得光发送机和接收机的设计者可以采用最适合他们的技术和生产工艺, 对于光子集成来说很理想。

我们期待 OIF 的 IA 可以对 100Gbps DWDM 系统的发展有所帮助。采用光子集成技术可以通过 40Gbps 系统的技术, 推动实现高速光子技术更健壮的供应链。[LWC](#)

上接第26页

需的。MEF 已经定义了许多专门为移动回传应用的策略和调度组合, 芯片厂家也开始设计并提供芯片, 用来支持无线运营商从 3G 到 4G 无线业务的升级。

无论是否有个别光纤厂家致力于对无线回传的有线汇聚, 运营商都会发现当他们转向 21 世纪以太网世界时, 网络设备不能依靠先前的 TDM 硬件, 也不能基于企业网世界的以太网架构。电信级以太网设备必须建立在特有的定制的芯片产品上, 为服务提供商提供从电路交换向以太网和 IP 世界的迁移。[LWC](#)