

# 以太网保护倒换和操作管理维护 (OAM) 技术从专有走向标准化

作者: Morteza Ghodrat, Vitesse Semiconductor

为了实现 SONET/SDH 网络的性能, 电信级以太网供应商开发了一些专有的技术来提供保护倒换和操作管理维护 (OAM)。如今, 一系列新的标准已经打开了电信级以太网互联互通的大门。

十多年来, 致力于把以太网用于电信网络的支持者们, 一直把 SONET/SDH TDM 倒换时间“50ms 以下”作为故障恢复性能的黄金法则。二十世纪九十年代初期, 在第一个实际的电信级以太网保护倒换出现后, 绝大多数是依靠专有的技术途径, 用链路保护的方法来解决保护倒换和操作管理维护 (OAM) 需求。

如今, 在 IEEE、ITU-T 和城域以太网论坛 (MEF) 的共同努力下, 单一厂家原先的电信级以太网保护倒换和 OAM 的专有技术已经被一系列的标准所取代。有了这些标准, 服务供应商和各类企业网管理者们可以很自信地采用不同厂家的设备来组建基于以太网的传输网络。

## 为什么要用以太网? 为什么是现在?

一些服务提供商对于端到端的公共网络向无连接、基于包通信网络的转型, 以及如何通过 2 层的以太网帧和 3 层的 TCP/IP 协议来实现现有的网络功能仍然心存顾虑。毕竟, 以太网的开发是完全定位于局域网 (LAN) 的, 它当初没有想过要成为城域或长途传输网络的一个选项。

但是, 考虑到以太网在局域网中的广泛应用, 以太网也就变成了默认的统一传输技术。首先, 没有任何一种电信网里的协议如帧中继 (FR)、X.25、ATM 等具备像以太网那样的规模。其次, 以太网技术已经证明了只要有足够的带宽, 以太网就可以承载各种各样的业务。最后, 把以太网扩展到更大的规模和更远的传输距离相比其它的传输技术要容易得多。

随后, 要感谢城域以太网论坛和宽带 IP/MPLS 论坛多年来的努力, 使得以太网能提供的业务类型从为局域网

定义的 2 层业务扩展到新的电信领域, 如电路仿真业务和同步业务流。例如, MEF 和 IEEE、互联网工程任务组和其它团体一起, 定义了如下电信级业务: 以太网专线 (E-Line), 提供点对点的业务以取代传统的专线; 以太网专用局域网 (E-LAN), 提供多点对多点的业务, 在广域网 (WAN) 上来仿真局域网 (LAN) 和虚拟局域网 (VLAN); 以太网树 (E-Tree), 提供点对多点的 IP 业务, 可应用在类似 IPTV 这样的网络拓扑中。

电信级以太网开始赢得业务供应商的关注是在 2001 - 2002 年, 在其不断增强的以太网交换机规模的支持下, 电信级以太网的传输成本要远远小于 ATM 交换机、SONET/SDH 上下复用器或者 WDM 系统。具备为企业网应用而开发的以太网接口的以太网接入设备也慢慢取代了 T1/T3 接入系统。

尽管如此, 业务提供商们迫切希望看到 SONET/SDH 和 TDM 网络中的真实的故障容忍能力能复制到以太网上。这意味着需要将 SONET/SDH 环保护世界里低于 50ms 的保护窗口移植到以太网上, 这远比在交换的以太网环境下提供一个故障切换的保证要严格得多。这也意味着以太网要提供所有的性能保证, 包括传统 TDM 网络中普遍存在的 OAM 等。

最初, 平台供应商通过独特的基于硬件保护倒换方法, 用专有的故障切换技术来模拟 SONET/SDH 双向保护倒换环。但是这样的架构通常只能基于单厂家应用, 因为以太网 LAN 的堆叠拓扑或星形拓扑架构必须映射到先前为 SONET/SDH 定义的环状拓扑网络中。

然而, 在 21 世纪, MEF 业务层面标准的采纳需要走向开放的多厂家环境, 来提供以太网保护的 OAM。这需要在硬件和软件层面实现保护倒换方法的互联互通。



### 走向互联互通

互联互通的保护倒换对于业务提供商至关重要。同样，SONET/SDH 环具备足够的生存性，在光纤中断时，无任何业务失效的情况下，能恢复业务。运营商们会很高兴的看到以太网拓扑从城域到长途网络，都具备完全的生存性和故障容忍能力，这样可以允许他们把关键性业务承载在以太网帧里。当运营商网络规划者考虑以太网时，通常都有负面的假设，认为一个用于企业网的交换结构在应用到公众网上时缺乏足够的故障容忍能力。不过，新的 ITU、MEF 和 IEEE 标准可以给运营商们一个更好的视角，来阐释 21 世纪的以太网如何满足他们的 OAM 需求。

然而，保护倒换仅仅是整个 OAM 的一部分，基于 GPS 链路本地时钟的网络同步同样关键，它作为一个开放的标准来实现告警、故障定位、无线切换和基站性能分析。这就是为什么基于标准的基础架构是电信级以太网成功的关键。

ITU 电信工作组和电信行业解决方案联盟 (SONET/SDH 整体方案的一个传统来源) 协力工作，已经定义了用于公共网络必要的以太网 OAM 特征。它们包括：故障监测、故障上报、故障定位和隔离、系统保护和性能管理。保护倒换目标包括小于 50ms 的故障切换方法。OAM 目标已经在 ITU Y.1731 (“以太网的 OAM 功能和机制”)、ITU G.8031/2 (“以太网线性保护倒换”和“以太网环保护倒换”) 和 IEEE 802.1ag (“连接性故障管理”) 标准中定义。

Y. 1731 和 802.1ag 通用部分定义了连接性检查、环回、链路踪迹和告警指示信号的标准。ITU Y.1731 定义了锁定状态、通信维护、实验 OAM 和供应商定义的 OAM 下额外的故障管理标准；也定义了额外的性能管理方法来监测帧丢失和帧延时。

ITU G.8031/2 标准则有不同的目标，它更接近底层的硬件来定义保护倒换。该标准定义了单向 1+1、双向 1+1 和 1:1 保护倒换。这部分工作综合了 ANSI 和 ITU 的工作，定义了通道保护和链路保护环，不过，以太网保护通道在这里被谨慎地定义为“传输实体”。

既然以太网的基础是堆叠拓扑和星形拓扑，那么，“环”在交换以太网中更多是虚拟环（逻辑环）。

G.8031/2 必须在点对点基于 VLAN 的链路上，定义一种自动保护倒换 (APS) 信令协议。实际上，这部分内容可以应用到各种传输方法，如 PBB-TE 或者 MPLS-TP。

例如，可以把单相 APS 协议的双向 1:1 拓扑应用到 IEEE 802.1Qay 传输机制中。

许多标准化组织和电信级以太网联盟的参与者在最初阶段就意识到保护倒换协议将不得不扩展到端到端的用于网络同步的分布式时钟架构中。这种由以太网中新增加的同步业务所驱动的频率同步需求不是必须的，一些低时延的应用，如 VoIP，在一个标准的以太网环境中，给定足够的带宽下，也可以用统计复用的方法来实现。

实际上，能同时处理各种业务（包括局域网仿真和电路仿真）的愿望，才是驱动 MEF 成员和通用以太网公共骨干网的倡导者们，通过以太网端口提供物理层的时钟分发来实现频率同步的根源。这对长期规划是必要的，因为，在做长期规划时，需要提前考虑对 T1/T3 业务的最终替换，这样运营商必须假定任何公共网络能满足实际 TDM 业务的各种限制。

IEEE 1588 同步以太网工作组从 2000 年开始，就致力于定义微秒级以下的实时时钟的同步，并在 2002 年发布第一个草案。定义一系列完整的同步以太网功能是由 IEEE（主要开发核心 1588 精确时钟协议）和 ITU（主要从两个视角来审查问题）共同努力完成的。ITU G.8262 定义了同步以太网时钟本身的特征，G.8264 描述了以太网同步消息通道 (ESMC)，用来承载以太网中的频率信息。ITU 和 IEEE 的工作也促进了 IETF 和 ANSI 在网络定时协议和实时协议领域的发展。

### 标准融合实现电信级 OAM

芯片厂家已经开始把上面所列的交换、OAM、保护倒换和定时等标准都嵌入到硬件中。他们相信这些标准必然会被业务提供商应用，就像他们在 TDM 网络中所经历的一样，用于提供端到端的 OAM 保证。

传统上，以太网芯片供应商集中在包处理速度和包检查方法上，主要面向数据中心的应用，其次关注网络干线应用。公共网中小于 50ms 故障切换的电信级要求，促使芯片功能支持基于业务的特定的保护倒换，在结构上支持基于单个业务的性能监控和业务质量等级 (QoS) 标记。

这些特征的好处在有线汇聚网中是显而易见的，同时，也可以应用在用以太网做传输的移动回传设备中。基于包的移动回传网，无论是采用光纤、铜线或 GHz 微波做物理媒质，都用基于以太网帧的业务来取代基于电路的回传网。对于这样的应用，网络定时、保护倒换和 OAM 是必

下转第14页

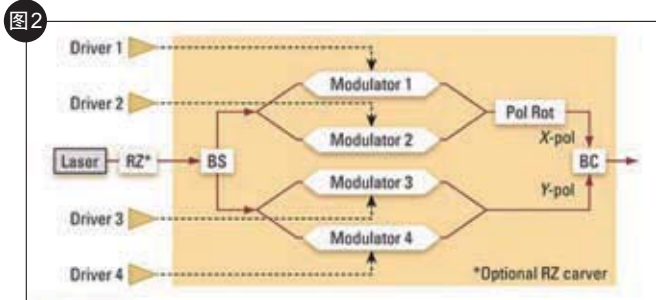


图2 100Gbps DP-QPSK的光发送机框图。(来源: OIF 100G 超长距 DWDM 框架文件)

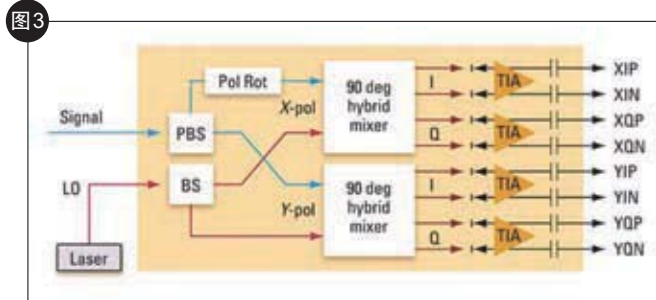


图3 100Gbps DP-QPSK的光接收机框图。(来源: OIF 100G 超长距 DWDM 框架文件)

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 (LiNbO<sub>3</sub>) 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](#)