

拯救下一代 10G PON 网络的技术

作者: Allard van der Horst, Phyworks 公司

目前的下一代 PON 技术对于大规模部署来讲成本高昂。10G 电色散补偿和 Super-TIA 技术的进步能够降低下一代 PON 的成本。

下一代 10Gbps 光纤到户网络的标准化工作已经有了长足的进步,但要实现商业化,达到实际应用还有很长的路要走。虽然大多数制造商仍在不断宣称其最新技术会引领网络发展,但很显然,目前 10G PON 设备所应用的技术决定了如果要大范围部署,成本必然很高。本文将介绍近期 10Gbps 技术的一些部署情况,以说明所存在的挑战。

背景介绍

首先我们来看看下一代 PON 技术的发展背景——为什么需要这种技术?最常提到的原因是对带宽的需求,尤其是视频业务(例如 Joost、Hulu 和 iPlayer)和在线游戏越来越受到用户的欢迎。只有更高的单用户带宽才能支持互联网视频业务。除此之外我们还会看到,视频业务的自然属性决定了每用户的带宽需求都必须是连续不断的。

为了帮助读者更深入地理解该问题,我们可以审视一下目前的网络带宽提供方式。目前,典型的接入网可以通过 1Gbps 的接入网速,为 32 个用户提供 100Mbps 带宽的以太网业务。这一数据可能来自于用户对带宽需求的统计规律,实际并非所有人都会同时需要 100Mbps 的速率。

但是,视频业务改变了这一情况。人们晚上,尤其是 8 点到 10 点间常常会收看电视或视频。此时的视频数据流几乎是连续不断的。这意味着远程视频电话无法使用独立的带宽通道,进而无法承载正常的用户数量。如果要保证为同样多的用户提供服务,就必须提供更多的 PON 网络带宽。

下一代 PON 的目标是通过提供一个 10Gbps 下行链路,解决此类带宽需求问题。这个 10Gbps 下行链路可以被 32 个或更多的光网络单元 (ONU) 共享。每个 ONU 可以为更多的用户服务,例如一栋公寓楼中的用户。

IEEE 和 FSAN/ITU 分别在 10GEPON 标准 (IEEE 802.3av) 和 NG-PON 工作组 (分组 XG-PON1 和 XG-PON2) 中描述了这类要求。IEEE 在 FSAN 之前展开了工作,

并且已经完成了初始标准。NG-PON 工作组目前进展顺利,初始规范已经由 ITU 起草。

下一代 PON 面临的挑战

10Gbps 网络已经出现一段时间,技术的发展降低了成本,但很显然目前 10G PON 的价格仍然远高于 GEPON 和 GPON。这不仅仅是由于 10Gbps 组件的产量较低,而且还有更为深层次的原因。

第一个问题是“后向兼容”。下一代 PON 被看作是已有 PON 的升级,因此必须在同样的光纤物理层上部署。这就意味着光纤层的损耗不会改变,10G PON 至少要留有同样的功率预算才行(发射功率和接收灵敏度的差值)。

这个问题并不容易解决。10Gbps 光接收器的灵敏度通常比 2.5Gbps 接收器低 4 倍 (6dB),换算到发射器,其发射功率就必须增加 6dB。更糟的是,10Gbps 的损耗更大,例如由色散 (CD) 引起的路径损耗等。

有些功率预算的问题可以通过在接收器中采用前向纠错 (FEC) 提高灵敏度的方法加以改善。这种方法大约能提供 3dB 的增益。然而,要在 GEPON 或 GPON 光纤层

表 1. DML 和 EML 的比较。

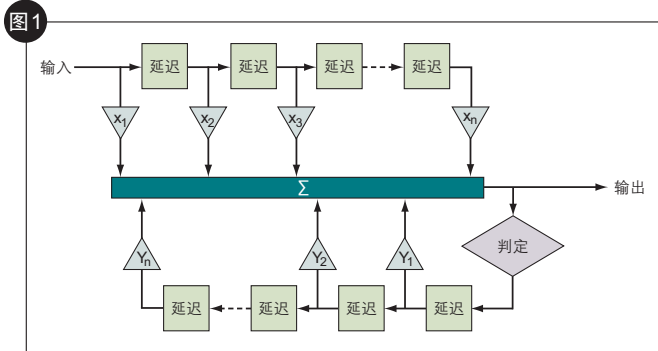
发射器类型	功率	成本	20km路损	60km路损
DML	9 dBm	100%	4.1 dB	8.6 dB
EML	4 dBm	200%	0.5 dB	2.4 dB

表 2. 传输距离 20km、32 ONU 系统的链路预算和相对成本。

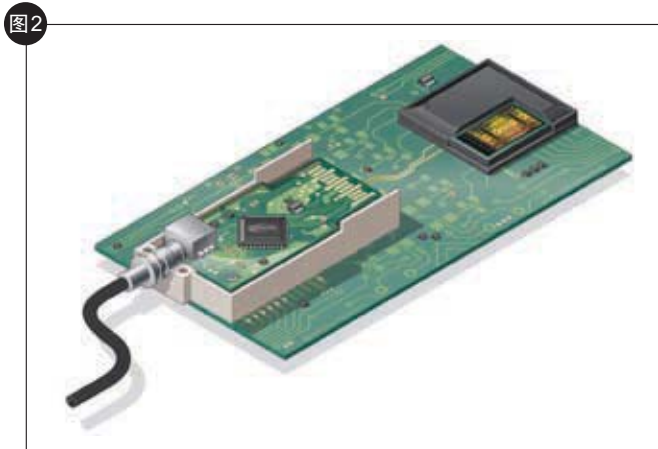
特性	单位	IEEE 802.3av PR20/PRX30	PIN TIA	Super-TIA	Super-TIA + EDC	说明
OLT 发射功率	dBm	2-5	10-12	8-10	8-10	
OLT 发射技术		EML	EML+EDFA	EML+SOA	DML	
眼图安全 ¹		否	是	否	否	
ONU 接收功率	dBm	-28.5	-20	-22	-22	包括 1dB 滤波器损耗
ONU 接收技术		APD	PIN	PIN	PIN + EDC	
路径损耗	dB	1.5	1	1	4.1	DFB需要EDC
系统光器件成本 (1 OLT, 32 ONU) ²		100%	60%-80%	<50%	<40%	

¹ 发射功率是否超过 10dBm?

² 假设 APD 的成本为 PIN 的 3 倍; EDFA 的成本被 10 个 PIN 接收器抵消; SOA 的成本比 EDFA 低 20%; DML 的成本是 EML 的 50%。



基于 FFE 和 DFE 的 EDC 架构。



未来的 ONU: 集成 EDC 的 SFP+ 模块。

上部署 10G PON 系统，有时不得不采用一些高灵敏度的接收器，而这些接收器的价格都是很高的。

第二个问题是光发射器的成本。高功率激光器的选择总会让人左右为难。直接调制分布反馈（DM-DFB 或 DML）激光器的成本较外部调制激光器（EML）低，输出功率也较高。但是，DML 的线宽（频谱宽度）比 EML 宽，在标准单模光纤上的色散就更大。即使在传统 PON(20km) 的光纤路径上，这种色散最终转变的路径损耗也很可观。

DML 在 20km 传输距离的路径损耗大约为 4dB，这完全抵消了 DML 比 EML 输出功率高的优势。表 1 给出了 DML 和 EML 的比较。

幸运的是，很多不断涌现的技术正在帮助系统商降低 10G PON 设备的成本，例如电色散补偿（EDC）和“超跨阻放大器”（super-TIA）。

EDC

EDC 可以通过不同方式产生作用。如果在 ONU 中使用 EDC，大多数 CD 产生的路径损耗可以被补偿，并产生净增益。传统观点认为 EDC 价格昂贵且非常耗电，因

此不适合用到 ONU 这种对成本非常敏感的设备中。传统 EDC 主要设计用于长距离单模光纤系统，每个 EDC 需要数瓦供电和数十美元，因此确实存在这些问题，这些 EDC 主要基于高性能模数转换和外部快速数字信号处理器，运行 Viterbi 或其它多种序列估计算法。

现在，改进型 EDC 被设计得更加小巧，所需功耗更低，而对路径损耗的改善能力仍然出众。如图 1，这些 EDC 采用前馈均衡器（FFE）和判定反馈均衡器（DFE），实现对模拟和混合信号的操作。

这类 EDC 的一个重要特性是，它可以以标准 CMOS 方式直接集成到 PON MAC 芯片中。如图 2 所示，这意味着 ONU 集成 EDC 功能只需要很少的成本、很少的面积和功耗（200-300mW）。因此 EDC 的性价比得到提高，能够使用 DML，并降低总的系统成本。

在传输距离达到 60km 的大跨距 PON 系统中，由于存在 CD，即使采用 EML 也会产生显著的路径损耗。此时将不得不在 ONU 中使用 EDC 以降低路径损耗，获得接收器所需的灵敏度。

Super-TIA

即使在 OLT 中使用了高功率的发射器，ONU 接收器仍然需要达到很高的灵敏度才行。传统的方法是采用雪崩效应二极管（APD）替代 PIN，包括在 GPON Class B+ 系统中（ONU 接收灵敏度要求达到 -27dBm）。

多种原因会导致基于 APD 的接收器价格远高于 PIN 接收器。在低电容的环境下离子注入工艺的难度很大，这使得 APD 的产量比 PIN 低很多，并最终导致 APD 芯片价格高昂。在模块制造阶段，APD 接收器需要高精度的控制电路，以提供所需的高温偏置电压补偿。而且，为了保证 APD 接收器的可靠性，其封装要求密闭和快速。以上这些因素都导致基于 APD 的器件价格至少是 PIN 接收器的 3 倍。

最近，一种用于 2.5Gbps（GPON）系统的 Super-TIA 已经研发成功，其外部输入参考噪声低于 100nA rms。在 GPON 市场上，这种基于 Super-TIA 的 PIN 接收器改变了 GPON Class B+ 设备必须采用 APD 接收器的状况，因此也被称为“APD 杀手”。选择 PIN-TIA 光接收器为我们带来了极大的节约空间。

在 XGPON 和 10GEPON 中升级到 10Gbps 时，对灵敏度的要求将更加严格。如前所述，运营商都希望能够利用原有 PON 所在的光纤物理网络，这导致整个链路的

预算基本不会发生变化。传统方法是采用 10G APD 接收器，以确保接收灵敏度达到 -28dBm（采用预前向纠错，BER=1e-3）。作为比较，传统 10Gbps PIN TIA 在同样误码率下只能提供大约 -22dBm 的灵敏度。

然而，如果采用最近开发的 super-TIA，就必须进行深入评估。Super-TIA 在 2.5Gbps 的 IRN 是 100nA，如果用到 10Gbps 接收器中，由于带宽为原来的 4 倍，因此计算得到的 IRN 为 400nA。这样一来，在 10Gbps 中使用 PIN TIA 接收器，误码率为 1e-3 时的灵敏度就是 -26dBm。

在实际使用中，这种接收器会存在别的损耗，譬如在 10Gbps 系统中更低的消光比会产生新的损耗。不过，在前沿设计技术和方法的帮助下，这种基于 PIN 的接收器有望在 10Gbps 系统中达到至少 -24dBm 的灵敏度。

需要注意的是，即使采用了 Super-TIA 技术，仍然需要提高发射功率，以确保使用 PIN 接收器的系统能够在已有光纤系统上共存。当然，在这种先进 Super-TIA 接收器的帮助下，OLT 的发射功率能够控制在 10dBm，这是眼图安全阈值的极限。

另外，OLT 还可能需要使用光放大器。不过，使用放

大器的成本会抵消因 ONU 不使用 APD 所节约的成本。现代 EDFA 的价格已经与 10 个基于 PIN 的 ONU 相当。而且，我们还可以选择成本较低的 DML，也能满足不经放大的输出功率要求。后一种方法需要在 ONU 中配置 EDC。

表 2 中列出了传输距离 20km、32 个 ONU 节点系统的链路预算和相对成本。

由于使用 PIN TIA 接收器可以极大地降低 ONU 的成本，即使这可能需要更高功率的发射器，但系统厂商还是在积极寻找合理安排功率预算的方法。

结论

IEEE 最近刚刚批准了 10GEPON 标准，很多厂商目前正在尝试实现性价比更高的部署。而 FSAN/ITU 还在努力调整功率预算，以控制 XGPON 的总成本，保证运营商能够在他们已有的光纤基础设施上部署 XGPON。

尽管如此，EDC 和 Super-TIA 的研发已经证明，它们可以显著降低下一代 PON 的成本。这些技术将促使下一代 PON 系统从实验室和测试场所走向市场，并在不久的将来实现大量部署。[LWC](#)

安捷伦 2010 测试测量大会在深圳圆满闭幕

深圳，2010 年 8 月 5 日讯。安捷伦 2010 年测试测量大会亚洲巡展之旅继在成都、上海、北京成功举办后，于 8 月 5 日在深圳马可波罗酒店召开。此次会议以技术知识、领先科技以及合作伙伴关系为主题，通过论坛、新品展示等环节让用户更好地了解安捷伦测试测量产品，更好地把握未来通信发展进程。

对于现在大家都特别关心的 40G、100G 的实施及挑战，大会结合安捷伦测试解决方案，介绍了安捷伦最新的相位调制光信号分析、PMD 及 PMD 容限测试、眼图波形分析测试以及光电机电光器件频响测试的方法，深受广大工程师的欢迎。

此处大会安捷伦也展出了今年 4 月份推出的 Infiniium 90000 X 系列示波器，该系列具有业界领先的 32GHz 实时带宽。安捷伦为工程师提供 10 个带宽可以升级的最新型号，实时带宽范围为 16GHz 至 32GHz。新款示波器具有业界最低的本机噪声和本机抖动，能够确保卓越的测量精度。

和 Infiniium 90000 X 系列示波器一起推出的最

新测试探头可提供 30GHz 的点测探头附件，其它附件则具有 28GHz 的带宽，若一开始仅购买 16GHz 带宽的探头，工程师可在未来任何需要的时刻将他们升级到更高的带宽。此外，90000 X 系列示波器提供了 40 多个针对特定测量的应用软件包，包括抖动分析、InfiniiScanPlus 触发、雷达脉冲信号分析工具以及完整的一致性认证测试套件。在通信领域，此款产品将能够有效支持 100G 眼图和星座图的测量。

JDSU 荣获“客户价值提升卓越奖”

美国加州米尔皮塔斯市，2010 年 8 月 18 日——Frost & Sullivan 公司因 JDSU 在通信测试服务领域的成就而授予 JDSU “2010 年全球客户价值提升卓越奖”。这个奖项旨在表彰 JDSU 的高质量服务，其中包括专业服务、咨询服务和监管服务，这些服务帮助业务提供商以节省成本的方式部署高质量的下一代网络和技术，包括 40G / 100G、IP 和 LTE / 4G 通信。该奖项认可了 JDSU 在提供通信测试和测量服务方面的领先地位，JDSU 通过这些服务给客户带来了增值并体现了对客户需求的深入理解。