

10G PON 技术发展应用

1、10G PON 技术发展背景

随着各大运营商“宽带提速”、“光进铜退”工程的大规模展开，未来宽带业务将会以多媒体、视频点播、互动游戏为主要特征，高带宽、综合化将成为评判运营商所推广的宽带产品优劣的标准。

在宽带网络光纤化的大趋势下，PON 技术已经成为目前全球各个电信运营商关注的热门技术之一，也是运营商实施“宽带提速”、“光进铜退”工程的技术基础。经过早期 APON、BPON 的探索，近几年，以美国电气和电子工程师协会 (IEEE) 组织发起的 EPON 标准和以国际电信联盟电信标准化部门/全业务接入网论坛 (ITU-T/FSAN) 标准组织发起的 GPON 标准成为 PON 技术的两大主流。EPON 标准主要秉承以太网“简单唯美”的特点，凭借其成熟的产业链和优良的性价比，在日本、韩国等亚洲地区拥有最广泛的光纤接入 (FTTx) 用户；而 GPON 标准凭借与 APON、BPON 一脉相承的特点，受到了欧洲、北美等众多运营商的青睐。

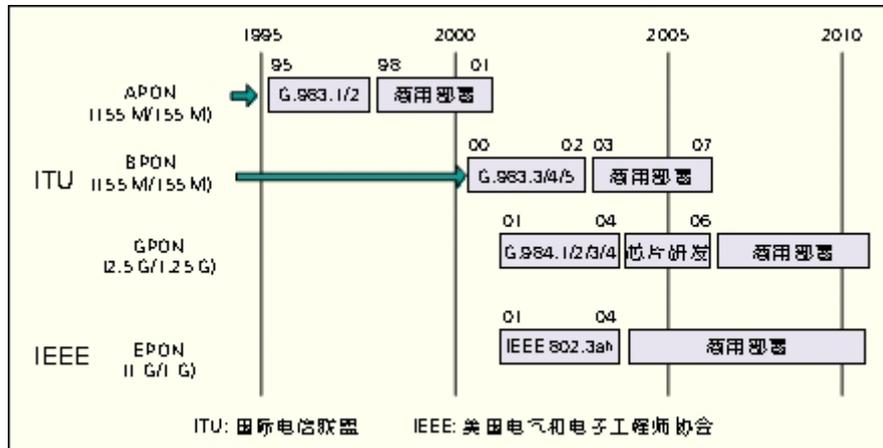
无论是 EPON，还是 GPON，其提供的上下行带宽仅仅为 1G 或者 2G，但随着目前交互式网络电视 (IPTV)、高清晰度电视 (HDTV)、网络游戏、视频业务等大流量、大宽带业务的开展和普及，每用户的带宽需求预计将以每 3 年一个数量级的趋势递增，从未来运营商长期发展趋势分析，每用户的带宽需求将会在 50~100 Mbit/s 之间。这样以来，EPON 和 GPON 均无法满足未来宽带业务发展的需要，现有 PON 口带宽将会出现瓶颈。因此，ITU-T、FSAN、IEEE 等各大标准化组织开始下一代 PON 技术的研究工作。

与 1G PON 技术类似，10G PON 技术仍然分为 10G EPON 和 10G GPON 两大阵营。10G EPON 以 IEEE 802.3av 标准为基础，最大限度地沿用了以往 IEEE 802.3ah 中的内容，具有很好的向上兼容性。IEEE 所定义的 802.3av 包括两点核心内容：首先，扩大了 802.3ah 标准中关于 1G EPON 的上下行带宽，达到 10G 速率；其次，充分考虑了与 1G EPON 的兼容性问题，在规定相关物理参数时，保证 10G EPON 的光节点 (ONU) 可以与 1G EPON 的 ONU 共存于同一个光配线网络 (ODN) 中，且该 ODN 的配置可以不做任何变化，最大限度地保证了运营商前期的投资。而 10G GPON 则以 ITU-T G.987 协议组为基础，定义了包括总体特征、物理媒质相关子层、传输汇聚子层和管理控制接口等一系列标准，提出上下行非对称 XG-PON1 和上先行对称 XG-PON2 两种 10G GPON 的主要架构，并率先开始了非对称相关标准的制定工作。经过两年多的讨论和研究，标准草案已经初具规模，而相关的产品研发工作也正在进行。

文章将会以技术为基础，从技术参数、标准化进行、产品链成熟度等相关方面，对 10G EPON 和 10G GPON 进行总结和分析。

2、10G PON 的技术分析

如图 1 所示，回顾 PON 技术的发展历史可以发现，每一种 PON 技术从诞生之日到最终大规模商用化均需要经过技术标准的制定、相关芯片和光模块的研发、实验和量产、实验局的开设以及商用化部署 4 个阶段，历时 5 年左右的时间，而其中每一个阶段的发展又会经历多次的论证。



▲ 图 1 PON 技术发展历程总结

作为 PON 技术体系中的分支，10G EPON 和 10G GPON 目前正处于技术标准的制定中，虽然相关芯片、光模块厂商也开始了技术的研究工作，但现阶段仍处于实验室研发阶段，离大规模量产还有一段距离。本章节主要是从两者的技术参数、标准化进程以及芯片、光模块产业链成熟度等几个方面，对 10G EPON 和 10G GPON 进行全面的总结和分析[1-4]。

2.1、标准化进展

标准是否成熟是判断一种技术是否具有商用化的前提条件。现阶段，包括 IEEE、ITU-T、FSAN 等多家国际标准化组织正在进行 10G EPON 和 10G GPON 两种技术的标准化制定工作；而中国的标准化组织——中国通信标准化协会 (CCSA) 也于 2009 启动了相关 10G PON 技术的研究工作。总体来说，由于 10G EPON 技术启动时间要早于 10G GPON，因此，目前 10G EPON 的标准化进程略快于 10G GPON。表 1 介绍了 10G EPON 和 10G GPON 的标准化发展历程。

▼ 表 1 10G EPON 和 10G GPON 标准化进展

类别	10G EPON	10G GPON
	标准名称: IEEE 802.3av	标准名称: G.987 系列和 G.988
国际标准	现有工作: 1 定义新的物理层参数,将 802.3ah 的上下行带宽增大到 10G 2 10G EPON 和 1G EPON 共存于同一个 ODN 待完成工作: SIEPON 项目的标准化工作。	现有工作: 1 G.987.1 总体需求 2 G.987.2 物理层规范 2009 年 9 月日内瓦 ITU-T SG15 全会上, 已经正式发布。 待完成工作: 1 G.987.3 TC 层规范 2 G.988 OMCI 层规范 计划于 2010 年 6 月 ITU-T SG15 全会发布。
中国标准	现有工作: 1 10G EPON 技术规范 2 10G EPON 光模块行标	
	ITU-T: 国际电信联盟远程通信标准化组织 ODN: 光配线网络	

2.1.1、10G EPON

与 1G EPON 技术一样，10G EPON 标准制定主要是由 IEEE 牵头来完成。IEEE 组织在 2009 年 9 月 12 日发布了 10G EPON 国际标准 802.3av，该标准专注于 10G EPON 物理层技术的研究工作，沿用了传统 1G EPON 中的 MPCP 协议，在将 1G EPON 上下行带宽增大到 10G 的同时，为保证运营商原有投资不受损害及 10E EPON 的平滑升级，IEEE 802.3av 标准定义了与 1G EPON ONU 共存于同一 ODN 网络中的 10G EPON ONU 标准参数[5]。

此外，在 IEEE 802.3av 标准中，还定义了两种物理层参数：一种是非对称模型，即 10G 速率下行和 1G 速率上行；另外一种是对称模式，即上下行速率均为 10G。非对称模式可以认为是对称模式的一种过渡形式，在前期对上行带宽需求较少和成本较为敏感的场所，可以使用非对称形式。随着业务的发展和技术的进步，将会逐步过渡到对称模式。

在中国，CCSA 已经于 2009 年年底，逐步启动了 10G EPON 的标准化研究工作，两个关于 10G EPON 的项目均已在去年杭州举行的 CCSA TC6 全会上立项通过：CCSA TC6 WG2 工作组提交的 10G EPON 技术规范；由 CCSA TC6 WG4 工作组提交的 10G EPON 光模块行业标准。

2.1.2、10G GPON

从 2004 年起，ITU-T SG15 Q2 开始同步研究和分析从 GPON 向下一代 PON 演进的可能性。2007 年 9 月，Q2 正式发布用于规范 GPON 和下一代 PON 系统共存的增强波长计划。2007 年 11 月，Q2 确定了 NGPON 的标准化路标，并以“低成本，大容量，广覆盖，全业务，高互通”为目标，推进下一代 PON 技术标准的研究和制定。

根据 ITU-T 研究计划，NGPON 将经历两个标准阶段：第一个阶段是与 GPON 共存、重利用 GPON ODN 的 XG-PON，该阶段又包含上下行非对称 XG-PON1 和对称 XG-PON2 两种模型；第二个阶段则是完全新建 ODN 的 NGA2。备受关注的波分复用-无源光纤网络（WDM-PON）技术属于第二阶段范畴，它通过在一根光纤中使用多个波长实现接入网的扩容，但目前由于突发模式粗波分复用、无色 ONU 收发器、可调谐 WDM 器件等一些难点技术无法突破，WDM-PON 仍处于论证阶段。

在 2009 年 9 月底召开的 ITU-T SG15 全会上，Q2 工作组正式发布了 NG-PON 标准的第一阶段文本，即下一代 PON 系统的总体需求(G. 987.1)和物理层规范(G. 987.2)，并同时制定了于 2010 年年中，发布传输汇聚层(G. 987.3)和管理控制接口(G. 988)相关标准的计划。

在中国的标准化方面，由于 10G GPON 部分标准于 2009 年年底刚刚推出，因此 CCSA 目前还暂时没有标准制定工作，预计相关工作将会在 2010 年年底展开。

2.2、技术参数

无论是 IEEE 802.3av, 还是 ITU-T G.987 协议族, 均对 10G PON 相关技术参数、物理层指标、光功率预算做出了详细的定义。但由于两大标准化组织所考虑问题的出发点不同, 技术指标也存在一定的差异。

表 2 对 10G EPON 和 10G GPON 从技术角度进行了总结和分析。由于 IEEE 标准化组织一直以来致力于以太网相关标准的制定工作, 对于传统电信技术的关键特征关注程度不高, 因此, 与 10G GPON 相比, 10G EPON 在认证、带宽分配、终端管理等功能的实现上, 标准定义并不完善。

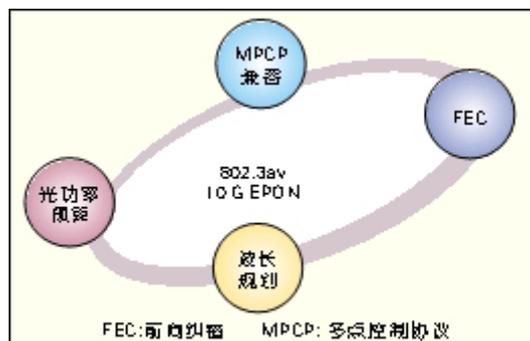
▼表 2 10G EPON 和 10G GPON 基本技术参数总结

类别	10G EPON	10G GPON
光接口	光功率预算: 15 - 29dB	光功率预算: 29dB/31dB
	波长计划: 上行: 1575 nm - 1580 nm, 下行: 1268 nm - 1280 nm。	波长计划: 上行: 1575 nm - 1580 nm, 下行: 1268 nm - 1280 nm。
	分光比: 1:32@32 km	分光比: 1:64@10 km 或 1:32@32 km
	共存方式: 下行 WDM, 上行 TDM。	共存方式: 上下行均 WDM。
认证方式	无	OLT 与 ONU 之间进行双向认证, 具体认证方式正在讨论中。
带宽分配	无	基于流量上报和流量监控的两种实现机制。

OLT: 光网络终端设备 ONU: 光网络单元 TDM: 时分复用 WDM: 密集波分复用

2.2.1、10G EPON

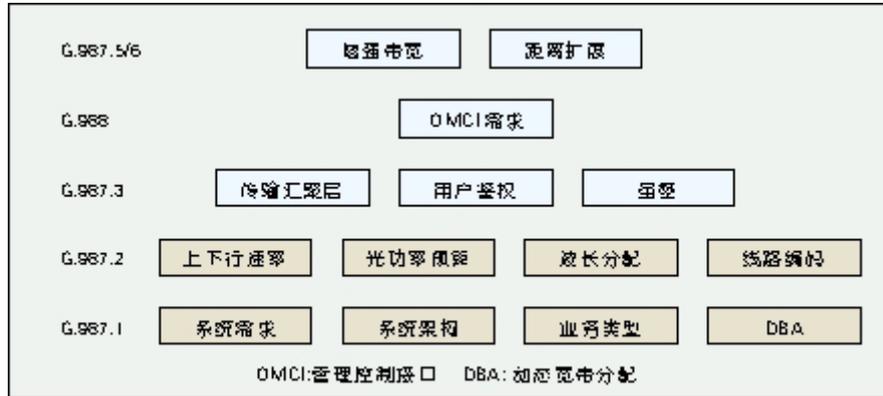
如图 2 所示, 列举了 10G EPON 技术的四大关键点: 第一, 10G EPON 定义了 6 种光功率预算, 针对非对称模式的 PRX10、PRX20 和 PRX30 以及针对对称模式的 PR10、PR20 和 PR30, 这 6 种光功率预算模型基本上可以满足运营商网络建设的需要; 第二, 10G EPON 技术在实现与传统 1G EPON 在多点控制协议层面 (MPCP) 前向兼容的基础上, 还对原有消息类型进行了扩展, 用于报告光缆终端设备 (OLT)、ONU 光模块的开关时间, 以满足 10G EPON 系统的要求; 第三, 10G EPON 采用了 (255, 223) 的前向纠错 (FEC) 编码方式, 该编码与用于 1G EPON 的 FEC 编码一脉相承, 但其强大的编码增益可以支持 10G EPON 光接收器更低的灵敏度; 最后, 10G EPON 对上下行波长进行了重新规划, 下行使用 1268~1280 nm 波长, 上行则重用了原有 1G EPON 的 1575~1580 nm 波段, 为了避免波长冲突, 10G EPON 上行只能使用时分多址 (TDMA) 的方式。



▲图 2 10G EPON 4 个关键技术点

2.2.2、10G GPON

图3是Q2工作组所发布的一系列10G GPON标准协议结构。未来随着10G GPON技术的不断发展，ITU-T将计划在增强带宽和距离扩展等功能上定义，以满足网络建设的需要。



▲ 图3 10G GPON 标准协议体系结构

已经发布的G.987.1标准，定义了10G GPON系统的总体技术要求和系统架构，明确提出了10G GPON系统在保证良好QoS基础上，要完全支撑传统电信业务和所有新兴业务，同时，还规定动态带宽分配(DBA)算法、节能、认证和加密等相关内容要继承原有1G GPON技术；而G.987.2则是重点规范了10G GPON物理层相关参数，包括上下行速率、ODN功率预算、分光比、上下行波长范围和线路编码等内容，虽然10G GPON的上下行波长范围与10G EPON相同，但由于上行波长与1G GPON不冲突，因此，10G GPON上下行均采用波分多址(WDMA)方式。

即将于2010年6月发布的G.987.3对10G GPON传输汇聚层进行了定义，明确了在自动发现阶段，对物理设备的认证以及对用户鉴权的方法，同时，建议沿用以往高级加密标准(AES)算法，以提高密钥本身的安全性。针对管理控制接口的G.988则是承袭G.984.4标准的大部分内容，并删除了原有文本中的三层路由属性和802.11业务配置相关内容。

2.3、产业链发展

如图4所示，一个完整的PON产业链包括芯片、光模块和设备3个环节。如果要分析PON产业链，就需要从这3个环节入手，分析每一个环节目前发展的状态和未来发展趋势。



▲ 图4 PON产业链示意图

表 3 对 10G EPON 和 10G GPON 两种技术的产业链发展进行了汇总和分析。总体来说, 10G EPON 和 10G GPON 目前均达不到大规模商用化的要求, 虽然部分设备商近期纷纷推出了 10G EPON 或者 10G GPON 的产品, 并与运营商合作, 开设了部分实验局, 但仍然处于实验室测试阶段, 离规模商用还有一段距离。

▼表 3 10G EPON 和 10G GPON 产业链进展

类别	10G EPON	10G GPON
芯片	<p>发展现状: 仍处于 FPGA 样品阶段, 无法达到 ASIC 规模化量产。</p> <p>ASIC 量产时间: ONU: 2010 年 Q3 OLT: 2010 年 Q4。</p>	<p>发展现状: 处于 FPGA 研发阶段, 预计 10G GPON MAC FPGA 将在 2010 年下半年发布。</p> <p>ASIC 量产时间: 无法预计。</p>
光模块	<p>发展现状: 着力于非对称 10G EPON 光模块的开发, 由于没有行业标准, 不同厂家所开发的光模块型号是不同的。</p> <p>预计商用时间: 2010 年 6 月光模块进行试商用, 2010 年 12 月商用化。</p>	<p>由于一脉相承, 因此发展路线类似。</p>
系统设备	<p>发展现状: 基于 FPGA 的非对称 10G EPON 样机, 不足以实现真正的商用化, 仅仅部署了一些实验局。</p> <p>预计商用时间: 2010 年年底。</p>	<p>发展现状: 均已发布小规模部署的 10G GPON 样机, 大规模部署样机将在 2011 年发布。</p> <p>预计商用时间: 无法预计。</p>
<p>ASIC: 专用集成电路 MAC: 媒体访问控制 ONU: 光节点 FPGA: 现场可编程门阵列 OLT: 光端设备</p>		

3、结束语

10G PON 技术符合未来接入网络“大容量、少局所”的发展方向, 在提高接入速率的同时, 支持更大的分路比, 覆盖更多的用户。因此, 10G PON 技术必将成为未来电信运营商实现“宽带提速”、“光进铜退”等宽带网络建设可持续发展的热门技术。在这一大背景下, 本论文对 10G EPON 和 10G GPON 两种主流的下一代光接入网技术从中国及国外标准化进展、相关技术参数和产业链进程等 3 个方面, 进行了分析和比较。

4、参考文献

[1] IEEE 802.3. IEEE standard for information technology-Telecommunications and Information Exchange Between Systems-Local and Metropolitan Area Networks-Specific Requirements-Part 3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications[S]. 2008.

[2] ITU-T G. 987. 1. 10 Gigabit-Capable Passive Optical Network (XG-PON) General Requirements [S]. 2009.

[3] ITU-T G. 987. 2. 10-Gigabit-Capable Passive Optical Networks (XG-PON): Physical Media Dependent (PMD) Layer Specification (for consent) [S]. 2009.

[4] ITU-T G. 987. 3. XG-PON Transmission Convergence Layer Specification [S]. 2009.

[5] ITU-T G. 988. ONU Management and Control Interface Specification (OMCI) [S]. 2009.