

OFDM-PON 技术探讨

作者：张佩华（中兴通讯）

网络技术的发展和不断创新使 IPTV、高清电视、3D 电视、移动多媒体、视频流媒体等新业务不断涌现，信息传输带宽的需求一直在以爆炸的速度增长。为满足网络流量的飞速发展，在骨干层网络，40Gbps、100Gbps 系统已经开始商用部署，400Gbps 或 1Tbps 光通信系统也开始研究。在接入网络层面，也必然对网络流量和多业务支持提出了更高要求。目前接入网主要以树形结构的无源光网络(PON)技术为主，基于时分复用的无源光网络(TDM-PON)应用较广泛。EPON 和 GPON 技术是当前 FTTx 网络建设的主要手段，10G xPON 技术的标准和产业链已基本成熟，今后 5 年 10G xPON 将是 FTTx 网络建设的主流技术。

10G 之后的下一代 PON 技术 (NG-PON2) 的演进方向，也成为 ITU-T 和 FSAN 等国际标准组织的讨论热点。目前大部分运营商对于 NG-PON2 的基本要求是在最大限度沿用已部署光分配网 (ODN) 的基础上提供更大带宽、更大分光比、更远传输距离和更多用户接入等能力。如图 1 所示，可以看出 NG-PON2 有多种可选技术，主流技术包括纯 WDM-PON、OFDM-PON、TWDM-PON、高速 TDMA-PON 等。

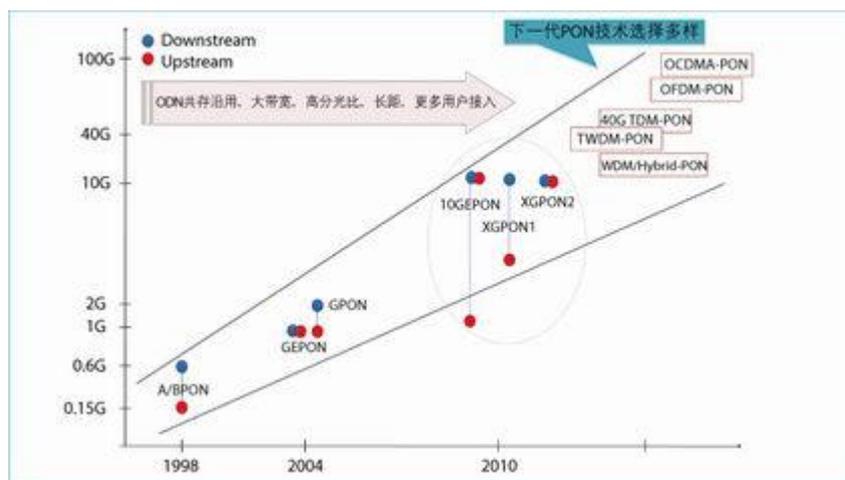


图 1 NG-PON2 技术发展路线

在光通信技术领域引入正交频分复用 (OFDM) 技术是一种差异化创新。OFDM 是一种多载波传输技术，将高速串行的比特信息动态分配到各个频谱相互重叠的子载波上，有效提升系统的频谱效率。子载波可采用 PSK、QAM 等高阶调制提高系统容量。由于 OFDM 符号的长度增加，加上循环前缀技术的使用，有力地克服了传输链路中由于多径和色散带来的码间干扰 (ISI)。OFDM 调制融合了软件无线电的思想，主要功能依靠 DSP 芯片实现 IDFT 和 DFT 等数字信号处理，再通过数/模以及模/数转换实现数字域和模拟域之间的转换，将通信系统的大部分功能 (除了射频前端和天线等) 利用软件来实现，极大地发挥了软件的灵活简便、准确计算、可重配置以及高效的信号数字处理算法的优势。

OFDM 技术一方面可以作为调制技术提高信道的频谱利用率和信道容量，有效对抗多径和色散效应。另一方面可以利用子载波实现高效的 OFDMA 接入，从而实现灵活的多用户和多业务的带宽分配。不同的子载波既可以分配给不同的用户，也可以分配给不同的业务种类，如 TDM、FTTH、FTTB、移动基站、WiMAX 直放站、WiFi 热点等。OFDM 技术的这些特性使其特别适合在接入网中应用，如图 2 所示。

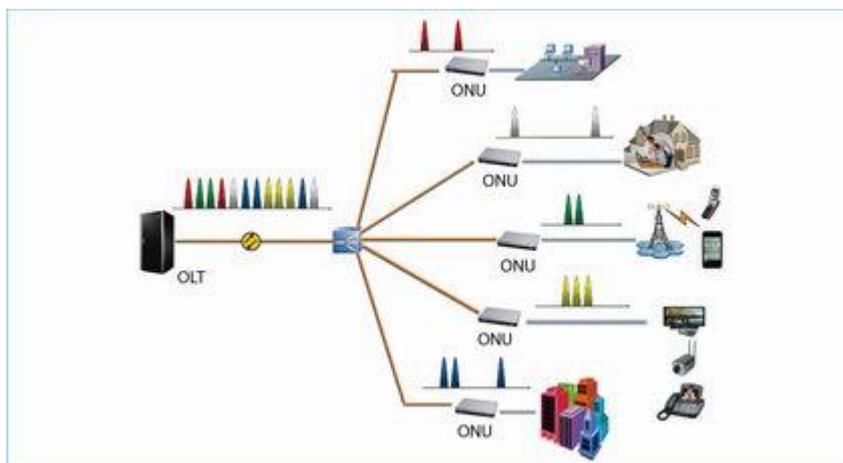


图 2 基于 OFDM 的多业务接入技术

OFDM 技术目前已经成功应用在非对称数字用户环路 (ADSL)、地面数字视频广播 (DVB-T)、无线局域网 (WLAN)、全球微波互联接入 (WiMAX) 等多种通信系统中，并是下一代无线移动通信 3GPP 长期演进 (LTE) 的核心传输技术。OFDM-PON 具有优良的灵活性与传输性能，通过将光器件的成本压力向电器件转移，利用 DSP、AD/DA 等核心器件的 ASIC 化而降低成本。也可以与 WDM 等技术相结合，是 NG-PON2 具有代表性与竞争力的技术方向之一。

OFDM 技术与 PON 技术结合的优势如下：

- 动态分配各个子载波资源。光 OFDM 技术可以根据信道环境与应用场景的不同，通过简单的 FFT 算法，动态调制各个子载波所承载的比特数、各个子载波所应用的调制格式以及各个子载波的功率。因此，在 OFDM-PON 中，可以根据接入距离、接入用户类型与接入服务的不同，实时动态地调制 OFDM 符号中各个子载波的分布，从而实现低复杂度协议框架下的最优化接入网络。
- 实现有线无线相结合的汇聚接入。众所周知，光纤有线接入网具有巨大的带宽潜能和良好的 QoS 性能，但是不具备移动性，无法满足用户终端多样化的需求；无线接入网有较高的灵活度和移动性，但是 QoS 性能较差。OFDM 作为无线通信中成熟的技术，被广泛地应用于 WiMAX、WiFi 与 UWB（超宽带）框架下。采用 OFDM 承载 PON 信号，可以在 ONU 实现有线信号与无线信号的汇聚接入，即针对应用场景的不同，灵活地选择基带 OFDM 信号、UWB (MB-OFDM) 信号、WiMAX 或 WiFi 信号以及毫米波 OFDM 信号等多种方式作接入，从而极大地增加了接入网的普适性。

- 有力地提升了接入网频谱效率。由于光 OFDM 信号各个子载波之间的正交性，它不仅允许各个子信道的频谱相互交叠，而且可以通过简单的星座映射算法，在各个子载波上实现 16QAM、8PSK 等高阶调制。因此，与其他方式相比，将光 OFDM 技术应用到 PON 中可以最大限度地利用频谱资源，提升频谱效率，为 WDM-PON 向 DWDM-PON（密集波分复用无源光网络）与 UDWDM-PON（超密集波分复用无源光网络）升级奠定了基础。
- 优良的抗色散性使其向超长距离接入网平滑演进。简单的网络结构无疑可以进一步提升接入网性能，降低网络成本。近年来，将城域接入与无源光网络接入融合成为研究热点，超长距离接入网（大于 80km）的概念也应运而生。对于超长距离接入，链路色散对系统的影响无疑是首要解决的问题。而从理论上讲，光 OFDM 信号完全不受链路中的色度色散以及偏振模色散的影响，采用 OFDM-PON 可以实现光接入网向超长距离接入网的平滑过渡。
- 将光器件的成本压力向电器件转移。由于光器件的集成度和制作工艺等使得高速光器件的成本很高，目前 10G 以上光模块和光器件成本对于接入网来说压力很大。而应用 OFDM 技术则可以将光器件的成本压力转移到廉价的电器件上，借助高速数字信号处理和高频微波器件的集成度和廉价的成本优势为接入网向更高速率发展和普及提供了快速的通道。

FSAN 起草的 NG-PON2 运营商需求白皮书已经基本稳定，预计 2012 年初发布 NG-PON2 技术白皮书。中兴通讯在十二五“863”计划“三网融合”重大专项中，牵头承担 OFDM-PON 关键技术研究课题，要求 2013 年底完成 OFDM-PON 样机的开发。在 NG-PON2 标准研究期间，中兴通讯将对 NG-PON2 标准化工作提供直接的技术支撑。