

# NG-PON 技术背景、应用和展望

## The Technical Background, Application and Prospect of NG-PON

陈爱民/CHEN Aimin

(中兴通讯股份有限公司, 广东 深圳 518057)  
(ZTE Corporation, Shenzhen 518057, China)

中图分类号: TN929.5 文献标志码: A 文章编号: 1009-6868 (2018) 06-0056-004

**摘要:** 10 G 无源光纤网络(PON)标准已成熟多年,并逐步进入规模商用。随着增强现实(AR)/虚拟现实(VR)等技术应用及5G时代的到来,使得建设固移融合(FMC)的光接入网成为趋势,并且对PON技术未来带宽和时延等提出了更高的要求。下一代(NG)-PON有单波长提速和多波长叠加2个技术路径。认为NG-PON已成为研究热点,运营商、设备商及标准组织都在该领域积极投入。NG-PON将有着广阔的应用前景。

**关键词:** 10 G PON; FMC; NG-PON; 50 G PON; 波分复用(WDM)-PON

**Abstract:** 10 G passive optical network (PON) standard has matured and commercialized. With the application of augmented reality (AR), virtual reality (VR), and the arrival of 5G era, the constructing of the optical access network of fixed and mobile convergence (FMC) has become a trend, and higher requirements for the future bandwidth and delay of PON technology are needed. Two technical paths are considered in next-generation (NG)-PON: single wavelength speed increase and multi wavelength stacking. NG-PON technology which operators, equipment providers and standard organizations are actively invested in, has become a research hotspot, and will have a broad application prospects.

**Key words:** 10 G PON; FMC; NG-PON; 50 G PON; wavelength division multiplexing (WDM)-PON

### 1 技术背景

宽带网络已经成为各国信息化的战略性公共基础设施,宽带光接入网具有投资大、建设周期长、网络复杂的突出特点,是宽带网络的重要组成部分。随着云计算、高清视频等新业务网络的迅猛发展,用户带宽以每5~6年10倍速度增长,面对用户对带宽不断增加的市场需求,当前运营商已经开始规模部署10 G无源光纤网络(PON),为用户提供高带宽业务。其中,住宅用户带宽将会达到1 Gbit/s,企业用户带宽超过1 Gbit/s。未来随着增强现实(AR)/虚拟现实(VR)业务的加速应用,运营商计划采用下一代(NG)-PON技术为每个用户提供最高10 Gbit/s带宽。同时随着5G时代的到来,高频基站的导入导致基站密度将大为增加,基于同一光纤接入(FTTX)光配线网(ODN),实现5G前传或回传的统一承载。NG-PON由于节省了大量光纤资源,成为运营商研究热点。

宽带接入网是一个点到多点的网络架构,PON技术是主流宽带的网络架构,PON技术是主流宽带的重要接入技术,PON网络技术已经历了

从以太无源光网络(EPON)和吉比特无源光网(GPON)到10 G PON的发展历程。随着AR/VR和5G技术的加速发展,10 G PON技术也难以满足未来的驻地接入和移动前传/回传的带宽需求,因此下一代更高速率的PON技术正逐步成为业界研究热点。

### 2 技术进展

从技术路线角度看,NG-PON分成单波长提速和多波长叠加2条路线演进,具体如图1所示。对于下一代单波长提速技术路线,考虑到当前产业链现状以及未来低成本规模商用,基于25 Gbit/s基础速率可以复用现在数据中心25 G/100 G以太网产

业链,并可以通过高阶调制技术实现50 Gbit/s的速率。对于有更高带宽的需求,可以采用多波长的叠加方式扩展实现。一些特殊高带宽和低延迟需求(如5G前传)可以采用密集波分复用(WDM)-PON方式,其中每个通道实现了点对点(P2P)直连。当前电气和电子工程师协会(IEEE)和国际电信联盟电信标准分局(ITU-T)就是基于这个思路演进<sup>[1]</sup>。

其中,IEEE率先启动了NG-PON技术的标准制定,单根光纤上支持25 Gbit/s下行速率,同时也可以支持10 Gbit/s或25 Gbit/s的上行速率,并且可以和10 G EPON兼容。而对于50 Gbit/s需求带宽,采用多波长叠加

收稿日期: 2018-10-25  
网络出版日期: 2018-12-05

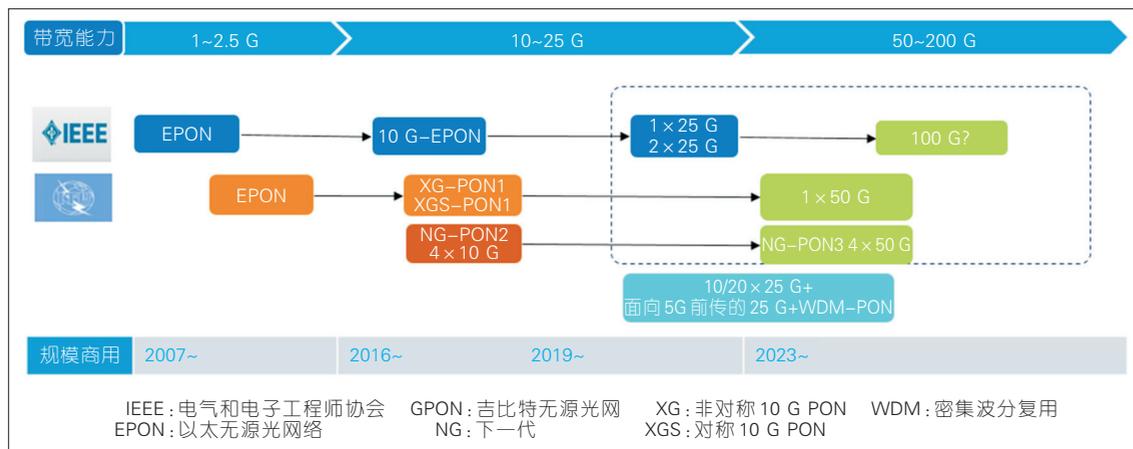


图1  
无源光纤网络技术  
演进趋势示意图

技术和通道绑定技术可以提供 2 个 25 Gbit/s 通道, 实现 50 Gbit/s 带宽, 其标准预计 2019 年中提交发布。

同时, ITU-T 也在考虑 10 G PON (XG-PON1 和 XGS-PON) 后的技术。基于前期 G.sup.hsp 后 10 G PON 技术研究白皮书, 并考虑了家庭用户、企业用户、移动回传和前传的需求, 运营商和设备商等产业链逐步形成了对于 NG-PON 的需求, 于 2018 年 1 月立项了 50 G PON 的相关标准, 同时立项的还有基于多波长叠加的 NG-PON2 下一代, 其中每个通道的速率为 50 Gbit/s。

### 3 应用场景

NG-PON 将极大地扩展 PON 技术的应用领域, 为各类用户提供低成本、高带宽的接入业务。当前 NG-PON 聚焦在固网新业务挖掘和 5G 承载新领域的扩展, 具体包括:

- (1) AR/VR 高带宽应用;
- (2) 5G 回传业务;
- (3) 5G 前传业务。

AR/VR 技术对于带宽有着极高要求, 以 VR 技术为例 (具体如表 1 所示), 进入规模商用阶段的高级 VR, 带宽需要近 500 Mbit/s, 依照 1:64 分光比计算, 即使考虑实际用户并发率, 10 G PON 也难以满足要求; 而对于极致级 VR 的 1 G 带宽需求, 则需要 PON 口带宽近 50 Gbit/s。另外, 还对 NG-PON 的带宽演进提出了明确

表 1 VR 几个阶段带宽需求表

指标	入门级 VR	高级 VR	极致级 VR
连续体验时间/min	小于 20	20 ~ 60	大于 60
帧率	30	60	120
分辨率	480 P	2 K	4 K
色深	8	10	12
带宽需求	100 Mbit/s	近 500 Mbit/s	1 Gbit/s

VR: 虚拟现实

的需求。

5G 基站回传组网如图 2 所示, 其对于带宽需求远远大于 4G 基站, 单站回传带宽需求从 4G 的数百兆到 Sub6G 低频 5G 基站的近 5 Gbit/s, 高频基站要大于 10 G。依照正常 PON 回传应用的分光比 1:8 来计算, 需要

至少大于 40 Gbit/s 以上带宽, 这就需要 NG-PON 来满足 5G 的带宽需求。为此, 下一代单波 50 G PON 技术可以承载 Sub6G 的低频 5G 基站回传, NG-PON2 可以支持大于 100 Gbit/s 带宽, 用于高频 5G 基站回传。同时, 5G 业务对延迟要求更高, 增强型移动带

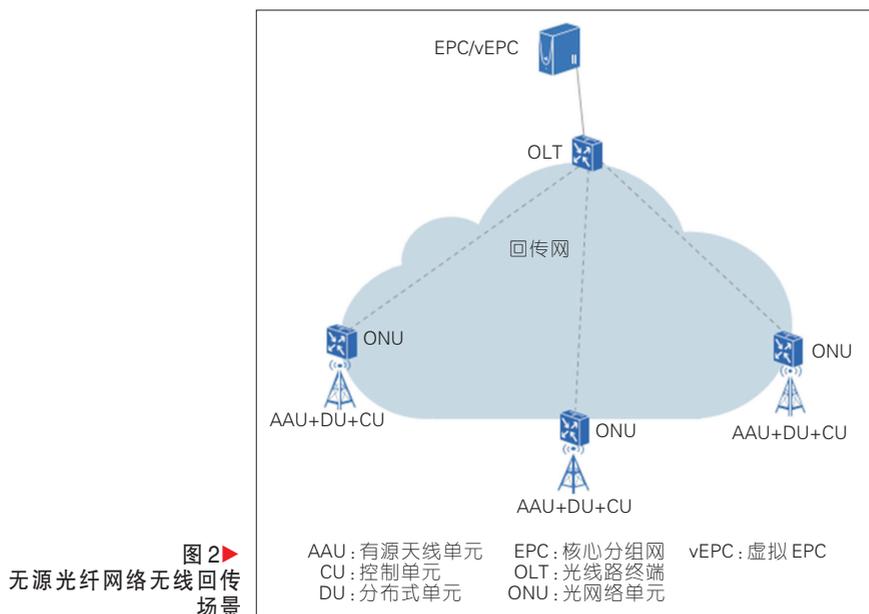


图2  
无源光纤网络无线回传  
场景

宽(eMMB)需要1~4 ms,高可靠超低时延通信(uRLLC)业务需要0.5 ms。相比现在10 G PON,NG-PON在动态带宽分配(DBA)方面会进一步优化,满足5G低时延业务的要求<sup>[2]</sup>。

如图3所示,对于5G前传, WDM-PON技术基于FTTX ODN的点 对多点树型网络拓扑,实现了单纤 10~20通道的密集波分,能大量节省 光纤布线资源,且每个通道提供25~ 50 Gbit/s的带宽,满足5G前传通用公 共无线电接口(eCPRI)的带宽需求。 对于采用集中化无线接入(C-RAN) 架构,需要在城区实现5G基站密集 连续覆盖,同时骨干光纤资源非常紧 张的场景,WDM-PON是一个非常合 适的技术。

## 4 关键技术

NG-PON技术中单波长提速技术 路线沿用现在TDM-PON技术,具有 下行广播连续发送和上行时分多址 突发传输的特点,其主要关键技术包 括调制技术、光模块大功率收发技 术、高性能前向纠错码(FEC)、突发 接收、超低延时转发等技术。对于多 波长叠加技术路线,尤其是WDM-

PON技术,其核心技术聚焦于无色 ONU技术。

### 4.1 调制技术

关于50 G PON调制方案,目前业 界仍在研究中,具体包括不归零码 (NRZ)、NRZ+均衡和四级电平脉冲 幅度调制(PAM4)等。为了更好实现 50 Gbit/s速率,NRZ需要50 Gbit/s的 速率器件,当前产业链不够成熟。 NRZ+均衡和PAM4基于25 Gbit/s速率 器件,器件相对成熟,是50 G PON调 制技术的研究热点。

### 4.2 光模块大功率收发技术

PON已经历了好几代技术变革, ODN网络也已基本完成部署,功率预 算达到32 dB。50 G PON需要兼容已 有ODN网络,功率预算是重大挑 战。数据中心使用25 G激光器,其 发射光功率在0 dBm左右,不能满足 32 dB光功率预算要求。25 G雪崩光 电二极管(APD)接收50 G PAM4时的 接收灵敏度大约为-20 dBm @1E-3, 通过均衡补偿高频响应。虽然当前 灵敏度有所改善,但要满足32 dB功 率预算仍存在挑战,需要产业链进行

突破。

### 4.3 高速突发接收技术

PON系统上行采用突发机制,不 同ONU占用不同间隙突发发射,光 线路终端(OLT)接收机需要突发跨 阻放大器(TIA)快速建立工作电平, 并需要突发模式时钟与数据恢复 (BCDR)快速恢复时钟,才能正确接 收信号。目前还没有针对50 G PON 应用的突发TIA和BCDR,需要产业 链加大研究。

### 4.4 高性能FEC技术

高性能FEC是为了解决功率预 算问题而提出新技术方向。目前 PON采用的是冗余度为7%左右的里 所码(RS)编码,能够将1E-3误码纠 正到1E-12。低密度奇偶校验码 (LDPC)、Turbo乘积码(TPC)、Polar 码等高性能FEC技术可以将1E-2误 码率纠正到1E-12以下,但需要更高 的编码冗余、更高计算复杂度和更 大的处理时延。

### 4.5 超低延迟转发

当前GPON/XG(S)-PON技术存在

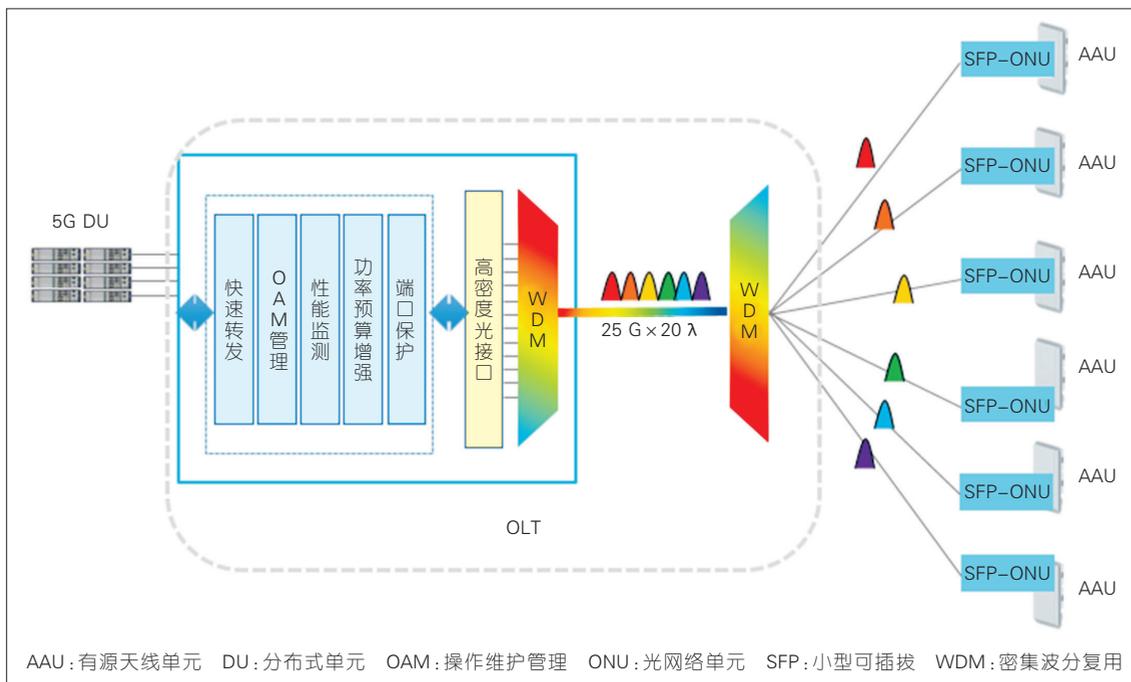


图3 25 G WDM-PON 5G 前传场景

上行转发时延过长的的问题,主要原因是:PON数据依照125 us周期进行传输,一般DBA调度在4个周期左右。考虑到数据包分片,如果不做特殊处理,上行时延将达到1 ms,这样不能满足5G回传对接入段最低数百微秒的时延要求。同时,ONU开窗发现需要PON下面所有ONU在较长时间内停止数据传输,导致时延达到数个毫秒以上,从而使得时延和抖动更加恶劣。NG-PON技术将在数据转发延迟和ONU开窗发现这2个方面做深入优化,满足5G回传的要求。

#### 4.6 无色ONU技术

作为WDM-PON系统的关键技术,无色ONU一般采用波长可调ONU技术方案,该方案采用可调谐激光器,实现在ONU侧波长的灵活配置。激光器波长调谐采用电流调谐、温度调谐或微机械调谐等方式来改变增益介质折射率或者外腔反馈条件,以保证每一个ONU均工作在特定波长上。直接调制可调谐激光器速率可达10 Gbit/s,与外调制器集成时能实现25 Gbit/s速率传输。波长可调方案部署方式灵活,带宽可扩展性高,光信号质量高,利于长距离传

输,是应用最为成熟的无色ONU技术方案。目前业界有多种已商用的可调激光器技术方案,如:分布布拉格反射激光器(DBR)、数字超模DBR激光器(DS-DBR)、采样光栅DBR激光器(SG-DBR)、外腔激光器(ECL)等。当前可调激光器成本过高,影响规模商用,同时对于5G前传的应用场景,还面临着功耗和工作温度范围的挑战,对模块自身温度控制提出了较高的要求。

### 5 结束语

庞大的FTTX ODN光纤资源是运营商的巨大财富,充分利用这个资源实现用户接入的低成本/高带宽/低延迟普遍覆盖,满足各种业务的服务质量,是NG-PON的主要目标。NG-PON技术将实现现有PON技术在同一个ODN下共存,不仅满足当前普通家宽业务,还可以提供满足AR/VR应用的更高带宽家宽业务、更高带宽/低延迟的企业业务,还可以实现5G基站回传和前传。NG-PON技术面向这些未来应用,以更高速率、更低时延、更低成本和功耗等为技术目标。标准组织、运营商和设备厂家以及产业链各个方面都在积极努力,以

实现NG-PON技术的早日成熟。由于5G时代的到来,预计25 G WDM-PON技术将在2020年左右实现规模商用,下一代单波50 G PON将在2023年产生商用产品,开始试商用,2025年进入规模商用。下一代PON技术的应用必将有利于促进未来固移融合新一代光接入网的规模建设。

#### 参考文献

- [1] 黄新钢. 单波50G PON实现和应用前景分析[J]. 中兴通讯技术简讯, 2018,(7): 27-29  
[2] 李玉峰. 25G WDM-PON承载5G前传的技术研究[J]. 中兴通讯技术简讯, 2018,(7):5-7

#### 作者简介



陈爱民,中兴通讯股份有限公司固网产品线光接入规划总工;现负责新一代OLT产品和解决方案的规划,自1998年进入中兴通讯以来,先后从事光传输产品、BRAS产品、DSLAM产品和光接入OLT产品研发和商用规模交付工作,历任软件开发工程师、软件开发组长、系统研发工程师、项目经理、研发总工;先后参与“863”计划“光接入网络演进技术研究”等多项国家和地方项目课题,负责项目的光接入系统架构设计,并多次获得奖励。

## 专题预告

## 《中兴通讯技术》2019年专题计划

期次	专题名称	策划人
1	5G商用支撑理论及关键技术	中兴通讯股份有限公司 CTO 王喜瑜
2	云网一体化技术	中国联通网络技术研究院首席专家 唐雄燕
3	边缘计算技术及其应用	清华大学教授 郑纬民 佐治亚州立大学教授 潘毅
4	5G通信安全技术	清华大学教授 李军
5	新型光互连与光接入技术	北京大学教授 李红滨
6	5G通信系统示范应用	中国信息通信研究院科技委主任 蒋林涛