

下一代光接入技术助力宽带中国战略(本期优秀论文)

许明, 贝劲松, 马壮

(中兴通讯股份有限公司, 上海 201203)

摘要:在宽带中国战略即将推出的背景下,对目前主流的下一代光接入技术的需求、关键技术和产业状况进行了分析,探讨了下一代光接入技术可能的技术选择和演进趋势。

关键词:10G-EPON; 10G-GPON; TWDM-PON

中图分类号:TN929.11 **文献标识码:**A **文章编号:**1002-5561(2013)02-0001-04

Next generation optical access technology promote China national broadband strategy

XU Ming, BEI Jin-song, MA Zhuang

(ZTE Corporation, Shanghai 201203, China)

Abstract: Based on background of China National Broadband Strategy will be present soon, this dissertation analyzes requirement, key technology, product chain of next generation optical access networks, discussing the technology choice and develop trend of next generation optical access technology.

Key words: 10G-EPON; 10G-GPON; time wavelength division multiplexing passive optical network

0 引言

宽带网络是国家最重要的基础设施之一,我国非常重视宽带网络的建设。近期国务院通过《关于大力推进信息化发展和切实保障信息安全的若干意见》,明确提出实施“宽带中国”工程。工信部和科技部也分别发文明确了建设国家宽带网络的指导思想和发展原则。以上文件也明确了具体的宽带发展目标:到2015年要实现宽带接入用户2.5亿户,在宽带接入能力上,城市家庭平均达到20M以上,农村平均达到4兆以上,部分发达城市达到100M。“十二五”规划明确指出:“十二五”期间,我国宽带网络基础设施建设将累计投资1.6万亿元,其中,宽带接入网投资5700亿元。飞速发展的业务需求也对宽带战略的实施提出了诸多挑战:从带宽需求上看,高清IPTV、视频分享、云存储/云计算、社交网络、P2P等业务,都在不断地推高带宽需求,并对上下行带宽的对称性提出了很高的要求。著名咨询公司McKinsey预测,随着业务发展,至2015年,用户带宽需求将增长至250M。基于现有

收稿日期:2012-11-05。

基金项目:国家863计划课题(No. 2011AA01A104)资助。

作者简介:许明(1972-),男,硕士,先后担任中兴通讯产品线总经理和中兴通讯副总裁等职务,宽带接入和家庭终端领域资深专家,主要研究领域为综合接入、DSL、PON和光传送网等。

E/GPON技术均难以满足带宽不断增长的需求。随着用户带宽的不断增长,宽带业务增量不增收正成为众多运营商面临的重大难题。运营商虽然不断通过各种新技术提升用户带宽,但业务收入的增速却远远低于宽带速率的增速,用户ARPU值呈逐年下降趋势。如何更加经济有效地实现带宽的提升,对于运营商具有举足轻重的价值。以更好的经济性实现用户带宽的数量级增长、确保用户业务具有更高的可靠性,是市场对下一代光接入技术提出的关键需求。在下一代光接入技术上,近中期的10G-PON和中远期的后10G-PON是近年来业界研究和推进的重点。

1 下一代光接入技术分析

1.1 10G PON 技术简述

在近中期的10G-PON技术中,主要有10G-EPON和10G-GPON两种技术方向,它们良好匹配了FTTB/C模式每用户50~100M带宽需求,并满足了FTTH模式下100~300M的带宽发展需求。

10G-EPON技术是业界最具有代表性与广泛应用前景的下一代光接入技术。10G-EPON建立在广泛应用的以太网技术基础之上,具有两大核心特点^[1]:一是扩大802.3ah EPON标准的上下行带宽,达到上下

许明,贝劲松,马壮:下一代光接入技术助力宽带中国战略

行 10Gb/s 速率;二是平滑演进,10G-EPON 的 ONU 可以与 1G-EPON 的 ONU 兼容共存在一个 ODN 下,实现网络平滑演进,有效保护运营商投资。IEEE 802.3 委员会于 2009 年发布了 10G-EPON 标准。10G-EPON ASIC 芯片于 2010 年 7 月诞生,现已有高通、Broadcom、PMC-Sierr 和 Cortina 等多家供应商可以提供 10G-EPON OLT/ONU 的 ASIC 芯片;索尔斯、海信、新飞通等多家 10G-EPON 光模块已经可以批量供货。运营商也完成了多轮芯片级和设备级互通测试。据报道,在江苏南京,采用全 ASIC 化的 10G-EPON 系列产品,单局点达到数万线规模的商用网络已经稳定运行一年以上。因此,10G-EPON 产业链已经全面成熟,满足规模商用的要求。

10G-EPON 之后的可能演进方向,一是在 40G、100G 以太网的 IEEE 802.3ba 标准的基础上,引入低成本的新型调制技术;二是引入多波长技术,例如基于多波长 10G-EPON 的 TWDM-PON,通过光层与电层的结合实现带宽汇聚;三是采用纯 WDM-PON。以上几种技术方案都可以支持 40~100G 的带宽能力,目前在业界处于论证阶段。

FSAN/ITU-T 定义的 10G-GPON(XG-PON1)的上下行速率为 2.5/10Gb/s,上下行对称带宽(XG-PON2)^[2]的标准研发尚在讨论中^[2]。XG-PON1 标准于 2010 年 10 月发布,标准化工作较大幅度地继承了 GPON 标准,并进行了改进和扩展,可以与 GPON 通过 WDM 进行共存。由于芯片厂商最早的 XG-PON1 的 ASIC 芯片预计于 2013 年下半年诞生,故 XG-PON1 的预期商用化与产业成熟时间在 2014 年左右。目前国内和国际一些运营商针对基于 FPGA 的原型样机已开展了一些测试验证工作,例如中国电信、法国电信、美国 Verizon、英国电信等。10G-GPON 的下一步演进目标是 40Gb/s 或以上的汇聚带宽的 TWDM-PON,目前 FSAN 组织正在进行 NG-PON2 的标准制定。

XG-PON1 与 10G-EPON 在标准制定时采用了同样的波长定义,其主要目的是提升应用规模,共享产业链,降低成本。在后 10G-PON 发展阶段,特别是引入多波长技术以后,ITU-T 和 IEEE 两大标准组织很有可能会在体系架构、技术指标定义等方面进行协同。

1.2 后 10G PON 技术简述

国内外研究机构、运营商和设备商都在积极探索、研究后 10G-PON 时代的可能技术方案,目前主流的研究方向有 TWDM-PON、WDM-PON 和 OFDM-

PON 等,CDM-PON、对等结构 PON、40/100Gb/s 相干 PON 等技术也在积极研究中。

2010 年,沃达丰等多个运营商和设备商成立了 Open Lamda 研究组织,主要致力于研究利用波分技术实现一种开放的网络架构,以及实现这种网络架构的各种新兴技术,实现波长、业务、网络动态调度。欧盟资助的 SARDANA (Scalable Advanced Ring-based passive Dense Access Network Architecture)科研项目,主要研究全光的城域接入融合的 WDM/TDM PON。欧盟的 Accordance OFDM-PON 项目,重点对基于 OFDM 技术的光纤、铜线以及无线混合组网的下一代接入网系统进行研究。我国 863 计划三网融合重大项目中,也设立了 TWDM-PON、OFDM-PON 等关键技术和示范应用研究。

FSAN 标准组织在 2011 年启动 NGPON2 的标准研发,对 NGPON2 的需求,架构以及可能的技术方案进行了系统讨论。NGPON2 的关键需求主要为 40G 下行和 10G 上行,实现 20km 传输距离和 1:64 分光;ONU 需要支持 1G 业务。经过充分论证,在综合考虑需求符合度、技术成熟度、成本和功耗等各项因素后,在众多候选技术中 FSAN 组织选择了 TWDM-PON 作为主要技术方案,在移动回传和商业客户中可选择点对点的 WDM overlay 技术。

下面分别对后 10G-PON 时代的主要技术方向 TWDM-PON、WDM-PON 和 OFDM-PON 技术原理加以论述。

1.2.1 TWDM-PON 技术

TWDM-PON 系统工作原理如图 1 所示。其原理是利用波分复用将 4 个(或以上)10G-PON 堆叠而成,系统总带宽可达下行 40Gb/s、上行 10/40Gb/s。OLT 复用解复用不同的波长,ONU 同一时刻只能接收、发射一个波长。ONU 一般使用可调收发技术,光收发机可调谐至 4 对上下行波长中的任意一对。在一个波长通道内,TWDM-PON 可重用 10G-PON 下行时分复用技

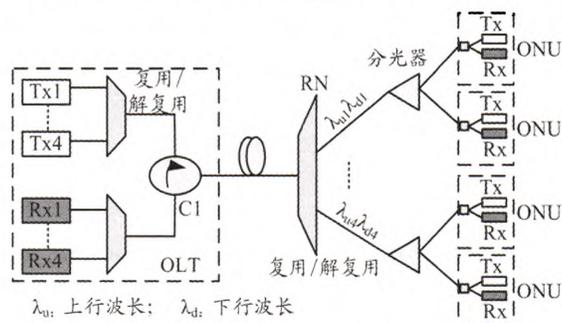


图 1 TWDM-PON 工作原理

术、上行时分多址接入技术、时隙大小、广播及带宽分配等技术。其主要优点是与现有 10G-PON 的技术继承性好, 复用效率与带宽利用率高。

TWDM-PON 波长规划是需要解决的关键问题, 涉及到技术优劣势、产业支撑度以及标准组织成员单位的利益问题, 经过对产业链器件成熟度, 和原有 XPON、XGPON、RF 系统共存的综合评估, 采用 C 波段+L 波段或采用 C 波段 2 种方案受到较多运营商支持。

对于 TWDM-PON, 为了实现无色 ONU, ONU 采用可调收发技术。目前可调收发技术已经普遍应用于骨干传输网, 但这些技术都不适合用于 TWDM-PON。传输网可调发射机和可调滤波器可以在整个 C 波段或 L 波段范围进行调节, 支持 80 波以上调谐。而 TWDM-PON 一般只需要几个纳米调谐范围, 支持 4~8 波长。而且传输网器件成本昂贵, 难以在接入网用户侧大量使用。开发适合 TWDM-PON ONU 应用, 其成本可与 10G-PON ONU 模块基本相当的可调收发技术是关键技术难点。目前可选的可调收发技术主要是 DFB 热调和 FP 腔热调等, 但是对于接入网来说成本仍然偏高。

另一个需要重点研究的问题是波长调谐控制协议。为了重用 ODN, 每个 ONU 需要选出自己所属波长的信号。因此, 需要研究一种安全高效的波长控制协议, 使得 ONU 能够快速接入。此外, 多个 10G-PON 堆叠后, 如何协调多个波长之间的资源使其负载均衡、保证生存性等也是重要研究内容。

中兴通讯在 2012 年欧洲宽带论坛(BBWF)期间, 发布了业界第一套符合最新标准方向的 TWDM-PON 样机, 在同一平台与 ODN 中展示了 NG-PON2、XG-PON1 和 GPON、WDM-P2P 多种接入技术共存与演进。

1.2.2 WDM-PON 技术

WDM-PON 工作原理如图 2 所示。WDM-PON 是采用波分复用技术的、点对点的无源光网络, 每个 ONU 独享一个或多个波长。WDM-PON 系统一般包含三部分: OLT、RN 和 ONU。OLT 包含多个波长通道光收发器, 每个收发器件独立地发送或接收用户信号, OLT 也可以使用收发阵列以提高端口密度降低功耗; RN 一般采用 AWG 等波分复用器将不同的波长分到相应的端口; ONU 支持无色, 即每个 ONU 发射机能够发送不同波长的信号。

WDM-PON 的关键技术难题在于如何实现低成

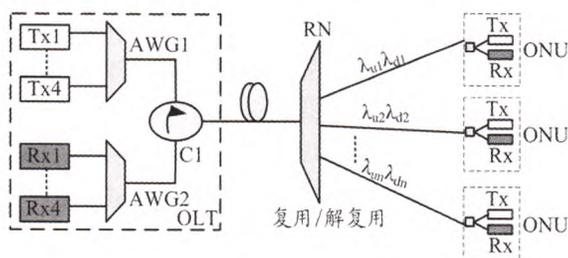


图 2 WDM-PON 工作原理

本无色。实现无色功能主要有三种方式: 注入锁定 FP 激光器(IL FP)、反射半导体光放大器(RSOA)和可调激光器。无色技术中, IL FP 与 RSOA 较有希望实现低成本, 但所需种子光源成本很高, 系统功率预算较小。波长重用型或自注入型虽然不用种子光源, 但系统的功率预算会进一步降低, 应用范围受限。可调激光器技术性能指标最好, 但实现低成本宽范围调谐技术难度比较大。业界目前研究比较热门的是低成本可调发射技术, 可调发射机中没有传统可调激光器的制冷器和波长锁定器。波长监控置于 OLT 端, 由所有 ONU 共享。OLT 集中监控各通道波长, 将波长偏移信息反馈给各 ONU, 用于各 ONU 波长校准。目前该方案距形成成熟产品还需时日。

一般 WDM-PON 波长通道间隔为 100GHz 或 50GHz。波长通道间隔减小到几吉比特赫兹的 WDM-PON 称为超密集 WDM-PON, 超密集 WDM-PON 采用相干接收。由于相干接收机本振放大作用而产生的高接收灵敏度, 超密集 WDM-PON 系统功率预算大大提高, 适合于长距离广覆盖的大用户接入。由于需要使用相干接收机、高精度窄线宽可调光源, ONU 成本十分昂贵等问题难以解决。

另外 WDM-PON 面向实际应用还有一些问题需要解决, 如高端口密度、灵活支持多级分光、有效支持广播业务和支持光链路诊断等。

1.2.3 OFDM-PON 技术

将正交频分复用(OFDM)技术引入 PON 是近期研究热点。OFDM 是一种多载波传输技术, 将高速串行的比特信息动态地分配到各个频谱相互重叠正交的子载波上, 有效地提升系统的频谱效率。子载波可采用 MPSK、M-QAM 等高阶调制以降低系统关键器件带宽要求。循环前缀有效克服了传输链路色散带来的码间干扰(ISI)。OFDM 调制解调通过 DSP 实现 IDFT 和 DFT, 再通过数/模、模/数转换实现数字域和模拟域之间的转换, 具有可重配置以及便于运用高效信号数字处理算法的优势。OFDM 技术一方面可以作为调制技

许明,贝劲松,马壮:下一代光接入技术助力宽带中国战略

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 OFDMA 多址接入,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。但是,基于 OFDM 技术的 40G/100G 无源光网络 OFDM-PON 需要攻克以下关键技术难题:如何低成本实现物理层功能和多址接入及动态带宽分配等。

2 下一代光接入技术发展契合宽带中国战略实施

综上所述,当前采用 EPON/GPON 与 10G-EPON 和 10G-GPON 技术,分别在 FTTP/FTTH 及 FTTB/FTTD 等应用场景,每用户平均带宽达到了 50~300M,可以满足当前及今后 5~10 年的业务要求。根据网络的发展需要,已建的 10G-EPON、10G-GPON 与光纤网络基础设施无需变化,通过按需叠加新波长的 10G-EPON、10G-GPON,网络可逐步演进到后 10G PON;也可以通过 WDM-P2P 扩展基站承载(Backhaul/fronthaul)、企业接入业务等实现全业务融合接入。该建设模式,可以帮助运营商显著降低建设投入与运营能耗,实现网络的按需部署与平滑演进。

图 3 概括了光接入技术的演进发展趋势。由图 3 可见,光接入技术主要经历了 TDM 技术和 TDM+WDM 技术,远期可能演进到 TDM+WDM+OFDM 技术。目前,已经大规模商用的 EPON/GPON 技术,上行提供 1G 带宽,下行提供 1G/2.5G 带宽,在 FTTH 应用模式下,采用 1:16~1:32 分光,可以为用户提供 20~50M 带宽,满足 2015 年前的宽带中国战略近期带宽需求。以 10G-EPON 和 10G GPON 为代表的 10G PON 技术上行可以达到 10G/2.5G 带宽,下行可以达到 10G 带宽,在 FTTH/FTTB 应用场景下可以为用户提供 100~300M 带宽,满足宽带中国战略 2020 年前中期带宽需求。而以 TWDM-PON 为代表的后 10G PON 技术可以提供 40G 以上的带宽,可以为最终用户提供 500~1000M 的带宽,可以满足 2020 年后宽带中国战略长期发展需求。

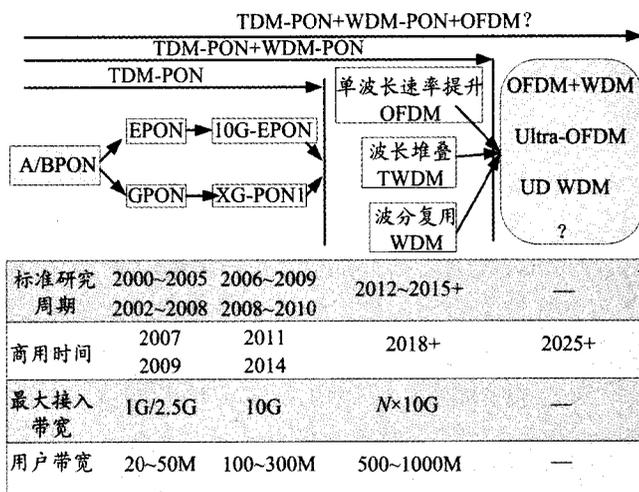


图 3 光接入技术演进示意图

3 结束语

宽带中国战略即将推出,加快宽带网络技术创新和产业发展,对于支撑我国宽带网络基础设施建设、提升我国信息化应用水平、加快转变经济发展方式和保持经济平稳较快发展具有十分重要的意义。10G-EPON 的技术与产业已经成熟,已开始进入规模商用;10G-GPON 产业链正在发展中,预计 2014 年左右走向商用。后 10G-PON 技术正在进行标准化工作。主要研究热点是 TWDM-PON 等技术。受标准化进程、技术难点突破、成本高等因素影响,后 10G-PON 的技术走向成熟尚需较长时日。目前已经规模商用 EPON/GPON 技术,以及开始进行规模商用的 10G-EPON 技术和后 10GPON 技术可以满足宽带中国战略近中期和远期发展需求。下一代光接入技术将助力宽带中国战略实施。

参考文献:

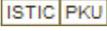
- [1] IEEE Std 802.3av-2009, Part3: Carrier Sense Multiple Access with Collision Detection (CSMA/CD) Access Method and Physical Layer Specifications[S]. 2009.
- [2] ITUT G.987.1, 10 Gigabit-capable Passive Optical Network (XG-PON): General Requirements[S].2010.

优秀论文评选活动公告

为推动光通信技术的发展,促进技术交流,活跃学术气氛,广开科研思路、加强科技合作,本刊每期评选一篇优秀论文,获得优秀论文的作者由本刊给予一定额度的奖金。敬请广大作者积极支持我们的工作,踴躍佳作,与我们共同携手把《光通信技术》办得更好。

本刊编辑部

下一代光接入技术助力宽带中国战略(本期优秀论文)

作者: [许明](#), [贝劲松](#), [马壮](#), [XU Ming](#), [BEI Jin-song](#), [MA Zhuang](#)
作者单位: [中兴通讯股份有限公司, 上海, 201203](#)
刊名: [光通信技术](#) 
英文刊名: [Optical Communication Technology](#)
年, 卷(期): 2013, 37(2)

本文链接: http://d.g.wanfangdata.com.cn/Periodical_gtxjs201302001.aspx