

# 宽带提速背景下OLT上联承载

Research on OLT Uplink Bearing Strategy Under the  
Background of Broadband Services Speed-up

## 策略研究

田洪宁,尹祖新,刘琦,魏汝翔,赵广,杨婧雅(中国联通研究院,北京100048)

Tian Hongning, Yin Zuxin, Liu Qi, Wei Ruxiang, Zhao Guang, Yang Jingya (China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

### 摘要:

随着宽带千兆建设的持续深入,固网业务在带宽及网络安全等方面对承载网提出了更高的要求,部分传统承载模式已无法适应业务发展。结合固网业务中OLT上联承载需求变化,分析现有IPRAN承载方案存在的问题,讨论并对比分析了光纤直驱、传统波分、PeOTN、智能城域网等各类承载技术方案,提出OLT上联承载及优化策略,为规范接入层网络、提高承载效能提供了参考。

### 关键词:

OLT上联;IPRAN;PeOTN;智能城域网

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.02.015

文章编号:1007-3043(2024)02-0078-05

中图分类号:TN913

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

With the continuous deepening of broadband gigabit construction, fixed broadband services have put forward higher requirements to bearer networks in terms of bandwidth and network security. Some traditional bearer models have been unable to adapt to the development of services. Combined with the change of fixed network service and OLT uplink bearer demand, the existing problems of IPRAN bearer schemes are analyzed, and various bearer technology schemes including fiber, WDM, PeOTN, Smart-MAN are discussed and compared. The OLT uplink bearer and optimization strategy are proposed, which provides a reference for standardizing access layer network and improving bearer efficiency.

### Keywords:

OLT uplink; IPRAN; PeOTN; Smart-MAN

引用格式:田洪宁,尹祖新,刘琦,等.宽带提速背景下OLT上联承载策略研究[J].邮电设计技术,2024(2):78-82.

## 0 前言

随着国家“双千兆”战略的深入落实,2022年,中国联通提出了“聚力打造全光接入、全域千兆、全屋Wi-Fi、全天候服务的宽带精品网”方案,要求加快推进宽带网络千兆升级,打造千兆城市。近年来,宽带提速、IPTV以及FTTR等新兴业务持续发展,部分传统承载方式已无法满足宽带业务升级需求,存在用户体验差、测速不通过等现象,如何实现宽带业务的高效承载迫在眉睫。在详细分析OLT上联业务需求

的基础上,分析比较了光纤直驱、基于光层、IP层等各类承载技术方案,并给出IPRAN承载优化改造建议及OLT上联承载策略。

## 1 OLT上联业务需求

### 1.1 承载路径及保护需求

如图1所示,OLT至BNG采用点到点固定路径,一般情况下,BNG部署在汇聚机房,OLT部署在汇聚机房或综合业务接入点机房。在城区场景下,OLT通过承载网直连大二层交换机或BNG。在乡镇场景下,OLT存在3种组网结构:通过承载网直连县城大二层交换机或BNG、通过乡镇交换机统一收敛后经承载网与县

收稿日期:2024-01-23

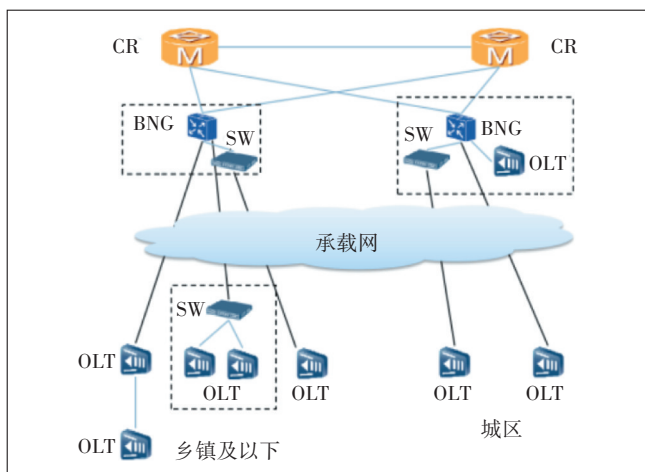


图1 不同场景下OLT上联组网示意

城BNG连接、农村OLT与乡镇OLT进行级联后与县城BNG连接。

对于接入用户规模较大的OLT设备,其上联链路需具备双板卡、双上联、双路由保护能力,单OLT接入多条上联链路时,要求承载网络提供双路由或具备双路由保护能力。

### 1.2 承载网带宽需求

伴随千兆宽带精品网建设的推进,全面增加精品覆盖、提升业务感知,满足高品质宽带的需求逐步凸显,宽带业务端到端的高带宽、低时延、海量连接以及网络智能化等需求对承载网提出了新的挑战。一方面,业务升级促使GPON/EPON逐步向10G PON演进,OLT上联带宽需求从GE升级为10GE。另一方面,针对现存的GPON网络,考虑客户感知,承载网客户侧及线路侧需采用GE及以上速率且线路侧带宽利用率需低于70%,以保障流量无拥塞。当承载千兆用户时,为满足用户测速需求,承载网线路侧接口需升级至10GE以上。

## 2 OLT上联业务承载现状及调整策略

### 2.1 现网OLT上联承载方式

如表1所示,对某运营商北方、南方各3个典型省分网络数据进行分析,城区的上联承载方式以光纤直驱为主,乡镇则呈现多元化,其中南方采用IPRAN方式的占比较高。

### 2.2 IPRAN承载问题分析

IPRAN网络主要定位于3G/4G移网回传、专线以及部分场景下固网业务的综合承载,随着千兆提速、IPTV等业务的发展,IPRAN已无法适应业务升级需

表1 OLT上联业务承载方式分析

类别	城区/%					乡镇/%				
	光纤	WDM/OTN	IPRAN	智能城域网	其他	光纤	WDM/OTN	IPRAN	智能城域网	其他
北方	97.8	0.4	0.1	1.2	0.5	56.9	31.1	1.0	10.2	0.8
南方	90.4	1.6	7.6	0.2	0.2	35.9	17.8	45.0	0.7	0.6
合计	94.5	0.9	3.4	0.8	0.4	48.3	25.6	19.0	6.3	0.8

求,部分承载在IPRAN网络的宽带用户存在业务体验差、测速不通过等现象。IPRAN承载OLT业务主要存在3方面问题。

a) 环路利用率过高。易对业务时延、抖动等性能产生影响,严重时会出现丢包甚至断网的情况,影响业务感知。

b) 端口速率偏低。普遍采用GE端口,无法满足千兆用户测速需求。

c) 端口限速。考虑对移网业务质量的保护,部分省分在承载侧进行了流量限速(见图2),限速手段主要包括IPRAN客户侧端口限速(模式1)和接入环宽带业务HQoS限速(模式2),端口限速比在10%~60%,影响业务速率。

### 2.3 IPRAN承载优化策略

一方面应开展常态化网络利用率及变化趋势监测;另一方面,在采用IPRAN限速时,仅通过流量监测已无法发现问题,应加强对宽带用户业务感知的跟踪与监测,当用户服务存在问题时,及时进行端到端网络问题根因诊断。

对于开启IPRAN承载限速的环路,若发现存在影响固网业务体验的情况,应放宽或取消承载侧限速并

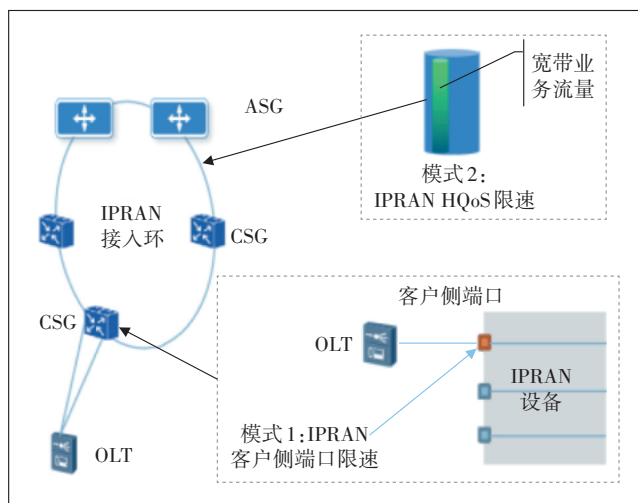


图2 IPRAN限速示意

按需升级。

对于OLT上联带宽和IPRAN接入环网容量能够满足业务质量要求(包括用户感知和测速要求)的网络,建议继续保持现有承载方案。

对于IPRAN接入环网容量不能满足需求(环上忙时均值流量带宽利用率高于70%或GE环路承载千兆用户时)的网络,应进行环路速率升级或调整OLT上联承载方式,同时应避免业务侧与组网侧速率倒挂现象。

对于OLT上联带宽利用率过高的网络,可根据业务需要捆绑GE或升级为10GE链路。

### 3 OLT上联业务承载技术方案分析

当前主流承载方案主要包括光纤直驱、WDM/OTN、智能城域网3类,其中WDM/OTN、智能城域网方案可基于不同的设备配置及组网结构进一步细分为7个子方案。

#### 3.1 光纤直驱

采用县乡或城区主干光缆承载时,OLT至BRAS/SW节点应在80 km以内,新建县乡主干光缆环纤芯一般不少于48芯,城区主干光缆不少于144芯,乡镇及以下场景可在乡镇OLT节点配置一级大二层交换机进行纤芯收敛。该方案为城区及近郊的主要承载方式,纤芯丰富时开通便捷且无带宽限制,其缺点在于传输距离受限,长距(超80 km)时需增加中继设备,且新建光缆施工周期长,同时缺少有效的保护手段,维护不便。

#### 3.2 WDM/OTN

WDM/OTN承载方案主要包括传统WDM和PeOTN两大类方案,每类方案根据收敛情况及波道分配方式可进一步细分为两小类共4种方案(见图3)。其中,方式1为传统波分,配置支线路合一板卡,各OLT独享10G波道,采用OLP保护方式;方式2为传统波分+SW,配置支线路合一板卡,各乡镇节点独享10G波道,各OLT通过下沉的SW收敛汇聚接入波分;方式3为PeOTN独享波道,各乡镇节点独享10G波道,各OLT通过以太汇聚板卡接入波分;方式4为PeOTN共享波道,每2~3个乡镇节点共享10G波道,各OLT通过以太汇聚板卡接入波分,该方案需要逐点分配带宽,规划复杂,每节点均需业务交叉,承载效率低,具有一定程度的性能损失,一般不建议采用。

WDM/OTN传输距离长,占用光纤资源少,OAM强

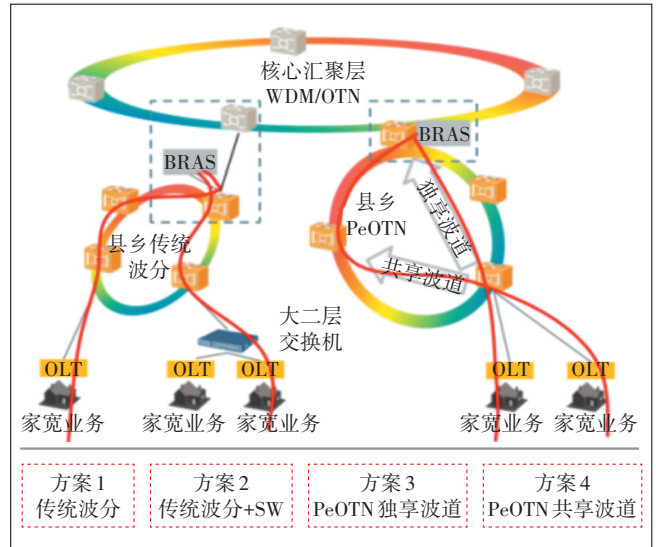


图3 WDM/OTN承载方案

大,安全性高。采用独立波道时为刚性管道,业务质量有保障,采用PeOTN线卡时可进行带宽、端口汇聚。但该方案建设成本偏高。

#### 3.3 智能城域网

智能城域网为面向5G时代固移融合、云网一体的新型城域网络,现阶段可看作是IPRAN网络的替代演进。IPRAN网络已于2022年停止投资,未来将逐步融合至智能城域网。短期内IPRAN与智能城域网仍为共存状态,为保障固网业务体验,需对现网部分承载OLT业务的IPRAN网络进行优化改造。根据网络演进趋势以及IPRAN设备能力情况,新增OLT业务不宜再通过传统IPRAN网络承载。

智能城域网承载OLT业务时,根据收敛方式不同,可细分为3类方案,如图4所示。

a) MER收敛至BNG。OLT以QinQ方式接入智能城域网MAR/MER,外层VLAN标识业务及OLT,OLT上联MAR/MER到BNG互联的MER之间配置EVPN VPWS,实现业务流量的承载。OLT上联MAR/MER可使用单条10GE链路或者2条10GE链路捆绑上联,单台MER与BNG同局向互联链路至少为2条,根据OLT数量,上联MAR/MER的链路带宽与MER上联BNG之间的链路带宽收敛比为3倍及以上。采用该方案时,需专业合理规划外层VLAN,避免VLAN标签重叠。

b) MER与BNG之间加大二层交换机收敛至BNG。MER通过大二层交换机接入BNG设备,通过EVPN VPWS二层通道将OLT所有VLAN透传至大二



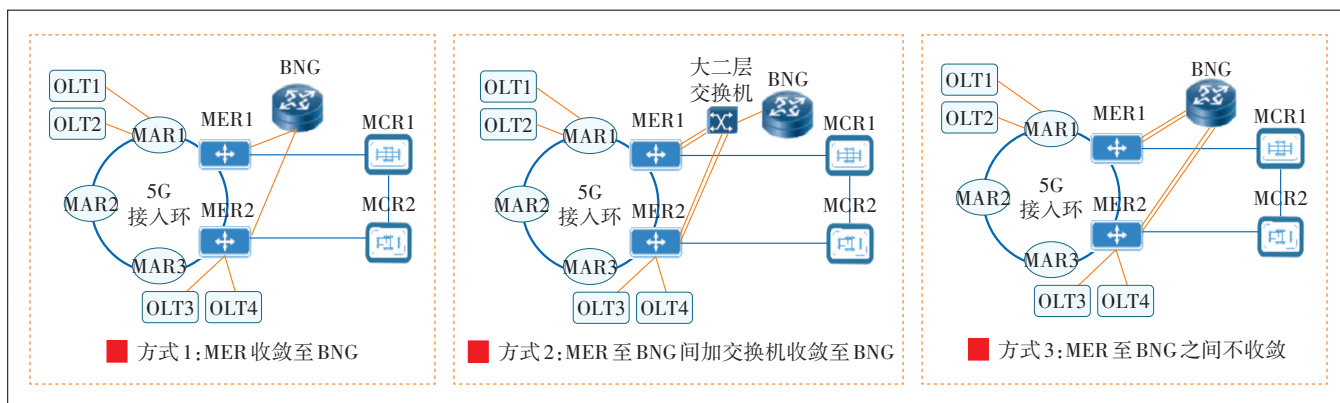


图4 智能城域网承载方案

层交换机,由交换机完成带宽的收敛,大二层交换机和BNG设备根据流量带宽按需配置链路。该方案可避免VLAN重耕,但增加了网络层级。

c) MER至BNG之间不收敛。MER与BNG之间的端口和链路与接入OLT一一对应,通过EVPN VPWS二层通道将OLT所有VLAN透传至BNG设备,OLT上联MAR/MER的端口与MER和BNG间互联的端口数一致。每新增1台OLT需对应新增MER和BNG之间的端口和链路。该方案无需调整VLAN,但会大幅增加智网及BRAS端口规模。

智能城域网覆盖广泛,OLT接入智能城域网较方便,具备较强的端口和带宽收敛能力,可实现业务综合承载,成本较低。但OLT经智能城域网至BNG设备会增加跳数、额外占用设备端口,同时需结合业务综合承载发展,合理规划网络带宽。

### 3.4 各承载方案比较

从业务需求的角度,各技术方案均能满足OLT上联业务的基本需求,但各有优劣。各技术方案比较如表2所示。

根据全国OLT部署情况及千兆用户上联需求,设计典型计算模型,县乡环路节点按5个估算(不含县城汇聚节点),每乡镇架构节点约1个,每节点承载OLT设备规模按2端考虑,单OLT设备上联链路需求按2×10GE考虑,各方案建设成本如表3所示。

由表3可知,短距(环长<30 km)且纤芯资源丰富时采用“SW下沉收敛纤芯+利旧光缆”建设成本最优,长距时10GE智能城域网建设成本最优。

采用传统波分方案时,通过SW下沉进行端口收敛可显著降低承载成本,但仍高于智能城域网的建设成本,为100GE智能城域网的1.15倍以上、10GE智能

表2 各技术方案比较

项目		光纤直驱	WDM/OTN	智能城域网
资源占用	纤芯占用	多,与OLT数量及SW部署位置有关	少,整环2芯	少,整环2芯
	端口占用	多,无端口及带宽收敛能力	少,可进行端口、带宽收敛	少,可进行端口、带宽收敛
服务质量	带宽情况	高,各链路独享纤芯	高,各链路可独享10GE波道	中,共享10GE/50GE/100GE带宽
	业务质量	高,独享纤芯	高,独享带宽,刚性管道	中,弹性管道/刚性管道(部署FLEXE切片),业务跳数较多
	保护	无保护	高,可配置OLP或SNCP	高,支持链路、节点、本地SRLG保护
管理维护	OAM	无	OTN开销, OAM完善	OAM完善
业务扩展性	-	-	可提供政企精品网业务、双线业务等	可提供双线业务、云专线业务、5G业务等
业务SDN化	-	难度较大	正在推进	原子能力已具备
网络演进性	-	无	中	高,符合未来业务综合承载的演进方向
创新产品	-	无	无	可结合vBRAS, SRv6灵活提供

表3 各方案成本测算

类别	子方案	建设成本测算/万元
光纤直驱	(新建光缆+SW)/km	1.68×X+7.5
光纤直驱	(利旧光缆+SW)/km	0.35×X+7.5
WDM/OTN	传统波分	65.24+0.07×X
WDM/OTN	传统波分+SW	40.12+0.07×X
WDM/OTN	PeOTN独享波道	57.34+0.07×X
智能城域网	10GE智能城域网	15.74+0.07×X
智能城域网	100GE智能城域网	34.14+0.07×X

注:交换机设备(SW);X为接入层环长(km),成本测算参考某运营商最新集采价格。

城域网的2倍以上。

## 4 交换机部署策略

宽带接入网逐步加快10G PON OLT新增覆盖及GPON OLT的10GE上联改造,OLT的上联10GE链路规模大且链路带宽利用率普遍不高(现网约10%),对OLT上联链路进行收敛后再接入BNG,一方面可减轻BNG扩容压力,另一方面,下沉收敛也可大幅节省承载网资源。

SW单端口造价低,通过SW收敛后可有效降低网络成本,根据现网测试情况,合理部署大二层SW,不会降低网络质量或用户体验。但由于SW缓存能力有限,流量拥塞时易出现丢包,影响业务质量,因此需根据业务流量合理控制收敛比。同时,SW级联会产生收敛效率低、增加故障点以及专业界面交叉等多种问题,故通过交换机收敛时,应采用一级汇聚扁平化组网方式。

## 5 OLT上联业务承载策略

OLT承载方案涉及交换机、IP城域网、WDM/OTN、承载网等多张网络的建设,且专业界面存在交叉,因此,方案选择及建设时应保持专业间协同联动。

对于城区及近郊乡镇/农村区域,纤芯资源丰富、上联距离短,OLT上联应采用光纤直驱方式,经大二层SW一级汇聚后接入BNG。对于远郊乡镇/农村区域,需结合本地县乡主干光缆纤芯、县乡波分、智能城域网覆盖及环网容量、利用率等资源现状,选择承载方案。不同典型场景下OLT上联承载策略建议如下。

a) 场景1:县乡主干光缆纤芯资源充足且距离较短。OLT应采用光纤直驱方式承载,按需将大二层SW下沉到乡镇综合业务接入点对OLT上联端口进行收敛,减少纤芯资源占用,大二层SW上联的多条链路应实现不同物理路由的光缆保护。选择此方案时,乡镇大二层SW至BNG的光缆传输距离应小于80 km。

b) 场景2:县乡波分已覆盖且有冗余资源。OLT可利用旧波分资源进行承载,按需将大二层SW下沉至乡镇综合业务接入点进行端口收敛,减少波分端口占用,大二层SW上联链路可采用OLP保护。若县乡波分已支持PeOTN,也可通过PeOTN配置以太汇聚板卡对OLT上联端口进行收敛。

c) 场景3:光纤、县乡波分等传输资源不足。考虑TCO最优,OLT可就近或新建接入智能城域网MAR环

网,通过智能城域网综合承载实现OLT上联BNG。采用此方案时,智能城域网须配置成端口收敛模式,同时需宽带专业统筹规划OLT外层VLAN,避免VLAN标签重叠,MER进行端口收敛后直连BNG,减少额外端口占用及业务跳数。

## 6 结束语

OLT作为宽带业务的核心节点,其上联链路承载质量对业务感知具有直接影响。同时,作为接入层网络,其链路规模达数十万级,不同的承载模式对运营商建网成本影响巨大。通过详细分析OLT业务需求变化,针对现有承载技术多样化的状况,从技术体制维度梳理归纳了各技术方案,并从服务质量、成本预算等角度进行分析,提出了现有承载方案精准优化建议及上联承载策略,规范了OLT上联承载模式,对提高承载网建设效率和投资效能具有重要意义。

### 参考文献:

- [1] 中国信息通信研究院. 中国宽带发展白皮书[EB/OL]. [2023-11-02]. [https://mp.weixin.qq.com/s?\\_\\_biz=MjM5MzU0NjMwNQ==&mid=2650826390&idx=1&sn=8fa99ba75173d9a428bc781e69966b70&chksm=bd61afb88a1626aedbfa6cc2ad0733b3814ca00ca314322951e67c1dde331badea726458e350&scene=27](https://mp.weixin.qq.com/s?__biz=MjM5MzU0NjMwNQ==&mid=2650826390&idx=1&sn=8fa99ba75173d9a428bc781e69966b70&chksm=bd61afb88a1626aedbfa6cc2ad0733b3814ca00ca314322951e67c1dde331badea726458e350&scene=27).
- [2] 张雨龙,王晓东,李洪栋. 宽带接入网10G PON技术发展及部署研究[J]. 邮电设计技术,2018(2):70-73.
- [3] 程强. PON技术的发展及演进[J]. 邮电设计技术,2012(11):4-7.
- [4] 林浩,门少杰,刘京川,等. 家庭宽带客户承载策略探究[J]. 中国新通信,2020,22(5):43.
- [5] 胥俊丞,李相前. PeOTN设备应用场景及现网引入策略浅析[J]. 邮电设计技术,2015(5):69-74.
- [6] ITU. Interfaces for the Optical Transport Network (OTN): ITU-T G. 709 [S/OL]. [2023-11-02]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-G.709>.
- [7] 中国联通. 中国联通2022-2024年网络发展规划指导意见[R]. 北京:中国联通,2021.
- [8] 王丽琼,徐东,张红,等. 本地网县乡WDM问题探讨[J]. 邮电设计技术,2017(11):51-55.

### 作者简介:

田洪宁,毕业于北京工业大学,高级工程师,主要从事本地承载网规划、测试工作;尹祖新,毕业于哈尔滨工业大学,教授级高级工程师,长期从事传输网规划、研究等工作;刘琦,毕业于北京交通大学,高级工程师,长期从事本地承载网规划、测试工作;魏汝翔,毕业于北京邮电大学,工程师,主要从事数据网规划、测试工作;赵广,毕业于北京邮电大学,工程师,主要从事宽带及数据网规划、测试工作;杨婧雅,毕业于北京交通大学,助理工程师,主要从事本地承载网规划、测试工作。