

传输网络架构演进思路探讨

Discussion on Evolution Strategy of Telecom Transmission Network Architecture

顾荣生¹, 尹祖新², 王丽琼² (1. 中讯邮电咨询设计院有限公司, 北京 100048; 2. 中国联通研究院, 北京 100048)

Gu Rongsheng¹, Yin Zuxin², Wang Liqiong² (1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd., Beijing 100048, China; 2. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China)

摘要:

新业务的崛起对传输网络提出灵活、高效、智能的升级要求,ROADM、PeOTN、OSU 技术的成熟,赋予传输网络更广阔的未来。提出骨干传输网、省内传输网二级架构,骨干 ROADM、区域 ROADM、直达 WDM 协同承载的骨干传输网架构和省本一体化的省内传输网架构,支撑业务更好发展。

关键词:

传输网络; WDM; ROADM; OTN; 扁平化
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2021.06.004
文章编号: 1007-3043(2021)06-0018-06
中图分类号: TN915
文献标识码: A
开放科学(资源服务)标识码(OSID): 

Abstract:

The rise of new services puts forward flexible, efficient and intelligent upgrade requirements for transmission network. The maturity of ROADM, PeOTN and OSU technology endows transmission network with a broader future. It proposes a two level architecture of backbone transmission network and provincial transmission network, and proposes a backbone transmission network architecture based on cooperative bearer of backbone ROADM, regional ROADM and direct WDM, and also proposes a provincial and local integrated transmission network architecture, which could support better development of services.

Keywords:

Transmission network; WDM; ROADM; OTN; Flatting

引用格式: 顾荣生, 尹祖新, 王丽琼. 传输网络架构演进思路探讨[J]. 邮电设计技术, 2021(6): 18-23.

0 引言

国内运营商的传输网络普遍采用省际干线、省内干线、本地传输网三级架构,每一级的光层采用 WDM 建设,电层采用 OTN 建设。随着 5G、边缘计算、政企专线等业务的崛起,传统的架构和建设模式遇到了挑战。三级架构会带来路由绕转,增加业务传输时延,层级间的协调影响业务快速开通;点对点 WDM 建设模式不能满足业务灵活调度需求,业务在不同厂商设备之间穿通时需要额外的背靠背转接,增加了传输成

本; OTN 的最小容器为 ODU0, 承载 GE 以下速率业务时存在带宽浪费。

要解决以上问题,一方面要改变传输网络的架构,另一方面要引入 ROADM、PeOTN、OSU 等新技术,增加传输网络承载和调度业务的灵活性。

本文分析了业务网的发展趋势和对传输网络的诉求,从业务调度灵活、传输时延短、开通速度快的角度审视维持多年的传输网络架构、建设模式、业务承载方式,梳理出传输网在满足业务需求上的问题,通过模拟、论证,提出传输网络演进思路——优化结构、改变建设模式、引入新技术、优化业务承载策略。第一,将传输网的三级架构扁平化为两级架构;第二,

收稿日期: 2021-04-12

在骨干层面全面引入 ROADM 技术组建骨干 ROADM 和区域 ROADM;第三,通过 NNI 接口互通快速实现省本一体化;第四,在本地范围内引入 PeOTN、OSU,匹配小带宽高品质专线业务。

1 传输网现状

经过多年的发展,传输网络已经形成了稳定的省际干线、省内干线、本地传输网三级架构,本地网又分为核心层、汇聚层、综合业务接入层,层级间通过 1~2 个节点衔接,如图 1 所示。

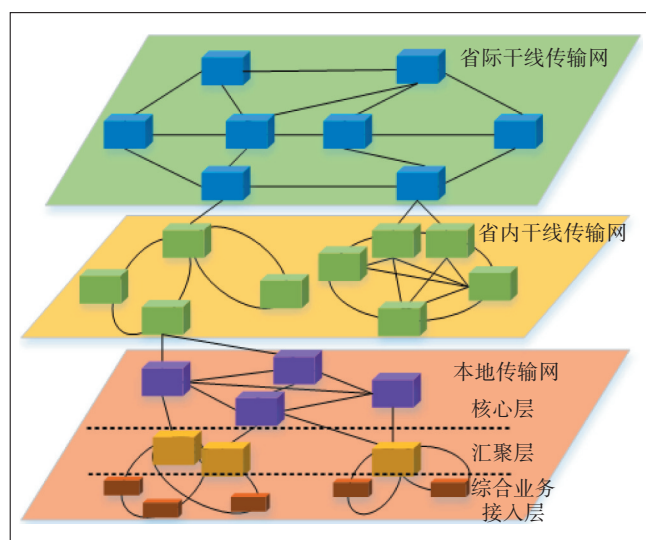


图1 传输网络三级架构

从承载逻辑上,每一层级网络又可以分为光缆层、传输系统层,传输系统层又分为光层和电层,下层与上层属于服务与被服务的关系,光缆为光层提供纤芯,光层为电层提供波道,如图 2 所示,本文讨论范围为传输系统层。

光层组网技术有 WDM 和 ROADM 2 种,WDM 要求所有波长在 OTM 站必须先下路再上路,是 2017 年以前主要采用的技术,ROADM 可以只下路需要落地的业务,过路业务直接在光层穿通,是光层组网技术的演进方向^[1]。近年来,各运营商已开始较大规模使用 ROADM 技术组网。OTN 是当前电层的主要技术,其最小颗粒是 ODU0,主要的演进方向是更小速率业务的承载能力、更高效的业务承载效率,比如已经成熟的 PeOTN 技术^[2]、正在研究中的 OSU 技术等^[3]。

电层和光层的衔接模式有集成式和分离式 2 种。集成式即电层和光层采用同厂商设备,电层设备将业务整合成波长级后,通过线路侧板卡直接进入光层的

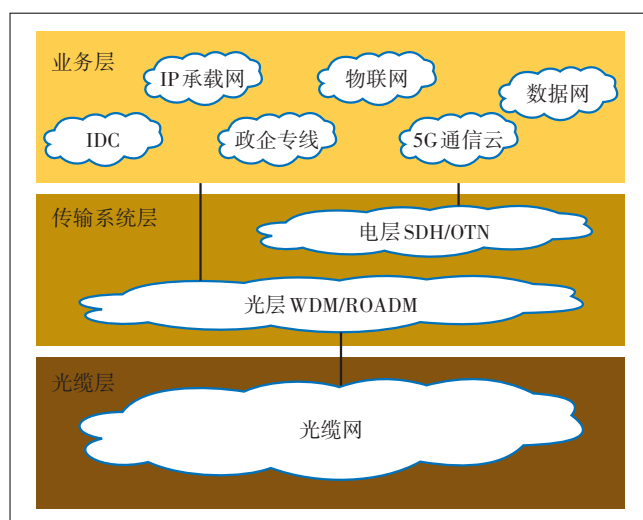


图2 传输网络逻辑分层

合分波模块。分离式即电层和光层采用异厂商设备,受制于光网络封闭的特性和现状,异厂商电层和光层设备互通困难,分离式需要电层设备将小颗粒业务交叉整合后,通过线路侧灰光板与光层设备对接,光层设备将其调制成彩光后再进入合分波模块,如图 3 所示。

国内运营商省际干线传输网电层和光层多采用分离方式建设,电层采用单个厂商的设备组成一张逻辑上的端到端网络,光层采用点对点 WDM 方式分段招标、建设。省内干线、本地传输网多采用光电集成方式建设,省内干线普遍采用 1~2 个厂商的设备,本地网普遍采用单个厂商设备,针对多厂商设备的情况,采用分平面或者分区域的方式建设。

2 存在的问题

2.1 无法满足政企专线业务发展需求

近年,政企专线业务发展迅猛,成为各运营商重点争夺的对象,激烈的市场竞争对传输网络提出了超低传输时延、超短开通时间、超高安全保障等升级要求^[4]。

对政企专线业务局向分布的统计发现,约 80% 的业务在地(市)内终结,约 15% 的业务分布在省内不同地(市)之间,剩余 5% 的业务需要出省。5% 的出省业务局向主要分布在省会城市之间,行业集中在党政军、金融等高价值行业,对业务开通时间、传输时延要求极高。但在目前架构下,出省业务开通需要协调省际、省内、本地三级网络,很难快速开通,而且落地再转接的层间衔接方式也增加了业务的传输时延,因此

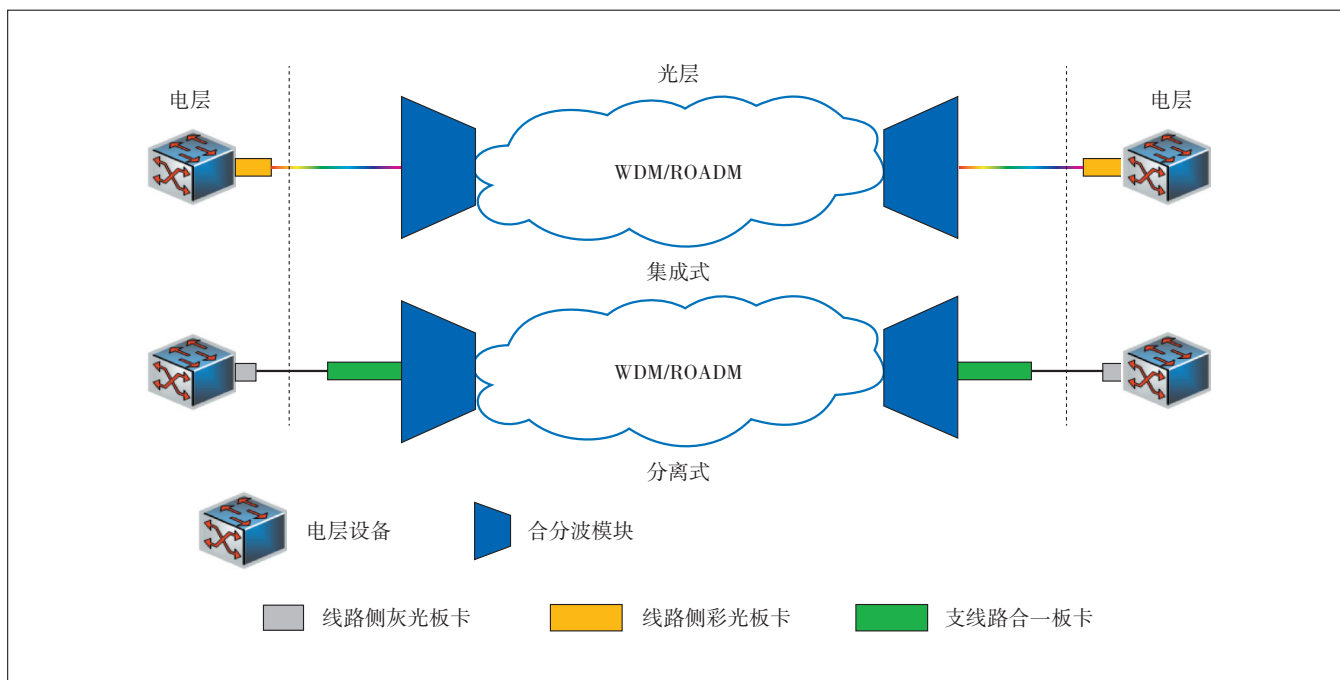


图3 集成式和分离式衔接的区别

亟需从架构上进行变革。

对政企专线业务速率分布的统计发现,近年新增业务速率主要集中在10~100 Mbit/s。SDH网络已停止扩容多年,资源饱和且面临退网,而OTN网络最小时隙为ODU0,在承载GE以下速率业务时存在较大的带宽浪费,因此从政企专线业务承载角度出发,需要升级OTN网络来适配小带宽、高品质专线业务^[5]。

2.2 无法满足业务灵活调度的需求

省际干线传输网因为覆盖范围广、线路距离长,光层采用点对点WDM方式分段建设,通常在网络建

设时将波道资源规划预留好,如须变更,就需人工现场跳纤,业务调度极不灵活。而且受制于传输网络的封闭现状,不同厂商的设备不能自由互通,如果业务途经的系统属于不同厂商,业务就需要落地转接,既浪费投资,又增加传输时延。图4所示为一条北京1节点到济南节点的业务,因为途经的3个系统属于不同厂商,需要占用6块支线路合一板卡,而实际北京1节点到济南节点的距离仅576 km,以目前的技术,业务完全可以在光层直接穿通,仅占用2块支线路合一板卡。



图4 业务转接案例

省内干线和本地传输网采用WDM建设,普遍采用单厂商设备建设,少量引入多个厂商设备的,将不同厂商分平面或者分区域,业务可以在光层直接穿通,跨厂商落地转接的情况较少,但业务调度不灵活,需要人工现场跳纤的问题依旧存在。

2.3 与业务网络架构不匹配

传输网络承载的业务主要有骨干互联网、城域网、宽带接入网、IDC、DC、核心网、IP承载网、IPRAN组网、

政企专线业务等。主流业务网络均采用双节点双平面结构,传输网络则采用双节点单平面结构。

如图5所示,骨干互联网河南2个节点分别为郑州、洛阳,山西2个节点分别为太原1和太原2,两省之间的互联网业务分担到2条链路郑州-太原1、洛阳-太原2承载,传输网络采用单平面覆盖以上4个节点。传输网单平面结构与业务网双平面结构不匹配,随着业务量的逐渐增大,单节点失效带来的损失也越来越大,

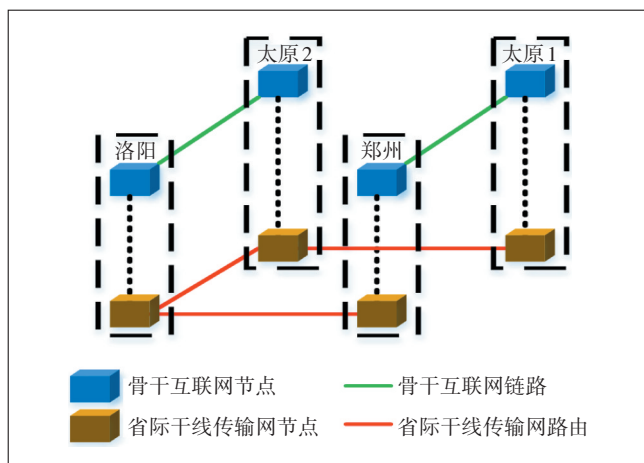


图5 传输网与骨干互联网结构不匹配

比如,太原2或洛阳传输节点故障时,会导致郑州-太原1、洛阳-太原2两条互联网链路同时失效。

综上,传输网的主要问题在于,省际、省内、本地传输网的分层结构造成政企专线业务开通时间长、传输时延大;采用的传统WDM技术无法满足业务灵活调度的需求,且易造成投资浪费;采用的传统OTN技术与政企专线业务的主流速率不匹配。

针对传输网现有架构和技术存在的问题,本文旨在从架构演进和新技术引入上提出建议和解决办法,以更好地支撑各类业务的发展。

3 传输网络架构演进思路

3.1 减少层级,扁平化组网

传输网络作为一张综合承载网络,在服务好内网业务的同时,也要直接面向用户,服务好政企专线业务。2.1节中提到,分层级的架构导致政企专线业务开通时间长,传输时延大,而政企专线业务主要分布在省内,因此综合考虑网络能力和投资能力,本文提出将省内干线传输网与本地传输网融合为一层。由此,传输网的三级结构演化为二级——骨干传输网和省内传输网,如图6所示。

二级架构下,本地网内业务、省内跨地(市)业务通过省内传输网承载,出省业务通过省内传输网、骨干传输网共同承载。骨干传输网和省内传输网在省会以及其他重要的业务网节点处衔接。

骨干传输网和省内传输网从承载逻辑上,又分别可以分为光层和电层,下文就2个层级网络演进思路,分别从光层和电层进行描述。

3.2 骨干传输网演进思路

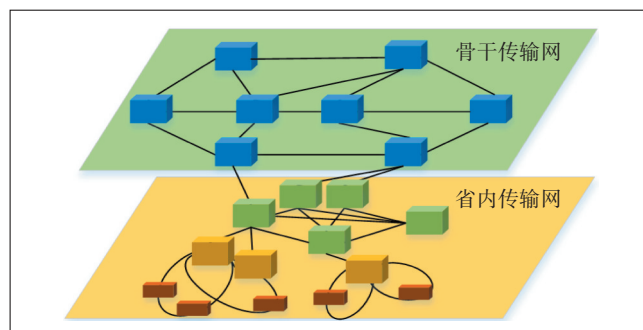


图6 传输网两级架构

3.2.1 骨干传输网光层演进思路

ROADM是光层一个重要的演进方向,它可以远程控制光信号分插复用状态,实现对波长的重构。ROADM的核心器件是波长选择开关(WSS),它能独立将任意波长分配到任意路径,实现波长级调度。目前可以成熟商用的WSS最高是20维,可以满足绝大多数骨干和省内应用场景,32维度的WSS研发已经完成,同时全光交叉的OXC也已有成熟产品,可以作为更高维度ROADM替代方案^[6]。

在高维度ROADM技术成熟、具备规模商用的条件下,针对骨干传输网点对点WDM建设方式存在的问题,本文提出了一种新的架构——骨干ROADM打底,区域ROADM和直达WDM吸热,如图7所示^[7]。

首先,在全国范围内,构建覆盖所有骨干互联网节点城市、DC、IDC及其他重要业务节点的骨干ROADM平面。骨干ROADM平面作为打底网络,负责疏通全国范围内的跨省业务;其次,在经济发达、业务繁荣且集中的京津冀、长三角、粤港澳大湾区等区域分别建设区域ROADM吸收区域内的跨省业务,缓解骨干ROADM的压力。不同于骨干ROADM,区域ROADM覆盖节点可以更密集,根据区域内地(市)出省业务量来确定需要覆盖的节点;最后,在京沪、京穗、沪穗等业务量超大城市之间分别建设点对点直达WDM疏通热点局向的业务,进一步缓解骨干ROADM的压力^[8]。

适配业务网结构,骨干网光层(包含骨干ROADM、区域ROADM、直达WDM)的目标架构按照双平面设计,各平面上传输网节点与业务网节点严格匹配。

目标架构下,骨干传输网仍旧定位于承载跨省业务。其中,点对点直达WDM承载2点之间固定局向的业务,区域ROADM承载区域内节点之间的跨省业务,

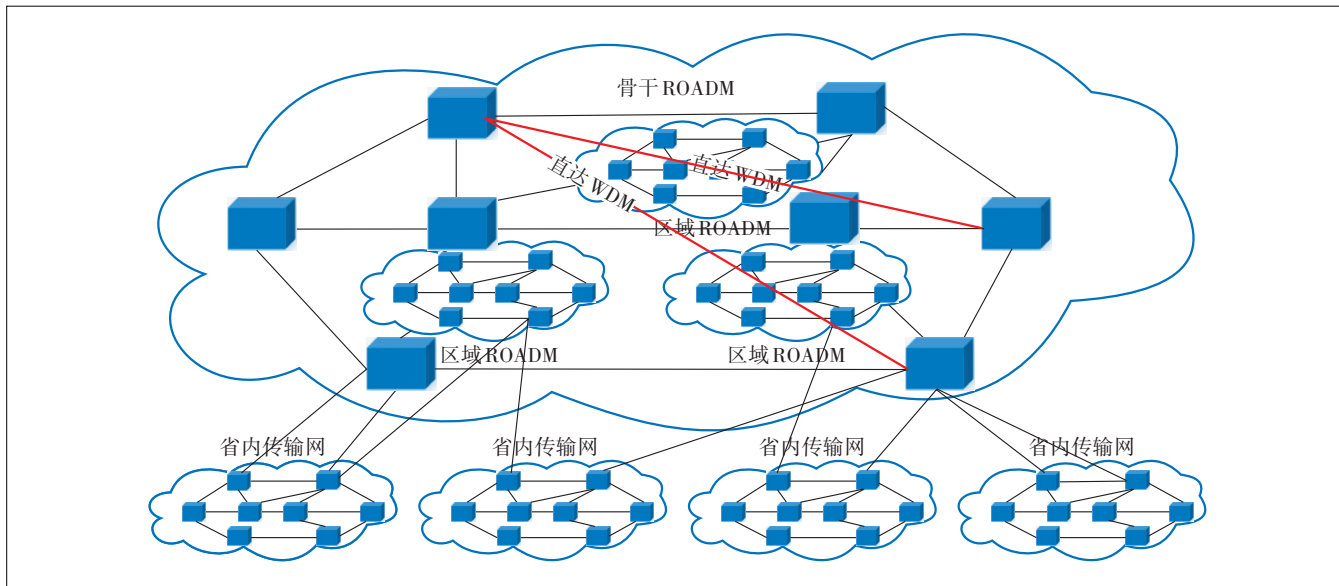


图7 骨干传输网目标架构

骨干ROADM承载其他跨省业务,业务在骨干层面不跨网。

目标架构引入区域ROADM和直达WDM分担骨干ROADM的压力。我国东西部地区经济发展悬殊,造成业务差异也较大,如果用覆盖全国的骨干ROADM承载所有跨省业务,东部区域资源会很快耗尽,出现瓶颈,建设区域ROADM和直达WDM可以起到吸热的作用,保证骨干ROADM资源的均衡使用。通过对某运营商近年跨省业务流量流向的分析发现,京沪、沪穗、京穗之间的业务量占总业务量的7%,京津冀、长三角、珠三角大湾区内的跨省业务量占总业务量的34%,建设区域ROADM、直达WDM可以分流41%的跨省业务。未来随着成渝、沈长哈等城市群、区域一体化的发展,业务流向可能会随着变化,届时可在新的城市群内建设区域ROADM吸收区域内跨省业务,进一步缓解骨干ROADM的压力。

目标架构在省际干线中全面引入ROADM,充分利用光层性能实现千公里一跳直达,解决了短距离业务多次转接的问题。通过对某运营商近年跨省业务的模拟发现,相比现有模式,目标架构采用ROADM可节约20%的建设成本。光层直达随之带来时延的降低,OXC和高维度ROADM保证了光方向的灵活扩容和业务的快速开通,通过加载SDN管控系统还可实现光传输网络的灵活、智能调度。

3.2.2 骨干传输网电层演进思路

电层承载子波长级业务,主要是政企专线业务。

电层的目标架构是在跨省专线业务较多的地(市)(如政企专线业务量TOP50城市)设置2个OTN节点,采用光电解耦的方式组织2个覆盖全国的OTN平面,实现政企专线业务的分担承载。骨干OTN节点就近和本地OTN节点互通降低时延,骨干OTN未覆盖城市通过省内传输网在省会城市与骨干OTN衔接。

3.3 省内传输网演进思路

3.1节提到的二级目标架构,将省内干线传输网与本地传输网融合为一级。

对省内业务流向的分析发现,本地网内业务仍仍向上汇聚为主,因此目标架构维持本地传输网核心层、汇聚层、综合业务接入层三级架构不动,将原来本地网的核心层与省内干线纳入一层组网。

3.3.1 省内传输网光层演进思路

光层覆盖所有核心层节点(包括核心节点、DC、IDC节点、省干节点等)、汇聚节点、综合业务接入点,在核心层节点和汇聚节点引入ROADM。与骨干传输网相同,省内传输网光层的目标架构也设计为双节点双平面立体结构,初期考虑业务量大小和投资能力,光层可以将所有节点纳入一个平面建设,未来抽取和业务网匹配的节点构建光层第2平面^[9]。

目前省内干线和本地传输网均已部署了完善的100G WDM/OTN系统,受制于传输设备的封闭现状,不同厂商设备硬件互通有限且跨域跨厂家协同复杂,因此,现网向目标架构的演进近期可考虑单厂商组网为主,有2种方式,一种是自上而下,将省内干线延伸

至本地范围内,一种是自下而上,将本地传输网延伸至地(市)核心节点之间。

上述2种方式投资都比较大,一种比较快速的方式是,将现有省干传输系统光层延伸到各本地网所有核心节点、DC节点、IDC节点,并对这些节点进行ROADM改造,形成局间中继系统,保证波长级业务在核心层一跳直达,如图8所示。此方案用最少的投资、最快的速度解决2个最棘手的问题——业务开通的多级协调问题和业务经局间中继转接的问题,可作为省内传输网的近期发展方向。

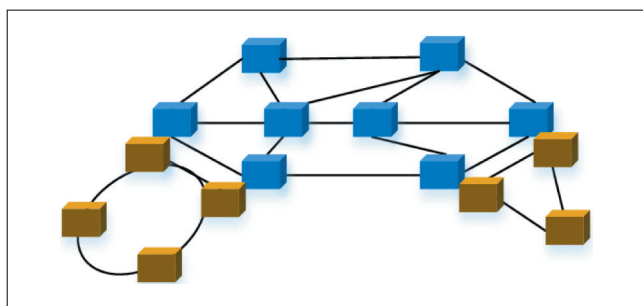


图8 省内传输网近期架构

3.3.2 省内传输网电层演进思路

考虑到业务量等因素,在省内传输网目标架构中,电层采用单平面,与光层的一个平面集成式建设,未来随着光电解耦逐步实现异厂商光层和电层混合组网。在近期架构中,现有省干传输系统的电层随着光层一起延伸到各本地网的核心节点、DC节点和IDC节点,形成局间中继系统,在核心节点处,通过NNI端口实现局间中继系统与本地网系统的电层互通。

另外,针对OTN承载小颗粒业务浪费带宽的问题,建议在本地范围内部署已经成熟应用的PeOTN,对GE以下速率的业务进行整合,提升带宽利用效率。架构更简洁、封装效率更高的OSU技术目前尚在标准制定阶段,须紧密关注其发展态势,待产品成熟时适时部署,替代PeOTN。

3.4 SDN管控系统目标架构

传输网络管控系统向SDN化、云化方向演进已是业内共识^[10]。

目前,各运营商均按集团、省分二级架构维护网络,因此,SDN管控系统目标也采用集团、省分二级架构,各省部署SDN控制器和二级协同器,管理省内传输网,负责省内业务配置;骨干传输网作为一个单独的域,设置控制器和二级协同器;集团部署一级协同器,负责跨省业务配置。控制器由各设备厂商提供,

协同器由各运营商自行开发。未来,光传输网SDN和IP网SDN协同,可以实现跨层级的路由资源优化和自动配置,进一步提升承载和业务开通效率。SDN管控系统规划部署在云上,向集约化的方向发展。

目前,主流设备厂商单域控制器已基本成熟并在现网部署,各运营商需加紧开发、部署跨域跨厂商协同器,实现对网络的自主控制,也为将来传输网解耦做好准备。

4 结束语

随着业务需求的升级,传输网络下一步如何发展是每个运营商都面临的问题。本文提出将传输网络扁平化,全面引入ROADM来减少业务传输时延,缩短业务开通时间,同时,结合传输网络封闭的现状,提出骨干ROADM、区域ROADM、直达WDM协同承载的骨干传输网架构和省本一体化的省内传输网架构,以此作为近中期解决方案,支撑业务更好发展。但长远来看,推动光网络开放,构建解耦光网络,才更有意义。

参考文献:

- [1] 吕洪涛,肖家宾,臧志宏. ROADM技术的发展及应用趋势探讨[J]. 邮电设计技术,2018(4):7-11.
- [2] 黄铭锋,陆帅衡. PeOTN技术的大客户承载应用[J]. 通讯世界,2019(8).
- [3] 黄康勇. 基于块复用的OTN线路技术研究[J]. 电信技术,2019(11).
- [4] 杨波,王晓媛,陈明华. 面向政企专线的承载方案和策略探讨[J]. 邮电设计技术,2017(9):65-68.
- [5] 程功利,孙龙武. 分组增强型光传送网在政企专线中的应用探讨[J]. 邮电设计技术,2019(3):64-67.
- [6] 马亦然,CLARKE I. 使能全光网的WSS技术[J]. 电信科学,2019(4):41-46.
- [7] 刁兴玲. 全光网2.0时代全面开启 中国光通信产业链共绘宏伟蓝图[J]. 通信世界,2019(17).
- [8] 郑波,杨伟,李乐坚,等. 中国联通骨干传送网扁平化组网研究[J]. 邮电设计技术,2018(10):68-73.
- [9] 张鹏. 中国联通唐雄燕:聚焦企业客户构建SDN/NFV产业互联网[J]. 通信世界,2016(33).

作者简介:

顾荣生,毕业于南京邮电大学,教授级高级工程师,工学学士,主要从事光传输网规划、研究工作;尹祖新,毕业于哈尔滨工业大学,教授级高级工程师,硕士,主要从事光传输网规划、研究工作;王丽琼,毕业于北京邮电大学,高级工程师,硕士,主要从事光传输网规划、研究工作。