

智能化SDN波分网络部署研究

Research on Intelligent SDN Wavelength Division Network Deployment

陆闻静,刘彤,刘贤松,叶强(中国联通上海分公司,上海 200050)

Lu Wenjing, Liu Tong, Liu Xiansong, Ye Qiang (China Unicom Shanghai Branch, Shanghai 200050, China)

摘要:

云时代网络DC间带宽突变,大客户专线要求低时延快开通,传统传输网络已无法适应,面向未来的OTN承载网络必须实现SDN智能化转型。立足于运营商网络现状,提出大型本地网OTN目标架构,结合目标架构的ROADM组网探讨SDN自动规划需求。依据现有OTN网络SDN改造实例,明确现阶段网络实现自动下发功能的传送网SDN架构,提出SDN落地部署建议。

关键词:

SDN;智能化;ROADM;自动规划

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2019.01.006

中图分类号:TN914

文献标识码:A

文章编号:1007-3043(2019)01-0026-05

Abstract:

In cloud era, the bandwidth of DC network is changing rapidly. Group customers who want private leased circuit require low delay and fast opening. The traditional transmission network is unable to adapt. The OTN network must realize the intelligent transformation of SDN. Based on the current situation of the operator network, it proposes the target OTN architecture of large local network, and discusses the SDN automatic planning of ROADM network. According to the example of SDN transformation on the existing OTN network, it elaborates the SDN structure of the transport network that realizes the automatic transmission function at the present stage, and puts forward the SDN landing deployment proposal.

Keywords:

SDN; Intelligence; ROADM; Automatic planning

引用格式:陆闻静,刘彤,刘贤松,等. 智能化SDN波分网络部署研究[J]. 邮电设计技术, 2019(1):26-30.

0 前言

长期以来,广域网服务一直存在业务提供周期长和业务调整不灵活等问题,不但影响了客户体验,也直接制约了运营商的业务发展。特别是在业务流量快速增长、业务需求动态变化的互联网时代,这个问题更加突出。未来的网络将以数据中心为核心构建智能的承载网。与此同时,传统业务仍为高回馈的主力军,政企大客户专线等高带宽的变化,低时延、快速开通的体验,也是客户提出的新要求。传统承载网络是垂直封闭系统,跟不上互联网的发展,也不能满足用户的需求。SDN是运营商网络互联网化ICT转型的管道战略和网络纽带,是网络架构的一次大变革,通过硬件、软件、业务和应用的水平解耦,实现“用户要

什么业务网络就能提供什么业务”。OTN作为面向未来的传输网络,智能化、SDN化改造是实现转型的重要一步,在现有网络上如何实现SDN,如何兼容存量网络,都是在过渡期需解决的关键问题。

1 波分SDN智能化的需求

1.1 云时代网络DC化

在云时代运营商受到互联网的冲击,互联网业务快速上线,丰富的业务创新驱动运营商进行互联化转型,进行IT和CT融合,并且构建以DC为中心的下一代网络架构。面对业务驱动的运营商转型,传统网络结构无法满足运营商的诉求。在云时代,全球数据中心流量快速发展,DC间互联流量巨大,增长迅猛,已成为专线市场的支柱,互联网公司DC东西向流量较高。网络流量越来越集中在关键大型ICP节点,其业务流向和流量特征会对广域网架构和管理产生深远影响。

收稿日期:2018-11-22

而现有的传统网络架构,是按照均衡流量模型来设计的。不均衡的实际流量会导致网络少量链路产生拥塞,而大量链路空闲,网络资源利用率很低,而且用户的体验也难以保障。

1.2 高品质大客户专线需求

DPLC、IPLC专线一直是党政军、金融等高品质客户的专线首选,业务带宽有保证,技术成熟,安全性可靠性高,也是运营商专线收益的主力军。原传统专线速率低,通常采用MSTP网络承载,但近年随着业务带宽的增长,GE以上带宽电路需求也越来越显著,MSTP网络无法满足大颗粒的承载,百兆以上带宽需要波分网络承接这部分需求,原波分网络设计为数据网支撑,需适应越来越多的专线场景。此外,专线开通由人工调度完成,通过工单流转,资源逐段人工分配逐段网管配置,平均周期耗时较长,无法响应快速开通、灵活调整的专线要求。

金融类客户为提高金融交易的效率和安全保障性,提出“最低时延、最高可靠性、最快开通”的各种颗粒的专线要求,运营商需依托现有网络,对重点城市重点局向降低时延,并希望通过网络提前部署,自动化开通,实现最低时延选路,提高客户感知。

1.3 波分SDN化背景

软件定义网络(SDN)是一种新型的网络架构,通过将网络设备控制面与数据面分离开来,实现对网络资源的可编程化软件控制。其主要特性为控制面与转发面分离、开放的可编程接口、集中化的网络控制、网络业务的自动化应用程序控制。SDN起源于校园网络,发展光大于数据中心/企业网,在运营商网络也适用。特别是DC的兴起要求传送网具有动态业务的灵活性,这就是SDN技术在光传送网络中应用的由来。

在SDN概念出现以前,2002年开始,光网络智能控制技术可以实现控制与转发的分离,利用自动交换光网络(ASON)、路径计算单元(PCE)技术,在传统网络上已经实现了部分的智能化,利用综合网管实现了部分业务的自动开通。初期采用分布式ASON+统一网管,中期采用分布式ASON+PCE,最后采用Transport-SDN统一控制,是光网络与SDN融合的终极阶段,也是未来整体智能化SDN、NFV网络实现的一部分。对于波分网络,采用SDN技术可以把抽象后的波分资源通过北向开放接口提供给应用层,实现对波分网络的可编程自动化控制,灵活地调度波长和子波长。对于方向可调的ROADM网络,SDN结合波长路

由技术可根据网络状态对业务或连接进行实时路由调整,进一步发挥动态灵活的特点,使传送网由传统较为刚性静态的网络演进为资源可全局调度、容量可弹性伸缩的可编程弹性网络。

目前绝大多数SDN案例都是二层交换、三层路由,但波分的SDN也有实现案例,例如AVDA德国光网络公司在WDM系统上实现了OpenFlow部署波长级业务,并和交换网络协同实现虚拟机迁移,验证了波分SDN的应用。

2 面向未来的大型本地网OTN目标建议

OTN网络作为未来综合的承载传送平台,早已不是数据组网的光纤替代方式,而是直接承接业务的网络。对于业务旺盛的大型本地网,需要融合考虑云业务、无线、家庭、政企等主流业务的技术和业务特点,提供全面的业务支持。

a) 云联网:面向DC云的云组网、云宽带、云专线、云互联业务是后期业务发展的主力军,这对波分网络提出面向DC化、大带宽,面向云网协同、适应业务动态变化的SDN需求。

b) 无线市场:4G用户发展仍有较大潜力,视频、游戏虚拟现实等业务对无线网络带宽和时延体验提出更高要求。面向5G的需求,进一步优化网络架构,提升带宽接入能力,进一步加大对无线业务的承载能力,满足4G、5G以及NB-IoT/eMTC的接入需求。优化网络能力及结构,提供高速率、低时延的调度能力。

c) 家庭市场:家庭业务带宽需求不断增加,随着CDN的云化和下沉,承载带宽需求增加。

d) 政企市场:需推进政企基础资源覆盖广度及深度,提升业务开通速度,提高客户感知。加大网络承载能力,满足大颗粒、多速率的承载需求,同时考虑与现有MSTP、IPRAN的网络兼容。

综上所述,面向未来的大型本地OTN网络需具备以下技术特性:云网协同、全面SDN化;智能化光交叉网络,支持CD/CDC-ROADM;面向超100G、支持灵活栅格;支持PEOTN、分组及VC交叉;面向5G演进;低时延,扁平组网。如图1所示,组网布局方面,在现有基础架构基础上,考虑DC节点的直联需求和灵活化调度需求,在核心DC、边缘DC搭建波长直达的光交叉网络,DC间打破传统组网,扁平组网。对于5G等大带宽业务考虑组网波长直达,不再通过共享方式。接入层根据5G技术选型在综合业务接入点部署小型OTN

设备。在大客户密集区域,为满足政企需求,OTN下沉至接入侧,满足高品质专线开通需求。

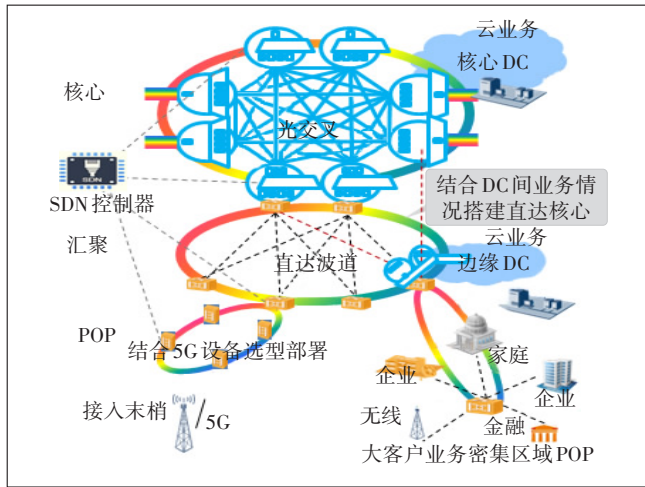


图1 大型本地网OTN目标架构

3 ROADM网络的SDN自动规划

3.1 光交叉网络特点和自动规划诉求

大带宽、灵活性对目标波分网络提出了100G波长级灵活调度需求。传统的OTN系统光层采用FOADM结构,在业务调度更换频点时,必须要人工调整光纤连接,无法实现业务自动调度,极大地限制了网络的自动化和业务的灵活性。为了解决光层交叉复杂,业务调度不灵活的问题,面向未来的网络采用CDCF(colorless directionless contentionless flex-grid)光交叉架构系统,基于WSS技术和MCS技术,通过光开关与耦合器的组合,实现了业务的灵活调整,不再受到频点/端口/方向的限制。

ROADM网络虽然满足了波长级灵活调整需求,但灵活与复杂共存,在实际使用过程中,由于光交叉的波长冲突问题,波长端到端的不变性,设备内多级光器件的光损问题,传统基于FOADM的手工规划波道和

资源分配模式已不能适应,需要借助辅助软件进行ROADM业务规划、配置和调度。在规划期对整体网络健壮性、初期落地维度配置等进行分析,保证网络拓扑的合理性、与业务的匹配度。在ROADM阶段,规划的自动化诉求越来越强烈,在传统厂家设计交付软件基础上,也提出了自动规划的需求。未来作为SDN的一部分,自动规划将与控制器、网管等需实现融合。

3.2 自动规划工具

目前国内主流波分厂家均有各自的自动规划软件,起源于光层设计工具,现阶段还未融入SDN,部分功能与控制器有交叠,和网管系统、控制器较为独立,但已实现自动规划工具的基础功能,现阶段各厂家规划工具性能情况如表1所示。现阶段自动规划软件均以已知拓扑组网为基础对比分析资源利用情况,规划的完全自动化还不完备。对于PEOTN等新功能,目前软件支持情况较弱,待进一步完善。

在平台互通性上,大多自动规划软件与控制器等SDN软件较为独立,少数厂家计划将自动规划软件与控制器、网管、光控融合系统NCE融合,做到控制、管理、分析合一。如Netstar云上部署,可与U2000网管系统对接,基于现网数据进行分析,资源分配可以对比分析现网资源,后期对光层优化、大数据分析、演进分析较有帮助。在规划工具使用上,多为内部工程交付使用,少数对用户开放,支持定制。

目前自动规划工具功能参差不齐,需进一步完善。未来作为SDN化的规划功能重要部分,部分功能与现有控制器性能重合,需进一步与控制器等融合,成为规划自动化的有效工具。

4 网络SDN搭建

网络SDN搭建多基于现有网络改造,设备型号版本多样,原有人工调度和维护系统均在网运行,SDN部

表1 自动规划工具性能对比

| 性能支持情况 | 贝尔EPT | 华为Netstar | 烽火OTN Planer | 中兴ZXTOP510 |
|-----------|--------|-----------|--------------------|------------|
| 拓扑搭建和设计 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| 波道规划避冲突 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| 路由策略 | 多种路由策略 | 多种路由策略 | 全网统一的路由策略,单条业务特殊处理 | 多种路由策略 |
| 资源分配 | 支持 | 支持 | 支持 | 支持 |
| 风险链路组 | 支持 | 支持 | 不支持 | 支持 |
| 生存性分析 | 支持 | 支持 | 不支持 | 不支持 |
| PEOTN资源支持 | 不支持 | 支持VC | 不支持 | 支持分组 |
| 平台互通性 | 独立 | 与网管、控制器融合 | 独立 | 独立 |

署时应充分考虑网络的兼容性、与现有传统运营系统的互通和配合关系,下面以一大型本地网的OTN实现SDN为例,阐述SDN搭建的主要工作。

4.1 明确面向SDN化的资源管理及运维需求

波分网络搭建前期主要面向数据组网,在规划期提前安排相关波道的分配,对资源调度功能要求不高。但在大客户以及未来的云场景,业务突发及变化快,OTN网络的资源调度功能需进一步完善,对资源的管理需精细化,资源分配的自动化要求更高。OTN承载的大颗粒大客户专线均为高等级客户,其维护和业务影响面高于自网业务,维护 and 安全性要求更高。在传统网管告警维护的基础上,控制器的加入使得业务侧的维护手段更加多样和丰富。网络SDN搭建,首先应明确整体需求,再分解到资源系统层面、控制器层面等具体改造任务。

在资源管理方面,端到端业务开通需要通过控制器实现路由计算,路由信息再反馈至资源管理系统。首先,典型业务场景下需明确各类业务调度规则、保护等级,例如数据组网业务分组,组内路由物理、逻辑路由隔离,属于无保护;大客户ODUk典型颗粒专线业务做SNCP保护,主备不同路由等。其次,明确具体电路的路由策略、带宽升降速、创建时间(是否预约下发、是否预计算)。例如用户最优时延策略、必经节点链路策略、跳数最少、距离最短、流量均衡策略等,对具体路由的创建明确算法。最后,对网络资源或单条业务情况进行资源呈现和分析,如网元、段落资源的可用情况,电路同沟同缆分析,资源预警提示和报表等。

在运行维护方面,利用SDN下发的业务与网管配置业务信息不同,控制器的业务信息更加抽象和直观,在维护方面也不单单以专业网管作为维护工具,结合控制器等上层架构,维护要求提出新要求。首先,对于单条电路业务性能可视,业务状态可视(正常、保护降级、中断)。其次,全网业务信息统一呈现(例如名称、源宿等),支持按照网络资源层次分层展示(分子网、虚拟客户专网、路径工作及保护等)。最后,支持路径优化等网络优化工作,对整体网络进行生存性分析,割接模拟,业务故障的紧急代通恢复业务等。

4.2 北向对接及整体自动下发架构

目前运维网络IT系统包含业务编排系统——资源管理系统、服务开通系统,网络编排系统——各网管平台、部分综合网管(流量分析、大客户告警平台)和自动激活系统等。前期IP电路已实现自动下发,但由于

传输网络的特殊性——基于硬管道、资源关联性大,还未实现业务的自动化。在传统网络和SDN化网络并存的阶段,需要实现传统网络(硬件不支持SDN的网络)通过网管自动激活业务,SDN化网路通过控制器自动激活网络,从而实现全部业务的自动下发,远期向全面SDN化演进。

基于整体运行维护IT架构,建议SDN北向互联及整体架构(见图2),能够兼容现有传统网络,也兼顾了异厂家互通性。在长途、本地网等跨域(包含跨厂家、跨专业)的SDN协同(见图3),建议采用分级网络编排器/协同器实现跨域协同。

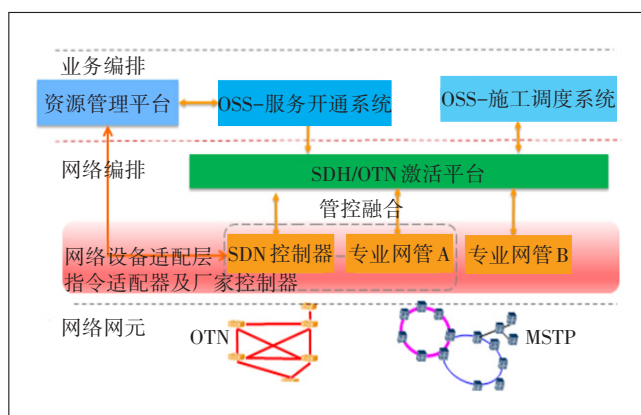


图2 传送网SDN架构

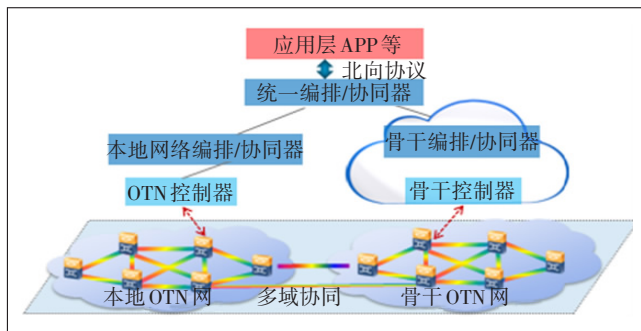


图3 跨域协同架构

4.3 SDN控制器部署

控制器搭建可采用双机热备、同城温备、异地冷备模式,通过DCN网络与现有网管系统互通(见图4),实现数据分钟级实时同步。在控制器搭建前需核实现网设备硬件及版本、网管硬件及版本匹配,在软件设置初始化网元和拓扑,实现南向管理。北向部分与相关平台实现协议对接和互通,业务端到端自动打通。

SDN主要应用于按需专线场景、数据中心互联场景。搭建完成后关键特性如下:

- a) 集中控制。通过南向接口与物理层设备通信,

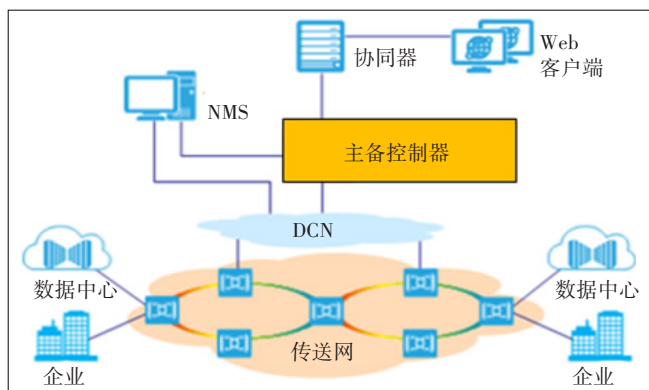


图4 控制器部署示意图

获取设备资源和网络拓扑信息,屏蔽差异,建立设备、网络、业务3层抽象模型;通过内置PCE模块,实现对业务的集中管控,提高了网络资源利用率。

b) 自动发放。支持端到端业务敏捷发放:满足互联网时代业务快速创新、快速发布上市、赢取市场先机的需求。支持实时带宽调整:灵活适配客户的业务诉求,实现Pay as Your Grow。支持带宽日历:实现带宽错峰共享,提高了网络资源利用率。支持按时延策略:为金融交易、分布式计算等时延敏感业务提供高品质专线,实现差异化服务。

c) 北向开放。支持用户自助服务:通过Restful北向接口,可以开发定制化用户Portal,提供自助服务,实现电商化运营。多厂商协同:通过标准化北向接口屏蔽物理层差异,支持跨厂家端到端业务协同发放。

d) 网络切片OVPN。通过对网络侧资源进行切片,运营商可以为大企业客户提供虚拟专网,提高了运营商网络的资源利用率,降低了大企业的建网成本。大企业客户可以自助创建业务,实现虚拟化运营。

e) 资源可视。通过对资源使用状态、利用率、业务性能等的可视化呈现,运营商可以提前识别业务接入热点和资源使用瓶颈,提前扩容、及时调优。

f) 自动化运维。充分利用了控制器对网络资源的统一控制优势,提高了运维效率,保障了操作的正确性。生存性分析:由软件主动分析、模拟故障、资源预警、预判业务,自动判断剩余的资源是否满足业务保护的需求,以支撑用户判断业务服务质量是否存在违约风险,提前做好应对措施。光纤割接模拟、业务批量迁移和返回功能,通过控制器自动计算和调整业务路径,可以显著提升光纤割接效率、保障业务调整的安全性。集中重路由,采用批量优化选路算法,避免分布式系统固有的资源冲突缺陷,提高业务重路由的整体算

通率,实现全局最优,从而达到更大的网络吞吐量,实现资源使用最优化。

5 波分SDN落地建议

在过渡阶段,新建网络考虑目标网络演进,平台应具备平滑演进能力,考虑CD/CDC ROADM组网,结合业务需求适时考虑控制器部署。存量网络由于设备硬件支持情况,网管开通和控制器自动开通并存,应结合业务对客户波道进行规划,对网络进行子网划分,明确传统人工下发模式和自动化SDN模式接管范畴,首先保障客户业务自动化,其次考虑自网业务实现自动下发。

在目标阶段,引入管控融合方式,全部通过基于控制器的网管自动激活实现所有业务自动化。结合ROADM组网诉求,完善SDN架构自动规划和分析的功能。在远期,传送网的SDN化应快速响应个性化定制要求,应对新业务和新场景,相关协同器等应提高自研能力,快速软件实现,快速响应业务需求,实现真正的SDN化部署。

6 结束语

波分网络的SDN化对传统传输网络带来了巨大的变革,可以实现面向DC云的互联灵活带宽调整,面向高品质大客户专线开通。OTN网络SDN化部署是面向演进、业务驱动的转型,简化运维,统一管控,提高客户感知,更能适应新兴业务,定能带来巨大的市场价值。

参考文献:

- [1] 曹畅,唐雄燕,王光全.光传送网:前沿技术与应用[M].北京:电子工业出版社,2014.
- [2] 张成良,李俊杰,马亦然,等.光网络新技术解析与应用[M].北京:电子工业出版社,2016.
- [3] 张卫峰.深度解析SDN利益、战略、技术、实践[M].北京:电子工业出版社,2014.

作者简介:

陆闻静,毕业于上海交通大学,高级工程师,硕士,主要负责传送网专业整体规划;刘彤,毕业于北京航空航天大学,中国联通上海分公司计划建设部总经理,硕士,主要管理分公司网络整体投资、全专业规划及建设;刘贤松,毕业于武汉大学水利电力大学,中国联通上海分公司计划建设部副总经理,硕士,主要分管部门内投资计划,家庭与政企专业、网络能力及演进核心网专业的规划及建设;叶强,毕业于上海交通大学,中国联通上海分公司计划建设部副总经理,学士,主要分管部门内合作与重大项目建设,传送与承载专业、管线专业的规划及建设。