

# 广东联通传送网SDN管理架构 创新实践及业务应用

## Innovation Practice and Service Application of SDN Management Architecture of Guangdong Unicom Transmission Network

骆益民<sup>1</sup>,方道铿<sup>1</sup>,刘雁斌<sup>2</sup>,王 维<sup>3</sup>(1. 中国联通广东分公司,广东 广州 510627;2. 中讯邮电咨询设计院有限公司广东分公司,广东 广州 510627;3. 中国联通东莞分公司,广东 东莞 571208)

Luo Yimin<sup>1</sup>,Fang Qiukeng<sup>1</sup>,Liu Yanbin<sup>2</sup>,Wang Wei<sup>3</sup>(1. China Unicom Guangdong Branch,Guangzhou 510627,China;2. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co.,Ltd. Guangdong Branch,Guangzhou 510627,China;3. China Unicom Dongguan Branch,Dongguan 571208,China)

### 摘 要:

广东联通基于集团CPE-OTN自研控制平台能力,结合本省传送网络现状,首次提出以自主研发提升网络SDN能力为中心,推进网络架构扁平化、控制面智能化、业务编排定制化的SDN三层网络架构演进的总体目标,从管理架构创新、业务流程重构、产品开发联合交付模式3个维度重构广东联通传送网SDN网络管理架构体系,快速突破单厂家单域SDN网络限制,实现新架构的演进与现有架构平滑集成以及SDN能力部署。

### 关键词:

CPE-OTN;网络重构;流程重构;业务创新  
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2021.01.004  
文章编号:1007-3043(2021)01-0018-07  
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:

Based on the capability of CPE-OTN self-developed control platform, combined with the current situation of transmission network in Guangdong Province, Guangdong Unicom proposes the overall goal of promoting the evolution of SDN three-tier network architecture with flat network architecture, intelligent control surface and customized service arrangement, centering on independent research and development to improve the network SDN capability. It reconstructed the SDN network management architecture of Guangdong Unicom transmission network from three dimensions of management architecture innovation, business process reconstruction and joint delivery mode of product development, which quickly breaks through the single manufacturer single domain SDN network limitation, and realizes the evolution of the new architecture, smooth integration with the existing architecture, and SDN capability deployment.

### Keywords:

CPE-OTN; Network reconstruction; Service reconstruction; Innovative applications

引用格式:骆益民,方道铿,刘雁斌,等.广东联通传送网SDN管理架构创新实践及业务应用[J].邮电设计技术,2021(1):18-24.

## 1 概述

随着三大运营商对SD-OTN的大规模集采,政企市场的争夺日趋白热化,骨干网络侧的建设呈现趋同的形式,都是主流厂家中标,均采用业界最先进的超

100G平台,启用SDN技术,逐步实现省市一体化网络。网络特点为低时延、大带宽、高可靠、智能化。

对于部署在客户端的OTN-CPE,三大运营商的思路也较为统一,低成本、多样化、设备解耦协同管控成为趋势(见表1)。

构建SDN网络架构既要有顶层设计的战略思维,又要有脚踏实地的演进路径。要实现网络SDN架构

收稿日期:2020-12-16

表1 三大运营商CPE侧研究进展情况

运营商	CPE集采情况	SDN研发情况
中国电信	2019年11月底完成集采,目前公示中,有固定盒式和插板式2种,预算11.1亿元,盒子3~5千元;插卡式设备预计在4万元左右	2020年7月份在部分省份开展试点工作
中国移动	集采筹备中	进展较慢,自研管控和大厂纳管两个方向不明确
中国联通	集采筹备中	自研管控系统测试中

的顺利推进,传统电信运营商的网络架构和管控模式必须做出相应改变,具体如下。

a) 现有传输网分域分层的网络架构必须扁平化。过度专业化、区域化的网络架构已经成为端到端自动化运营的最大障碍。

b) 现有传输网高度依赖厂家的网络运营模式必须改革,运营商需要强化研发体系。未来开放网络需要集成和维护运营大量不同来源的新老软件,运营商必须能够在代码层级深度介入开发、测试、集成、维护直至业务交付全过程。

广东联通2019年历时半年打造了全球最大规模的集光电一体化、集中化管控和扁平化架构于一体的单厂家单域SD-OTN全光网。由于采用省市一体化模式覆盖了全省21地(市)533个核心和汇聚节点,可基于厂家管控系统实现全省跨地(市)“一张网”管控端到端业务交付。通过以上网络重构工作,广东联通在PEOTN网络上实现了“一张网”形态,打破了区域性的限制。但在随后的网络运营实践中,单厂家SDN网络也带来一系列问题,网络开放解构面临新的挑战。

a) 采用主流单厂家网络的优势是短期内快速升级网络能力,劣势是容易被厂家锁定,会极大制约运营商后续降低网络建设和运营成本,造成客户接入终端成本偏高,影响网络面向业务快速覆盖,不利于业务竞争,迫切需要引入第三方CPE,提供高中低多档位CPE终端以匹配不同客户的需求。

b) SDN网络应具有面向多厂家开放解构的特性,单一厂家SDN体系导致网络开放程度不足,运营商自主研发参与程度低,难以支撑未来业务创新。

广东联通基于中国联通集团CPE-OTN自研控制平台能力,结合传送网络现状,首次提出以自主研发提升网络SDN能力为中心转型,推进网络架构扁平化、控制面智能化、业务编排定制化的SDN三层网络架构演进的“一型三化”总体目标,从管理架构创新、业务流程重构、产品开发联合创新交付模式3个维度

重构广东联通传送网SDN网络管理架构体系,充分发挥自主创新能力,突破单厂家单域SDN网络限制,实现新架构的演进与现有架构平滑集成,首次基于自研CPE控制平台与大网控制器协同实现端到端业务一体化交付,同时大幅降低客户端CPE设备采购成本。

## 2 目标网络架构

### 2.1 目标网络架构简介

广东联通在打通OSS/BSS支撑系统的基础上,基于集团的研发平台,实现新架构的演进与现有架构平滑集成和业务的端到端管理。目标网络架构如图1所示。

广东联通通过自主研发一级、二级协同器实现集团-省-市各级SDN网络的全流程管控,打造端到端的业务智能控制体系。

### 2.2 目标架构落地节奏

广东联通网络管理架构由二层架构(O域+管控层)向三层架构(O域+协同层+管控层)演进,同时引入CPE自研管控系统,这涉及多个系统间对接关系的调整,南北向接口的开发验证,需要在优先保持现网稳定运行的前提下平滑演进。

业务场景实现分3步走:Client→EOO→EOS。

第1步:CPE自研管控系统和省内二级协同器优先开发TE隧道(Client)业务南北向接口,对接验证时,先在省内二级协同器和CPE-OTN自研管控系统上进行预计算,然后在协同器上预置OTN TE隧道,预置OTN TE隧道成功后,继续下发创建Client业务接口给NCE-T和CPE-OTN自研管控系统,最终完成业务配置。

第2步:CPE-OTN自研管控系统和自研二级协同器开发EOO业务南北向接口进行对接,针对两端未终结EOO分段业务,预置OTN TE隧道成功后,可下发创建EOO业务接口给CPE控制器。

第3步:CPE-OTN自研管控系统和自研二级协同器开发EOS业务南北向接口进行对接,针对两端未终结EOS分段业务,预置OTN TE隧道成功后,可下发创建EOS业务接口给CPE控制器。

各系统间的对接分以下3步,最终逐步演进到目标架构。

第1步:CPE-OTN自研管控系统和自研二级协同器对接实现业务手动开通。

第2步:CPE-OTN自研管控系统和资管系统对

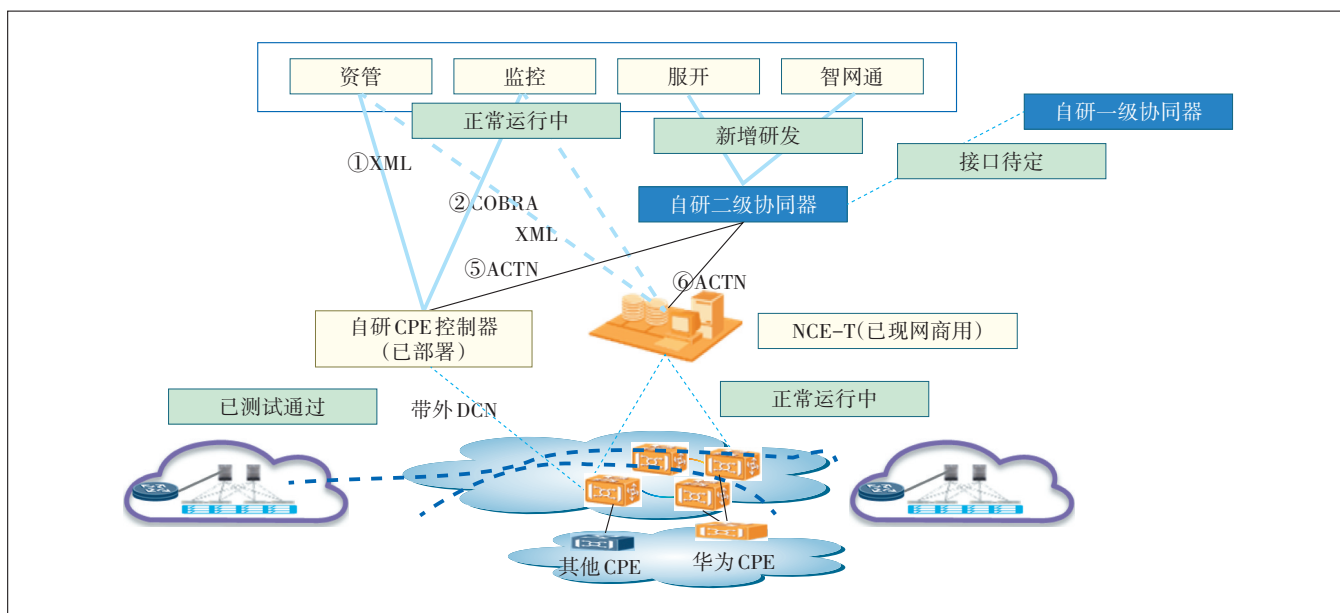


图1 SD-OTN 管控目标架构图

接,以及自研二级协同器和OSS域服开系统对接实现业务自动开通。

第3步:CPE-OTN自研管控系统和监控系统对接,以及与自研二级协同器和智网通APP对接实现网络监控和运维自动化管理。

### 3 SDN管理架构及产品创新交付技术要点

#### 3.1 构建南北向接口标准化体系

构建SDN网络架构既要有顶层设计的战略思维,又要有脚踏实地的演进路径。在引入CPE-OTN自研控制平台的同时,不仅要考虑原有SDN控制平台的东向西融合,还要考虑与现有BSS/OSS支撑系统的融合,基于广东联通多系统多厂家新旧并存的现状,探索建立跨层多维融合协同并具有南北向接口标准化接口协议体系的SDN管控体系。在公司网发部、研究院、省网发、运维联合工作小组多次讨论验证下,广东联通在2020年3月22日首次提出多厂家多系统组网环境下SD-OTN端到端一体化管控架构及实现路径。跨层融合架构可实现跨省跨厂商业务全流程自动开通及管理,具体如下。

a) 广东联通引入集团CPE-OTN自研管控系统,末端OTN CPE和大网设备采用带外DCN的方式实现管控系统分离。

b) 广东联通全面推进基于中国联通企业标准IETF-ACTN架构规范落地,启动省内二级业务协同器

接口适配开发测试与上线部署。

c) 广东联通省内二级协同器基于ACTN企业标准接口协议与CPE-OTN自研控制平台、现网厂家控制器协同,实现跨厂商专线业务端到端自动开通。由于采用中国联通标准的北向接口协议(NBI),省内二级业务协同器可与集团一级业务协同器实现平滑对接。

d) 广东联通BSS/OSS业务支撑系统域和协同器以及自研管控系统进行跨层对接,完成跨厂商业务自动开通及管理。

e) 集团业务编排器和广东省内协同器进行对接完成跨省业务自动开通,实现集团-省-市3级协同SDN管控及业务端到端自动开通。

#### 3.2 管控平台架构选型

广东联通现有BSS/OSS域包括资管系统、监控系统、服开系统和大客户智网通APP。SDN管理架构升级前,BSS/OSS支撑系统直接和大网厂家控制器(NCE-T)进行对接,引入集团CPE-OTN和省内二级协同器后,需要考虑OSS/BSS四大系统如何与自研CPE管控系统、原控制器(NCE-T)以及省内二级协同器对接,可选方案如图2所示。

方案1:省内二级协同器北向和OSS域对接,南向和自研管控系统以及NCE-T对接。此方案的优点是所有功能都收口到NCE-Super,网络架构简单,对接关系简单;缺点是省内二级协同器北向采用标准的



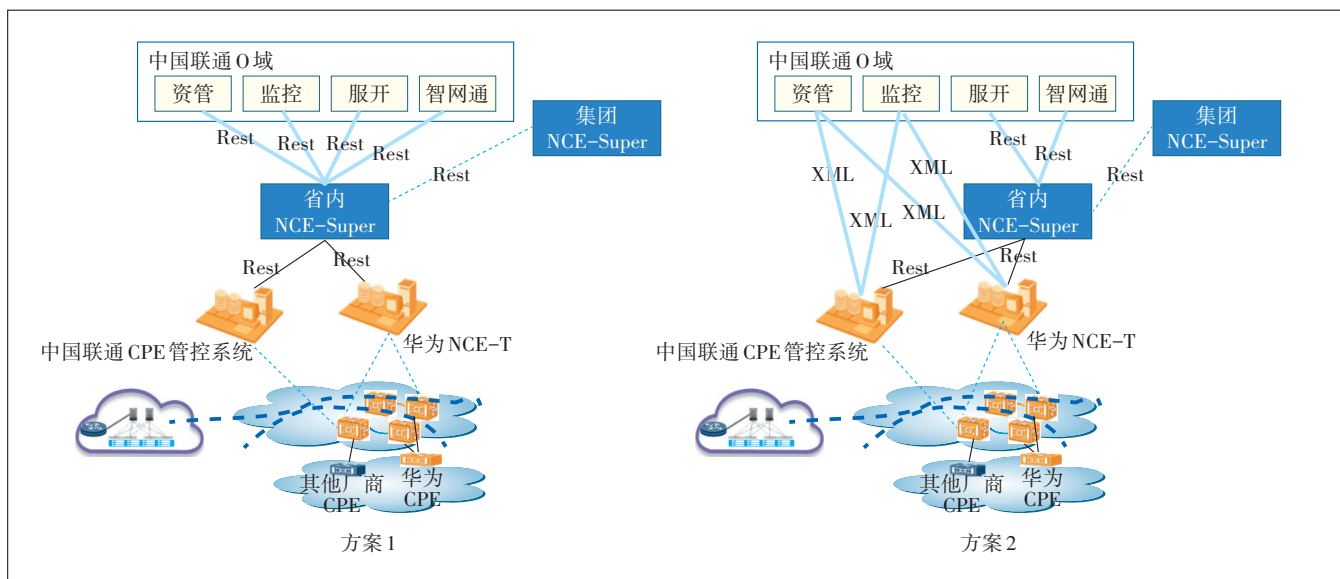


图2 方案对比

ACTN(Rest)接口,OSS域的资管系统和监控系统所有的XML接口要全部整改,同时原控制器(NCE-T)的存量告警性能对接接口也要全部整改,而且对接资管系统和监控系统的ACTN(Rest)标准尚未制定,整改周期预计长达6个月甚至1年,且会中断现网业务,影响大,风险不可控。

方案2:省内二级协同器只和服开系统以及智网通APP对接,进行业务的协同发放和网络SLA指标监控,资管系统、监控系统仍然和自研CPE-OTN管控系统以及原控制器(NCE-T)对接。此方案的优点是最大程度地继承原有接口,NCE-T对接省内二级协同器的接口保持不变,原大网控制器(NCE-T)对接资管和监控系统的接口保持不变,服开系统和智网通APP对接省内二级协同器的接口改动较小,对现网影响最小。此方案的缺点是对接关系复杂。

综上所述,省内二级协同器用于跨领域跨厂商的业务协同发放和管理,属于网络级系统,方案2是目前最符合目标架构的演进方案,可以实现新旧系统的平滑集成,同时也将网络升级对现网业务的影响降低至最小。

### 3.3 对接接口选型

目前广东联通网络架构存在3套对接接口:告警性能使用的Corba接口、存量采集使用的XML接口、服开系统和智网通APP使用的ACTN(Rest)接口,引入自研CPE管控系统和NCE-Super后,需要明确南北向对接的接口种类。南北向接口主要有以下3类。

a) ACTN(Rest)接口:IETF组织标准接口,用于业务开通和业务级别的SLA管理。业务创建完成之后,返回创建业务的UUID,通过XML接口转换成XML ID,然后使用XML接口进行业务的管理。

b) XML接口:用于物理存量、业务存量、业务通知和监控使用。在业务开通之前,OSS通过接口同步物理拓扑,在业务开通完成之后,OSS通过接口同步业务的存量。

c) Corba接口:用于网元的告警性能查询。

广东联通现网存量设备已经使用XML和Corba与OSS域对接,进行告警性能查询和存量查询,为了保持SD-OTN目标网络架构的可演进性以及最大限度地减少对现网系统的影响,目标架构选择ACTN(Rest)接口进行业务发放和管理,同时兼容XML接口完成告警性能存量的查询。

## 4 运营模式创新

广东联通政企产品实现BSS域、OSS域贯通,形成多项技术创新,解决了生产经营的突出矛盾,推动由线下为主到线上线下一体化、从分散到集约、从割裂到贯通、从被动到主动的转变,实现商机快速穿透、能力高效流通、系统有效贯通,解决当前政企经营中销售不充分、支撑不到位、交付不敏捷等突出矛盾。

广东联通在政企业务原有流程上规划订单的运营、生产、交付相关环节的系统及职能定位,划分为中台订单能力、产品运营、交付落地三层架构。中国联

通总部致力于为全国提供通用标准的产品能力并开放接口赋能,而省分公司聚焦前端运营和省内个性化场景交付辅助。

a) 聚焦前端运营:通过政企客户在线门户提升客户自助服务和生态汇聚能力,通过组合型产品(如单个服务变更组合提交逻辑)和客户级产品(需前端组合政企甚至公众等多类产品)提升产品服务能力;通过集中受理、集中管控的运营以及自动化的工单驱动流程,实现综合服务集约化。

b) 场景化的交付:通过资源规划图和资源地址与目标市场关联关系,实现网络资源在线化管理及开通;通过流程自动流转到省分OSS域实现支撑方案在线化管理;通过贯通省内及跨域业务BSS域、OSS域流程,实现自动资源核配、工单自动流转、工单中台调度规则和支撑流程;通过流程可视在省分触点展示控制交付进度,实现数字化运营。

政企业务BSS域、OSS域贯通面向客户业务生命周期。基于网络能力底座的能力开放和智能支撑,以运营中台为中心进行能力整合、流程贯通、数据应用,打通售前、售中、售后各环节,贯通商机管理到订单管理、项目管理的流程断点,整合分散在各系统的业务受理流程和入口,实现产品、方案、能力精准穿透到客户经理、项目经理、受理开通等一线岗位。

## 5 产品开发联合创新模式

传送网引入CPE-OTN自研管控系统后,需要联合原网管控系统及协同器进行业务(Client/EOO/EOS)的上线打通,验证测试升级模式的主要变化如下。

在传统模式下,CPE-OTN的管控系统和现有SD-OTN的管控系统在各自的研发环境中将对应的接口开发完成,在现网进行联调互通测试,缺点是耗时长,对现网业务运行有影响。

在当前的创新模式下,依托于中国联通研究院和华为研发实验室环境,每一个特性开发完成后按Client→EOO→EOS的顺序开展联调验证,通过后在现网进行试点,这种模式通过分步骤有节奏小步快走的方式交付关键特性,缩短了特性上线时间,对现网影响最小。

产品开发联合验证创新的关键点如下。

a) 广东联通和华为在各自研发环境进行特性开发和初步测试。

b) 特性发布至各自的实验室环境中通过外网开

展接口级的联合验证。

c) 特性发布至现网基于现网设备开展试点验证。

d) 独立测试→联合验证→现网试点形成迭代循环,持续发布可商用特性。

e) 服务重构聚焦客户体验:售前快速响应,售中快速部署,售后VIP体验。

## 6 新架构下的业务应用

2020年4月,在中国联通总部网发部和研究院支撑下广东联通实现基于集团自研CPE管控平台多厂家业务商用验证测试,目前运行稳定,得到客户的认可(商用客户为东莞康华医院总部和松山湖门诊之间50M租线业务)。项目组网如图3所示。

### 6.1 商用项目方案简介

本次试商用方案为U+A接入方式,局端机房部署U设备(瑞斯康达8600-A)对客户端A设备(瑞斯康达8607)进行收敛接入再接入城域网OTN网。

广东联通利用本地丰富的IPRAN资源,通过U设备(8600)带外管理端口,利用DCN方式接入IPRAN网络,打通VPN至自研接入层OTN管控系统,城域OTN无需透传网管信令,只需透传业务数据,此方式安全性高,不受管理信令开发能力的限制,达到商用快速部署的效果。

A设备与U设备为同厂家,通过U设备把A设备的带内管理信令收敛(DHCP请求+NAT),实现网管自动零配置。

### 6.2 EOO业务实现描述

如图4所示,EOO模式中接入层设备通过以太网接口(FE/GE)下行,通过OTU2(NNI)上行接入U设备,将业务直接映射到ODU0中。U设备做ODU0的交叉调度,通过NNI方式上行到SD-OTN网。业务采用的保护策略为ODU0的1+1保护。

### 6.3 经验总结

本地IPRAN接入机房需要具备IPRAN接入端口(GE口或FE口),用于U设备带外DCN接入。

本地IPRAN城域网打通跨域VPN路由至省接入层管控系统,同时需具备DCN网络路由可达管控系统的条件。

本地分配可用DCN管理地址(用于U设备管理)。分配DHCP域用于A设备管理,U设备配置DHCP relay功能,NAT指向带外DCN网,管控系统通过DHCP方式发现A设备,修改A设备管理地址纳入网管。

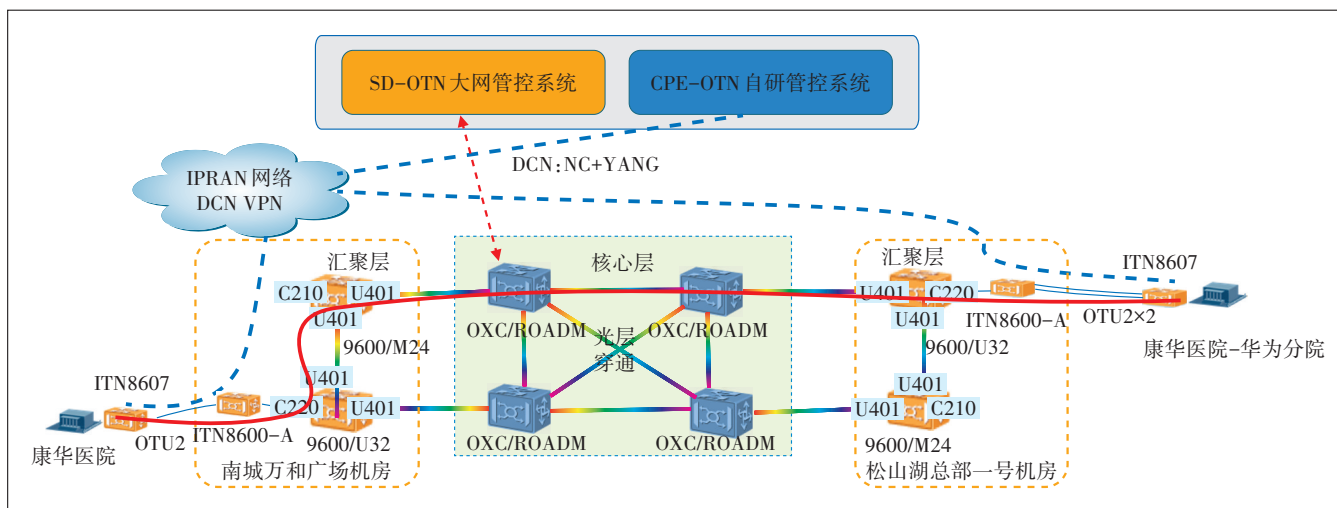


图3 东莞 OTN-CPE 实验网方案

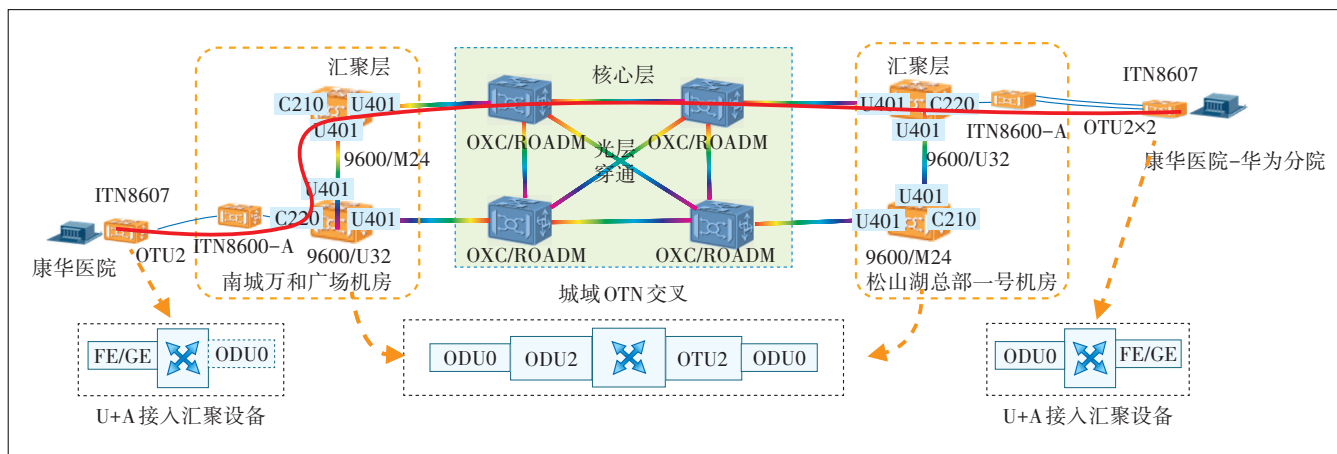


图4 实验网测试组网图

SD-OTN网需具备 OTU1/2 接口资源,用于 NNI 业务下行,灰光接入 U 设备根据业务需求配置具备 VC12/3/4、Packet、ODU0/1/2/flex 调度交叉能力的板卡。

根据业务需求,配置穿透 ODU0/1/2 颗粒交叉至两端 U 设备。

根据业务需求,城域 OTN 具备 1+1 或 SNCP 保护能力。

#### 6.4 成本及收益评估对比分析

如表 2 所示,采用第三方 CPE 和 CPE-OTN 自研管控系统的方式(模式 2)与单厂家组网方案(模式 1)相比,客户应用场景和承载能力基本一致,模式 2 的每线接入成本下降 50%,达到原定的规划设计目标。

### 7 下阶段工作思考与展望

随着 SDN 的引入,网络设备的刚性封闭性将会被

打破,硬件和软件将实现解耦,生态系统将走向开放,产业链将持续健康发展。这不仅有利于降低运营商 CAPEX 和 OPEX,而且有利于实现网络的开放,增强网络的弹性,促进新型网络和业务的创新。为持续推进网络 SDN 能力,基于前期的测试和实践,笔者提出以下建议。

- a) CPE-OTN 设备管控系统全国集中部署后,应逐步弱化二级业务协同器,逐步简化全国 SDN 管理架构,减少系统维护成本,缩短升级周期。
- b) CPE-OTN 设备管控系统对接全国一级业务协同器,建议采用 TETF/ACTN 接口,实现北向接口标准统一。
- c) CPE-OTN 设备管控系统对接资源管理系统建议采用 MTOSI 接口实现,当一级业务协同器对接 CPE-OTN 控制器时,需要增加一级业务协同器管理网



表2 集客承载各类模式对比表

分项对比	模式1	模式2	模式3	模式4
模式细项	上层网络:大网OTN 客户端:盒式接入OTN	上层网络:OTN 局端:插卡型接入OTN 客户端:盒式接入OTN	上层网络:OTN/MSTP 局端:插卡型接入OTN 客户端:MSTP光端机	上层网络:OTN/MSTP 局端:插卡型接入OTN 客户端:收发器
每线建设成本	① 局端:25万 16个OTU1端口1.5万/端口 ② 客户端:0.75万 ③ 每线接入成本:2.2万	① 局端:8万 16个OTU1端口0.5万/端口 ② 客户端:0.5万 ③ 每线接入成本:1万	① 局端:6.8万 32个STM1/4端口0.2万/端口 ② 客户端:0.3万 ③ 每线接入成本:0.5万	① 局端:8万 64个GE端口0.13万/端口 ② 客户端:0.1万 ③ 每线接入成本:0.23万
应用场景	① 刚性组网专线、云专线 ② 1GE~10GE带宽及以上 ③ 接入段双路由保护	① 刚性组网专线、云专线 ② 500M~1GE带宽及以上 ③ 接入段双路由保护	① 刚性组网专线、云专线 ② 100M~500M带宽及以上 ③ 接入段双路由保护(可选)	① 刚性组网专线、云专线 ② 2M~100M带宽及以上 ③ 接入段单路由
客户属性	党、政、军、金融和大企业重要节点	党、政、军、金融和大企业重要节点	党、政、军、金融和大企业重要节点	企业用户分支100M以下刚性带宽接入(适用于党、政、军、金融和大企业)
收益评估	500M 5~6万/月 1G 8~10万/月	500M 5~6万/月 1G 8~10万/月	100M 0.8~1万/月 155M 1~1.2万/月 200M 1.5~2万/月 300M 2~2.5万/月 400M 3~4万/月	10M 0.3~0.5万/月 20M 0.5~0.6万/月 50M 0.6~0.7万/月

元的能力。

d) CPE-OTN 管控系统应做好分权分域的功能。

e) CPE-OTN 设备的 IP 地址建议由集团统一分配。

f) SDN 管控体系建议应建立容灾备份的规划建设工作。

g) 建议启动各省内二级协同器东西向融合协同的规划分析工作。

h) 应加强建设全国资源管理系统,核查资源数据(特别是端口占用情况)以及一些静态资源,满足客户业务及时上线的需求。

## 8 产品创新探索

随着SDN能力提升,未来会有更多的第三方CPE厂家加入到SDN网络中。从网络的开放能力出发,广东联通正探索一种新型的网络组建和设备采购组合模式,将网络开放能力与业务创收进行关联,实现双方共赢的创新局面。

目前烽火通信科技股份有限公司是典型的制造业国家企业,企业组织结构是总部+各省办事处+各地研发/生产基地。各组织架构中有着丰富的组网业务需求,并在地方政府、商界方面有着丰富的市场资源。广东联通可以进一步加深合作,将SD-OTN网络向烽火开放,提供网络运营支撑并将部分区域规划建设共享给烽火公司,烽火负责该区域的业务专线业务销售,双方根据约定比例进行结算。

## 9 结束语

智能网络是数字经济的重要基础,中国联通正在加速网络智能化进程。传送网OTN网络的SDN化改造是网络智能化升级的重要组成部分。广东联通积极响应中国联通网络智能化战略部署,在SD-OTN政企精品网基础上主动开展第三方CPE及自主研发控制器商用部署、CPE自主研发控制器与大网控制器协同、专线流程重构的创新探索,实现创新架构商用落地。基于开放架构,面向政企客户提供差异化服务,后续会将网络能力进一步开放,形成更丰富的差异化专线产品,满足更多客户差异化的业务需求。

### 参考文献:

- [1] 郑滢雷,王光全. SDOTN网络和运营商O域已有系统对接问题探讨[J]. 邮电设计技术,2019(12):79-83.
- [2] 毛晓东,李勇,霍强. 云专线和集客接入技术组网方案[J]. 电信工程技术与标准化,2019,32(9):25-29.
- [3] 赵星,徐云斌. 面向5G的SDOTN南北向接口标准化进展及趋势分析[J]. 光通信技术,2019(9):1-6.
- [4] 徐云斌. ONF TAPI2.0信息模型发布加速软件定义光传送网进程[J]. 通信世界,2018(5):41-42.

### 作者简介:

骆益民,高级工程师,学士,主要从事网络创新相关研究工作;方道铿,高级工程师,学士,主要从事网络应用相关研究工作;刘雁斌,高级工程师,学士,主要从事承载网规划工作;王维,高级工程师,学士,主要从事网络创新相关研究工作。