

面向 5G 的 SDOTN 南北向接口标准化进展及趋势分析

赵 星,徐云斌

(中国信息通信研究院,北京 100191)

摘要:5G 网络的流量激增与业务隔离化承载需求为光传送网带来了端到端协同、网络切片管理等新的管控需求,南北向接口作为管控架构中协同互通的关键,是目前光传送网管控领域研究的重点。提出了面向 5G 应用场景的软件定义光传送网(SDOTN)管控总体架构,并在架构研究基础上,分别对南向接口及北向接口的国内外标准化现状及产业界动态进行了研究梳理,通过比较不同接口技术的特点与缺陷,对未来光传送网南北向接口的标准化趋势与技术研究方向给出了分析判断。

关键词:软件定义光传送网;南向接口;北向接口;传送网管控

中图分类号:TN929.1 文献标识码:A 文章编号:1002-5561(2019)09-0001-06

DOI:10.13921/j.cnki.issn1002-5561.2019.09.001

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Standardization progress and trend analysis of 5G-oriented SDOTN southbound & northbound interfaces

ZHAO Xing, XU Yunbin

(China Academy of Information Communications Technology(CAICT), Beijing 100191, China)

Abstract: The traffic surge and service isolation demand of 5G service have brought new management and control requirements such as end-to-end collaboration and network slice management to the optical transport network. As the key to collaborative intercommunication, northbound and southbound interfaces in the management and control architecture is the focus of current optical transport network management and control research filed. The 5G application oriented software defined optical transport network (SDOTN) management and control architecture is proposed firstly. Based on the architecture, this paper studies and analyzes the standardization status and industry application status of northbound and southbound interface in detail. By comparing the characteristics and defects of different interface technologies, the standardization trend and technology research direction of north-to-south interface of optical transport network in the future are analyzed and judged.

Key words: software defined optical transport network; southbound interface; northbound interface; transport network management and control

0 引言

随着软件定义网络(SDN)技术的引入,软件定义光传送网(SDOTN)管控层南北向接口成为决定网络开放及可编程性、端到端服务提供能力及切片隔离能力的关键,也是当前产业界光传送网管控领域的研究

热点。根据 5G 技术对光传送网带来的新管控需求,本文研究面向 5G 的 SDOTN 管控整体架构,提出未来光传送网的接口标准化趋势与研究方向。

1 面向 5G 的 SDOTN 管控整体架构

1.1 SDOTN 管控架构

随着移动互联网、云计算等新型网络应用的发展,及 5G 技术商用的到来,光传送网业务流量日益增长。目前,已有的光传送网在端到端业务灵活快速部署、跨层网络管控和与 IP 网络的联动等方面仍存在诸多问题,如跨域端到端业务部署复杂、无法实现全网资源灵活调度等。分段路由(SR)、灵活以太网(FlexE)等 5G 新传送技术的涌现,也对管控层面提出了新的

收稿日期:2019-05-28。

资助项目:国家重点研发计划(No. 2016YFF0200205)资助;国家电网公司 2018 年科技项目(编码:52010118000Q)资助。

作者简介:赵星(1992-),女,河北省邢台市人,硕士,工程师。主要从事智能光网络管控技术研究,包括管控架构、南北向接口技术及 5G 切片管控等方面。参与多项国家电网智能光网络研究项目及国家 863 项目。



针对以上需求,面向 5G 的 SDOTN 管控总体架构如图 1 所示。

1.2 管控架构中的南北向接口

由于面向 5G 的 SDOTN 管控架构应支持业务驱动网络,用户通过上层应用提出意图(如时延、带宽和丢包率等服务等级需求),管控层收集网络拓扑、带宽



利用率和时延等信息,根据业务需求分配资源,实现业务最优承载。为了满足这种面向业务的灵活调度,南北向接口示意图如图 2 所示,上层应用与编排器、编排器与管控系统之间均采用统一的北向接口,逐层屏蔽底层网络技术差异及拓扑细节,完成资源抽象及逐级的切片和业务资源信息传递,支撑跨域灵活管控。域控制器与底层传送网设备之间采用统一开放的南向接口,实现设备灵活管控,支撑异厂商端到端配置。本文将分别对北向接口及南向接口的标准化进展及技术趋势进行分析。

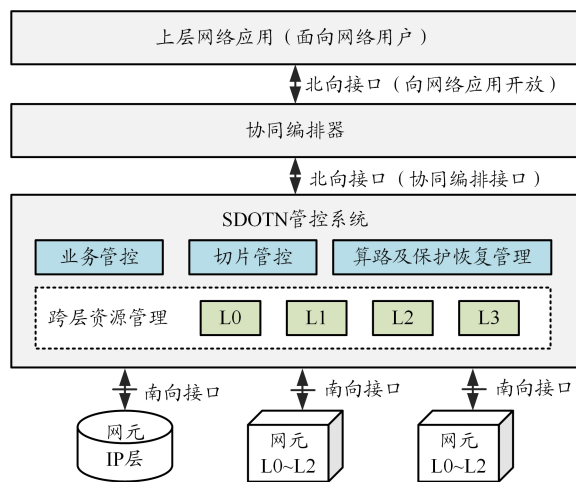


图 2 南北向接口示意图

2 SDOTN 北向接口标准化现状及趋势分析

由于 RESTful 接口具有简洁、易用等优点,因此当前业界主流北向接口均遵循表述性状态转移 (REST) 风格,通信内容编码已达成共识,采用 JSON 格式^[1]。北向接口中采用信息模型对网络资源及可用操作进行抽象建模,以屏蔽底层设备差异。信息模型通过 YANG 语言描述,与具体接口协议无关,目前北向接口标准化工作重点聚焦于信息模型的制定。由于 5G 网络的典型特点之一是可过通过不同的网络切片承载不同业务,保障业务隔离性,满足不同业务的差异化服务等级需求。要满足 5G 业务切片隔离需求,就要求光传送网同时具备切片管控能力,因此目前光传送网北向信息模型的标准化除定义网络资源模型外,另一重点是定义面向 5G 切片管控功能需求的传送网切片管控模型。

2.1 国外标准化方面

国际互联网工程任务组 (IETF)、光网络论坛 (ONF) 和国际电联电信标准化部门 (ITU-T) 这 3 个标准化组织的 L0~L3 层网络资源模型定义均基本完善,

不同模型间存在对象命名、抽象层级及对象关联关系上的差异,但对实际开发影响不大。操作管理维护 (OAM)、保护恢复和性能管理等模型定义均待完善。3 个组织均提出了切片模型,目前处于切片对象定义、切片生命周期操作定义 (创建、删除和修改等) 的初级阶段,未来仍待完善。

① IETF 标准: 流量工程网络抽象与控制 (ACTN)^[2] 模型总体架构文稿和通用 TE 模型文稿已于 2018 年接纳为工作组文稿,对网络资源模型完成了基本定义;2019 年, IETF 发布了面向 5G 切片需求的 ACTN 虚拟网络 (VN)^[3] 传送网切片网络模型最新版本, VN 可与三层虚拟专用网服务模型 (L3SM)、二层虚拟专用网服务模型 (L2SM) 以及一级连接性服务模型 (L1CSM) 一起使用完成切片业务管理;该模型目前定义了 VN 的对象结构以及 VN 创建 (compute) 操作远程过程调用 (RPC) 接口,还未对 VN 的其它生命周期管理操作进行接口定义;另外, IETF 文稿定义内容详细、标准管理成熟,但由于每个模型对应一篇单独的文稿,相比于 ONF, IETF 的文稿更为分散,不同文稿间相互独立且标准化进展不同,开发实现时需同时参考多篇文稿。

② ONF 标准: 目前, ONF 组织正在进行传送网接口 (TAPI) 3.0^[4] 版本的模型制定,在网络资源模型方面改进了拓扑、OAM 和以太网 (ETH) 模型,增加了设备 (Equipment) 模型,改进了告警/交叉告警越限 (TCA) 模型;针对面向 5G 的传送网切片管理需求,同样增加了 VN 模型,该模型设计思路与 TAPI ETH/ODU 模型一致,定义了 VN 对象结构及切片业务对象结构,接口支持切片业务的创建、删除及切片业务信息查询。此外,由于 ONF 采用 Github 线上贡献的工作方式, TAPI 的迭代速度、可实现性最优,但也存在新旧版本不兼容的问题。

③ ITU-T 标准: G.7711^[5] 标准定义了光传送网与具体技术协议无关的通用管控信息模型,各分技术分层次的模型以单独的标准进行规范,覆盖了 L0~L3 网络资源抽象; G.7702^[6] 标准中同样使用 VN 名称用于描述面向 5G 应用的传送网网络切片,使用 Client 和 Server 来抽象切片的提供者和使用者的,但目前仅对对象定义进行了文档描述,无接口操作相关定义,未制定可直接用于开发的 YANG 模型。

综上所述,主流北向接口模型标准化进展情况如表 1 所示。

表 1 主流北向接口模型标准化进展

北向接口模型		IETF 标准	ONF 标准	ITU-T 标准
面向 5G 网络切片需求的 传送网切片模型		IETF ACTN-VN 模型, 定义了 VN 对象, 目前只定义了一个 VN 创建 (VN compute) 接口	ONF TAPI 模型提供虚拟网络 VN 对象及切片业务 (VNS) 对象, 支持的切片业务操作包括: 创建、删除和查询	G.7702 中定义了 VN 模型, 使用 Client/server 关系建立网络切片
网络资源模型	L3	IETF L3SM	无	L3 层网络业务、SR 业务
	L2	IETF L2SM	ONF TAPI ETH	G.8052 ETH
	L1	IETF OTN YANG	ONF TAPI OTN	G.874.1 OTN
	L0	IETF WSON YANG	ONF TAPI OTSi	Och, FlexE, OTUCn

2.2 在国内标准化方面

北向接口技术研究及标准化已有较多积累,目前的标准化重点也聚焦在面向 5G 网络切片承载需求的传送网切片概念定义及接口功能描述上:

①SDN/NFV 产业联盟:2016 年, 基于 ONF TAPI 1.0 模型发布了《基于 OTN 的软件定义传送网(SDTN)北向接口技术规范》^[7], 并进行了国内首次多厂商参与的北向互操作性测试。

②中国通信标准化协会 (CCSA):2017 年, 发布《软件定义光传送网(SDOTN)总体技术要求》, 对北向接口的功能需求进行了明确; 2018 年, 先后基于 IETF ACTN 和 ITU-T G.7711 发布了《基于流量工程网络抽象与控制 (ACTN) 的 SDOTN 控制器技术要求》及《SDTN 通用信息模型》, 完成了 2 个模型的国内标准化推进。同年, 华为等单位立项《基于 ACTN 的 SDOTN 网络服务接口技术要求》, 规范了基于 ACTN 的 SDOTN 框架下的虚拟网络服务和接口, 包括专线服务与虚拟私有网络 (VPN) 服务等虚拟网络服务的接口模型, 主要规范了虚拟网络服务对应的客户网络控制器-多域业务协同器接口 (CMI), 进一步细化了 ACTN 架构下的接口功能与模型定义, 通过更进一步地抽象和屏蔽底层光传送面的拓扑信息及异厂商设备差异, 可满足 5G 场景下面向用户意图的光传送网北向接口功能需求; 中兴等单位也立项了《传送网网络切片技术研究》, 对面向 5G 网络切片需求的光传送网网络切片概念、网络总体架构、功能属性、管理控制方法和标准化情况等开始开展研究, 为光传送网切片管控提供技术参考。

2.3 国内外产业应用方面

除 ITU-T 定义的北向模型主要作为建模参考、未进行产业界具体开发实现以外, ONF TAPI 和 IETF ACTN 模型均已进行多次互联互通测试, 2 种模型均可基本满足异厂商互通与 ETH、ODU 等类型业务配置

需求, 产业界开发实现程度日趋成熟。ONF TAPI 由于定义时间较早, 支持 TAPI 的厂商相对更多, 随着 ACTN 定义逐步完善, 各厂商陆续开始同时支持 2 种模型。

①国内:2016 年, 国内 SDN/NFV 产业联盟组织国内各厂商制定了《SDN 产业联盟软件定义传送网 (SDTN) 互操作性测试方案》, 并以此为基础, 组织了华为、中兴和烽火 3 个厂家进行了单厂家单域及多厂家多域功能测试, 验证基于 SDN 集中控制和北向接口可实现多厂家多域互联, 并可进行 EPL、EVPL、EP-LAN 和 OTUk 4 种基本业务类型的创建/修改/删除; 2017 年, 中国移动分别组织进行了基于 TAPI (测试厂家中兴+烽火) 和基于 ACTN (测试厂家华为+上海贝尔) 的 OTN 北向接口互通实验室测试, 验证了 2 种北向接口模型均可满足 OTN 业务配置及基本的保护恢复管理, 但存在一定的接口功能差异; 目前, 华为、烽火、中兴和上海贝尔等主流的传送网设备厂商均开发实现了基于 TAPI 或基于 ACTN 的北向接口功能, 可基本满足运营商北向多域互通与业务配置需求。

②国外:OIF/ONF 分别于 2014 年、2016 年和 2018 年联合组织了基于 TAPI 的全球第一次、第二次和第三次 SDOTN 北向接口互操作测试, 参与单位包括中国信息通信研究院、中国电信、Telefonica 和 SKT 等运营商、厂商及研究机构, 随着 TAPI 版本迭代, 测试验证了 TAPI 接口功能逐步完善, 能满足运营商电信级网络运营和实际部署要求。

总的来说, SDOTN 网络北向接口技术标准化和产业化趋势具备如下特点:

◆已有的北向信息模型在 L0~L3 基础网络资源管理方面较为完善, 基本可满足北向异厂商互通需求; L0~L3 层 OAM、性能和保护恢复相关模型还需进一步完善; 产业界在基于 ONF TAPI 和 IETF ACTN 模型的北向接口方面均已有一定的应用基础, 可基本满

足北向多域互通及业务部署需求。

◆未来的标准化重点仍聚焦于面向 5G 应用需求的切片管控模型,各大标准化组织对使用 VN 概念表示切片已基本达成共识。

◆不同标准组织定义的传送网北向模型有趋同趋势,采用不同模型进行设备实现的难度差异较小。

◆在国内标准化过程中需考虑国内运营商网络的差异化需求,加以改进。

3 SDOTN 南向接口标准化现状及趋势分析

作为管控系统直接控制底层转发面设备的接口,需要具备资源收集、设备运维、业务配置、告警性能管理以及安全管理等多种管控功能。针对这些管控需求,在面向 5G 承载需求的基于 SR 的切片分组网 (SPN)、OTN 中,目前使用广泛的光传送网南向接口协议主要为 PCEP、BGP-LS 及 NETCONF 协议,如表 2 所示。3 种协议的应用场景不同,但都存在一定的局限性。

3.1 国内外标准化方面

面向 5G 新技术和新应用场景的 BGP-LS 和 PCEP 协议扩展是当前南向接口标准化热点:

①NETCONF:作为成熟的协议^[8],标准化重点主要集中在 NETCONF 协议所使用的 YANG 模型定义上,而非 NETCONF 协议本身;使用统一的 YANG 模型是进行异厂商南向 NETCONF 协议互通的关键,2019 年,CCSA 制定了接入型 OTN 设备管控南向 YANG 模型。

②BGP-LS:IETF 于 2016 年发布 RFC7752^[9],定义了用于链路状态和 TE 信息传递的 BGP-LS 扩展协议。目前的标准化扩展主要用于将 BGP-LS 适配不同的网络场景,如 5G 传送新技术分段路由 (SR)^[10]、面向 5G 切片需求的 (SR 网络)网络切片及增强型 VPN^[11]、BIER、AS 域内拓扑收集^[12]、AS 域内 TE 流量工程和无缝双向转发检测等。

③PCEP:IETF 对 PCEP 基本协议的规范早在 2009 年发布^[13],目前 PCEP 的扩展研究较活跃,有面向 5G 传送新技术 SRv4^[14]/SRv6、灵活栅格网络^[15]、通用多协议标志交换协议 (GMPLS)网络^[16]和波长交换光网络 (WSO)等多种网络技术的扩展。

3.2 国内外产业界应用方面

目前主要由国内运营商和企业推动以上协议在 5G 新技术上的应用,国内厂商的开发实现程度已基本成熟。中国移动联合各设备厂商从 2017 年底开始开展了大量基于 BGP-LS 和 PCEP 协议扩展的 5G SPN 网络测试,2019 年开始进行面向 5G 商用的 SPN 规模试点测试。基于 NETCONF+YANG 的接入型 OTN 南向接口产业界测试也将在 2019 年内启动开展。

总的来看,3 种主流南向接口协议的标准化和产业化趋势有如下特征:

◆产业界在 SPN 等 5G 新技术的南向接口支持上基本完善,已具备规模试点条件;基于单独的 NETCONF+YANG 的技术方案还在实验验证阶段,未规模测试。

◆不同的传送网南向接口协议功能差异较大且

表 2 主流南向接口协议分析

协议	用途	特点	局限性
NETCONF	网络配置和管理,具备资源收集、设备运维、业务配置、告警性能管理以及安全管理等多种管理能力	基于可扩展标记语言 XML (Extensible Markup Language) 的网络配置和管理协议,使用 RPC (Remote Procedure Call) 机制实现客户端和服务端之间的通信。使用 YANG 作为模型配置和数据操作的建模语言	接口实现与所使用的 YANG 模型强相关,由于不同厂商设备支持的功能及功能实现机制不同,YANG 模型统一困难
PCEP (RFC5440)	RSVP-TE/SR-TE 路径计算,仅支持业务配置	用于传递路径协议的标准协议 (PCEP),有路径计算单元 (PCE) 和路径计算客户端 (PCC) 2 种角色,PCE 根据流量工程数据库 (TED) 建立的网络拓扑进行操作,根据 PCC 发出的路径计算请求计算路径。在路径计算时,可由 PCC 发起路径计算请求,也可由 PCE 主动下发路径信息	L0-L3 层支持不完善,缺乏 ETH 物理层扩展,需进行协议扩展以支持 L0~L3 层业务配置
BGP-LS (RFC7752)	跨自治系统 (AS) 逻辑拓扑收集,仅支持资源收集	边界网关协议链路状态扩展,通过内部网关协议 (IGP) 收集的网络拓扑信息通告给 BGP,并通过 BGP 发送给上层控制器,完成多 IGP 域的拓扑信息获取	收集的信息仅包括节点、链路等拓扑参数,无法实现对设备板卡、模块、可用时隙/带宽等网络资源信息的收集

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

各有优缺点,未来也有较大可能维持并存使用的现状。

◆面向 5G 新技术,BGP-LS 和 PCEP 目前的标准化重点仍将聚焦于 SR 场景下的协议扩展,并通过与基于 SDN 的 SDOTN 管控架构结合,实现网络高效转发、传送网切片资源管理与切片业务配置。

◆国内企业目前重点在各国际标准化组织中推动面向 SR 等 5G 技术的 BGP-LS 及 PCEP 扩展,国内相应的标准化工作暂处于起步阶段,梳理面向 5G 应用需求的 SDOTN 传送面设备级管控需求,分析各南向接口协议缺乏的能力是标准化的前提。

◆由于 NETCONF 具备的设备管理能力最为全面,且所使用的建模语言——YANG 模型具备高度的灵活性与可扩展性,是未来南向接口应用的趋势。

4 结束语

本文在分析 5G 业务对光传送网带来的新的管控需求的基础上,首先,研究提出了面向 5G 的 SDOTN 管控总体架构,架构包含转发层、协同管控层(包括 SDOTN 管控系统及上层业务协同编排器)和应用层 3 个部分,通过开放统一北向接口及南向接口实现跨业务领域和跨网络技术的业务与切片协同编排。其次,针对 SDOTN 中的南北向接口,重点进行了标准化现状分析、技术比较及产业界应用情况调研:在北向接口方面,产业界开发实现及测试验证较完善,各标准化组织已对使用 VN 概念表示切片达成共识,未来工作重点仍将聚焦于面向 5G 网络切片需求的传送网切片模型制定,并存在模型定义趋同趋势,同时,已有的网络资源管理模型需在 OAM、性能等方面进一步完善;在南向接口方面,多协议并存现状仍将持续,面向 SR 等 5G 新技术场景的 BGP-LS 和 PCEP 协议扩展是标准化方向,NETCONF 协议+YANG 模型方案由于其高灵活可扩展性,将是南向接口未来的应用趋势;产业界已在基于 PCEP+BGP-LS 的 SPN 网络方面具备面

向商用的规模测试能力。

本文研究内容可为面向 5G 的软件定义传送网整体架构及接口技术标准化研究提供理论依据,为国内接口标准化工作实施提供方向性指导。

参考文献:

- [1] IETF. The JavaScript Object Notation (JSON) Data Interchange Format: RFC 7159[S]. Wilmington: IETF, 2014.
- [2] IETF. Framework for Abstraction and Control of TE Networks (ACTN): RFC 8453[S]. Wilmington: IETF, 2018.
- [3] IETF. A Yang Data Model for VN Operation: draft-ietf-teas-actn-vn-yang-04[S]. Wilmington: IETF, 2019.
- [4] ONF. Open Transport Configuration & Control Work Group. Transport API (TAPI): T-API V2.1[S]. California: ONF OTCC 工作组, 2019.
- [5] ITU-T. Generic protocol-neutral management Information Model for Transport Resources: G.7711[S]. Geneva: ITU-T, 2018.
- [6] ITU-T. Architecture for SDN control of transport Networks: G.7702[S]. Geneva: ITU-T, 2018.
- [7] SDN/NFV 产业联盟. 基于 OTN 的软件定义传送网(SDOTN)北向接口技术规范 V1.0[S]. 北京: SDN/NFV 标准与产业推进委员会, 2016.
- [8] IETF. Network Configuration Protocol (NETCONF): RFC 6241 [S]. Wilmington: IETF, 2011.
- [9] IETF. North-Bound Distribution of Link-State and Traffic Engineering (TE) Information Using BGP: RFC 7752[S]. Wilmington: IETF, 2016.
- [10] IETF. BGP Link-State extensions for Segment Routing: draft-gredler-idr-bgp-ls-segment-routing-ext-04 [S]. Wilmington: IETF, 2019.
- [11] IETF. BGP-LS Maps: A Framework for Network Slicing and Enhanced VPNs: draft-drake-bess-enhanced-vpn-01 [S]. Wilmington: IETF, 2019.
- [12] IETF. BGP-LS Extension for Inter-AS Topology Retrieval: draft-ietf-idr-bgp-ls-inter-as-topology-ext-02 [S]. Wilmington: IETF, 2019.
- [13] IETF. Path Computation Element (PCE) Communication Protocol (PCEP): RFC 5440[S]. Wilmington: IETF, 2009.
- [14] IETF. PCEP Extensions for Segment Routing: draft-ietf-pce-segment-routing-16[S]. Wilmington: IETF, 2019.
- [15] IETF. PCEP Extension for Flexible Grid Networks: draft-ietf-pce-flexible-grid-01[S]. Wilmington: IETF, 2019.
- [16] IETF. PCEP extensions for GMPLS: draft-ietf-pce-gmpls-pcep-extensions-14[S]. Wilmington: IETF, 2019.

首届年度优秀论文评选活动公告

为了活跃光通信学术氛围,提升《光通信技术》杂志所刊登文章的科技含量和实用性,《光通信技术》编辑部决定从 2019 年起,每年举办一次年度优秀论文评选活动,评选出本年度 6~10 篇已正式刊登(纸质版)的优秀论文,对获优秀论文奖的第一署名作者颁发荣誉证书和现金奖励(500 元/篇),获奖名单将在 2019 年第 12 期《光通信技术》杂志和网站公布。敬请广大作者积极支持我们的工作,踊跃佳作!