



接入型 OTN 设备统一管控系统原型开发与试验演示

荆瑞泉¹, 赵国永¹, 徐云斌², 霍晓莉¹

(1. 中国电信股份有限公司智能网络与终端研究院, 广东 广州 510630;

2. 中国信息通信研究院技术与标准研究所, 北京 100191)

摘要: 客户端 OTN 设备与局端 OTN 设备的解耦是提高 OTN 组网灵活性和降低建网成本的前提条件。借鉴管控一体化的理念, 提出了一种接入型 OTN 设备统一管控系统架构, 制定了接入型 OTN 设备管控接口规范、GCC 互通规范和自动发现流程。在此基础上, 采用自主开发的接入型 OTN 设备统一管控系统 (UMS) 实现了与多厂商设备的统一管控。

关键词: 接入型 OTN 设备; 管控系统; GCC 互通; 自动发现

中图分类号: TN914

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020030

Prototype development and demonstration of unified management-control system of access-type OTN

JING Ruiquan¹, ZHAO Guoyong¹, XU Yunbin², HUO Xiaoli¹

1. Intelligent Network and Terminal Research Institute, China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

2. Institute of Technology and Standards, China Academy of Information and Communications Technology, Beijing 100191, China

Abstract: The decoupling of client-side OTN and network-side OTN equipment is a prerequisite for improving OTN networking flexibility and reducing the cost. Based on the concept of the management-control continuum (MCC), a unified management-control system architecture for access-type OTN equipment was proposed, including the management-control interface and GCC interoperability specification, and auto-discovery process. A unified management-control system (UMS) of the access-type OTN equipment was developed to realize the unified management and control of multi-vendor equipments.

Key words: access-type OTN equipment, management and control system, GCC interoperability, auto-discovery

1 引言

随着运营商逐步停止建设和扩容 MSTP/SDH 网络, 传送网即将全面进入 OTN/WDM 网络的时代。基于 OTN 的高品质专线业务是目前国内三大

运营商在专线市场竞争的焦点之一。由于骨干 OTN 设备可供选择的厂商有限, 因此运营商的骨干 OTN 存在同质化竞争的趋势。而客户端 OTN 设备 (CPE) 由于数量众多, 因此与 OTN 专线业务的成本密切相关。

为了降低客户端 OTN 设备的成本,需要与局端 OTN 设备解耦,以便引入更多的设备厂商。我国通信标准化协会(CCSA)已经组织制定了行业标准《接入型 OTN 设备技术要求》。接入型 OTN 设备指主要部署在城域网/本地网综合业务接入节点和客户机房的分组增强型 OTN 设备。该标准对接入型 OTN 设备的功能进行了简化,包括业务封装方式、保护类型、告警和 QoS 能力等。

为了提升 OTN 专线客户的体验,加快专线开通速度和故障维护速度,实现对专线业务的端到端管理是运营商的共同诉求。而对接入型 OTN 设备的统一管理是真正实现端到端业务管理的关键。目前实现接入型 OTN 设备统一管理主要存在以下两个问题。

- 现有 OTN 设备的 GCC 通道实现方式没有标准化,造成客户端 OTN 设备与局端 OTN 设备必须是同一厂商,限制了客户端 OTN 设备选择的灵活性。
- OTN 设备管控接口没有标准化,传统建网模式只能采用厂商网管。而客户端 OTN 设备厂商数量多(>10),网管能力参差不齐,从而影响端到端业务的开通和维护管理能力。

针对上述问题,结合我国运营商 OTN 和 DCN

现状,借鉴 SDN 和 MCC(管控一体化)的管控理念,提出了一种接入型 OTN 设备统一管控系统架构,制定了接入型 OTN 设备管控接口规范和 GCC 互通规范。在此基础上,自主开发了接入型 OTN 设备统一管控系统(UMS)原型,并与多个厂商的设备进行了互操作测试。

2 接入型 OTN 设备统一管控系统架构

接入型 OTN 设备统一管控系统架构如图 1 所示。接入型 OTN 设备通过线路侧 OTN 接口与干线/城域 OTN 设备进行互连,实现对接入业务的汇聚、整合和疏导。接入型 OTN 管控系统通过开放的南向接口与多厂商的接入型 OTN 设备进行对接,实现接入型 OTN 设备的信息获取、连接配置等功能。接入型 OTN 管控系统通过北向接口与传送网综合网管系统进行连接,以便实现跨域、跨厂商的端到端网络管理。接入型 OTN 设备可以由独立的接入型 OTN 管控系统进行管理,也可由干线/城域 OTN 设备管控系统进行统一管理。

由于盒式接入型 OTN 设备一般放置在客户机房,因此难以通过带外 DCN 接入到接入型 OTN 设备统一管控系统。为了实现客户端 OTN 与城域/干线 OTN 设备的解耦,本项目采用 OTN 线路接口提供的 GCC 通道实现客户端 OTN 设备接入到城域/干

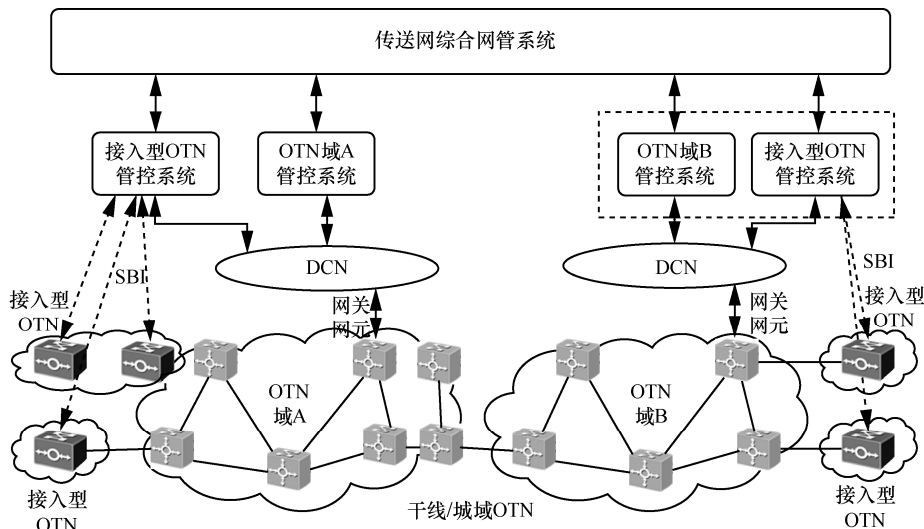


图 1 接入型 OTN 设备统一管控系统架构



线 OTN 的 DCN，然后再接入管控系统的技术方案。接入型 OTN 设备管理通道有以下两种实现方案。

方案一：接入型 OTN 与局端的城域/干线 OTN 设备通过 GCC 通道传送管理信息，GCC 通道采用 PPP in HDLC 封装方式。

方案二：盒式接入型 OTN 与在局端部署的插卡式接入型 OTN 设备通过 GCC 通道传送管理信息，插卡式接入型 OTN 设备再通过带外 DCN 通信接口或 GCC 通道与城域/干线 OTN 的 DCN 实现互连。

接入型 OTN 设备可采用动态 IP 寻址或静态路由方式。为了能够利用城域/干线 OTN 的 DCN 传送管控信息，接入型 OTN 设备与城域的 OTN 设备应采用相同的 DCN 地址空间。

3 接入型 OTN 设备南向接口规范和信息模型

南向接口是接入型 OTN 管控系统与接入型 OTN 设备之间的接口，管控系统通过南向接口完成对接入型 OTN 设备的配置、状态、告警和性能管理功能。对南向接口信息模型和协议进行规范是实现接入型 OTN 设备统一管控的关键。

目前 OTN 设备南向接口存在多种协议选择，包括 Netconf 协议、传统网管协议（如 Qx、SNMP、TL1 等）、路径计算单元协议（PCEP）和 OpenFlow 协议等。综合考虑各种协议的能力、标准化程度、可扩展性、易用性等，本文最终确定采用 Netconf+YANG 的南向接口协议规范方式。

南向接口规范建议采用 Netconf v1.1，并应遵循 RFC6241。为了简化实现，接入型 OTN 管控系统与每个设备之间只建立一个进程（session），所有 RPC 命令与通知（notification）消息都在这一个 session 连接内完成交互，并通过定期发送空的 get 报文保持该长连接。

对于设备不支持的特性，接口在进行创建、删除、激活、去激活、修改等配置操作时，要求

能够正确返回异常/错误信息。在安全方面，应支持 SSH 协议加密机制，满足 IETF RFC4251 定义的 SSH 协议基本架构。

接入型 OTN 设备信息模型定义的对象类型见表 1。

表 1 对象类型

对象名称	描述
ME	网元
EQ	单板
PG	保护组
PTP	物理端口
FTP	浮动端口
CTP	连接端口
connection	连接
alarm	告警
performance	性能
TCA	性能越限告警

主要对象之间的关系如图 2 所示。

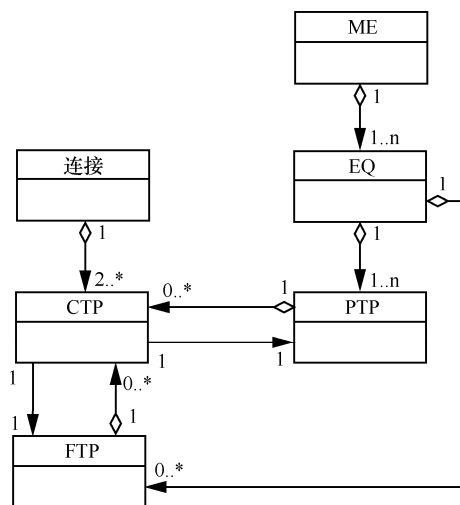


图 2 主要对象之间的关系

4 GCC 互通规范

接入型 OTN 设备利用 OTN 线路接口提供的 GCC 开销作为物理通道实现与局端 OTN 设备 DCN 的互连，因此接入型 OTN 与局端 OTN 设备 GCC 通道的互通是实现多厂商接入型 OTN 设

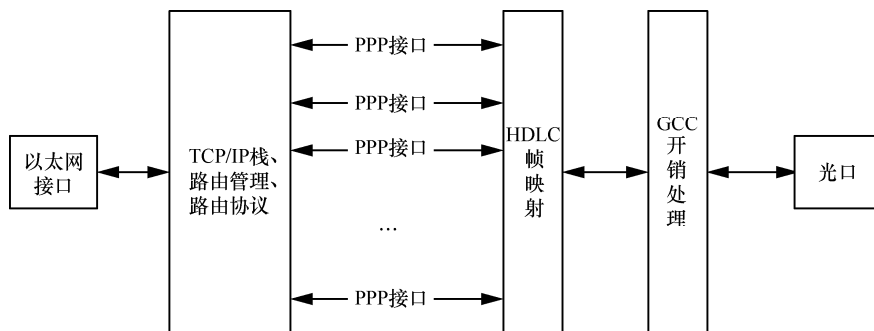


图3 OTN设备GCC基本框架模型

备统一管控的前提条件。OTN设备GCC基本框架模型如图3所示。在GCC通道中承载PPP in HDLC报文，每一个线路光接口对应一个PPP逻辑接口。图3中的以太网接口用于现场维护终端（如LCT）的接入。

OTN设备GCC的互通涉及OTN层、链路协议层、IP协议层等多个层次的互通，相关技术协议栈及遵循的标准见表2。

表2 OTN设备GCC协议栈

协议分层	协议	标准规范
传送层	TCP	IETF RFC793
网络层	IPv4	IETF RFC791
数据链路层	PPP in HDLC	IETF RFC1661 ISO/IEC 13239
物理层	OTN	ITU-T G.709、G.798

OTN数据帧格式及开销应符合ITU-T相关标准的定义，管理信息需通过GCC开销字节传输。传递管理信息的开销包括GCC0、GCC1、GCC2，每个都是2 byte。其中GCC0属于OTU层的开销，GCC1、GCC2属于ODU层的开销。GCC的使用应可配置，可选择设置GCC1、GCC2、GCC3，或二者多个GCC字节捆绑。为了满足接入型OTN与局端OTN之前可能存在传统OTN设备的应用场景，要求默认使用GCC2。

GCC报文封装采用PPP in HDLC的报文封装格式，如图4所示。为了兼容现网OTN设备，对于flag字段的 requirements 是：如果没有有效信息，则连

续发送flag标志（0x7E）。对客户端OTN设备的要求如下：发送端的两个帧之间至少需要3个flag标志；接收端应支持两个帧之间有一个或多个flag标志。

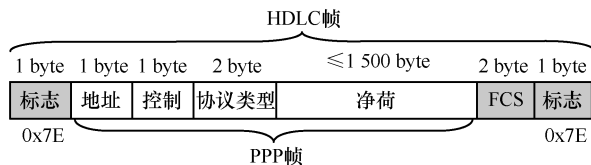


图4 PPP in HDLC报文封装格式

网络层采用IP，客户端OTN设备的IP地址初期可通过本地配置终端（如LCT）进行人工配置。后期客户端OTN设备可通过DHCP从DHCP服务器自动获取IP地址，以便实现客户端OTN的即插即用。

5 客户端OTN设备自动发现和即插即用

为了实现OTN专线产品的快速开通，降低对现场安装人员的要求，安装在客户端的接入型OTN设备需要支持自动发现和即插即用功能，具体包括IP地址自动获取和自动建立Netconf连接两个过程。

客户端OTN设备获取自身IP地址的流程如下：

- (1) CPE OTN通过默认的GCC通道（GCC2）和城域/干线OTN设备互通建立PPP链路；
- (2) CPE OTN出场配置默认IP地址（如192.192.192.192）；
- (3) CPE OTN作为DHCP客户端在PPP链路上发送广播DHCP request报文获取自己的IP地址；



(4) 城域/干线 OTN 设备接收到 DHCP 客户端的广播报文后, 转换为单播报文, 转发给接入型 OTN 管控系统;

(5) 接入型 OTN 管控系统的 DHCP 服务器根据 CPE 设备 IP 地址规划方案, 为 CPE OTN 设备分配 IP 地址和缺省网关, 将应答 DHCP 报文返回至接入型 OTN;

(6) DHCP 服务器将管控系统 IP 地址设置为默认的 DNS IP 地址, 在 DHCP 应答报文中携带;

(7) 城域/干线 OTN 设备收到 DHCP 服务器的 DHCP reply 报文, 然后转发至 CPE OTN 设备;

(8) CPE OTN 设备根据相应的应答报文, 设置 IP 地址和缺省网关, 并获得管控系统 IP 地址。

客户端 OTN 设备获取其自身和管控系统的 IP 地址之后, 就可以与接入型 OTN 管控系统自动建立 Netconf 连接。自动建立 Netconf 连接的流程参考 IETF RFC8071 规范的 Netconf call home 机制, 具体流程如下:

(1) 接入型 OTN 设备向管控系统发起建立 TCP 连接, 管控系统默认使用 4334 端口进行监听, 管控系统使用的监听端口应可配置;

(2) TCP 连接建立成功后, 接入型 OTN 设备启动 SSH 服务器;

(3) 管控系统通过默认的用户名和密码, 与接入型 OTN 设备自动建立 SSH 连接;

(4) SSH 连接建立成功后, 接入型 OTN 设备启动 Netconf 服务器;

(5) 管控系统通过 modify user password 接口修改用户密码。

Netconf 连接建立成功后, 管控系统就可以开始对接入型 OTN 设备进行配置和管理。

6 接入型 OTN 设备统一管控系统开发和试验演示

基于以上接入型 OTN 设备统一管控方案, 自主开发了接入型 OTN 设备统一管控系统(UMS)。

UMS 系统架构如图 5 所示, 由系统主功能模块、南向管理引擎模块和北向接口适配模块 3 部分构成。系统主功能模块主要实现对设备、业务、性能、告警等的管控功能以及对系统自身和用户的管理。南向管理引擎模块通过 Netconf 标准指令以及自定义指令实现与接入型 OTN 设备的信息交互。北向接口适配模块完成与上层传送网综合网管系统互联接口协议的适配。南向管理引擎模块、北向接口适配模块采用与系统主功能模块解耦的开发模式, 通过 RESTconf API 与系统主功能模块进行互通。这种开发模式的优点是可以灵活适配不同的外部接口协议, 同时又不影响系统主功能模块的稳定性。

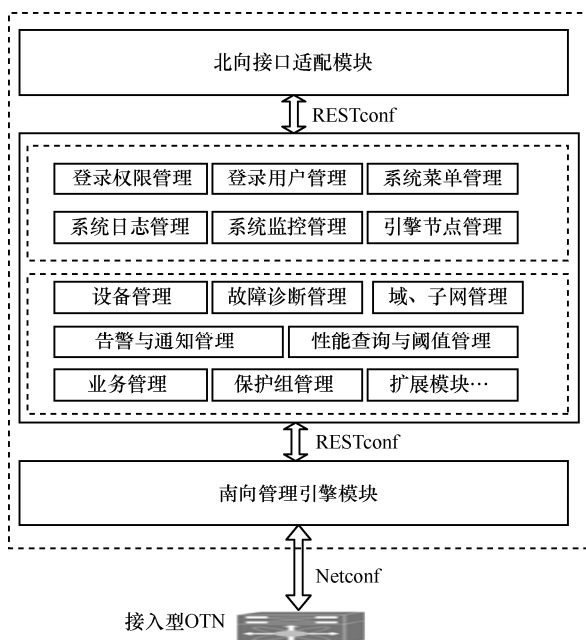


图 5 接入型 OTN 设备统一管控系统 (UMS) 架构

本次试验基于商用的接入型 OTN 设备模拟实际现网场景, 并采用项目组自主开发的 UMS 系统, 如图 6 所示。试验环境模拟了两种组网场景: 场景 1 模拟客户侧的盒式接入型 OTN 设备连接到放置在局端的插卡式接入型 OTN 设备, 两者之间通过 GCC 通道传送管控信息; 场景 2 模拟两个客户端 OTN 设备直接连接到局端城域 OTN 设

备。试验网络的线路侧链路速率为 OTU2，客户侧接口为 GE。主要测试内容包括设备管理、EVPL 业务的建立/带宽调整/删除、以太网业务性能监测（吞吐量和时延）、告警监测等。

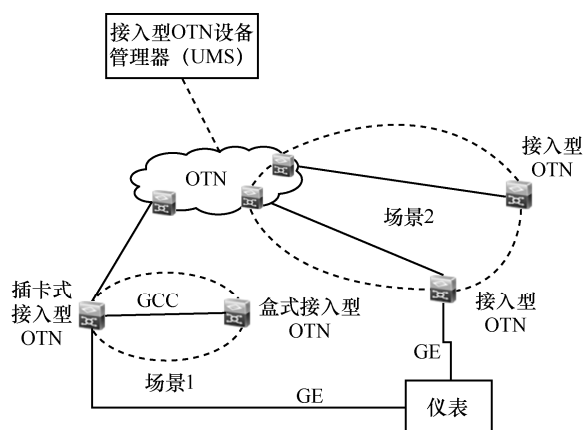


图6 接入型 OTN 设备统一管控系统测试和演示环境

在本次测试中，采用自主开发的 UMS 成功实现了对多个厂商的接入型 OTN 设备的统一管控，在多厂商组网场景下实现了端到端连接的建立、修改和删除，以及以太网业务吞吐量/时延、告警和端口状态的监控。图7给出了主

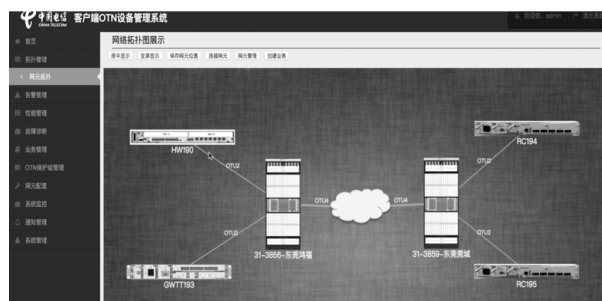
要的测试结果。

7 结束语

本文提出了一种接入型 OTN 设备统一管控系统架构，并采用商用的接入型 OTN 设备和自主开发的接入型 OTN 统一管控系统进行试验测试和验证。本次试验在业界首次实现不同厂商接入型 OTN 设备 GCC 通道的互通，从而为实现客户端 OTN 设备与局端 OTN 设备的解耦提供了可能。在此基础上，基于统一的信息模型和接口规范实现了对多厂商接入型 OTN 设备的统一控制管理。这种能力对于运营商在多厂商环境中提供高品质的端到端 OTN 专线业务具有重要的价值。后续工作将进一步完善管控系统的功能，以支持更复杂的网络功能和更多的应用，如保护恢复、对 SDH/OTN 业务的支持、设备自动发现/即插即用等。

参考文献:

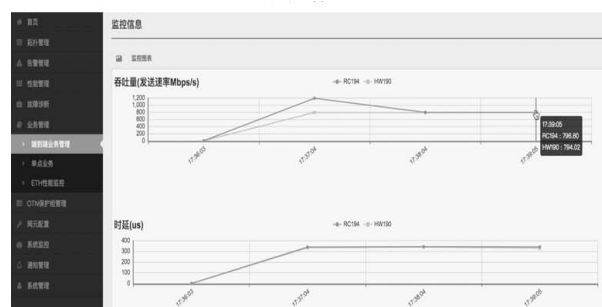
- [1] 林何平, 王澄, 张金亮, 等. 一种融合 VC 交叉功能的 OTN



(a) 网络拓扑



(b) 业务信息



(c) 以太网性能监控



(d) 端口管理

图7 测试结果



系统技术应用[J]. 电信科学, 2018, 34(2): 173-180.

LIN H P, WANG C, ZHANG J L, et al. Application of OTN system technology integrating VC cross function[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(2): 173-180.

[2] CCSA. 接入型 OTN 设备技术要求[S]. 2019.

CCSA. Technical requirements for access OTN equipment[S]. 2019.

[3] IETF RFC6241. Network configuration protocol (Netconf)[Z]. 2017.

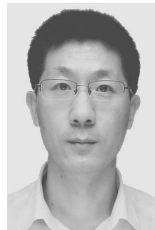
[4] IETF RFC8071. Netconf call home and RESTconf call home[Z]. 2017.

[5] IETF RFC1661. The point-to-point protocol (PPP)[Z]. 2020.

[作者简介]



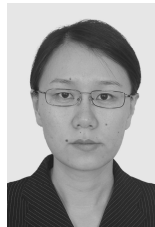
荆瑞泉（1972—），男，中国电信股份有限公司智能网络与终端研究院教授级高级工程师，主要研究方向为传送 SDN、OTN、移动承载技术等。



赵国永（1978—），男，中国电信股份有限公司智能网络与终端研究院系统架构师，主要研究方向为传送 SDN、软件系统架构等。



徐云斌（1978—），男，博士，中国信息通信研究院技术与标准研究所主任工程师，主要研究方向为智能光网络管理与控制技术。



霍晓莉（1977—），女，中国电信股份有限公司智能网络与终端研究院教授级高级工程师，长期从事光通信技术的研究工作，涉及 MSTP、ASON、40/100 Gbit/s WDM、同步等领域。