



基于 OSU 的 OTN 智能管控技术研究

谭艳霞¹, 段致岩², 满祥银¹, 张贺¹, 刘雅承², 周彦韬¹, 董姗¹

(1. 中国联合网络通信有限公司研究院, 北京 100048;

2. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033)

摘要: 随着信息化和云化技术的发展, 光传送网络 (optical transport network, OTN) 承载业务动态性逐步增强。光业务单元 (optical service unit, OSU) 作为下一代的 OTN 交换技术, 要为高品质的企业专线和精品家庭宽带业务提供组网专线和入云专线服务。基于 OSU 的 OTN 需要能够通过端到端的管控能力, 提供一体化服务及自动化快速业务开通, 支持业务一跳入云。首先介绍了 OSU 技术产生背景、技术特征及标准化进展情况; 然后提出了面向 OSU-OTN 的业务感知控制框架, 满足政企专线高效承载的需求; 最后对接入型 OSU-OTN 控制器系统端到端管控能力进行了实验验证。

关键词: OSU; OTN; 业务感知; 无损带宽调整

中图分类号: TN915.5

文献标志码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2023196

Research on intelligent control technology for OSU-based OTN

TAN Yanxia¹, DUAN Zhiyan², MAN Xiangkun¹, ZHANG He¹, LIU Yacheng², ZHOU Yantao¹, DONG Shan¹

1. Research Institute of China United Network Communications Co., Ltd., Beijing 100048, China

2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China

Abstract: With the development of information and cloud technology, the dynamic demand for OTN service is gradually increasing. As a next generation OTN switching technology, OSU needs to provide network and cloud services for high-quality enterprise leased lines and boutique home broadband services. The OSU-based OTN needs to be able to provide integrated services and automated service provisioning through end-to-end management and control capabilities to support one-hop service into the cloud. Firstly, the background, technical characteristics, and standardization progress of OSU technology were introduced. Then, a service-aware control framework for OSU-OTN was proposed to meet the demand for efficient bearer of government and enterprise leased lines. Finally, an experimental validation of the end-to-end management and control capability of the access OSU-OTN controller system was carried out.

Key words: OSU, OTN, service awareness, hitless bandwidth adjustment

收稿日期: 2023-07-28; 修回日期: 2023-10-15

基金项目: 国家重点研发计划项目 (No.2022YFB2903300)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2022YFB2903300)



0 引言

从业务发展需求上看,伴随信息化和云化技术的发展,政务、金融、大企业客户的需求正在发生快速变化,业务汇聚比要求更高,带宽随选能力需求强烈,传统光传送网络(optical transport network, OTN)技术的灵活性面临挑战^[1]。从业务增速上看,2~10 Mbit/s 专线的需求增速减缓,但增量和存量仍然较大,10 Mbit/s 以上的专线增速加快,增量业务 95%以上小于 100 Mbit/s。通过对现网中电路带宽的分布情况调研,发现 1 Gbit/s 以下带宽占 90%以上,小颗粒业务仍然是主流^[2]。从现网设备应用现状上看,同步数字系列(synchronous digital hierarchy, SDH)/多业务传送平台(multi-service transport platform, MSTP)技术的业务接入能力、传输能力和开通时间已经无法满足现在复杂多变的业务需求,逐步进入生命期末期,面临退网压力和长期演进问题^[3]。为了保证存量 SDH 政企专线的业务品质,并提升专线的业务体验,引入了分组增强型 OTN(packet enhanced optical transport network, PeOTN)技术。PeOTN 技术可以在一定程度上解决带宽资源利用率的问题,但是 PeOTN 在承载小颗粒业务时需要引入额外的虚容器(virtual container, VC)或者分組管道^[4],这使得 PeOTN 设备架构及实现较复杂,PeOTN 多层技术叠加与封装同样导致管理维护复杂。

传统 OTN 技术基于时隙实现业务硬隔离,天然支持切片,但切片颗粒度较大,主要用于承载大于 1 Gbit/s 速率业务。面对专线、视频等新业务对灵活带宽承载的需求,光业务单元(optical service unit, OSU)技术应运而生。OSU 在保留传统 OTN 硬管道、丰富的操作维护管理(operation administration and maintenance, OAM)等优势的前提下,引入以 2.6 Mbit/s 为颗粒的 OSUflex 容器,采用定长帧灵活复接,提供更细的时隙颗粒度、更简洁的带宽无损调整机制,支持 2 Mbit/s~100 Gbit/s 速率客户业务的高效承载,使得 OTN 具备了从骨干核心下沉到接入末端的能力,更加贴近业务的终端用户,包括政府、企业及家庭,助力企业一点接入、灵活入云^[5-7]。

1 OSU 应用场景与技术特征

基于 OSU 的 OTN 设备是现有 OTN 设备的优化和扩展,通过新引入光业务单元、OTU0 接口、IP 及控制面信令协议等技术,提供业务感知增强、高效灵活承载、低成本低时延、以本地应用为主的综合业务承载方案。根据本地网的机房分类,基于 OSU 的 OTN 设备在网络中的参考位置如图 1 所示,包括二干出省节点、本地 OTN 的核心节点、汇聚节点、综合业务接入点、客户节点。同时,OTN 专线入云通过 OTN 云节点与云池网关(gateway, GW)直连。

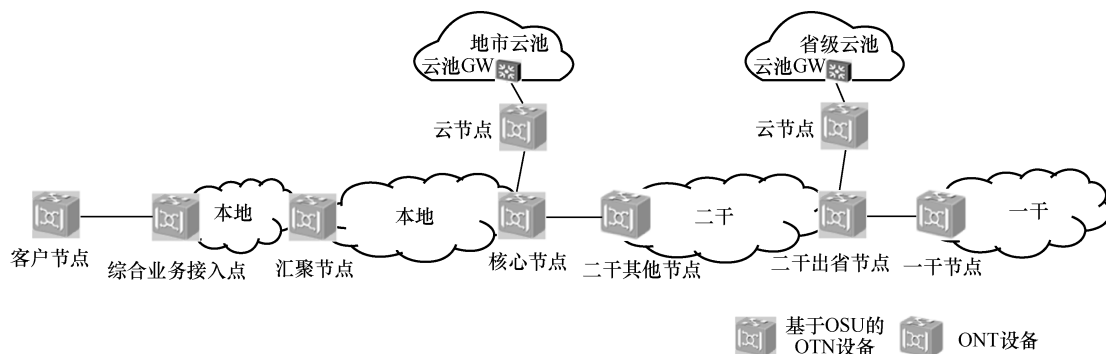


图1 基于 OSU 的 OTN 设备在网络中的参考位置

为了满足业务高质量传输, OSU 应支持以下主要功能^[7]。

- 支持恒定比特率 (constant bit rate, CBR) 业务时钟透传功能;
- 支持多路 OSU 复用到光净荷单元 (optical payload unit, OPU) 功能;
- 支持 OSU 的通道监控 (path monitoring, PM) / 串联连接监视 (tandem connection monitoring, TCM) 功能, 以及告警指示信号 (alarm indication signal, AIS) / 开放连接指示 (open connection indication, OCI) / 锁定 (locked, LCK) 维护信号下插功能;
- 支持 OSU 延时测量功能;
- 支持 OSU 子网连接保护 (subnet work connection protection, SNCP) 倒换功能;
- 支持 OSU 带宽无损调整功能。

1.1 OSU 技术特征

传统 OTN 采用时隙的方式进行帧结构划分, 最大支持 80 个时隙, 最小的时隙颗粒度为 1.25 Gbit/s^[8]。而 OSU 技术改变了传统 OTN 采用时隙划分帧结构的特性, 采用更加灵活的净荷块 (payload block, PB) 划分方式, 光通路数据单元 (optical channel data unit, ODU) 帧被划分为若干个 PB, 一个 OSU 连接占用一个或多个 PB。每个 PB 中包含了一个支路端口号 (tributary port

number, TPN), 用来指示该 PB 中所承载的 OSU 连接。OSU 兼顾现有的 OTN 架构体系, OSU 可直接映射复用到 ODU_k, 或者先将 OSU 映射到 ODU_j 再复用到 ODU_k/Cn^[9]。OSU 是基于 OTN 技术的平滑演进, 继承了 OTN 硬管道特性, 可高效承载低速率业务, 属于光传送网的重大技术革新, 是潜在的下一代 OTN 技术。OSU 技术优势如下。

(1) 灵活的业务颗粒, 增加连接数量

融合借鉴了 IP 技术思想, 引入灵活的 OSUflex 容器, 提供更细的时隙颗粒度, 使得业务颗粒由 OTN 的 Gbit/s 级别变为 Mbit/s 级别, 支持 2 Mbit/s~100 Gbit/s 速率客户业务的高效承载, 支持 K (千) 级别的连接数量^[7]。以 10 Gbit/s OTN 端口为例, EoS 和 EoOSU 业务封装方式下承载业务对比见表 1, 业务封装方式分别为 SDH 承载以太网 (Ethernet over SDH, EoS) 和 EoOSU (Ethernet over OSU) 的情况下, 可以承载的不同速率业务条数差别较大。实测在不同的业务带宽条件下, 业务带宽为 10~100 Mbit/s 时 EoS/ EoOSU 承载业务条数比是 1:1.2~1:2。EoOSU 模式承载效率为 96% 以上, 与以太网业务带宽基本无关。

(2) 简化映射路径, 降低业务时延

相较于 EoS 承载方式的 6 级映射复用路径 (如客户业务-VC12-VC4-STM16-ODU1-ODU2-

表 1 EoS 和 EoOSU 业务封装方式下承载业务条数对比

业务封装方式	业务带宽	10 Mbit/s	30 Mbit/s	50 Mbit/s	100 Mbit/s
EoS	封装颗粒	5 个 VC12	1 个 VC3	2 个 VC3	1 个 VC4
	占用带宽/(Mbit·s ⁻¹)	12.34	51.84	103.68	155.52
	承载效率	81%	57.9%	48.2%	64.3%
	承载业务数/条	806	192	96	64
EoOSU	封装颗粒	4 PB	12 PB	20 PB	40 PB
	占用带宽/(Mbit·s ⁻¹)	10.4	31.2	52	104
	承载效率	96%	96%	96%	96%
	承载业务数/条	960	320	192	96
EoS/EoOSU 承载业务条数比		1:1.2	1:1.7	1:2	1:1.5



OTU2)^[8], EoOSU 承载方式简化了业务映射机制, 减少了处理层级, 最少只需要 3 级映射路径 (如客户业务-OSU-ODU2-OTU2), 可大大降低业务处理时延, 为品质专线业务提供可保障的超低时延。OSU 技术特点示意图如图 2 所示。

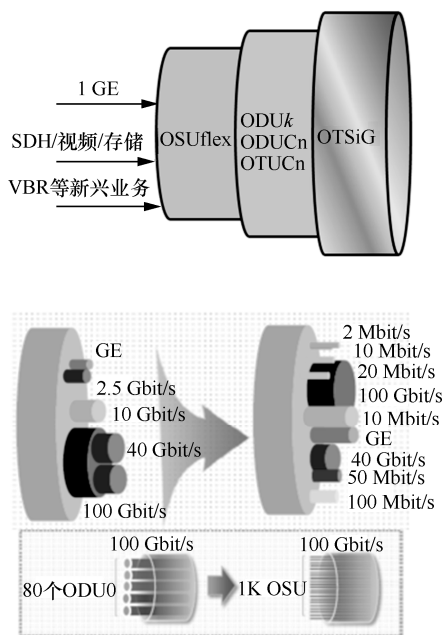


图2 OSU 技术特点示意图

(3) 简洁的无损带宽调整机制

不同于传统 OTN 基于 GHAO 协议进行带宽调整^[10-11], OSU 具备适用于开放接口的无损带宽调整协议, 支持 OSU 无损带宽调整, 操作包括带宽增大、带宽减小和回退。OSU 技术采用随路携带 TPN 的方式, 源端调整 PB 数量后, 宿端可以自动跟随适配源端进行调整, 从而完成整体链路的调整流程, 无须逐点下发。简化的带宽无损调整机制能够更好地满足客户业务带宽灵活可变的需求且管控模型相对简洁, 有助于设备开放解耦。

1.2 OSU 技术标准化情况

在标准化方面, OSU 技术在国内国际均已立项。其中, 在 2015 年提出 OTN 小颗粒技术概念, 后续国内运营商及设备商展开多轮讨论。2019 年 12 月, 中国通信标准化协会 (China Communications Standards Association, CCSA) 立项《光业务网

(OSU) 技术要求》和《基于光业务网 (OSU) 的光传送网 (OTN) 设备技术要求》行业标准, 技术方案和标准文本已经基本稳定。CCSA 行业标准中定义了 OSU(00)和 OSU(01)两种相近的帧结构, 对用户实现的功能和实现方案略有差异。在 OSU 管控技术方面, 2021 年 12 月, CCSA 立项《基于光业务单元 (OSU) 的光传送网 (OTN) 管控技术要求》行业标准, 预计最快 2023 年 12 月发布。2020 年 2 月, ITU-T 立项 GOSU 标准, 经过多次讨论在 2022 年 9 月对标准范围进行更新, 2023 年 4 月讨论将标准名称修改为 GfgOTN, 关键技术点达成共识, 细节有待进一步规范, 预计 2023 年年底主标准定稿。

2 基于 OSU 的业务感知与智能管控技术

随着灵活入云/入算业务的发展, OTN 承载业务动态性逐步增强^[12], OTN 需要具备精确感知、灵活匹配业务需求的能力。OSU 作为下一代的 OTN 交换技术, 要为高品质的企业专线和精品家庭宽带业务提供组网专线和入云专线服务, 对基于 OSU 的 OTN, 需要能够通过端到端的管控能力, 提供一体化服务及自动化快速业务开通功能, 支持业务一跳入云^[5,13]。

目前, 中国联通制定了基于 Netconf 协议的接入型光业务网设备南向接口规范企业标准和 YANG (yet another next generation) 模型, 并自研接入型 OSU-OTN 控制器系统^[14]。控制器采用 Browser/Service 的微服务架构进行设计, 纳管多厂商 OSU-用户驻地设备 (customer premises equipment, CPE)。接入型 OSU-OTN 控制器系统除了支持资源管理、配置管理、性能管理与告警管理等基本的管控功能, 还支持设备用户网络接口 (user network interface, UNI) 业务流量感知及地址学习, 将业务自动映射进 OSU 连接, 进行业务自动建立与业务带宽自动调整等操作, 灵活匹配用户业务需求。具体地, 制定了基于业务感知的管控接口模型, 定义流监控规则模型, 厂商设备根据流监控规则模

型将监测到的业务流量数据上报至控制器系统, 控制器系统再根据接收到的流量变化进行业务自动创建与业务实时带宽调整。

2.1 业务感知控制框架

面向 OSU-OTN 的业务感知控制框架如图 3 所示, 包括 OSU-CPE 内部的流量监控模块和 OSU-CPE 控制器中的流量管理模块和业务管理模块。其中, 控制器中的业务管理模块用于流量驱动的网络控制应用。

(1) 流量管理模块

流量管理模块用于配置流量监控策略并下发到厂商设备, 设备根据流监控策略, 在识别到流量越限时主动上报通知控制器。流量监控策略基于一定的流规则, 由源/目的 IP 地址、源/目的 MAC 地址、VLAN ID 或其任意组合定义。如图 3 所示, 控制面还需要维护一个客户-UNI 映射数据库, 记录客户侧地址与厂商设备 UNI 之间的关联, 以便业务管理模块将感知到的客户侧业务映射到相应的 OSU 连接。该映射关系通过收集和分析 UNI 的广播流量生成, 支撑业务动态管控。

(2) 业务管理模块

业务管理模块旨在支持流量驱动的网络管控应用, 包括业务自动建立和带宽自动调整, 如图 3 所示。当控制器监测到与配置下发的流规则匹配的新流量时, 业务自动建立模块将根据客户-UNI 映射数据库将客户侧业务映射到

相应的 OSU 连接并根据业务模板自动创建连接。当控制器监测到流量带宽变化时, 带宽自动调整模块将重新计算所需带宽并进行实时带宽调整, 从而实现业务精确感知、灵活匹配业务需求的能力。

(3) 流量监控模块

OSU-CPE 中的流量监控模块根据控制器下发的流规则对客户侧业务流量进行感知、监测与上报。图 3 对流规则的关键参数进行了说明。OSU-CPE 定期收集统计周期内的统计数据, 指定 OSU-CPE 对业务流量的监测采样间隔, 有效时间定义了流量变化的持续时间。在一个统计周期内, 如果流量超过上升门限一段时间, 且该时长大于有效时间, OSU-CPE 会上报流量增长通知; 如果流量低于下降门限, 且持续时长超过有效时间, OSU-CPE 会上报流量减少通知。当监测到匹配流规则的新流量到达时, OSU-CPE 会立即上报新业务需求的通知。

2.2 管理接口模型

为了支撑面向 OSU-OTN 的业务感知控制框架, 定义了一套基于 Netconf 协议的管控接口及 YANG 模型, 对 OSU 相关模型进行定义, 与业务感知功能强相关的接口包含 3 个远程过程调用接口和 2 个通知接口模型。其中, 流规则配置接口用于配置厂商设备 UNI 侧流监控策略, 该接口的 YANG Tree 视图如图 4 (a) 所示, 包括目标 UNI、客户端

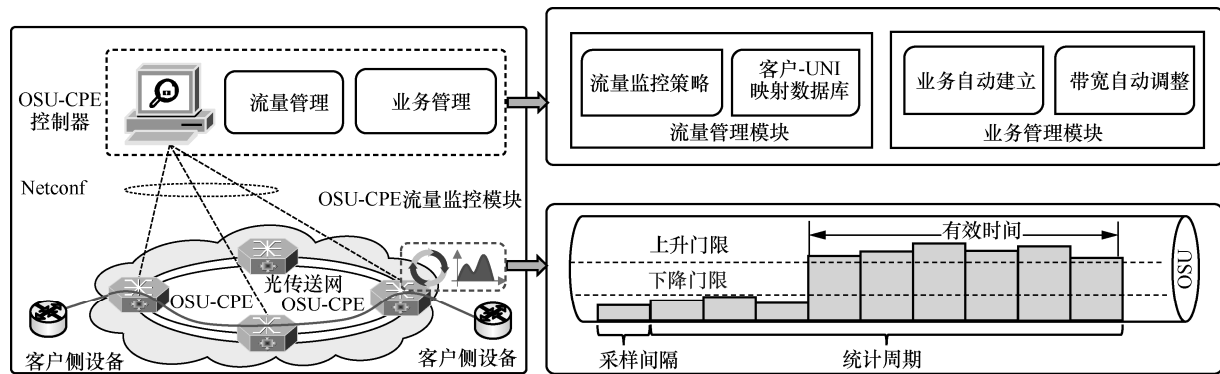


图 3 面向 OSU-OTN 的业务感知控制框架



```

+--rw traffic-monitoring-policy
+--rw flow-rules* [flow-rule-name]
+--rw flow-rule-name      string
+--rw eth-uni-name         string
+--rw enable-monitoring    boolean
+--rw sampling-interval?   uint64
+--rw flow-rule-type?      flow-rule-types
+--rw target-vlans*        uint64
+--rw src-ip?              inet:ipv4-address
+--rw dst-ip?              inet:ipv4-address
+--rw src-mac?             string
+--rw dst-mac?             string
+--rw upper-threshold?     acc-type:real
+--rw lower-threshold?     acc-type:real
+--rw statistical-period?   uint64
+--rw effective-time?      uint64

notifications:
+--n osu-adjustment-notification
+--ro osu-adjustment-notification-no uint64
+--ro ctp-name                       string
+--ro modify-result                   osu-modify-result
+--ro failure-reason?                 osu-failure-reason
+--ro requested-capacity
+--ro total-size?                     uint64
+--ro cir?                            uint64
+--ro pir?                            uint64
+--ro cbs?                            uint64
+--ro pbs?                            uint64
+--n traffic-change-notification
+--ro traffic-change-notification-no uint64
+--ro event-reason                     string
+--ro flow-rule-name                   uint64
+--ro bandwidth?                       uint64

```

(a) 流规则配置接口

(b) 通知接口

图4 YANG Tree 视图

地址、上升门限和下降门限等信息；创建连接接口携带配置交叉的参数，包括业务带宽、支路端口号、信号类型、适配类型等；带宽调整接口用于配置调整连接带宽的参数，包括源节点客户侧 OSU 连接端口标识符和目标带宽等信息。通知接口包含流量变化通知接口和带宽调整通知，YANG Tree 视图如图 4 (b) 所示，其中流量变化通知包含监测到新流量事件和监测到流量带宽变化事件，OSU-OTN 控制器收到通知后分别触发业务自动建立和带宽自动调整操作，满足用户需求。

3 实验验证

为了对接入型 OSU-OTN 控制器系统的业务感知与智能管控功能进行验证，中国联通在实验室展开与多家 OSU-CPE 厂商的对接验证工作，通

过与多厂商对接测试，在推动厂商完善 OSU-CPE 开发的同时，完善管控接口标准制定和接入型 OSU-OTN 控制器系统开发。

在实验验证中，各厂商的测试环境至少包含两台 OSU-CPE 接入 OSU 控制器系统，其中至少一台盒式 OSU 设备（A 设备）、一台插板式 OSU 设备（U 设备）。其中，插板式 OSU 设备需要人工配置至 OSU-OTN 控制器系统的静态路由或默认路由，在控制器上手动添加并完成纳管。盒式 OSU 设备默认启用开放最短路径优先（open shortest path first, OSPF）协议，主动发起动态主机配置协议（dynamic host configuration protocol, DHCP）请求^[15]，OSU-OTN 控制器通过 DHCP 方式修改 A 设备的管理 IP 并纳管，盒式设备通过 DHCP 上线纳管示意图如图 5 所示。A 设备和 U 设备之间

网元名称	网元IP	网元状态	工作状态	设备类型	网元厂商	单板数量	端口数量	端口利用率	操作
ME=GWTT-00-0F-49-44-49-e1	10.60.44.89 (人工导入)	running	up	固定式分插复用OSU设备	GWTT	0	4	50.00%	[操作按钮]
ZXR10	Zx-TEST-CPE-A4-1	running	up	固定式分插复用OSU设备	ZTE	1	4	50.00%	[操作按钮]
ZXR10	Zx-TEST-CPE-A3-1	running	up	固定式分插复用OSU设备	ZTE	1	10	12.50%	[操作按钮]
ME=GWTT-00-0F-49-44-17-69	10.60.44.87 (人工导入)	running	up	插板式分插复用OSU设备	GWTT	9	32	12.50%	[操作按钮]
ME=STN6200-CU5	192.192.193.61 (人工导入)	running	up	插板式分插复用OSU设备	SINO-TELEC OM	11	44	0.00%	[操作按钮]
ME=Manufacturer/hu8000-ile	10.60.44.13 (人工导入)	running	up	插板式分插复用OSU设备	Manufacturer	5	26	0.00%	[操作按钮]
ME=STN6200-L28M-C3E	192.192.193.3 (DHCP获取)	running	up	固定式分插复用OSU设备	SINO-TELEC OM	4	12	0.00%	[操作按钮]
ME=huachente/H-COTN4000	10.60.44.121 (人工导入)	running	up	插板式分插复用OSU设备	huachente	6	22	0.00%	[操作按钮]
	10.60.44.122								[操作按钮]
ME=STN6200-E272E	192.192.193.4 (DHCP获取)	running	up	固定式分插复用OSU设备	SINO-TELEC OM	4	10	0.00%	[操作按钮]

图5 盒式设备通过 DHCP 上线纳管示意图

通过带内通用通信通路（general communication channel, GCC）进行通信, GCC 采用 PPP in HDLC 封装方式, U 设备通过带外数据通信网络（data communication network, DCN）完成与管控系统之间的信令通信。厂商设备上线后的拓扑如图 6（a）所示, 包含两个 A 设备、一个 U 设备, A 设备通过网络间接口（network- network interface, NNI）分别与同厂商 U 设备对接。

本实验对业务智能管控及业务感知功能进行了验证。在实验验证中, 控制器配置了一个基于虚拟局域网（virtual local area network, VLAN）的流规则下发到 204 设备来监控 VLANID 为 100 的业务, 并在控制器上为该业务启用了业务自动

建立和带宽自动调整功能。通过数据网络分析仪将业务流量从 0 逐步动态增加到 200 Mbit/s, 之后再降低到 0, 当 204 设备 UNI 监测到 VLANID 为 100 的业务时, 将流量信息上报到控制器系统, 控制器将根据流量的源/目的 IP 地址、带宽等信息自动建立一条端到端 OSU 业务, 如图 6（c）所示, 源网元为 204, 宿网元为 206。如图 6（b）所示, 可以看到使用数据仪表打流后业务表正常, 业务列表和部分流量变化通知如图 6（c）所示, 当控制器监测到新流量到达时, 控制器自动建立连接并根据流量变化情况, 实时调整带宽以满足用户流量变化需求。在后续测试验证中将组建跨厂商的环境继续对所提出的控制器框架及端到端管控能力进行验证。



(c) 业务列表和流量变化通知

图 6 实验验证结果



4 OSU 技术挑战与发展

OSU 技术具备灵活颗粒、超低时延、极简调整等技术优势,是小颗粒承载技术的演进方向。目前国际标准未成熟,行业标准存在分歧,各运营商及设备商面临标准选择的难题。由于多个标准版本之间存在一些差异,不同版本之间的贯通需要进一步研究。在网 OTN 设备目前只有部分设备支持 OSU 功能,需要对现网 OSU 部署设备升级方式以及演进方案进行研究。通过对在网设备无损升级引入 OSU 能力,最大限度地保护已有网络投资,降低 OSU 技术引入门槛。在网 OSU 部署设备通用的升级方案有 3 种,如图 7 所示。方案一是升级公共平台软件,新增板卡。具体地,对主控、交叉板卡进行软件升级,同时新增线路侧 OSU 板卡 and 支路侧 OSU 板卡。方案二是升级公共平台硬件。具体地,机框、支线路侧板卡可以利旧,对主控进行软件升级,同时新增 OSU 交叉板卡。方案三是升级公共平台及板卡。具体地,对主控、交叉板卡进行软件升级,对线路侧板卡和支路侧板卡进行 FPGA 升级。不同厂商升级方案以及升级对业务的影响略有差异,以实际需求及应用场景为准。

5 结束语

业务需求的快速增长对网络提出灵活、高效、智能的升级要求,随着 OTN 逐步下沉到城域网和

客户侧,需要能满足 1 Gbit/s 以下小颗粒高等级专线、算力业务接入需求。OSU 技术的产生是为了高效率承载 sub 1 Gbit/s 速率业务,具备网络架构简单、灵活颗粒、超低时延、业务感知增强等特性,是推进 CUBE-Net3.0 云光/光算协同的最佳技术载体。基于 OSU 智能管控技术引入业务感知与带宽无损调整功能,可以高质量承载时分复用(time-division multiplexing, TDM)和分组等业务,增强业务调度灵活性,实现企业一点接入、灵活入云,助力算力网络能力提升,为算力网络演进等高品质业务持续发展做好技术储备。

参考文献:

- [1] 唐雄燕,王海军,杨宏博.面向专线业务的光传送网(OTN)关键技术及应用[J].电信科学,2020,36(7):18-25.
TANG X Y, WANG H J, YANG H B. Key technologies and application of optical transport network for leased line services[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(7): 18-25.
- [2] CCSA. OTN 支持 1Gbit/s 以下客户信号技术研究[R]. 2019.
CCSA. Study of technologies of sub1Gbit/s services over OTN [R]. 2019.
- [3] 谭旺生.一种基于政企 OTN 专网的 SDH 退网改造方案[J].通信技术,2022,55(4):526-532.
TAN W S. The SDH network withdrawal solution based on the government-enterprise dedicated OTN network[J]. Communications Technology, 2022, 55(4): 526-532.
- [4] 工业和信息化部.分组增强型光传送网(OTN)设备技术要求:YD/T 2484—2013[S]. 2013.
MIIT. Technical requirements for packet enhanced optical transport network (OTN) equipment: YD/T 2484—2013[S]. 2013.

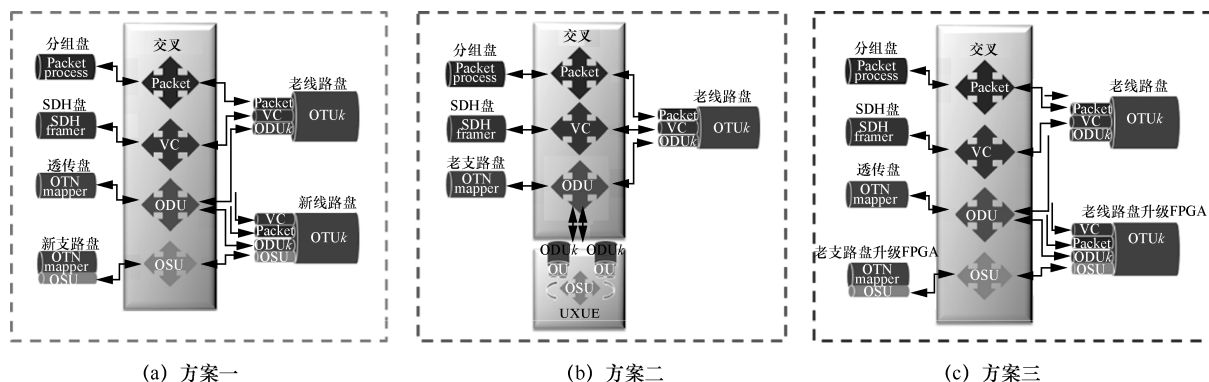


图7 在网 OSU 部署设备通用的升级方案

- [5] 中国通信标准化协会. 基于OSU的OTN管控技术研究[R]. 2022. CCSA. Technical requirements for control and management of OSU-based OTN[R]. 2022.
- [6] 荆瑞泉, 霍晓莉, 李俊杰, 等. 以OSU为核心的M-OTN技术创新与验证[J]. 电信科学, 2021, 37(4): 116-124.
JING R Q, HUO X L, LI J J, et al. OSU based M-OTN technology innovation and verification[J]. Telecommunications Science, 2021, 37(4): 116-124.
- [7] 龚雅栋, 荆瑞泉, 周恒, 等. 基于OSU的M-OTN技术创新和应用部署研究[J]. 电信科学, 2022, 38(11): 96-105.
GONG Y D, JING R Q, ZHOU H, et al. Research on OSU based M-OTN technology innovation and application[J]. Telecommunications Science, 2022, 38(11): 96-105.
- [8] 工业和信息化部. 接入型光传送网(OTN)设备技术要求: YD/T 3843—2021[S]. 2021.
MIIT. Technical requirements for access equipment of optical transport network(OTN): YD/T 3843—2021[S]. 2021.
- [9] 荆瑞泉, 沈雷阳, 金志伟, 等. 基于OSU的M-OTN组网模式与现网试验[J]. 电信科学, 2023, 39(6): 139-148.
JING R Q, SHEN L Y, JIN Z W, et al. OSU based M-OTN networking modes and field trial[J]. Telecommunications Science, 2023, 39(6): 139-148.
- [10] ITU-T. Hitless adjustment of ODU flex (GFP): G.7044[S]. 2011.
- [11] 工业和信息化部. 光传送网(OTN)带宽无损调整技术要求: YD/T 3119—2016[S]. 2016.
MIIT. Technical requirements for bandwidth hitless adjustment of optical transport network (OTN): YD/T 3119—2016[S]. 2016.
- [12] 谭艳霞, 王光全, 王泽林, 等. SDN智能管控编排系统技术方案研究[J]. 电信科学, 2023, 39(3): 143-152.
TAN Y X, WANG G Q, WANG Z L, et al. Research on technical scheme of SDN intelligent management and control orchestration system[J]. Telecommunications Science, 2023, 39(3): 143-152.
- [13] 杨军, 张丽萍. 新基建背景下运营商云光协同OTN入云关键技术研究[J]. 通信与信息技术, 2022(3): 42-43, 13.
YANG J, ZHANG L P. Key technologies of OTN joining cloud computing in the integration of cloud computing and OTN of operator under the background of new infrastructure[J]. Communication & Information Technology, 2022(3): 42-43, 13.
- [14] 韦乐平. SDN的战略性思考[J]. 电信科学, 2015, 31(1): 1-6.
WEI L P. Strategic thinking on SDN[J]. Telecommunications Science, 2015, 31(1): 1-6.
- [15] 工业和信息化部. 接入型光传送网(OTN)设备管控技术

要求(报批稿)[S]. 2022.

MIIT. Technical requirements of management and control for access OTN equipment (draft reported for approval)[S]. 2022.

[作者简介]



谭艳霞 (1991—), 女, 博士, 中国联合网络通信有限公司研究院工程师, 主要研究方向为传输网管控技术、光电协同等。



段致岩 (1978—), 男, 中国联合网络通信集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为传输网及同步网的数字化转型、管控技术等。



满祥锟 (1983—), 男, 中国联合网络通信有限公司研究院高级工程师, 主要研究方向为光通信网络。



张贺 (1971—), 男, 中国联合网络通信有限公司研究院正高级工程师, 主要研究方向为光纤传输、同步网新技术等。

刘雅承 (1989—), 女, 中国联合网络通信集团有限公司高级工程师, 主要研究方向为光传输网络、网络智能等。

周彦韬 (1992—), 男, 中国联合网络通信有限公司研究院工程师, 主要研究方向为光传输网络。

董姗 (1997—), 女, 中国联合网络通信有限公司研究院助理工程师, 主要研究方向为光传输网络。