

PeOTN 技术在政企精品网专线中的部署与应用研究

赵凤霞

中国联合通信有限公司淄博市分公司 山东省淄博市 255000

摘要：随着政企客户对大带宽、低时延、高可靠专线需求的持续增长，以及传统 MSTP（多业务传送平台）网络因技术局限性进入逐步退网周期，PeOTN（分组增强型光传送网）凭借其业务灵活调度、光传送高可靠、简化运维和支持网络平滑演进等融合技术优势，成为适配承载政企精品网络专线的核心技术。本文首先对比 MSTP 与 PeOTN 的技术特性，明确 PeOTN 的适配优势；随后从网络部署、组网拓扑、业务承载、多层级保护四个维度，设计针对政企场景的 PeOTN 网络部署方案；最后结合现网应用案例，验证方案在带宽提升、时延控制、业务可靠性方面的实现效果，提出 PeOTN 与云网融合的发展方向。研究推进政企专线升级及政企客户选择网络承载方案，为运营商提供组网参考。

关键词：PeOTN；政企精品网专线；网络部署；业务保护；MSTP 退网

引言

(1) 研究背景

随着数字经济推动政企客户业务加速数字化转型，金融客户电路需保障高频交易的微秒级时延，政务网需支撑跨区域大数据安全传输，企业大客户需满足多云互联的大带宽需求。而传统 MSTP 网络基于 TDM（时分复用）架构，存在带宽调整灵活性差、升级成本高、适配新业务能力弱等问题，已无法适配政企大客户的核心要求，逐步进入退网周期。

与此同时，PeOTN 技术通过在 OTN（光传送网）中融入分组(Packet)处理单元，既保留了 OTN 的大带宽和高可靠性，又具备分组网的带宽灵活调度能力，可实现任意带宽的按需调度分配，成为实现“政企业务需求”与“网络技术升级”的关键承载网络。因此，研究 PeOTN 在政企精品网专线中的部署与应用效果，具有重要的实践和应用价值。

(2) 国内外研究现状

国外运营商较早开展 OTN 技术在政企专线业务中的应用探索，Verizon、AT&T 等企业已实现基于 OTN 的跨区域政企专线覆盖，但在分组化增强（即 PeOTN）的场景化适配方面，仍以通用方案为主，缺乏针对政企客户差异化需求的定制化设计。

国内方面，三大运营商也均已启动 PeOTN 网络建设：中国移动在 2022 年提出“政企精品网 PeOTN 化”战略，中国电信聚焦“云网融合”场景推进 PeOTN 入云部署，中国联通 Peotn 部署工作正在各地积极推进，取得了显著进展。

(3) 研究意义与主要工作

本文的研究意义在于：填补现有研究在“区域级 PeOTN 部署全链路设计”的空白，为运营商提供可落地的方案模板，同时支撑政企客户理解 PeOTN 技术的实际价值。

本文的主要研究工作包括：

对比 MSTP 与 PeOTN 的技术特性，明确 PeOTN 的适配优势；设计“分层部署、按需组网、差异化承载、多层保护”的 PeOTN 部署方案；结合联通实际网络案例，验证方案的应用效果；分析 PeOTN 当前面临的挑战，并提出未来融合发展方向。

1 相关技术概述

1.1 MSTP 技术特性与局限性

MSTP 以 SDH（同步数字体系）为基础，支持 E1、以太网等多业务接入，曾是政企客户专线的主流承载技术，但存在明显局限性：带宽灵活性调度性差，基于 TDM 固定时隙分配，带宽调整需重新配置时隙，无法实现“按需扩容”；

时延与升级成本高：多业务封装层级多，端到端时延通常超过 20ms，且 10G 以上带宽升级成本是 PeOTN 的 2 倍左右；

新业务适配能力弱：无法高效承载云互联、AI 训练等大流量、突发型业务，易出现带宽瓶颈。

1.2 PeOTN 技术核心特性

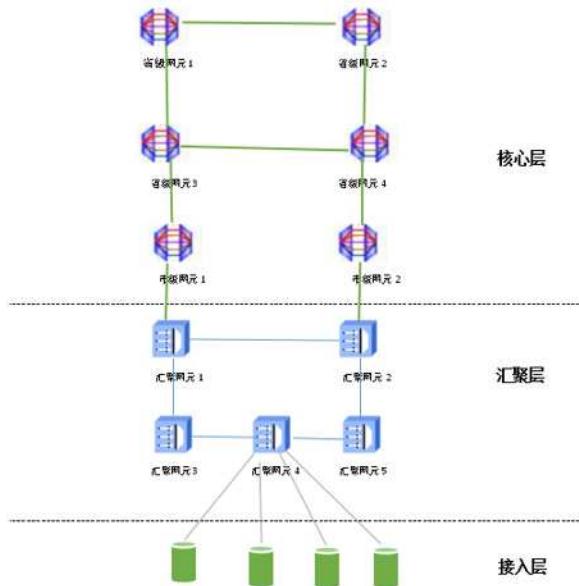
PeOTN 在 OTN 框架下引入分组交换单元，核心特性可概括为“三高一低”：

- 1) 高带宽: 支持 OTU4 (100G)、OTU5 (200G) 接口, OTU6 (400G), 满足政企客户长期带宽增长需求;
- 2) 低时延: 采用 OSU(光切片)技术, 可将传统的 5 层封装结构优化为 3 层, 简化业务封装层级, 单站时延降低 70% 以上, 端到端时延可控制在 5ms 以内 (同区域), 符合金融交易、远程控制等低时延场景;
- 3) 高可靠: 继承 OTN 的光通道保护 (OCP)、子网连接保护 (SNCP) 机制, 可实现业务 “50ms 内自愈”;
- 4) 灵活调度: 基于分组标签 (MPLS-TP) 实现带宽动态分配, 支持 “2M 至 100G 带宽按需无损调整、业务快速开通”。

2 PeOTN 在精品政企专线中的部署方案设计

2.1 部署节奏: 分层部署、分层推进、匹配业务增长

基于政企客户的地域分布与业务优先级, 采用 “核心层先行、汇聚层跟进、接入层补全” 的分层部署节奏。即采用经典的三层网络架构设计, 自上而下分别为核心层、汇聚层和接入层。各层网元功能明确, 分工协作, 共同构建成高效、稳定可靠、可扩展的政企专线网络。



核心层: 作为网络的 “主动脉”, 部署 100G PeOTN 设备, 构建骨干传输环网络。连接省级和市级核心网络节点, 用于覆盖省级、地市级政企核心节点 (如政务云中心、金融数据中心, 医疗、教育等行业中心等), 该层提供高带宽冗余备份能力, 满足跨区域大带宽专线业务需求, 确保跨区域业务高速、稳定、可靠传输;

汇聚层: 作为区域内的 “主干道”, 同样部署 100G PeOTN 设备, 通过环形或链形组网接入核心层。用于覆盖区域内政企汇聚节点 (如政务大厅、中型企业园区), 实现 “区域内业务汇聚” 及业务集中管理和高效转发;

接入层: 作为连接用户的接入节点, 部署 10G PeOTN 设备, 采用星形组网接入汇聚层, 直接面向街道级接入点、小微企业和企业分支机构, 提供灵活、经济的专线接入服务, 满足各类用户的多样化业务需求。

这种分层网络结构不仅保证了网络的高可靠性和扩展性, 也方便后期的维护管理和容量升级, 同时满足各类用户的业务需求。

2.2 组网拓扑: 场景化选型

根据政企客户的业务分布与可靠性需求, 设计三种组网拓扑:

环形拓扑: 适用于核心层、汇聚层, 高可靠性需求场景 (如金融数据中心互联), 通过 “双节点接入 + 环网自愈”, 实现业务零中断, 冗余度高;

星形拓扑: 适用于接入层、小微企业分散接入场景 (如园区内多企业接入), 通过一个汇聚节点覆盖多个接入点, 简化运维、降低成本。

链形拓扑: 适用于业务节点呈线性分布的场景 (如高速公路、铁路监控网), 在长距离线性场景下, 组建链形拓扑, 所需链路最短, 建设成本最低。

2.3 业务承载: 差异化适配政企业务需求

针对政企客户的三类核心业务, 设计专属承载方案:

金融客户专线通过 “硬管道 + 标签隔离”, 强化低时延与安全性, 适配金融交易类高敏感业务; OTN 硬管道和 MPLS 技术, 通过 OTN 光层波长切片 (如 10G/100G 波长) 为金融业务分配单独 OTN 物理传输波道, 与其他业务所用波道实现物理隔离, 避免带宽争抢, 端到端时延可控制在 5ms 以内 (城域场景)。在同一 OTN 波道内业务, 为不同金融客户业务分配独立 MPLS 标签, 实现逻辑层面的二次隔离, 防止数据帧交叉泄露, 将以太网业务 (如金融交易报文) 直接映射到 OTN 帧中, 减少传统 IP 转发的 “以太网 → IP → MPLS → OTN” 多层封装, 进一步降低转发时延, 同时支持毫秒级的故障倒换, 倒换时间 < 50ms。

政务大数据专线以 “环形组网 + 动态扩容” 支撑大带宽下的可靠性, 匹配政务数据的大规模传输需求;

云互联专线用“按需分配+按量计费”实现成本优化，适合云业务的弹性调度场景。

表 1 PeOTN 三层网络架构图

业务类型	核心需求	PeOTN 承载策略	带宽适配范围
金融专线	低时延、高安全采用	高安全采用 OTN 硬管道 +MPLS-TP 标签隔离，减少封装层级	100M~10G
政务大数据专线	大带宽、高可靠	环形组网 + 业务备份，支持带宽动态扩容	1G~100G
云互联专线	灵活调度、低成本	采用“分组虚通道 + 按需带宽分配”，按实际用量计费	500M~50G

2.4 业务保护：构建多层级防护体系

为保障政企业务连续性，设计“设备 - 链路 - 业务”三层保护机制：

设备级保护：核心节点部署主备板卡、主备电源，支持板卡故障自动切换，切换时间 < 50ms；

链路级保护：核心层采用“双纤双向环”及光波道保护 (OCP)；汇聚层采用“链路 1+1 备份”，当主链路中断时，自动切换至备用链路；

业务级保护：对高优先级业务(如金融交易)采用“1+1”路径保护(主备路径同时传输，接收端选优)，对普通业务采用“N+1”共享保护(N 条业务共享 1 条备用路径)，平衡业务可靠性与投资成本。

3 应用效果分析——以某省联通为例

3.1 案例背景

某省联通在 2023 年启动 PeOTN 政企精品网专线建设，覆盖省内 11 个地级市，服务政务、金融、企业客户共 230 余家，替换原有 MSTP 专线 180 余条，提升了客户业务运营效率，网络安全性和数字化金融服务能力。

3.2 关键指标改善

带宽提升：核心层带宽从 MSTP 的 10G 提升至 100G，政务大数据专线的传输速率提升 8~10 倍，可支撑 4K 高清视频会议、跨区域大数据同步；

时延降低：金融专线端到端时延从 MSTP 的 22ms 降至 4.5ms，满足高频交易“时延 < 10ms”的核心要求；

业务可靠性：通过多层保护机制，业务中断率从 MSTP 的 0.3% 降至 0.02%，未发生一起因网络故障导致的政企业务中断事件；

开通效率：专线开通周期从 MSTP 的 72 小时缩短至 18 小时，客户满意度提升 35%。

3.3 成本效益

虽然 PeOTN 初期设备投入比 MSTP 高 30%，但通过“精准匹配业务需求”、“按需带宽分配”“简化运维”，长期运营成本降低；

带宽利用率从 MSTP 的 40% 提升至 85%，减少带宽资源浪费；

运维人员效率提升 50% (单人员可管理的专线数量从 20 条增至 30 条)，年运维成本降低 20%。

4 挑战与未来发展

4.1 当前挑战

兼容性问题：部分老旧政企客户设备仅支持 MSTP 接口，需额外部署 MSAP 设备，增加投资成本；

成本压力：100G 以上 PeOTN 设备成本仍较高，中小政企客户的接入门槛需进一步降低；

智能化不足：AI 驱动的智能运维能力需要进一步提升。

4.2 未来发展

云网融合深度推进：未来 PeOTN 政企精品网专线将与云服务进行更深度的融合，实现云网一体化部署和管理。通过云网协同，为政企客户提供更灵活、高效的云接入和组网服务，满足企业数字化转型过程中对云资源的快速访问和灵活调度需求。

智能化水平不断提高：利用大数据、AI 等技术，实现网络的智能化运维和管理。同时，借助 AI 算法实现智能路由优化、带宽动态分配等功能，提高网络资源的利用率。

服务模式创新：将更加注重客户体验，推出更多个性化、自助化的服务模式。例如，客户可以通过自助服务平台实现业务的自助办理、带宽的按需调整、故障的实时监控和快速定位等，提高客户的运维效率和满意度。

充分利用 SDN/NFV：通过 SDN 控制器提供全局网络视图和网络调度能力，实现 PeOTN 网络的集中化调度、运维。结合 NFV 部署虚拟化业务功能(如防火墙、流量清洗)，SDN 与 NFV 协同工作将大幅度提升网络灵活性、敏捷性和运维效率；

绿色节能：研发低功耗 PeOTN 芯片，优化设备散热设计，降低网络运行能耗，契合“双碳”目标。

5 结论

本文针对政企精品网专线升级需求，设计了 PeOTN 网络的分层部署方案，通过场景化组网、差异化业务承载、多

层级保护，实现了“高带宽、低时延、高可靠”的政企精品专线承载目标。结合实际应用案例表明，PeOTN 可有效替代 MSTP，在带宽提升、时延控制、可靠性保障方面优势显著，同时通过长期成本优化，具备经济可行性。未来，随着 PeOTN 与云网、SDN/NFV 深度融合，其在政企数字化转型中的支撑作用将进一步凸显，为运营商与政企客户创造双赢价值。

参考文献：

[1] ITU-T G.709. 光传送网(OTN)的接口标准 [S]. 2020.

[2] 工业和信息化部. “十四五”信息通信行业发展规划 [Z]. 2021.

[3] 刘太蔚, 郭祥明, 韩磊. 某省联通 PeOTN 网络部署方案研究 [J]. 邮电设计技术, 2022 (6):45-49.

[4] 牛文林, 陆源, 张立明. 基于 PeOTN 的云网融合方案研究及实践 [J]. 山东通信技术, 2023 (3):1-5.

作者简介: 赵凤霞(1978—),女,汉族,山东省郓城县,大学本科,工程师,研究方向为光传送网。