

OTN 政企精品网双节点保护技术 研究及应用探讨

Research and Application of Dual-Node Protection Technology in OTN High-Quality Government and Enterprise Premium Networks

王丽琼¹, 杨锐¹, 尹祖新¹, 李鲜花², 赵铭浩¹, 张智¹, 栾昊立¹ (1. 中国联通研究院, 北京 100048; 2. 中国联通山西分公司, 山西太原 030006)

Wang Liqiong¹, Yang Rui¹, Yin Zuxin¹, Li Xianhua², Zhao Minghao¹, Zhang Zhi¹, Luan Haoli¹ (1. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China; 2. China Unicom Shanxi Branch, Taiyuan 030006, China)

摘要:

作为承载政企客户生产、办公等重要业务的网络, OTN 政企精品网安全稳定运行至关重要。近年来, 基于 OTN 政企精品网的双节点保护技术逐步成熟, 为提升 OTN 政企精品网健壮性提供了新的可能。分析了 OTN 政企精品网业务特征、现有保护方式存在的问题和双节点保护技术的优劣势, 探讨了在 OTN 政企精品网引入双节点保护技术的策略, 总结了现网试点发现的问题以及下一步的优化方向。

Abstract:

As a network that carries important services such as production and office operations for government and enterprise customers, the secure and stable operation of the OTN high-quality government and enterprise network is of crucial importance. In recent years, the dual node interconnection protection technology based on the OTN high-quality government and enterprise network has gradually matured, providing new possibilities for enhancing the robustness of the OTN high-quality government and enterprise network. It analyzes the business characteristics of the OTN high-quality government and enterprise network, the problems existing in the current protection methods, the advantages and disadvantages of dual node interconnection protection technology, explores strategies for introducing dual node interconnection protection technology into the OTN high-quality government and enterprise network, and summarizes the problems found in the field test as well as the next optimization direction.

Keywords:

OTN; High-quality government and enterprise network; Dual node interconnection protection

引用格式: 王丽琼, 杨锐, 尹祖新, 等. OTN 政企精品网双节点保护技术研究及应用探讨[J]. 邮电设计技术, 2026(3): 64-68.

0 引言

政企组网专线是电信运营商为满足政企客户自组网需求, 提供的点到点或点到多点的专用通道, 可为政企客户提供多种速率、不同可用率等级的高可靠、低时延专线服务。随着企业数字化转型加速, 专线作为企业数字化的基础, 增长较快, 年增长高达

14%。同时, 政府、金融、医疗、互联网、工业等高价值行业用户对专线安全性、可靠性、带宽、时延、智能化提出了更高的要求。在此背景下, 基于 OTN/PeOTN 技术的政企精品网(下文简称政企专网)应运而生^[1]。

在过去几年, 各运营商政企专网的建设重点均在加强覆盖上, 随着网络覆盖持续完善, 政企专网可满足业务的快速接入需求, 建设重点正向更高品质转移。几起重大灾害, 如长沙电信机房起火、郑州暴雨等导致网络大面积故障, 将网络可靠性需求提升到空

关键词:

OTN; 政企精品网; 双节点保护

doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2026.03.012

文章编号: 1007-3043(2026)03-0064-05

中图分类号: TN913

文献标识码: A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



收稿日期: 2026-01-20

前高度。2023年3月7日,工信部发布《工业和信息化部办公厅关于做好2023年信息通信业安全生产工作的通知》,明确要求“在规划、建设阶段,同步考虑网络运行安全问题,从网元等层面持续加固网络,做好重要设备、链路、业务系统的冗余配置,建立热备或双活机制,提升网络韧性”。各运营商纷纷跟进,相继发布坚强网络行动计划及举措,政企专网健壮性成为业界关注的重要课题。

1 运营商政企专网现状

1.1 政企专网网络架构

如图1所示,在网络架构上,政企专网分为骨干段、省干段、本地段,层间通过单节点双链路、双节点双链路、双下行等方式互联实现跨地(市)、跨省业务承载^[2]。

1.2 政企专网承载业务分析

根据业务起始点分布,政企专网承载业务分为跨省业务、跨地(市)业务、地(市)内业务3类。通过对典型地(市)的业务分析发现,跨省业务占比约为5%,跨地(市)业务占比约为10%,地(市)内业务占比约为85%,即大量业务集中在地(市)内。

从业务速率分布来看,近年典型地(市)新增业务中,GE及以上速率业务的占比仅为1%,100 Mbit/s至1 Gbit/s速率业务的占比为29%,而100 Mbit/s及以下速率的占比则高达70%。

在承载方式上,根据业务速率,政企专网承载方

式分为Client、EoO、EoS 3种。Client方式根据业务速率匹配合适的ODU容器,不对业务进行限速。EoO方式将以太业务封装进合适的ODU容器在网内进行传输。EoS方式将业务封装进合适的VC容器在网内进行传输。业务承载方式一般由业务类型和带宽决定,OTN业务承载方式为Client,GE及以上速率以太业务的承载方式为EoO,GE以下速率以太业务的承载方式一般为EoS。从政企专网承载业务速率分布可以看出,现网大量的业务通过EoS方式承载。

1.3 政企专网业务保护方式分析

配置保护是提高网络健壮性、业务可靠性的重要手段,政企专网除了配置网络级整体保护(如OMSP)外,也针对单条业务进行了保护。政企专网业务保护采用单节点分段保护方式。如图2所示,A、B、C、D、E、F为分段保护点,业务工作路径、保护路径同时经过分段保护点。EoS业务采用分段VC SNCP保护方式,Client/EoO业务采用分段ODUk SNCP保护方式。

1.4 现有保护方式分析

现网普遍采用单节点分段保护,主要原因如下。一是为了抗多点断纤,这是因为光纤故障发生概率最高,如果采用端到端保护,当工作路径和保护路径同时发生光纤故障时,业务将中断,而采用分段保护,则可以避免工作路径、保护路径同时发生光纤故障时业务中断的风险。二是因为之前网络中存在仅有单个节点的问题,比如地(市)单个核心节点、省干单节点、骨干单节点等,此情况随着运营商坚强网络行动计划

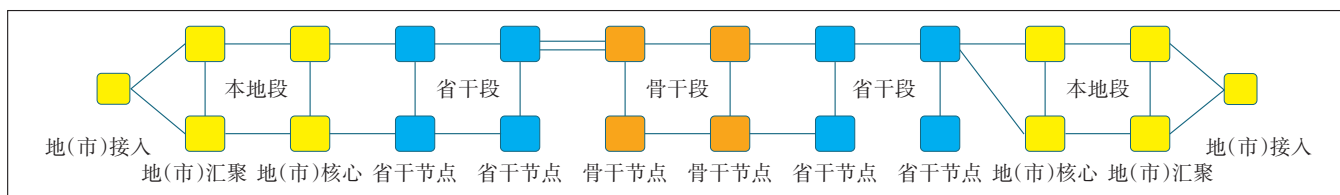


图1 政企专网网络架构

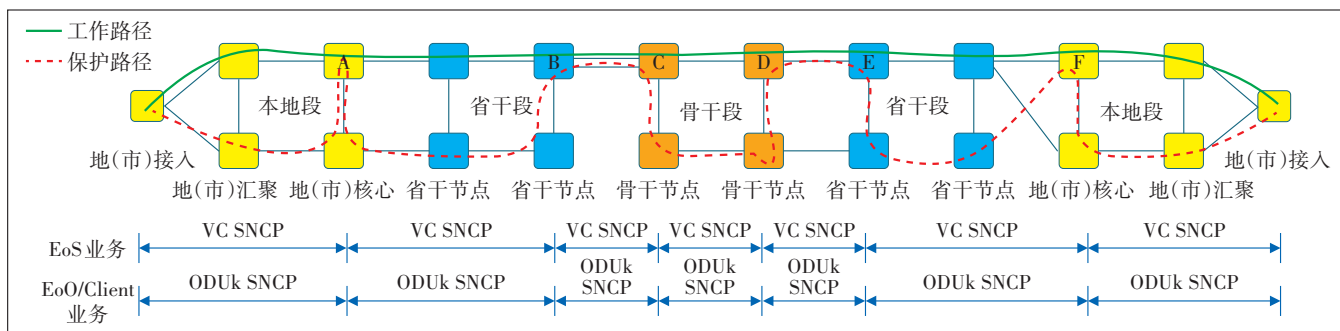


图2 政企专网业务保护方式

的落地,已基本消除。

单节点分段保护存在单节点故障隐患,当分段保护点故障时,业务将发生中断。虽然从统计数据来看,相比光纤故障,节点故障发生概率极低,但其影响范围极为广泛。如果地(市)核心分段点发生故障,将导致所有业务中断^[3]。

针对政企专网的双节点保护(Dual Node Interconnection Protection, 下称 DNI 保护)技术逐渐成熟,在网络具备双节点条件下,引入 DNI 保护可以同时抗击多次断纤和分段点故障。

2 DNI 保护技术介绍及优缺点分析

DNI 保护技术通过节点间的互相备份实现,单节点分段保护与 DNI 保护的对比如图 3 所示。

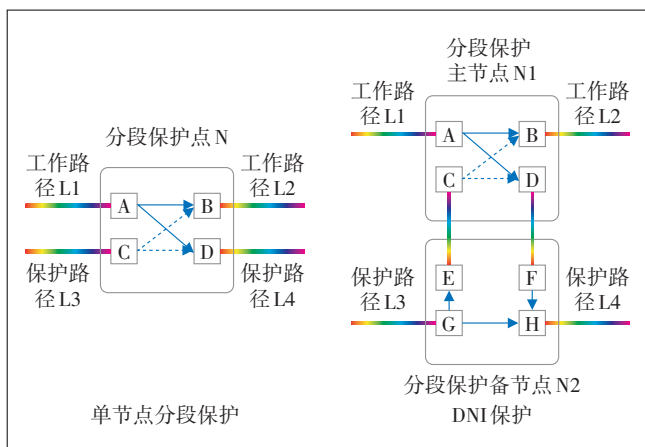


图 3 单节点分段保护与 DNI 保护对比

单节点分段保护在保护分段点处单向设置 2 个 SNCP 选收,收端 A 将来自工作路径 L1 的业务同时交叉至发端 B、D,收端 C 将来自保护路径 L3 的业务同时交叉至发端 B、D,发端 B 选收来自 A、C 的业务,将其发送到工作路径 L2,发端 D 选收来自 A、C 的业务,将其发送到保护路径 L4。

DNI 保护的分段点分为主、备 2 个节点,2 个节点进行桥接。在分段保护点处,单向设置 3 个 SNCP 选

收,主节点收端 A 将来自工作路径 L1 的业务交叉至发端 B,同时通过桥接点 D 发送到备节点的桥节点 F,备节点收端 G 将来自保护路径 L3 的业务交叉至发端 H,同时通过桥接点 E 发送到主节点的桥节点 C。主节点发端 B 选收来自收端 A、桥接点 C 的业务,将其发送到工作路径 L2,备节点发端 H 选收来自收端 G、桥接点 F 的业务,将其发送到保护路径 L4。

在单节点分段保护模式下,当工作路径 L1 故障时,业务路径切换至 L3—L2,当工作路径 L1 和 L2 同时故障时,业务路径切换至 L3—L4,当分段保护点 N 故障时,业务发生中断。即单节点分段保护可以抗多点断纤,无法抗节点故障。

在 DNI 保护模式下,当工作路径 L1 故障时,业务路径切换至 L3—L2,当工作路径 L1 和 L2 同时故障时,业务路径切换至 L3—L4,当分段保护主节点 N1 故障时,业务路径切换至 L3—L4。即 DNI 保护可以同时抗击多点断纤和节点故障。

以图 4 所示的网络拓扑为例,节点 A、B 为分段保护点,单节点分段保护可以抗光纤故障 1、2,无法抗分段保护点故障 3,DNI 保护可以同时抗光纤故障 1、2 和分段保护点故障 3。

通过上述分析可知,DNI 保护可以同时抗多点断纤和分段点故障,提升业务可靠性。

但 DNI 保护会消耗更多的网络资源。与单节点分段保护相比,DNI 保护模式下,业务在分段保护点占用的线路端口容量翻倍,占用的交叉从单向 2 个变为 3 个。在图 4 的网络模型下,配置 DNI 保护,业务占用线路侧端口容量将提升 15%。

3 DNI 保护引入策略探讨

要引入 DNI 保护,首先需要对网络进行改造,使其符合双节点、口字型结构。在此网络结构上,将业务配置为 DNI 保护。

3.1 网络结构改造

以图 1 所示的网络结构为例,需要将网络中的单

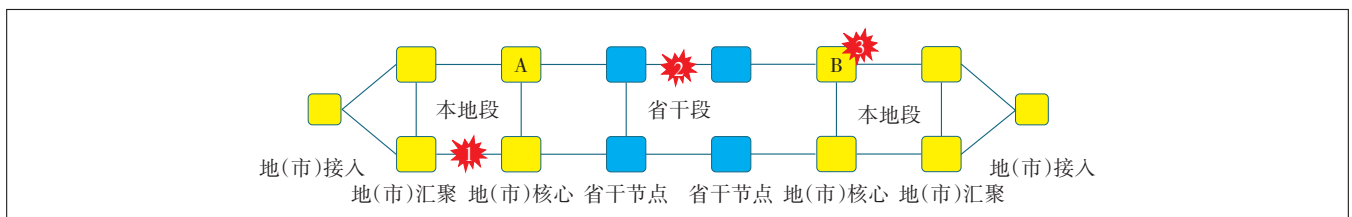


图 4 DNI 保护抗故障能力

节点双链路、双上联结构改造为标准口字型结构(见图5)。

3.2 业务保护配置建议

本地网内业务端到端距离较短,路由长度普遍在200 km以内,多点断纤发生概率较低,在网络具备双节点的基础上,建议将业务保护方式配置为端到端SNCP,无单节点故障风险,可以抗单点断纤。

如图6所示,对于跨地(市)业务,建议将地(市)2个核心节点设置为DNI保护的主备节点(DNI保护对),对业务进行分段保护。

如图7所示,对于跨省业务,建议将地(市)2个核心节点、2个省出口节点设置为DNI保护对,对业务进行分段保护。

4 现网试点结果及下一步优化建议

4.1 现网试点情况分析

试点网络拓扑如图8(a)所示,将地(市)M的核心节点A和C、地(市)N的核心节点B和D设置为DNI保护对。在地(市)M、N之间配置带DNI保护的1 000 M Client业务,模拟节点A掉电、链路L1断纤共2个并发故障。

通过设备厂家控制器下发业务后,工作路径、保护路径如图8(b)所示。模拟节点A掉电,业务路径倒换,如图8(c)所示;约5 min后,路径再次倒换,如图8(d)所示;模拟链路L1断纤,业务路径倒换,如图8(e)所示;恢复2处故障后,业务路径恢复如图8(f)所示。

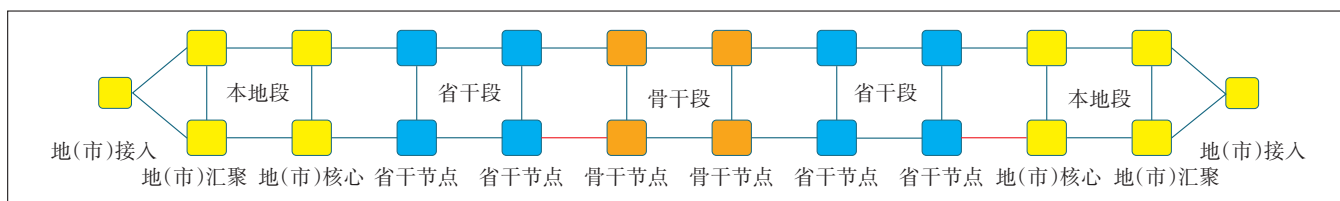


图5 网络改造为口字型

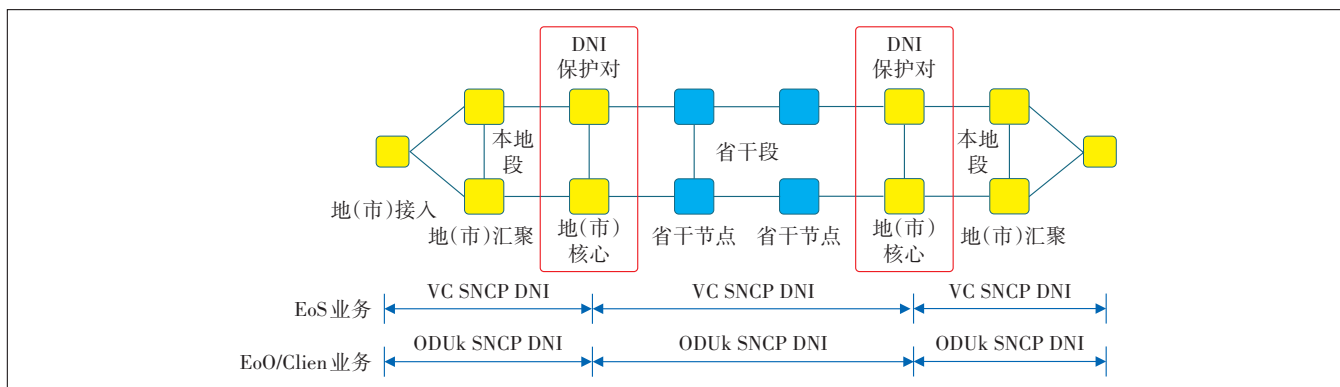


图6 跨地(市)业务DNI保护配置建议

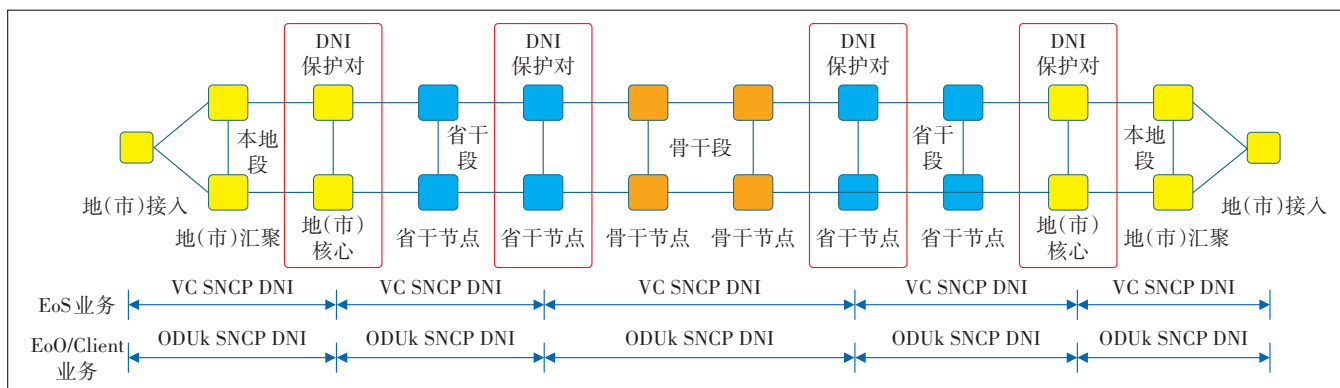


图7 跨省业务DNI保护配置建议

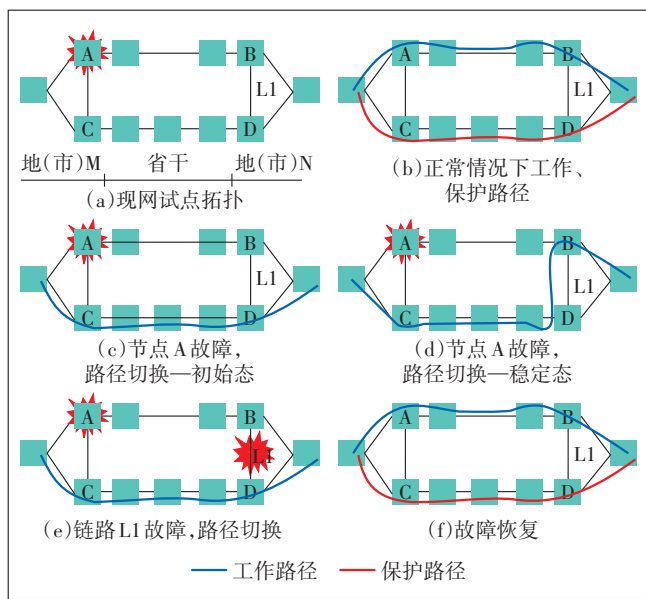


图8 现网DNI保护测试结果

配置不同速率、不同承载方式的业务,重复以上操作,业务倒换、恢复时间如表1所示。

表1 不同业务故障倒换、恢复时间

序号	业务速率/M	承载方式	节点A故障第1次倒换时间/ms	节点A故障第2次倒换时间/ms	链路L1故障倒换时间/ms	故障恢复时间/ms
1	1 000	Client	40	49	40	43
2	1 000	EoO	31	32	30	11
3	2	EoS (VC12)	205	185	202	182
4	20	EoS (VC12)	172	128	118	33
5	40	EoS (VC3)	13	17	16	16
6	50	EoS (VC3)	17	17	16	16
7	50	EoS (VC4)	19	12	17	15

从测试结果可以得出以下结论。

a) 除采用VC12承载方式外,其余业务倒换、恢复时间均符合电信级50 ms的要求。经分析发现,VC12承载方式造成的倒换、恢复超时问题,与设备实现无关,需要从标准层面进行改进。

b) 在故障情况下,业务倒换、恢复符合预期。但在节点A发生故障时,业务路径倒换了2次。第1次出现业务端到端倒换,第2次倒换后无故障保护段恢复至正常状态,并保持稳定。多次验证与分析发现,出现了故障传递的问题,需要从设备实现方式上进行优

化。

c) 测试中采用厂家控制器下发业务,暂不支持北向接口。

4.2 下一步优化建议

总结现网试点情况,为促使DNI技术成熟可应用,建议从以下3个方面进行推进及优化。

一是推进从标准层面解决VC12承载方式故障倒换恢复超时问题。在标准改进、设备实现完成之前,如果设备支持,建议采用VC3承载小颗粒业务,减少对VC12的使用。二是解决故障传递的问题。根据第3.2节,DNI保护主要用于跨地(市)业务及跨省业务,业务路径长,故障传递会造成对端地(市)/省路径倒换,给网络维护带来复杂性,需在网络正式配置DNI保护之前解决此问题。三是推进北向接口规范。设备供应商应加快北向接口开发及支持工作,电信运营商也应加快SDN系统开发及支持工作。

5 总结

随着企业数字化转型深入,政企专线的可靠性要求持续提升。DNI保护可以抗分段点故障,有效提升政企专网的健壮性和政企专线的可靠性,适用于路径较长的跨地(市)业务及跨省业务。

但当前的DNI保护技术尚存在缺陷:VC12承载方式倒换恢复严重超时;故障倒换存在跨分段传递的问题;暂不支持北向接口,业务无法通过SDN系统下发。后续需从以上3个方向提出解决方案,推动DNI保护技术的完善。

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.
- [2] 武斌,陈永,刘蓓蕾,等.基于政企OTN专网技术的研究与泛化应用[J].电信工程技术与标准化,2024,37(4):64-69.
- [3] 余理.传送网跨域双节点双归保护的设计与实现[D].武汉:武汉邮电科学研究院,2019.

作者简介:

王丽琼,高级工程师,硕士,主要从事光网络技术及策略研究工作;杨锐,高级工程师,硕士,主要从事光网络技术及策略研究工作;尹祖新,教授级高级工程师,硕士,主要从事光网络技术及策略研究工作;李鲜花,高级工程师,硕士,主要从事光网络技术及策略研究工作;赵铭浩,高级工程师,硕士,主要从事光网络技术及策略研究工作;张智,高级工程师,硕士,主要从事光网络技术及策略研究工作;栾昊立,工程师,硕士,主要从事光网络技术及策略研究工作。