

政务外网解决方案研究

Research on Government External Network Solution

晁夫君¹,王新贺²,孙明伟³,柴后青³,董鑫浓³,王文浩⁴,朱磊⁵(1. 中国电信股份有限公司山东分公司,山东 济南 250101;2. 中通服咨询设计研究院有限公司,江苏 南京 210000;3. 中国人民解放军31401部队,辽宁 沈阳 110143;4. 聊城大学,山东 聊城 252000;5. 济宁市兖州区国防动员办公室,山东 济宁 272100)

Chao Fujun¹,Wang Xinhe²,Sun Mingwei³,Chai Houqing³,Dong Xinnong³,Wang Wenhao⁴,Zhu Lei⁵(1. China Telecom Corporation Limited Shandong Branch,Jinan 250101,China;2. China Comservice Consulting & Design Institute Co.,Ltd.,Nanjing 210000,China;3. Unit 31401,PLA,Shenyang 110143,China;4. Liaocheng University,Liaocheng 252000,China;5. Jining Yanzhou District National Defense Mobilization Office,Jining 272100,China)

摘要:

针对传统政务外网在带宽、灵活性、安全性和运维管理方面面临的挑战,提出了一种基于SD-WAN与OTN深度融合的创新政务外网解决方案。该方案结合了SD-WAN的智能路径选择和动态调度能力与OTN的高带宽、低时延、高可靠性特点,构建了安全、高效、智能的政务外网架构。结果表明,该方案显著提升了传输效率,增强了安全防护能力,实现了智能化运维管理,为政务外网的升级提供了技术参考和实践借鉴。

关键词:

政务外网;SD-WAN;OTN;SRv6;融合

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2026.06.014

文章编号:1007-3043(2026)06-0076-06

中图分类号:TN913

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

To address the challenges faced by traditional government external networks in bandwidth, flexibility, security, and operation management, an innovative government external network solution based on the deep integration of SD-WAN and OTN is proposed. This solution combines the intelligent path selection and dynamic scheduling capabilities of SD-WAN with the high-bandwidth, low-latency, and high-reliability features of OTN, constructing a secure, efficient, and intelligent government external network architecture. The results demonstrate that this solution significantly improves transmission efficiency, enhances security protection, and achieves intelligent operation management, providing technical insights and practical references for the upgrade of government external networks.

Keywords:

Government external network;SD-WAN;OTN;SRv6;Integration

引用格式:晁夫君,王新贺,孙明伟,等. 政务外网解决方案研究[J]. 邮电设计技术,2026(6):76-81.

0 前言

随着信息技术的数字化和全球化进程加速,企业分支机构面临在更广地域内通过多样化运营商网络实现快速互联的需求。同时,企业业务向云端迁移的趋势显著,传统分支机构、总部和数据中心需要更灵活地接入互联网、公有云及SaaS应用。因此,构建高效、敏捷的企业WAN网络,实现多云多网的无缝互联,已成为企业数字化转型的关键^[1]。2024年,中国

SDN市场规模达96亿元,其中SD-WAN应用场景的占比为34%,市场规模约为33亿元。随着智能计算中心建设和企业数字化转型的推进,预计数据中心和SD-WAN场景的市场比重将进一步扩大^[2]。

SD-WAN作为企业网络的通用平台,支持跨地域、跨平台、跨链路的多样化数据传输,实现“云一边一端”应用的全方位贯通。该技术不仅保障了新基建中各基础设施间的数据共享与应用融合,还以其可演进、软件可控、内生安全等特性,为企业信息化提供了全面的网络架构支撑。SD-WAN的普及将为企业数字化转型提供强有力的网络基础设施保障,推动企业

收稿日期:2026-05-25

网络向更智能、灵活和安全的方向发展^[3]。

1 SD-WAN 政企业务承载方案

SD-WAN作为基于软件定义网络(SDN)的广域网解决方案,为企业分支机构提供了创新的网络互联方案,有效解决了传统广域网面临的诸多挑战。

1.1 SD-WAN 技术特点

1.1.1 虚拟化网络架构

SD-WAN通过将应用程序流量与底层物理层或传输层解耦,实现了网络传输的虚拟化叠加。该技术整合来自不同服务提供商的多个网络链路,构建统一的虚拟资源池,形成高度灵活的虚拟广域网(Virtual WAN)^[4]。

1.1.2 智能化服务分发

SD-WAN的可编程性不仅体现在连通性策略上,还扩展到对网络服务的智能管理方面。无论网络服务位于分支机构的客户端设备、云端还是区域性和企业的数据中心,SD-WAN都能通过业务级别的抽象,简化服务分发节点的路由和配置策略。

1.1.3 优化硬件成本效益

SD-WAN通过采用商用硬件和网络设备,显著提高了性价比和部署灵活性。

1.1.4 自动化策略管理框架

SD-WAN支持业务级别策略的抽象定义,这些策略通常跨越多个数据平面组件,并能在网络发生变化时保持稳定^[5]。

1.1.5 全方位性能监控

SD-WAN提供对各类物理传输、服务提供以及远

程站点的统一监控和可视化功能。这种监控能力不仅包括商业级别的可视化(如应用利用率和网络资源利用率),还通过数据平面的所有组件实现了详尽的性能监控,为网络优化和故障排查提供了有力支持。

1.2 SD-WAN 政企专线承载方案

SD-WAN通过全面整合软件定义网络(SDN)技术、可编程的SRv6 Underlay网络以及云虚拟化能力,为政企客户提供快速部署的云网融合解决方案。如图1所示,SD-WAN网络架构在垂直方向上可划分为3个关键层次:云网协同层、Underlay控制层和转发层。

1.2.1 云网协同层

云网协同层基于Overlay SD-WAN的端到端业务请求,实现Underlay网络与数据中心网络资源的智能协同。在网络层面,该层能够根据业务需求动态分配带宽和路径,提供不同服务等级协议(SLA)的网络连接;在云资源层面,通过整合云内资源并结合虚拟网络功能(VNF)应用,为用户提供丰富的增值服务。这种协同机制确保了网络资源的高效利用和业务需求的精准匹配^[6]。

1.2.2 Underlay控制层

Underlay控制层采用分域管理机制,对城域/省网、骨干网以及数据中心网络资源进行统一管理。各域资源分别由对应的城域/省网控制器、骨干网控制器及数据中心控制器进行管理。这种分层控制架构实现了网络资源的精细化管理和优化配置,为上层应用提供了可靠的网络基础。

1.2.3 转发层

转发层在水平方向上可划分为3个关键段,具体

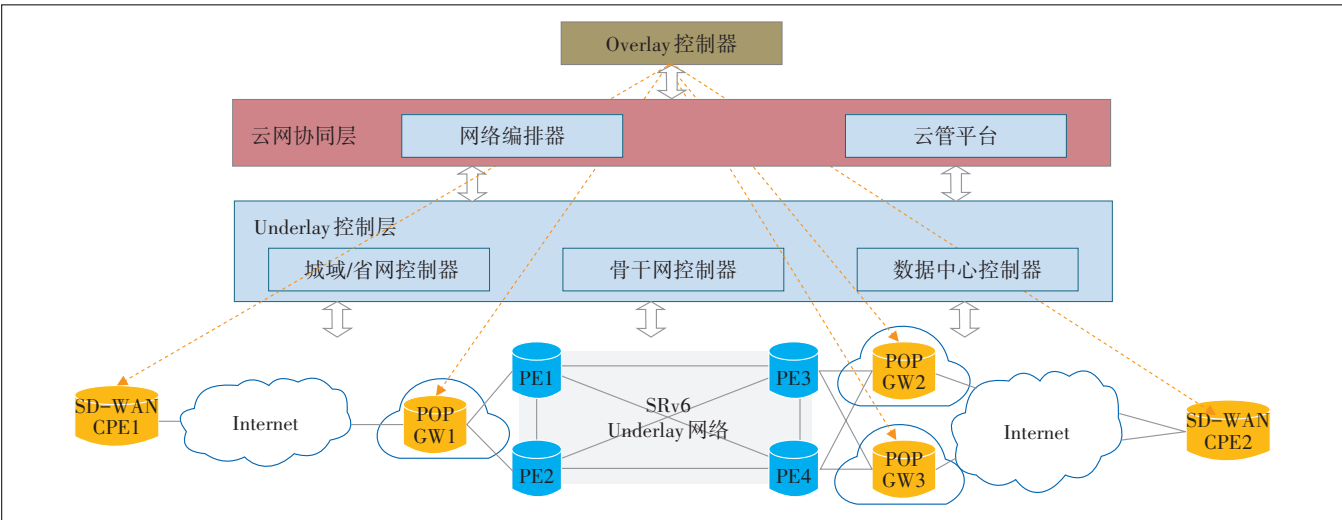


图1 SD-WAN网络总体架构

如下。

a) 接入段。该段连接SD-WAN CPE(客户终端设备)和PoP GW(接入网关),支持多种网络接入方式,包括Internet、专线、4G/5G、光纤等,确保灵活的网络接入能力。

b) 汇聚段。该段包括PoP GW及其关联的数据中心资源,以及PoP GW与骨干网的互联网络,实现流量的高效汇聚和转发。

c) 骨干段。该段基于支持SRv6能力的骨干网,提供高性能、高可靠性的长距离数据传输。

SD-WAN控制器作为整个网络的核心管理单元,负责管理企业站点的CPE设备、云内的SD-WAN网关(如PoP GW)以及提供增值业务的安全VNF等设备。通过集中化的控制和管理,SD-WAN实现了网络资源的智能调度和优化配置,为政企客户提供高效、安全、可靠的专线承载方案^[7]。

2 OTN网络政企业务承载方案

2.1 OTN技术特点

2.1.1 超大带宽传输能力

OTN专线采用先进的波分复用(WDM)技术,通过单根光纤同时传输多个波长的光信号,每个波长可承载高达100 Gbit/s甚至更高速率的业务信号。通过多波道并行传输,OTN专线总带宽可达TB级别,能够轻松满足大数据传输、4K/8K超高清视频、实时视频会议等高带宽业务的需求。这种超大带宽特性为政企客户未来扩展业务提供了充足空间。

2.1.2 超低传输时延

OTN网络利用光信号在光纤中的高速传输特性,信号传输速度接近光速(约2/3光速)。同时,OTN网络采用简化的信号处理架构,减少了中间处理环节,使得端到端传输时延显著降低。与传统的电信号传输网络相比,OTN专线能够为时延敏感型业务(如金融交易、实时控制等)提供更优的传输性能。

2.1.3 灵活带宽配置

OTN专线支持动态带宽分配机制,可根据用户实际业务需求灵活调整带宽资源。通过智能波长调度系统,OTN能够实现不同波长或波长组的动态分配,为各类业务提供差异化的带宽服务。这种按需分配的带宽配置方式不仅提高了网络资源利用率,还为用户提供了更具成本效益的带宽解决方案。

2.1.4 高可靠性保障

a) 网络冗余设计。OTN网络采用双纤双向、环形组网等冗余拓扑结构,具备强大的自愈能力。当网络出现单点故障时,系统可在50 ms内完成保护切换,确保业务连续性。这种高可靠性设计特别适合对网络可用性要求极高的政企关键业务。

b) 先进纠错技术。OTN采用前向纠错(FEC)算法,在光信号传输过程中实现误码检测和纠正。

c) 多层保护机制。OTN网络提供光线路保护(OLP)、光通道保护(OCF)等多层保护机制。这些保护方案能够在光层实时监测信号质量,当检测到光功率异常或光纤断裂等故障时,系统将自动启动保护切换,最大程度减少业务中断时间。

2.1.5 智能化管理能力

a) 集中化网络管理。OTN网络采用统一的网络管理系统(NMS)实现对全网设备、链路和业务的集中监控与管理。管理员可通过图形化界面实时掌握网络运行状态、性能指标和告警信息,提高网络运维效率。

b) 端到端业务管理。OTN管理系统支持业务的端到端全生命周期管理,包括业务开通、配置、调度和故障排查等。通过可视化的业务管理界面,管理员能够快速定位和解决业务运行中的问题,提升业务保障能力。

c) 智能性能优化。基于大数据分析技术,系统能够自动识别网络性能瓶颈,提供优化建议,帮助管理员持续提升网络服务质量。

2.2 OTN政企专线承载方案

OTN政企专线承载方案采用分层架构设计,为企业提供高可靠、高性能的专线服务。OTN网络政企业务承载架构如图2所示。

2.2.1 企业接入层

在企业端部署客户终端设备(CPE),通过百兆或千兆带宽上行至运营商就近的OTN接入点机房。CPE设备支持多种接口类型,可根据企业实际需求灵活配置,确保业务快速接入。

2.2.2 地(市)汇聚层

企业接入CPE通过运营商政企OTN网络汇聚至地(市)核心机房的汇聚CPE设备。汇聚CPE实现地(市)内所有企业用户业务的集中落地,采用双链路与地(市)政企OTN核心设备及核心交换机互联,确保网络的高可用性。这种双链路设计不仅提高了网络可靠性,还实现了负载均衡,优化了网络性能。

2.2.3 省级骨干层

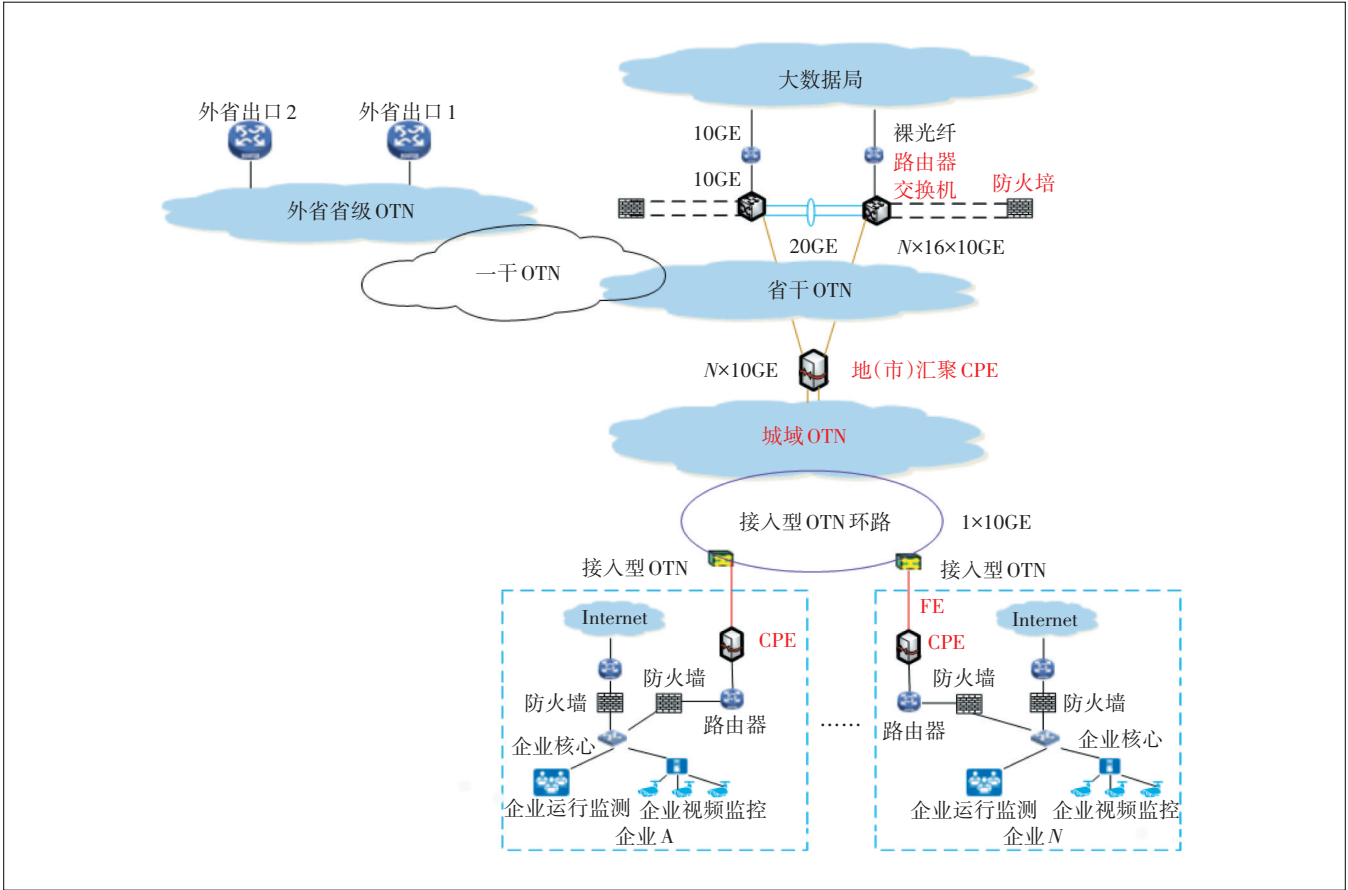


图2 OTN网络政企业务承载架构

地(市)汇聚CPE通过运营商省干OTN网络,采用双上联的方式连接至核心交换机。核心交换机负责打通政务外网,实现与政务云网络的互联互通。这种双上联设计进一步增强了网络的可靠性和容灾能力。

2.2.4 跨省互联层

在省级业务OTN节点,与一干OTN开通专用电路,提供省外业务出口。这种设计不仅满足了跨省业务的需求,还实现了全国范围内的业务互联,为政企客户提供更广泛的业务覆盖。

3 业务承载方案对比分析

SD-WAN与OTN作为2种主流的政企业务承载技术,在应用场景、性能特性、安全机制、运维管理和成本效益等方面各具特色。政企业务承载方案对比如表1所示^[7]。

综合分析,OTN更适合对带宽、时延和安全性要求极高的核心业务场景,如金融交易、数据中心互联等,但成本较高且灵活性有限。SD-WAN则更适合多

分支、混合链路的企业组网场景,具有成本低、部署快、运维简单等优势,但在安全性方面需要依赖供应商解决方案。

4 SD-WAN与OTN融合政务外网承载方案

政务外网业务对承载网络提出了高可靠性、高带宽、灵活扩展和安全隔离等要求,单一技术方案难以兼顾各类应用场景。结合SD-WAN和OTN各自的优势,针对网络分层和典型业务需求,设计融合承载方案,具体如下。

4.1 分层架构与技术选型

4.1.1 接入层

接入层主要负责分支机构、园区及终端的网络接入,业务多样且变化频繁。本层选用SD-WAN技术,通过在用户侧部署CPE设备,实现多链路接入(如互联网、4G/5G)、分支组网、本地上网、云服务接入等功能。SD-WAN可灵活下发业务策略,支持视频、数据等不同类型的业务的隔离和优先级处理,便于大规模部

表 1 政企业务承载方案对比

对比维度	OTN	SD-WAN
技术定位	传统大容量、长距离光纤传输技术,适用于高带宽需求的骨干网场景	基于软件定义的广域网优化技术,适用于多分支、混合链路的企业组网场景
带宽能力	超高速率(10~100 Gbit/s+)	灵活组网,支持混合链路(MPLS、互联网、4G/5G)
时延与性能	超低延迟、高稳定性	成本低,动态路径优化
运维方式	物理层隔离,安全性高	集中管理,简化运维
部署与扩展性	部署周期长,扩展性差	依赖互联网链路,可能受公网波动影响
成本结构	成本高昂(专线租赁费用高)	安全性依赖供应商解决方案
灵活性	灵活性不足	需专业人员配置以避免策略错误
带宽实际表现	极高:支持 10 Gbit/s 及以上,适合数据中心互联等高带宽场景	灵活:取决于链路类型(如宽带、MPLS 等),通过智能路由优化实际性能
扩展方式	有限:硬件依赖性强,扩展需要新增物理设备	优秀:灵活组网、快速扩展分支、优化多云访问
安全性	物理层安全:专用光纤链路,天然隔离,无需额外加密	软件层安全:端到端加密、零信任模型、集成防火墙等,但需依赖供应商安全策略
运维复杂度	高:需专业团队维护硬件设备,配置复杂且周期长	低:通过集中控制平台实现自动化配置、监控和更新,减少人工干预
总体成本	高昂:专线租赁、硬件购置及运维成本均较高	较低:利用廉价互联网链路,动态优化带宽使用,降低租用成本

署和统一管理。与原有方案相比,SD-WAN在接入层可实现多链路智能切换和策略化管理,提高了分支扩容的效率和业务上线速度。某市政务外网采用融合方案后,在实际运行中其业务故障切换时间缩短至 10 s 以内,链路利用率提升 30%。

4.1.2 汇聚层

汇聚层一般位于地(市)或区域机房,负责分支流量的集中转发。本层采用SD-WAN与OTN协同的方式,通过SD-WAN POP节点和虚拟转发平台(VCPE),将业务流量分级汇聚至OTN专线或互联网链路。对于时延、带宽、可靠性要求较高的业务,优先引流至OTN专线,其他普通业务则分配至互联网链路。双路设计提高了故障切换和负载均衡能力,保障业务连续性。例如,政务视频会议流量可通过OTN专线保障质量,办公邮件流量则由互联网承载,降低专线压力。融合方案在汇聚层实现了业务分级调度,关键业务优先保障、普通业务资源优化,显著提升了网络弹性和安全性。

4.1.3 骨干层

骨干层连接地(市)汇聚点与省级数据中心,可采

用OTN专线进行承载。OTN光纤链路具备高带宽、低时延、物理隔离和多层保护等特点,适合政务核心数据和重要业务传输。骨干OTN支持波分复用(见图3),可满足大规模数据互联的需求,提高整体网络的性能。OTN专线可根据业务发展灵活扩展带宽,满足政务外网业务持续增长的需求。

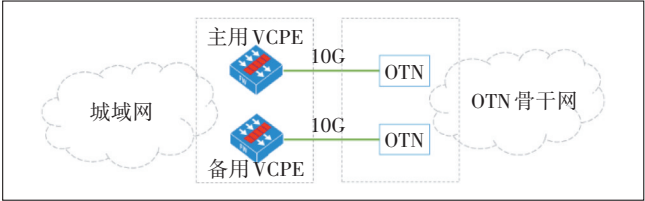


图3 波分传输方案示意

4.2 方案架构与管理

通过SD-WAN平台集中下发网络地址规划,前端设备被分配固定IP,以便于统一管理和安全监管。CPE设备支持多接口配置,通过端口区分实现业务隔离和优先级调度。VCPE平台在汇聚层实现流量智能分流和高效转发,分别接入OTN和互联网链路,增强网络弹性。

SD-WAN与OTN网络政务外网承载架构如图4所示,SD-WAN负责接入和汇聚层的灵活组网、策略管控和普通业务承载,OTN专线在骨干层保障关键业务的高质量传输。该方案有效提升了网络的可管理性和运维效率。

4.3 与传统方案的对比及优势

传统政务外网组网多采用专线或单一互联网链路,业务扩展不便,资源利用率低,难以满足关键业务保障要求。融合方案根据业务类型和层级,灵活选用SD-WAN或OTN,关键业务优先分流至OTN专线,普通业务走互联网,提升了资源利用率和业务保障能力。相比单一组网模式,融合方案能够自动切换链路、支持多路径冗余,显著提升了网络可靠性和容灾水平。

此外,双路设计支持自动切换,增强了容灾和业务连续性;地址统一规划、策略集中管理简化了运维流程,提高了安全性。本方案的整体网络的可靠性、扩展性和成本效益均优于原有方案,更适应政务外网多样化和分级化的业务需求。

本方案实现了SD-WAN与OTN的优势互补,针对各层级和业务场景科学选型,为政务外网高效承载提供了切实可行的技术路径。

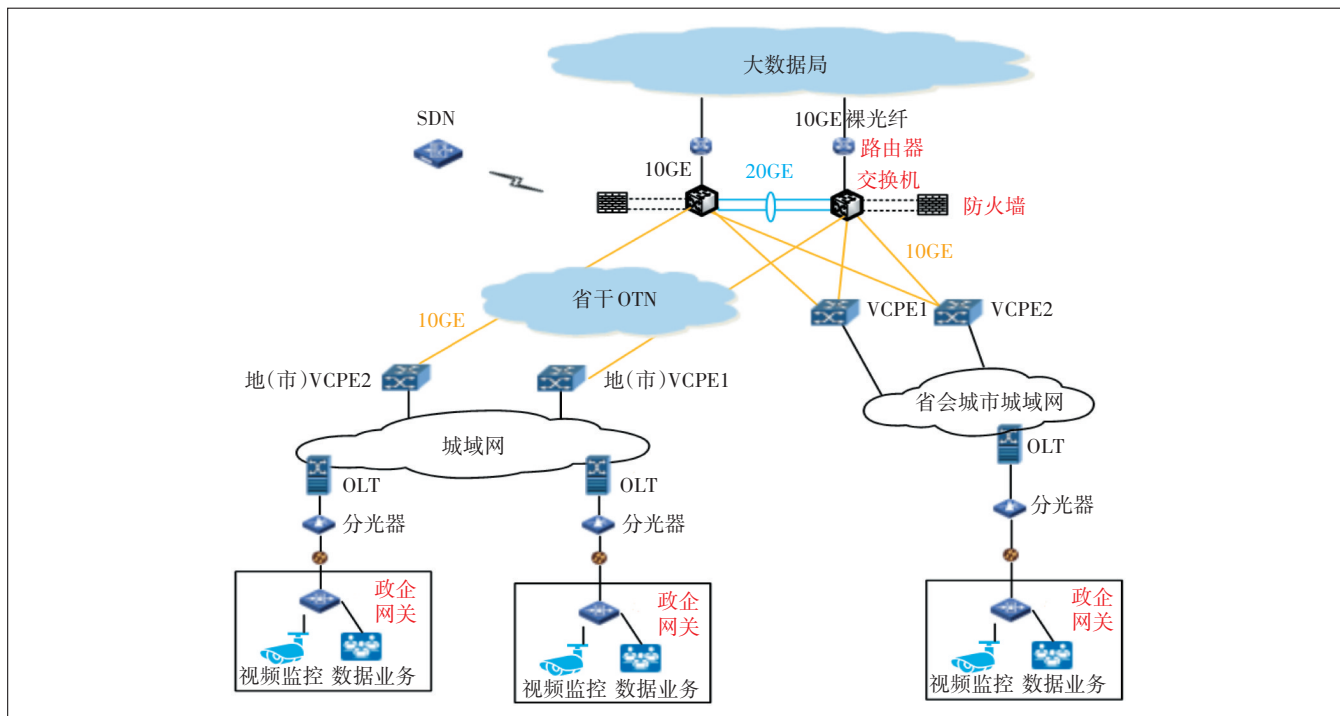


图4 SD-WAN与OTN网络政务外网承载架构

5 结论

在云网一体化加速发展的背景下,SD-WAN技术凭借其敏捷性、安全性、可靠性和成本效益,成为企业数字化转型的刚性需求。其核心价值体现在支持快速部署、灵活调整、端到端加密、智能路径选择和多链路冗余等方面,能够有效应对企业动态业务需求,保障数据安全和业务连续性^[8]。同时,SD-WAN与OTN的融合方案结合了两者的灵活性与高性能,可满足企业对网络可靠性、安全性和成本效益的多重需求。未来,SD-WAN将与5G、边缘计算等新兴技术深度融合,为企业构建更加智能、高效的网络基础设施。企业在部署时应充分考虑业务需求和发展规划,选择适合的技术方案,以充分发挥SD-WAN的优势,助力数字化转型。综上,基于SD-WAN与OTN融合的政务外网承载方案能够有效应对数字化转型背景下政务外网的多样化业务需求,具有良好的推广与应用前景。本研究为SD-WAN与OTN融合方案在政企业务中的应用提供了理论依据和实践指导,对企业网络架构优化升级具有重要参考价值。

参考文献:

[1] 王瑾. 政企业务遇瓶颈SD-WAN助运营商实现云网一体化[J]. 通

信世界,2017(16):44-45.

- [2] 陈运明,王栋,吴畏,等. SD-WAN网络架构及产品应用探索[J]. 邮电设计技术,2021(3):71-76.
- [3] 吴泓霖,李宇辉. 基于5G网络与SD-WAN技术的政企专线应急保障方案[J]. 移动通信,2023,47(2).
- [4] 李章程. 网络时代公民和政府的信息沟通分析[J]. 电子政务,2017(4):23-36.
- [5] AGRANOFF R. Inside collaborative networks; ten lessons for public managers[J]. Public administration review, 2006(66):56-65.
- [6] 周民. “互联网+”时代国家电子政务外网的安全发展之路[J]. 信息安全研究,2015,1(2):98-104.
- [7] 赵文妹,何杰,周秀方. 关于5G网络多种传输方案的探讨[J]. 移动通信,2018,42(1):39-42,48.
- [8] Open Networking Foundation. SDN architecture for transport networks[R]. Palo Alto, California: Open Networking Foundation, 2016.

作者简介:

晁夫君,高级工程师,硕士,主要研究方向为光通信技术、OTN等;王新贺,毕业于重庆邮电大学,工程师,硕士,主要从事通信设计工作;孙明伟,毕业于国防大学,工程师,博士,主要从事战法研究、通信技术军民融合等工作;柴后青,高级工程师,主要从事战法研究、通信技术军民融合等工作;董鑫浓,工程师,主要研究方向为通信技术军民融合;王文浩,本科在读,主要研究方向为计算机通信技术;朱磊,学士,中国人民解放军31401部队预备役上尉干事,主要研究方向为信息安全。