

SD-WAN 产业发展与关键技术研究

穆域博 柴瑶琳 宋平 毕立波

摘要:在政策牵引、技术积累和业务需求的刺激之下,SD-WAN 经历了“SD-WAN 1.0v”到“SD-WAN 2.0v”的技术演进,成为 SDN 领域发展最为迅猛的业务应用场景。综合 SD-WAN 三大典型应用:企业站点互联、数据中心互联和多云互联,本文构建了面向端到端服务能力的 SD-WAN 参考体系架构,涵盖了五大主要功能模块和十大关键技术。

关键词:SD-WAN;SDN;NFV;MPLS

1 引言

当前,以 SD-WAN 为核心技术的随选网络正逐步成为 SDN 领域最主要的业务应用场景之一,在全球范围内 SD-WAN 产品解决方案和网络运营方案如雨后春笋般爆发式增长。当前,SD-WAN 的行业影响广泛而深刻,市场规模呈井喷式扩张。截止到 2019 年,SD-WAN 的部署应用已经渗透到金融、新零售、教育、医疗、工业互联网等诸多行业市场,带来了深远的影响。

本文将围绕 SD-WAN 产业生态,从产业发展的现状出发,分析推动 SD-WAN 快速演进的三大驱动力,归纳“SD-WAN 1.0v”到“SD-WAN 2.0v”的技术演进路线。同时,结合 SD-WAN 三大典型应用:企业站点互联、数据中心互联和多云互联,构建形成总体性的面向端到端服务能力的 SD-WAN 参考体系架构,并以此为基础,分析 SD-WAN 五大主要功能模块和十大关键技术。

2 SD-WAN 的产业生态与发展现状

随着互联网技术的不断发展,众多企业在部署新型应用、发展新兴业务(例如视频会议、大数据传输)时,经常发现当前的广域网组网面临着 3 个严峻的挑战:

(1)传统的专线网络(如 MPLS)需要不断地增加带宽以保证应用的性能。

(2)公司内大量站点互联,造成了高度复杂的拓扑结构。

(3)随着应用和业务上云,需要实现不同站点对云的安全动态的访问。

尽管在现有的广域网上,网络运营商或服务商已经提供了成熟的专线服务,比如 DDN、ATM 等基于 SDH 的 MSTP 专线业务,以及更为成熟的 MPLS L2/L3 VPN,但是面对以云业务和云应用为代表的新型业务形态,已有的专线类业务存在价格昂贵、开通周期长、带宽利用率低等缺陷,无法满足业务动态扩缩容等弹性的服务能力要求。因此,以 SD-WAN 为代表的新型广域网技术得到了业界的极大关注。

2.1 SD-WAN 的产业发展现状

作为 SDN 技术在广域网场景的典型应用,自 2015 年开始,SD-WAN 以灵活调度、带宽随选等技术特点,得到越来越多企业的青睐。从市场规模来看,根据 IDC 近期发布的调研数据显示,2018 年全球 SD-WAN 市场收入达到 13.7 亿美元,同比增长了 64.9%。另外,IDC 进一步预测到 5 年间,SD-WAN 的市场规模将突破 50 亿美元。从市场份额来看,近期 IHS Marketing 发布了新一轮 SD-WAN 全球份额的市场调研,排名前 5 的解决方案提供商分别为 VMware、Cisco、Aryaka、Silver Peak、Huawei。其中,云基础设施提供商 VMware 稳步提升市场占有率,不断扩大 SD-WAN 领域的市场影响力;国内设备提供商华为也表现稳定,名列全球前五。

经过几年时间的发展,SD-WAN 领域形成了面向

开放的服务型产业生态,涵盖了设备提供商、方案提供商、服务提供商3个主要参与方,吸引了除传统电信服务领域之外大量的初创公司和云服务提供商,构建了不断迭代的生态闭环。

(1)基础电信运营商

基础电信运营商通常拥有存量的传统专线业务,如MPLS专线。面对差异化的服务质量要求,使用SD-WAN链路承载时间不敏感的网络业务,将有助于提高链路利用率,降低企业资费,对存量的MPLS业务形成有力的补充。当前,AT&T、Orange等国外电信运营商已经成功部署了“MPLS+SD-WAN”传输网络,在全网范围内广泛的提供SD-WAN服务。

(2)SD-WAN服务提供商

SD-WAN服务提供商在基础电信运营网络之上,以Overlay的方式提供端到端的网络服务。灵活、弹性的网络服务方式,端到端的资源管理模式和按需服务、一站式快速开通等业务部署优势,使得SD-WAN服务提供商能够整合SDN技术带来的便利性,为客户提供SD-WAN咨询、设计、架构、部署、运维等多方面的服务。

(3)SD-WAN设备提供商

SD-WAN设备提供商主要面向基础电信运营商、SD-WAN服务提供商、SD-WAN解决方案提供商提供各种SD-WAN设备。当前,主流的SD-WAN设备产品包括SD-WAN边缘设备、SD-WAN网关设备、SD-WAN控制器、SD-WAN编排器和增值网络服务单元等。

(4)SD-WAN解决方案提供商

区别于设备提供商,SD-WAN解决方案提供商主要面向有SD-WAN链路需求的企业用户或运营服务提供商提供整体性的解决方案,帮助其构建自身的SD-WAN网络和运维体系。目前,业界主流的SD-WAN解决方案提供商主要来源于传统设备厂商及初创公司,比如Cisco、Huawei、Versa网络等。

(5)SD-WAN云服务提供商

上云是SD-WAN技术发展的重要里程碑。云服务提供商通过SD-WAN网络能够确保云应用、云业务实现稳定交付,保证用户的服务体验,提高最后一公里的服务保障能力,这其中,云数据中心到用户或者云数

据中心之间的链路质量是服务保障的关键。国内外主流的云服务提供商AWS、Azure、阿里、腾讯均提出了对应的业务。

(6)标准化组织/第三方机构

标准化组织/第三方机构对于SD-WAN市场的健康繁荣发展同等重要。当前的SD-WAN市场正处于初期的发展阶段,产品技术及服务方式差异很大,存在着隧道建立模式紧密耦合终端设备,服务质量标准不统一等一系列问题。第三方机构通过统一协调各方诉求,构筑技术发展平台,统一行业标准,引导整个行业生态健康快速发展。

2.2 SD-WAN驱动力分析

为什么SD-WAN能够取得如此的关注和发展?究其原因是随着工业互联网、智能制造为代表的垂直行业网络信息化应用的不断深入,创新型信息通信应用对网络智能和边缘智能的需求不断提高,使能否支持多分支、大连接、弹性部署的网络需求成为以上应用落地部署的重要瓶颈。而归纳起来,多个因素共同驱动,形成合力,催化了SD-WAN产业的快速发展。

(1)政策牵引——奠定发展基础

近年来,为响应“国家网络强国战略”,三大基础电信运营商通过不断迭代的网络扩容,建设了世界首屈一指的互联网通信链路,为开展SD-WAN网络建设提供了链路基础。SD-WAN的蓬勃发展,顺应了国情的发展现状,通过“软件定义+多连接”“软件定义+多云”和“软件定义+通用平台API”的方式,落实国家“提速降费”要求,解决了企业弹性网络连接的需要,有力地支撑了“中小企业融通发展”的方针政策落地。

(2)技术演进——打造业务方式

自2014年开始,SDN/NFV的技术与标准逐步走向了商业可用的落地部署阶段:从设备的SDN-Enable到数据中心的SDN化,随后发展到数据中心互联和广域网端到端的SDN化,当前网络与业务融合式发展成为主流,“云网协同+分支型专线”业务成为SD-WAN行业的主要业务方式。

(3)业务场景——需求转换技术

以工业互联网、人工智能、5G等新兴业务场景为例,现网条件下,刚性封闭的网络服务方式和资源管理

模式无法支撑高效率的新业务创新,只有能够按照业务特征进行全局化资源管理的SD-WAN技术能够提供灵活、弹性的网络服务能力。

2.3 从SD-WAN 1.0v到SD-WAN 2.0v

SD-WAN的技术发展经历了两个主要时期:SD-WAN 1.0和SD-WAN 2.0。作为早期的SD-WAN技术,SD-WAN 1.0的解决方案以自动化建立跨域IP连接为目的,专注于聚合MPLS/Internet链路,其关键特征在于降低带宽成本,提高链路利用效率。SD-WAN 1.0的主要特点是快速连接、灵活组网、策略驱动、敏捷运维,具体表现为:

(1)快速连接:可在分钟级服务时间内为企业用户提供不同的广域网连接方式。

(2)灵活组网:适应不同场地入网环境,使SD-WAN整体方案具备良好的组网灵活性。

(3)策略驱动:支持定义多种面向业务模型的策略来高效驱动数据转发。

(4)敏捷运维:通过对业务的实时监控和统计来实现自动化的运维以及各个应用和整体网络质量的可视化。

随着企业IT需求迅速转向适应多云功能,导致企业采用多种模式来使用云服务。此环境创建了一组新的要求,这些要求是传统SD-WAN 1.0部署无法解决的问题,SD-WAN 2.0伴随多云访问的功能特征应运而生。SD-WAN 2.0明确以多云互联为目的,以支撑IT服务多样化为主要服务方式,强调实现按需连接和安全服务。SD-WAN 2.0的主要特点是整体服务、安全自动、按需随用、多云互联。具体表现为:

(1)整体服务:除提供快速连接以外,企业站点还需要一系列网络增值服务(VAS)。其中包括安全功能、VoIP网关、物联网代理、无线局域网控制器等。SD-WAN 2.0提供了一种通过统一平台API来提供这些增值服务交付的整体能力。

(2)安全自动:除了防火墙等传统安全措施之外,SD-WAN 2.0提供整体架构级别的安全服务,从根本上保障端到端通信的安全自动化,以防范、检测和响应这种不断变化的安全威胁形势。

(3)按需随用:根据企业用户的弹性需求来提供不

同的网络服务能力。

(4)多云访问:现代企业需要将分支机构中的用户连接到多个部署在公有云中的应用程序,SD-WAN 2.0支持提供无缝的多云连接。

SD-WAN 2.0旨在通过提供单一平台来提供IT服务,同时确保用户和业务应用程序的端到端安全性,从而满足企业IT的需求。SD-WAN 2.0的蓬勃发展全面激活了SD-WAN产业生态。

3 SD-WAN总体架构与关键技术

3.1 SD-WAN参考体系架构

SD-WAN以多虚拟隧道、安全加固、策略驱动、弹性路由、敏捷上云等关键性技术重新定义了开放式的WAN架构。当前,SD-WAN领域发展最成熟的三大典型应用场景分别为企业站点互联、数据中心互联和多云互联,综合这三大场景的网络拓扑结构,本文构建了面向端到端服务能力的SD-WAN参考体系架构,从结构上覆盖了SD-WAN通用的五大基本功能模块和十大关键技术(见图1)。

(1)企业站点互联

作为“SD-WAN 1.0v”的典型应用场景,企业站点互联以自动化建立跨域的IP连接为目标,重点关注MPLS/4G-LTE/Internet的链路聚合问题。根据服务部署方式和人员密度情况,企业站点互联可以分为重要站点互联、中型分支机构互联、小型办公室/个人站点接入3种类型。

●重要站点互联:一般指企业总部或者研发中心,应用类型明确且复杂,对网络安全性和可靠性要求程度高,且通常已经部署MPLS/VPN线路。重要站点的部署方案需要首先考虑业务应用特征,针对网络质量要求较低的应用,如文件传输、邮件,通过Internet链路提高利用效率。

●中型分支机构互联:通常指分支型办公室,应用类型丰富且多样化,对网络安全性和可靠性要求程度较高,且通常已经部署MPLS/VPN线路。中型分支结构的部署方式可以从接入用户的网络使用行为为对象,借助Internet链路实现错峰接入、提高网络利用效率。

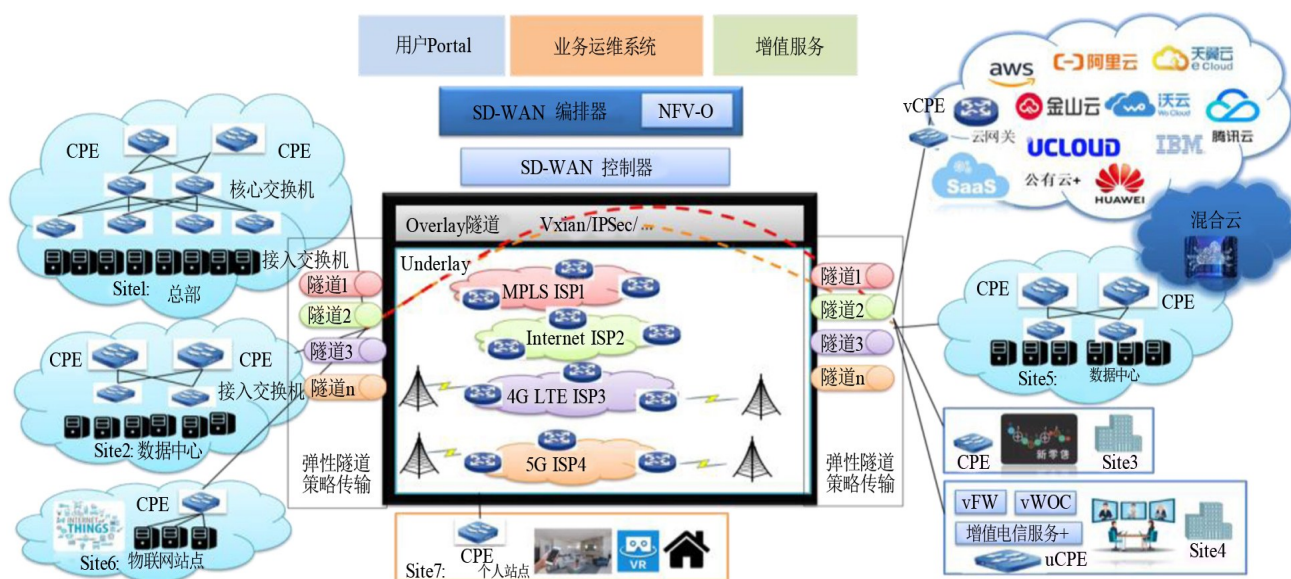


图1 SD-WAN参考体系架构

●小型办公室/个人站点接入:小型办公室/个人站点人员相对少,没有核心业务服务器,对于网络安全性和可靠性的要求程度较低,但是分布范围广、数量多,通常采用Internet或者4G LTE的方式实现网络接入。小型办公室/个人站点接入的部署方式可以选用基于Internet连接的SD-WAN方案,以4G LTE作为备份链路,提高网络利用效率。

(2)数据中心互联

数据中心互联是SD-WAN另一个非常重要的商业应用场景,是SD-WAN与垂直行业深度融合的重要表现方式。作为承载企业商务应用的生产运营环境,数据中心之间的网络服务质量对于企业有着无与伦比的意义和影响力。随着5G规模部署、工业互联网、电信云等基础设施的逐步成型,创新型业务的不断涌现带动了企业分支数据中心的新一轮飞速扩张,传统上依托于MPLS/VPN专线线路给企业带来了极大的开支压力。当前,数据中心互联主要聚焦垂直行业差异化的业务应用需求,在工业互联网、5G、金融、能源、电力等方向,开展了一系列的试点应用。

(3)多云互联

作为“SD-WAN 2.0v”的典型应用场景,多云互联以支撑IT服务多样化为主要服务方式,强调按需连接和安全服务。“上云”是多云互联的首要特点,在工信部

《推动企业上云实施指南(2018—2020年)》的指导下,目前跨多个公有云互联的混合组网成为多云互联发展最为迅猛的落地场景。

3.2 SD-WAN主要功能模块

SD-WAN通用的功能模块主要涉及以下5个方面:

(1)业务运维系统:电商化平台,在线下单、开通、调整,按需+自助,开放业务自动化上线和敏捷部署。

(2)SD-WAN编排器:网络服务全生命周期管理,多种应用的策略配置。

(3)SD-WAN控制器:软件化、集中化、自动化管理边缘设备,实时感知边缘设备状态,面对网络异常情况快速地进行弹性路径调整。

(4)边缘设备:安全隧道绑定,支持ZTP、多接入(无线接入/有线接入),可识别多种应用程序并执行面向应用的访问控制策略。

(5)WAN传输:屏蔽Underlay底层网络差异,跨网协同提供Overlay端到端可靠网络传输。

3.3 SD-WAN十大关键技术

传统网络的管理是基于网络设备实现的,无法对整个网络的资源进行统一的管理和规划,而通过管理与控制分离,SD-WAN具备灵活组网、弹性服务、连接服务保障、策略驱动、高可用服务、敏捷运维、安全服

务、广域网优化、多云访问、多租户权限管理十大技术特征。

(1)灵活组网:SD-WAN方案能满足各种开通场景需求,能在不同环境和条件下提供网络接入;对终端设备上线开通,能灵活地支持多种方式,以便满足用户不同的开通上线场景需求;能满足各种组网拓扑结构要求,提供丰富的可选连接方式,支持多种接入介质和安全认证方式,并能根据用户的不同管理意图,灵活选用开通配置手段。

(2)弹性服务:SD-WAN的弹性服务能力是针对用户需求来提供弹性化的网络服务能力,主要是实现3个方面的随选能力,支持网络拓扑随选、连接时间随选、服务按需随选。

(3)连接服务保障:SD-WAN方案在完整的服务生命周期内,可针对不同业务提供差异化的服务质量保障和SLA能力。SLA能力主要考虑的指标是可用性、数据包往返时间、时延最大抖动、失败通知等。

(4)策略驱动:一方面,SD-WAN的策略驱动是一个从策略模板抽象、策略定义、策略存储、策略下发与驱动业务执行的完整过程;另一方面,企业也可通过SD-WAN技术来创建面向不同颗粒度业务的不同的流量转发策略,这些策略可以基于IP地址、应用配置文件或端口号、时间、QoS标记、SLA测量、实时链路利用率、延迟、丢包和性能阈值来实时驱动。

(5)高可用服务:在SD-WAN网络架构下,高可用服务主要体现在SD-WAN集中管控平台的高可用性上,当SD-WAN控制器发生故障时,应该对数据流量转发不造成影响。高可用服务方式可采取主备高可用模式、集群高可用模式、控制通道高可用模式三种。

(6)敏捷运维:主要关注网络资产运行状态监控、网元设备和链路故障自愈、应用流量监控和分析等运维自动化辅助功能。

(7)安全服务:安全是保障SD-WAN服务的核心技术要素。SD-WAN的安全技术主要划分为SD-WAN整体架构级别的安全、SD-WAN设备级的安全、SD-WAN系统内部数据安全几个层次。

(8)广域网优化:主要包括对于链路的优化以及针对应用体验的优化,具体包括链路优化、网络加速、

网络完整性、数据缩减、基于多WAN链路的应用传输优化。

(9)多云访问:SD-WAN支持多云访问功能,主要是综合管理多个云供应商的多云连接,创建一个安全、低延迟的多云环境。SD-WAN平台都能够识别来自前SaaS提供商的流量并应用适当的安全性和合规性策略。

(10)多租户权限管理:SD-WAN解决方案支持多租户权限管理,具体支持如下功能:

●适用于由服务提供商向企业提供SD-WAN管理服务的场景,提供系统管理员、MSP管理员及租户3种管理权限,如果租户不具备网络运维能力,租户可将网络委托给MSP,由MSP代替租户管理租户网络。

●适用于企业自建SD-WAN业务的场景,提供系统管理员和普通租户两种管理权限。具备租户管理权限的管理员可以创建不同角色的管理员,可基于监控、配置、维护、系统等维度来进行精细授权。

4 结束语

作为一个新兴的产业,SD-WAN仍处于新成长期,在蓬勃发展的同时,还存在大量的问题 and 挑战需要去克服和解决,主要包括:

(1)服务/方案/能力标准化:目前,业界对于SD-WAN的技术理解在服务内容、技术方案上存在不同的解读,差异化较大;未来,需要依托MEF、IETF、CCSA等国内外标准化组织,加快制定相关的标准体系,引导产业链各方良性发展。

(2)行业监管:SD-WAN业务的蓬勃发展,打破了现有电信业务/服务的技术性分类,因此行业需要从监管视角出发,进行网络服务和信息管理方面的梳理。

(3)网络质量:SD-WAN的链路质量(网络性能、带宽调度等指标)是用户选择SD-WAN服务的关键因素。如何在动态变化的Underlay网络之上保障稳定服务质量的Overlay网络是重要的挑战。

(4)网络安全:“去中心化”的SD-WAN网络架构提高了安全防护的难度,这是SD-WAN原生的结构性安全隐患,另外在广域网场景引入SDN之后,端到端层面的全网控制集中,给控制平面带来了额外的安全

压力。

(5)重建生态:当前,SD-WAN已经成功构建了包括基础电信运营商、SD-WAN服务提供商等闭环开放的产业生态,仍然需要更多的最终用户来参与生态建设。

参考文献

- [1] Davie B S, Rekhter Y. MPLS: Technology and applications [M]. Morgan Kaufmann Publishers Inc., 2000.
- [2] Albert R, Jeong H, Barabási A L. Internet: Diameter of the world-wide web[J]. nature, 1999, 401(6749): 130.
- [3] 赵慧玲, 史凡. SDN/NFV的发展与挑战[J]. 电信科学, 2014, 30(8): 13-18.
- [4] 穆域博, 徐骁麟. SDN/NFV测试方法的研究[J]. 中兴通讯技术, 2017, 23(2): 27-32.
- [5] Wang D W. Software defined-WAN for the digital age: A bold transition to next generation networking[M]. CRC Press, 2018.

- [6] Jain R, Khondoker R. Security analysis of SDN WAN applications- B4 and IWAN[M]. SDN and NFV Security. Springer, Cham, 2018: 111-127.

作者简介:

穆域博 中国信息通信研究院技术与标准研究所互联网中心工程师

柴瑶琳 中国信息通信研究院技术与标准研究所互联网中心助理工程师

宋平 中国信息通信研究院技术与标准研究所互联网中心工程师

毕立波 中国信息通信研究院技术与标准研究所互联网中心高级工程师

Research on industry developments and key technologies of SD-WAN

MU Yubo, CHAI Yaolin, SONG Ping, BI Libo

Abstract: Under the stimulating of policy traction, technology accumulation and business needs, SD-WAN has experienced the technological evolution of “SD-WAN 1.0v” to “SD-WAN 2.0v”, growing into the most rapid business application scenario in SDN field. Integrated SD-WAN three typical applications: enterprise site interconnection, data center interconnection and cloud interconnection, this paper builds an SD-WAN reference architecture for End-to-End service, covering 5 major function modules and 10 key technologies.

Key words: SD-WAN; SDN; NFV; MPLS

(收稿日期:2019-10-22)