



云网融合产业发展白皮书

第一部分 云计算与SD-WAN

云计算开源产业联盟

OpenSource Cloud Alliance for industry, OSCAR

2018年8月

版权声明

本白皮书版权属于云计算开源产业联盟，并受法律保护。转载、摘编或利用其它方式使用本调查报告文字或者观点的，应注明“来源：云计算开源产业联盟”。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

前 言

云网融合已经成为云计算领域的发展趋势。云计算业务的开展需要强大的网络能力的支撑，网络资源的优化同样要借鉴云计算的理念。随着云计算业务的不断落地，网络基础设施需要更好地适应云计算应用的需求，更好地优化网络结构，以确保网络的灵活性、智能性和可运维性。近年来，以 SD-WAN、云专线、对等连接为代表的云网融合技术开始兴起，并引起人们的关注。

本白皮书是《云网融合产业发展白皮书》的第一部分，重点关注 SD-WAN 在云计算的应用情况。白皮书首先从定义、特征、价值和总体技术架构方面给出了 SD-WAN 的概述，同时从发展历程、市场调查、市场分布格局方面梳理了 SD-WAN 的发展现状，然后归纳了 SD-WAN 在云计算的主要应用场景，并介绍了 SD-WAN 在云计算应用中的典型案例，最后提出 SD-WAN 未来发展的趋势。

参与编写单位

中国信息通信研究院、中国电信股份有限公司云计算分公司、中国联通云数据公司、大河云联科技有限公司、深信服科技股份有限公司、华为技术有限公司、新华三技术有限公司、上海云轴信息科技有限公司、北京优帆科技有限公司。

主要撰稿人

陈凯 马飞 王茜 张晨 苏越 黄倩 雷树超 高巍
贾裕 房秉义 杨恩众 万晓兰 邓明鉴 王吟 杨阳
史书源 夏艳

目 录

1.	SD-WAN 概述	1
1.1	SD-WAN 定义	1
1.2	SD-WAN 特征	1
1.3	SD-WAN 价值	2
1.4	SD-WAN 总体技术架构	3
2.	SD-WAN 发展现状	5
2.1	SD-WAN 的发展历程	5
2.2	SD-WAN 市场调查情况	6
2.3	SD-WAN 市场分布格局	7
3.	SD-WAN 在云计算中的应用场景	8
3.1	SD-WAN 应用场景全局	8
3.2	企业组网互联场景	9
3.3	数据中心互联场景	10
3.4	云组网互联场景	11
3.4.1	企业云接入场景	11
3.4.2	数据中心联云场景	12
3.4.3	多云互联场景	13
4.	SD-WAN 在云计算中的典型案例	14
4.1	大河云联案例	14

4.2	深信服案例	16
4.3	华为案例	18
5.	SD-WAN 发展趋势	21
5.1	接口标准化	21
5.2	接入轻量化	21
5.3	管理协同化与智能化	21
5.4	安全集成化	22

云计算开源产业联盟

1. SD-WAN 概述

1.1 SD-WAN 定义

Software-Defined Wide Area Network (SD-WAN) ,即软件定义广域网络,是将 SDN 技术应用到广域网场景中所形成的一种服务。这种服务用于连接广阔地理范围的企业网络、数据中心、互联网应用及云服务,旨在帮助用户降低广域网的开支和提高网络连接灵活性。

1.2 SD-WAN 特征

通常,SD-WAN 解决方案具备以下几个特性:

(1) 多种链路连接并动态选路

为了保障良好网络访问体验,采用传统方法,客户需要购置 MPLS 等专线,带宽成本高,实施周期可能需要数周到数月的时间。随着互联网宽带质量的不断提升,使用互联网宽带取代或部分取代专线已是大势所趋。SD-WAN 将底层物理网络资源如专线、互联网宽带、3G/4G LTE 等充分结合,虚拟成一个资源池,并在此基础上构建 Overlay,同时为了达到负载均衡或资源弹性,SD-WAN 可根据现网情况和网络需求动态选择最佳路径。

(2) 快速灵活部署

传统网络设备的部署一般需要专业 IT 人员到现场支持,不仅成本高,而且实施周期长。SD-WAN 支持设备即插即用的易部署,即不需要 IT 人士现场部署,只需部署边缘设备,插上通信链路,接入

电源，设备即可通过集中管理设备自动下载指定配置和策略，实现简化灵活部署。

(3) 网络集中管理

当 WAN 中分支规模较大时，网络的管理和故障排查就变得较为复杂，SD-WAN 通常会提供集中管理系统，用于网络多设备配置、WAN 连接管理、应用流量设置及网络资源利用率监控等，以此达到网络简化管理和故障排查的目的。

(4) 支持软件定义安全

由于 SD-WAN 引入互联网宽带，虽然降低了链路成本，但互联网出口容易招致攻击，SD-WAN 在 WAN 连接的基础上，提供更多的、开放的和基于软件的技术，支持集成防火墙、防入侵等安全产品的能力。

1.3 SD-WAN 价值

(1) 保障网络性能和可靠性

SD-WAN 综合利用多条公有和私有链路，具有多路由优化及冗余特性，连接的两端只要有一条路径可用，企业应用流量就不会中断，这一整网冗余的机制最大限度保障了连接的可靠性。同时 SD-WAN 根据业务应用需求和实时链路质量检测，智能路径控制可以利用优质的链路承载客户的关键业务，进而保证其运行质量。

(2) 简化管理运维

SD-WAN 的物理拓扑将比传统网络更复杂，它具有更多的功能。

但 SD-WAN 通过即插即用的部署方案和强大的集中管理系统，可对全网可视可控，掩盖了网络大部分复杂性，大幅降低了客户的管理投入和对网络运维人员的能力需求，因此简化了网络运维，增加了管理效率。

(3) 降低成本

Gartner 报告称，SD-WAN 部署比传统广域网架构节省 2.5 倍费用。SD-WAN 方案利用现有基础设施进行流量传输，允许快速分支部署和实时访问，网络所有部署和管理均由集中控制系统进行，自动化运维减少了问题识别和相关补救成本，从各方面节省了硬件、软件和 IT 资源，尤其分支机构较多时，采用 SD-WAN 模式节省成本效果更加明显。

1.4 SD-WAN 总体技术架构

SD-WAN 的总体技术架构应包括四个层面：SD-WAN 数据转发层、SD-WAN 控制层、SD-WAN 业务编排层、SD-WAN 服务层。



图 1 SD-WAN 的总体技术架构

SD-WAN 数据转发层是广域范围内存在的物理设备或者虚拟设备，这些设备以及连接这些设备之间的链路组成了 SD-WAN 的数据转发通道。SD-WAN 数据转发层需具备的特征是：具备网络资源虚拟化的部署能力；具备流表/标签/VLAN/VRF 等逻辑资源隔离的转发能力；具备可开放的网络功能调用的接口，支持控制层的集中管理和资源配置；具备网络边缘设备和广域 WAN 节点的区分，可以支持网络边缘设备选择不同的广域 WAN 节点，即选择不同的 WAN 资源，满足不同业务转发的质量要求。

SD-WAN 控制层是 SD-WAN 的核心组成部分，通常包括两类主要功能：一类功能是自动采集和获取数据转发层的网络拓扑、网络状态和网络资源数据，将物理网络资源抽象成可以独立提供给不同用户或应用的逻辑网络；第二类功能是对 SD-WAN 数据转发层的集中控制和管理，支持按照不同的用户或者上层应用需求，选择和配置不同的网络资源和路径，以提供高性价比且使用灵活的网络连接服务。当底层网络资源不足或者因为故障而不可用时，可以支持自动或者人工干预的方式进行路径切换，提高业务层连接的可靠性、可用性。

SD-WAN 业务编排层是将数据转发层和控制层的能力集成开放的功能层，通常支持各种底层网络功能的集成，如多种边缘接入方式（固网宽带、4G 网络、专线接入等）的选择和集成，如支持多种骨干网络的部署集成，包括骨干传输网、MPLS VPN 网络或者 SDN 骨干网，如支持与不同云服务的集成，包括公有云服务、私有云服务以及行业云等专属云服务；另一方面，业务编排层提供业务数据的采集

和统计，支持 SD-WAN 服务的计费话单、业务流量统计等数据的输出。业务编排层的核心特征是具备可开放的北向接口，支持用户服务、上层应用或者云应用的能力开放和调用。

SD-WAN 服务层是 SD-WAN 各类服务的展示层，对于运营商而言，可以提供可视化的 SD-WAN 网络资源的统一管理和控制，具备灵活的运维管理和运营服务能力；对于用户而言，可以提供可视化的业务管理视图，用户可以自主进行网络节点的管理和监控，自助开通、变更和关闭 SD-WAN 服务；同时，SD-WAN 服务层可以与用户的自有 IT 系统、应用系统对接，通过能力开放的 API 或者 SDK 支持各种 SD-WAN 应用的集成。

2. SD-WAN 发展现状

2.1 SD-WAN 的发展历程

SDN 技术从最初的集中控制架构和 Openflow 协议到 Google B4 的商用案例，其萌芽期和幻灭期的关注点一直在云和数据中心内的场景，产业界迫切需要找到下一个突破点。而早期出现的混合广域网 (Hybrid WAN)，企业市场面临着 Internet 互联不稳定而 MPLS VPN 价格昂贵这样的博弈类问题，因此管理 Hybrid WAN 成为了 SDN 技术的重要应用。2014 年 9 月在 networkcomputing 的文章中 SD-WAN 首次出现于公众视野，同年在 ONUG 的开放网络用户论坛上，众多的企业用户也不约而同的提出了此应用需求。

SD-WAN 发展到现在，主要经历了两个阶段：

(1) SD-WAN 1.0 阶段：

SD-WAN 1.0 是关于混合广域网的，聚合 MPLS 和 Internet 连接以降低带宽成本并提高性能。这个阶段 SD-WAN 主要通过应用智能选路、即插即用的易部署、集中管理的可视可控等技术，解决使用互联网宽带时如何保证连接质量问题。在这个阶段 SD-WAN 在技术方案上是纯 Overlay 的，网络的连接和增值服务都在企业边缘完成，因此完全是 OTT ISP 的。

(2) SD-WAN 2.0 阶段

SD-WAN 2.0 是关于多租户的，可以改善管理和监控以及获得更好的安全性。利用互联网宽带组网时，存在着分支安全和管理问题，而在 SD-WAN 2.0 阶段，通过在分支端以 NFV 动态集成、引流到中心端做安全清洗等方式解决了安全挑战；通过在集中管理端集成在线编排及下发业务到指定分支，解决了管理问题。

大概从 2016 年开始，SP 的角色开始被引入 SD-WAN 方案中，思路上的两点主要的变化在于，网络连接上要考虑对接 SP 的 Underlay，增值服务方面要考虑对接 SP 的 TeleCloud。

2.2 SD-WAN 市场调查情况

SD-WAN 作为一个新的网络技术，虽然是近 3-4 年才提出，但种种迹象表明其发展快速，许多服务提供商纷纷推出全新的混合广域网解决方案，SD-WAN 是最受欢迎的服务。

SD-WAN 市场规模迅猛增长，从行业咨询和观察来看：

Rayno Report research 的调查报告，已经有超过 3.6 亿美金的风投给到了 SD-WAN 的创业公司。并且过去一年，Cisco 以 6.1 亿美元收购 SD-WAN 公司 Viptela，VMware 以 4.49 亿美元收购 Velocloud。

Gartner 预测：到 2020 年，SD-WAN 设备销售额将达到 12.4 亿美元，2016 年~2020 年全球市场复合增长率 57.4%。到 2018 年，企业部署 SD-WAN 的服务规模将从 2015 年的不足 1% 增长到 30%。

IDC 预测：2018 年 SD-WAN 收入将达到 23 亿美元，到 2021 年复合年增长率将增长 69%，达到 80 亿美元以上。

MarketsandMarkets 调查报告显示：SD-WAN 市场规模预计将从 2016 年的 7.389 亿美元增长到 2021 年的 90.663 亿美元，年复合增长率 (CAGR) 为 65.11%。北美地区仍是 SD-WAN 的大市场，主要的厂商包括 Velocloud、Aryaka、Versa、Cisco、Citrix。

2.3 SD-WAN 市场分布格局

全球 SD-WAN 市场发展逐渐步入成熟，根据 IHS Markit 的数据显示，思科收购 Viptela，VMware 收购 Velocloud 后，在 SD-WAN 市场占据很大份额，在 2017 上半年市场份额占比数据中显示该两大厂商占据将近一半市场份额。随后 Aryaka 和 Silver Peak 迅速发展，最新 SD-WAN 下半年市场份额调查数据显示，VeloCloud 继续领导 SD-WAN 市场占据了 19% 市场份额，Aryaka 排名第二，市场份额为 17%，而 Silver Peak 以 12% 的比例排名前三。

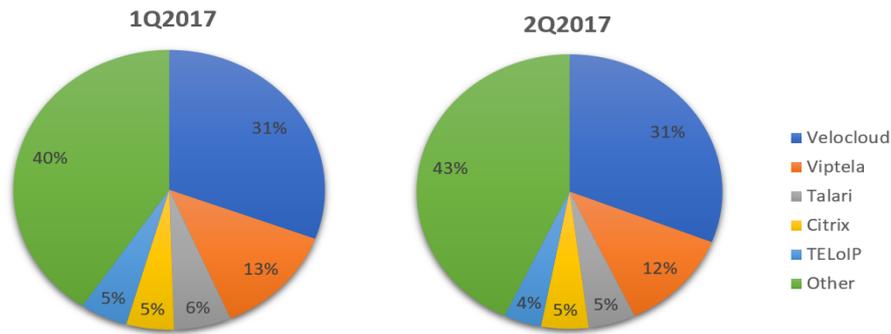


图 2-1 2017 年上半年 SD-WAN 市场格局分布情况

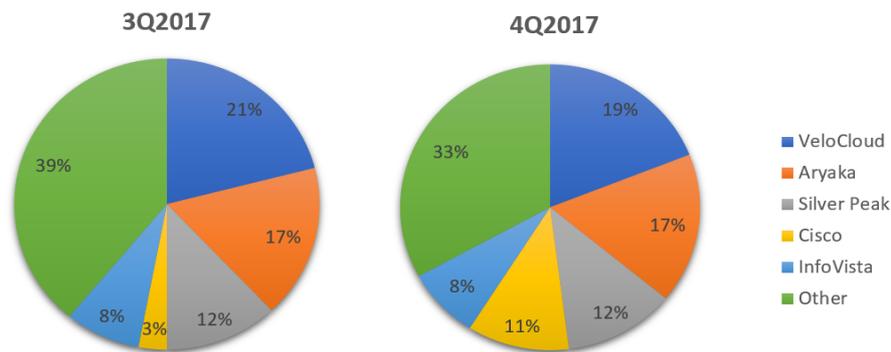


图 2-2 2017 年下半年 SD-WAN 市场格局分布情况

国内 SD-WAN 市场紧跟全球发展脚步，国内厂商在全球 SD-WAN 市场份额中虽然占比较小，但是也在迅猛发展。华为、中兴等厂商在全球 SD-WAN 市场中占有一定份额比例；同时中国电信、中国联通、中国移动等运营商纷纷进行网络重构；新华三、大河云联、深信服、互联港湾、大地云网等公司也纷纷针对不同应用场景提供 SD-WAN 解决方案。

3. SD-WAN 在云计算中的应用场景

3.1 SD-WAN 应用场景全局

SD-WAN 应用场景可归纳为三大类：企业组网互联、数据中心互联及云组网互联，简称为 SD-EN、SD-DCI、SD-CX。企业组网互

联指将企业总部、各分支机构、数据中心等互联，构建企业专属广域网；数据中心互联指大型企业数据中心、运营商数据中心及互联网数据中心间连接；云组网互联指企业云接入、混合云组网、云间互联等连接情况。SD-WAN 应用场景全景如下图 3 所示。

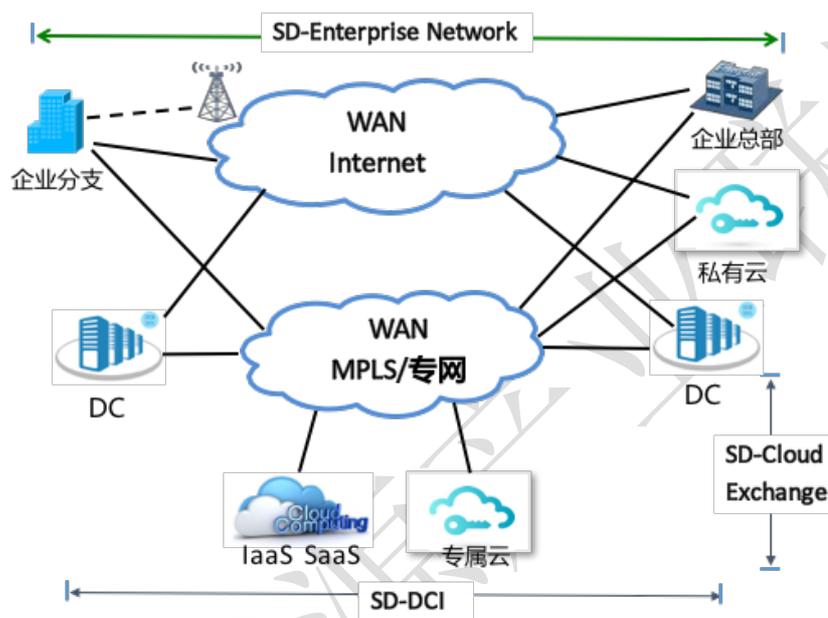


图 3 SD-WAN 应用场景全局图

3.2 企业组网互联场景

企业组网场景是 SD-WAN 应用中提及最多，也是被接受最广的一类应用场景。企业组网互联的需求是将部署在企业总部、各分支机构、企业数据中心以及企业私有云环境上的 IT 系统连接起来形成 IT 架构的一类场景。企业组网互联传统上会租用运营商的专线或者 MPLS VPN 专网服务，为企业 IT 系统搭建跨域的私有网络，而对于质量要求和私密性要求不太高的企业，也可能直接采用 Internet 搭建企业网络。SD-WAN 是通过 SDN 技术在原有这两种传统组网方式的基础上，形成的更灵活的一体化解决方案。

SD-WAN 的企业组网场景中，通过在企业总部、各分支机构、企业数据中心部署支持 SDN 集中管理控制 CPE 设备，或者在企业的私有云、公有云环境中部署的 IT 系统中，安装 vCPE 软件，为企业提供独立的、可灵活调配资源、自助式服务的组网解决方案。SD-WAN 可以将质量要求不高但是对带宽要求高的应用导入成本较低的互联网，而将质量和可靠性要求高的应用导入专用网络，以此降低企业 IT 组网时的成本，加快企业分支节点部署和开通的速度，支持越来越灵活的 IT 架构的部署和运营。

SD-WAN 使得企业的 IT 部门或者运维支撑部门在选择适当的网络以连接分支机构、远程办公室、云应用以及其他数据源时，能够拥有较高程度的自主性，可以通过自动化策略部署，甚至直接调用 SD-WAN 的可编程 API，采用软件方式决定什么时间，以什么方式使用网络资源。

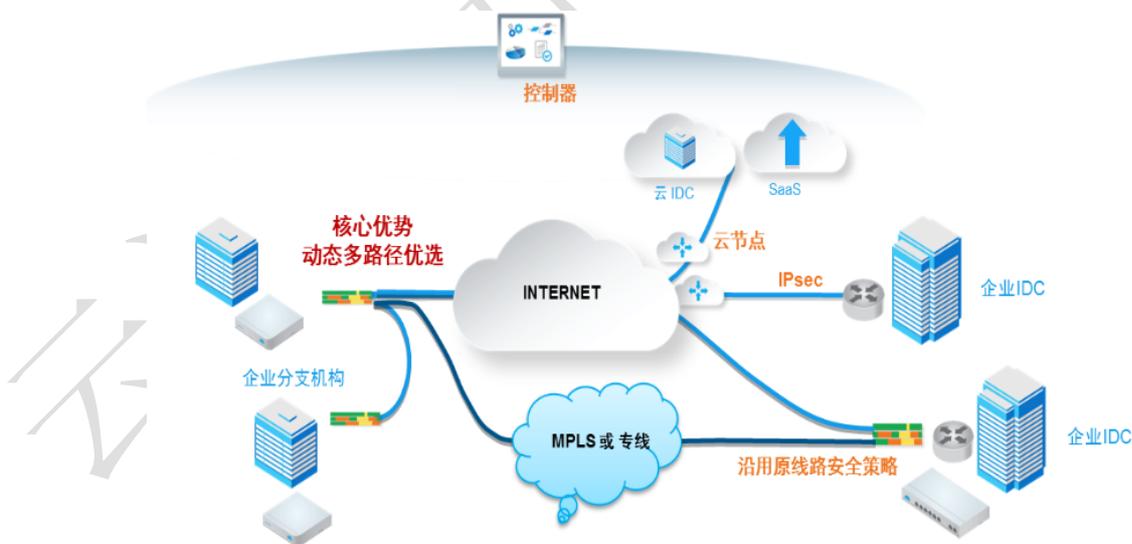


图 4 企业组网互联场景图

3.3 数据中心互联场景

随着越来越多的大中型企业构建了自己的数据中心,或者以运营商的数据中心为基础搭建自己的企业 IT 架构,数据中心互联的场景成为了 WAN 网络上的一类重要应用场景,也被称为 SD-DCI。

数据中心互联场景要求 SD-DCI 网络具备以下功能:支持用户级别的数据中心组网拓扑(Full mesh、hub-spoke),支持 DCI 连接的动态调整和优化,支持管理服务功能可视化,支持用户可视化的自助服务功能。

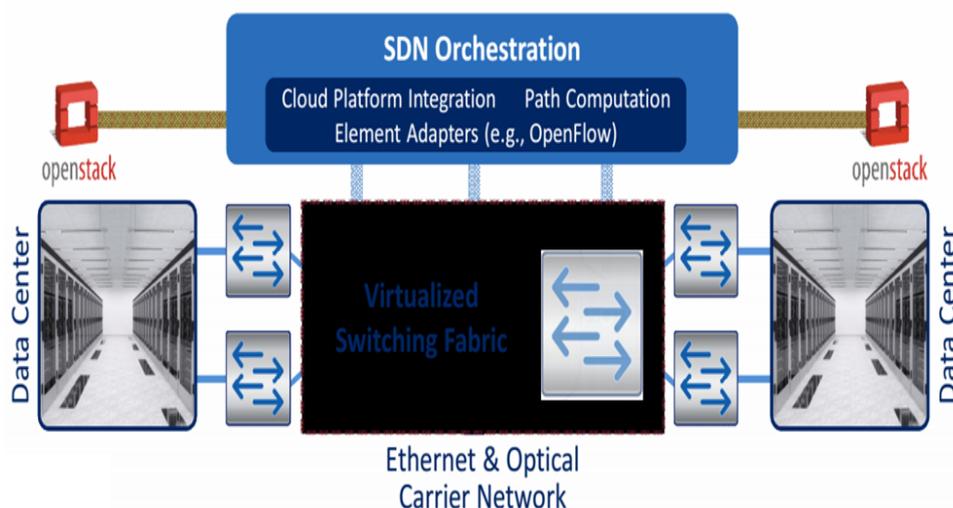


图 5 SD-WAN 的数据中心互联场景

3.4 云组网互联场景

3.4.1 企业云接入场景

从云服务商的角度看,一方面是互联网应用服务商选择云平台部署应用系统,提供各类互联网应用服务,另一方面企业也会选择云平台部署企业内部的 IT 系统,为企业的客户或者员工提供通用的 IT 服务。不管是传统企业还是新兴的互联网企业,其总部或者分支机构上云的需求越来越丰富,对上云的网络质量要求也越来越高。

传统方法是企业内部网络通过 Internet 方式接入公有云的 VPN 网关。随着云上应用的需求增加，企业发现 Internet 无法满足内部网络联云的时延、丢包等质量要求，也存在数据和信息保密的安全隐患，由此各厂商纷纷推出支持企业专线上云的解决方案。云接入方案通过 CPE 提供用户网络接入，通过 VxLAN 提供网络 VPN 通道，通过云中心 vCPE 提供用户网络组网服务及路由控制，通过业务及管理系统实现整体的业务部署及设备管理，完成云网一体化协同，提供统一云接入方案，提供丰富的增值类业务，进而实现连接服务、通信服务、云接入增值服务一站式解决方案。

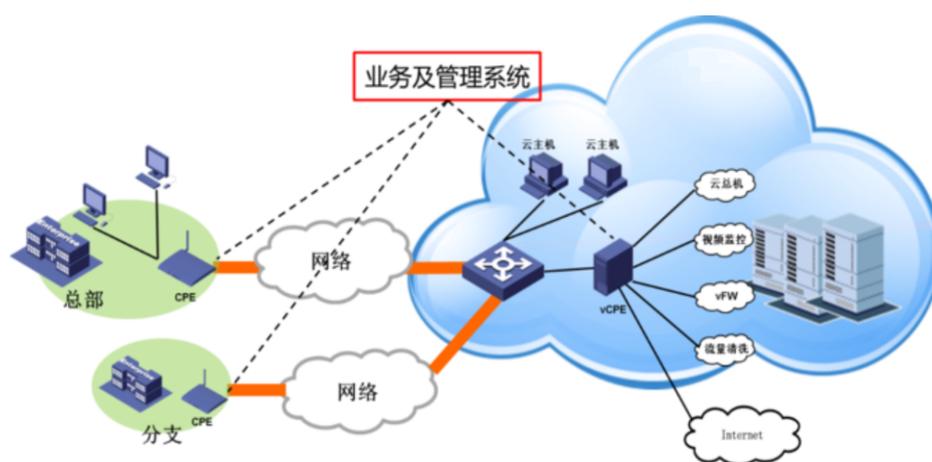


图 6 企业云接入场景图

3.4.2 数据中心联云场景

从企业用户看，企业的总部、分支机构和企业数据中心都有联云的需求。而从数据中心服务商的角度看，大中型的数据中心服务商对于与云服务商连接也非常重视。其中非常典型的是美国最大的数据中心服务商 Equinix，其提供 DC Interconnect 系列服务，连接了全球 145 个数据中心和 500 多个云服务商，支持各种云连接服务 17 万。

为支持与企业数据中心或者 IT 架构的互联，公有云服务商也提供了与数据中心服务商对接的高速直连业务，AWS 在其 Direct Connect 业务中专门针对数据中心服务商这类的合作伙伴，提供了 Partner 的服务模式，可以与数据中心服务商对接后，再提供给最终云用户的云专线接入服务。

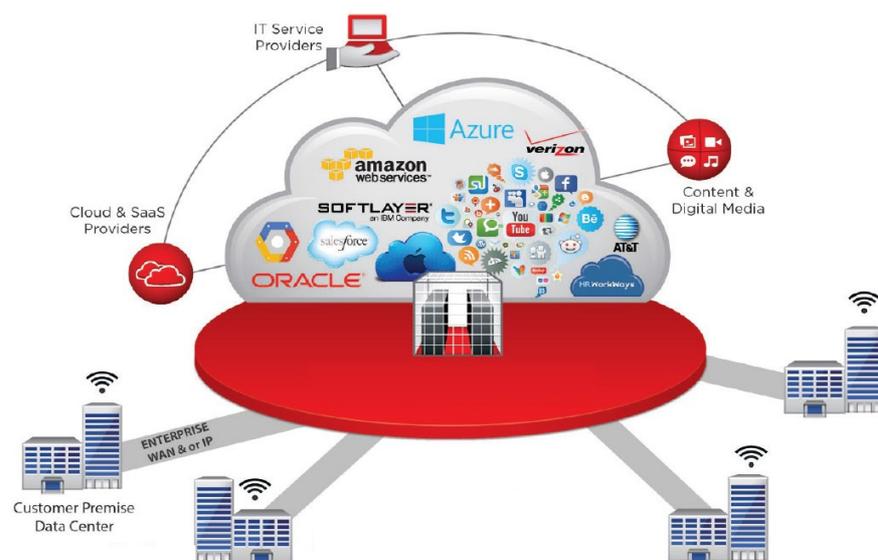


图 7 数据中心联云场景图

3.4.3 多云互联场景

云计算的发展已经成为一个不可逆转的趋势，混合云是很多企业锚定的下一站。近几年，混合云既利用了公有云的优势，又兼顾了敏感信息的安全防护，成为更多企业用户的首选。早期的混合云解决方案的最大特点是多云管理，而多云管理解决的是管理问题，而不是连接。真正的混合云一定是在私有云和公有云之间，建立同时打通数据面和控制面的高速通道，才能消灭 IT 的孤岛，把碎片化的私有云和集中式的公有云连接起来。

除了企业的私有云和公有云的互联需求，也有一些互联网应用服务商采用多公有云的 IT 架构，针对提供的互联网应用选择合适的公有云平台，因此还有一类需求是跨公有云服务商的 SD-WAN 连接，称为多云互联场景。

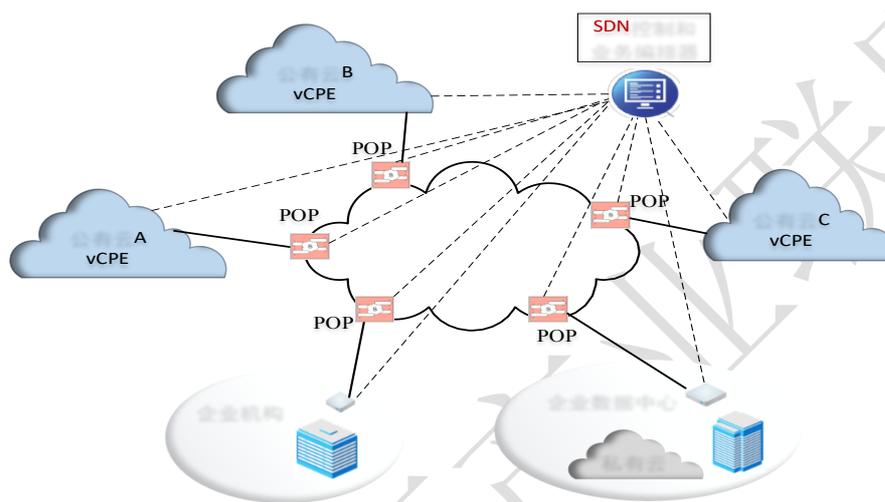


图 8 SD-WAN 多云互联场景

4. SD-WAN 在云计算中的典型案例

4.1 大河云联案例

案例介绍：IDC 服务商升级为 SD-WAN 服务商

(1) 用户需求

云计算浪潮正在重塑 IT 格局，传统 IDC 服务提供商正面临着新一轮冲击，客户流失，同质竞争日益加强；与云计算相比，竞争力不足，收入利润持续下降；机房空间资源有限，资源利用无法保证最高效；业务结构单一，缺乏整合优势。但是，IDC 服务商也从云计算获得了新的机会，云计算带来的大量数据交互正在成就了新的业务场景，数据中心之间以及数据中心与公有云的专线连接需求逐渐强烈。

但是传统专线缺陷明显：开通周期太长，用时平均 2-4 周，而且用户没有机会管控自己的业务；使用成本偏高，购买包年包月的专线产品，成本较高。

(2) 解决方案的实现

大河云联的 CanalON 方案能够满足用户需求，可以适用于多种不同的应用场景，既可支持数据中心或者公有云间的 DCI 互联场景，也可适用于企业站点与公有云之间的场景，以及企业站点之间的 VPN 场景。

CanalON 方案特点包括：

1) 贴合业务，端到端连接服务

产品从网络连接业务的视角出发，摒弃传统网管思路。编排着眼于服务，在界面只需简单操作，就可以完成端到端的业务开通，简化整体业务开通流程，缩短交付时间。

2) 云网一体，一站式服务，降低使用门槛

专业的云计算集成方案，一站式解决云网资源服务的问题。在 CanalON 系统内集成云侧的 API，简化云侧配置的复杂度，降低 IT 支撑人员对网络、对云基础资源使用的技术门槛，轻松完成相关的配置操作。

3) 多种入口，提供不同服务

提供资源方入口、用户自服务入口、运维管理入口，满足不同角色的使用场景。资源方通过资源方入口完成业务的管理、用户管理。用户通过自服务入口，完成自有业务查看和调整。运维通过运维入口

完成对网络的监控和维护。

4) 能力开放，全 API 对接

软件架构支持全套产品 API ,支持集成第三方系统。不论是 CMP , 还是客户的业务系统，都可以非常灵活的对接，让网络与云资源一样便于调用。

(3)效果描述

通过大河云联 CanalON 解决方案的部署，该服务商一跃成为 SD-WAN 服务业的黑马。IDC+SD-WAN 服务有效的解决了该服务商全球覆盖的业务需求，搭建一张全球 DCI 网络只用了 3 个月的时间，并且可以随时按需求进行扩容新增节点，同时与传统的 MPLS VPN 网络相比，将搭建成本降低到十分之一，为该服务商提供灵活运营的服务界面，可以在服务平台上秒级开通业务，提供了新兴的服务模式，并且在网络能力的大幅提升的情况下，保持了运维人员基本不增加。而且，提供了数据中心到云，以及混合云等新兴 SD-WAN 业务，为该服务商的业务增值和收入增长提供了强有力的支持。

4.2 深信服案例

案例介绍：某矿产公司部署 SD-WAN

(1)用户需求

1) SD-WAN 组网需求

某矿产客户，全球有 60 个分支机构，包含国内的事业部及事业部下辖的矿产公司，以及三个海外办事处。目前事业部以及海外办事

处与总部已有一条 MPLS VPN 专线，矿产公司使用互联网 VPN 接入所属事业部后加入集团内网。为了保证高可用，且由于 MPLS 费用较高，计划在所有分支都再接入一条互联网线路，利用 VPN 直连总部做为专线的备份，核心业务走优质线路，故障时切换。

2) SD-WAN 安全需求

目前客户的大部分分支并无相应的网络安全建设，也无法配置专业的安全团队。随着勒索病毒以及网络攻击的爆发，在使用互联网 VPN 组网后，分支机构对安全攻击几乎没有抵抗能力。一旦分支被攻陷，攻击者可以通过分支做为跳板侵入集团内网，进而发起对集团内网的攻击。客户不只关注组网，也非常重视分支的安全建设，避免分支成为内网的安全缺口，希望 SD-WAN 方案加入安全能力。

3) SD-WAN 可扩展性需求

客户希望分支 SD-WAN 加入安全能力时无需重新部署新的安全设备，希望能以模块（如 NFV）的方式按需开通，要求 SD-WAN 产品能够提供可扩展性，满足分支后续的安全扩展性需求。

(2) 解决方案的实现



图 9 深信服全球组网解决方案

在该矿产公司分支和总部,分别部署深信服 SD-WAN 设备。SD-WAN 设备分别针对总部和分支的两条线路建立 VPN 隧道,确保所有内网数据均能够利用全部物理线路传输,同时配置优先保障核心业务的传输质量和体验。

深信服 SD-WAN 设备会对所有 VPN 隧道进行线路质量的探测。根据线路质量的实时状态,对核心业务以及其他内网业务数据进行实时调度,同时所有分支和总部的 SD-WAN 设备里加入安全防护的 NFV 组件,避免分支成为内网的安全缺口。

(3)效果描述

通过深信服 SD-WAN 解决方案,客户核心业务传输实现了高可用,其余非核心业务在优先保障核心业务的前提下实现了线路带宽的复用,避免带宽空闲浪费;加入的安全防护 NFV 组件对分支内网和总部内网进行东西向安全隔离,成功阻隔恶意攻击行为从分支内网向总部内网进行渗透;创新的分支 SD-WAN 产品架构,提供了丰富的安全 NFV 组件,客户可按需求开通,完整满足客户对分支 SD-WAN 安全能力快速加入和可扩展性的要求。

4.3 华为案例

案例介绍:某金融企业部署 SD-WAN

(1)用户需求

国内某知名金融企业,业务发展迅速,在国内和全球拥有多个分支,业务属性也呈现多元化发展。该金融企业传统的网络由园区、分

支和数据中心 3 大部分组成，彼此之间通过企业 WAN 网络互联。长期以来，为了保证服务质量，企业 WAN 网络互联通常采用运营商的物理专线或 MPLS VPN 专线，虽然网络质量有保障，但业务开通比较繁琐、时间较长，而且专线价格比较昂贵，企业用于 WAN 互联的支出居高不下。此外，采取自建数据中心的方式来承载自身的关键应用和 IT 信息资产，整个网络架构是封闭的，开放性不足导致了该企业重资产和业务发放效率较低，因此需要对传统网络进行改造。

(2) 解决方案的实现

华为 SD-WAN 解决方案为该金融企业提供按需、高性价比、增值的企业互联，包括园区/分支/DC 之间的快速互联，以及与新兴的第三方公有云/SaaS 云的连接服务。

SD-WAN 解决方案的整体架构包括网络联接层、云管理平台以及上层应用层。网络联接层包括虚拟和实体的 CPE 和 FW 等设备，承载企业租户侧和 DC 侧网元的物理互联。云管理平台使用统一控制器 Agile Controller，承载对 CPE 设备和 DC 设备的控制管理和业务配置；协同层 Orchestrator 实现端到端的跨 OverLay 和 WAN 控制器协同，包括租户资源在企业侧和云端的协同，以及 CPE 设备与 VNF 网元的协同，将租户和运营商的管理控制命令转换成统一控制器可识别的语言下发到承载设备中。上层应用层则提供面向租户和运营商管理员的统一图形化界面，实现 SD-WAN 业务的自助定制。上述各层之间均使用开放的协议，例如 Restful、Netconf 等作为南向/北向接口互联，以保持开放性。

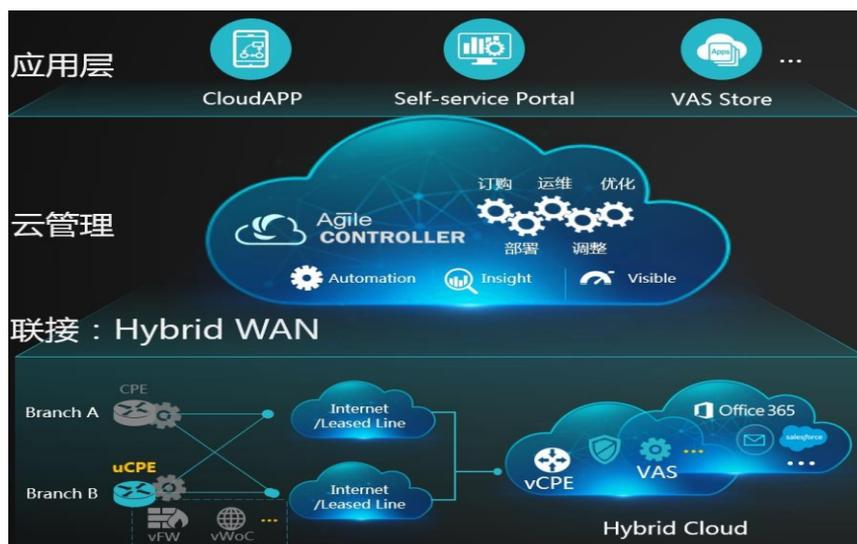


图 10 华为 SD-WAN 解决方案架构

(3)效果描述

1) Hybrid WAN 结合应用级智能选路，成本节省。

华为 SD-WAN 支持业界最全的 CPE 接口类型（xDSL，LTE，Eth，E1/T1...），可覆盖所有企业接入场景。通过混合链路组网，LTE、MPLS 专线和 xDSL 等可任意组合，充分利用互联网链路覆盖广、价格低的优势，增加广域带宽的同时降低带宽成本。

2) 任意拓扑和路由灵活组网，关键应用极致体验。

华为 SD-WAN 支持 6000+ 种知名应用识别、支持单/双 CPE、单/多链路、单/双 Hub 按需组合（行业大多数厂家单 CPE 双链路），支持任意拓扑和路由的应用级智能选路，满足不同场景部署需求，为不同规模分支的关键应用体验提供最高优先级链路保障。

3) 全系列开放 uCPE，实现 VAS 业务“按需分钟级”获取。

华为开放 uCPE 支持丰富增值业务，支持超过 10 种华为及业界主流 VAS，如 vFW、vWOC，通过 Agile Controller 自动化的远程

业务编排，VAS 按需获取，业务发放从数周到数分钟。

4) 云化可视运维，降低 OPEX。

华为 SD-WAN 解决方案支持设备即插即用，快速开局；应用与链路的可视化管理，以 GIS 为索引，全网状态可视，快速定位故障，降低运维复杂度。

5. SD-WAN 发展趋势

5.1 接口标准化

目前随着 SD-WAN 的发展，各厂商各自为战以迅速占领市场。但各厂商设备接口以及他们为第三方开放的平台服务接口标准不一，彼此协调和推广起来比较困难。未来发展 SD-WAN，为实现各厂商间的互操作性，设备接口以及平台服务接口需要进一步标准化。

5.2 接入轻量化

SD-WAN 通过厂商的后台服务提供了灵活的使用广域网的方式，从而使降低用户接入门槛、提高更多用户创新能力成为了可能。为了达到这个目的，SD-WAN 厂商通过 vCPE 等方式推动用户私有网络的最后一公里的接入，尽量小型化、轻量化、智能化、移动化接入设备，同时通过后端接入云平台或数据中心产品，智能完成路由、防火墙等配置，从而达到即插即用的目的。用户只需要在连线后，通过一些简单透明的标准操作就可以轻松接入广域网资源。

5.3 管理协同化与智能化

SD-WAN 部署中，用户往往需要多个厂商实现一种平衡，不希望被厂商锁定，SD-WAN 网络发展必会摆脱封闭的管理系统，实现基于多厂商的 SDN 协同控制或业务协同编排，与此同时为了适应商业的需求，SD-WAN 服务提供商也需加强对多租户架构的管理。

SD-WAN 将为用户的终端提供连接，为了使广域网的管理和运维更加容易，未来还将引入人工智能和机器学习来进行路径规划，网络管理变得更加智能化，从而确保广域网的健壮性。

5.4 安全集成化

SD-WAN 提供商需加强与安全提供商的合作，SD-WAN 平台将包含更多使用高级威胁检测技术的嵌入式的安全功能，集成下一代防火墙、统一威胁管理和防病毒功能等，使用户可以选择在分支机构、数据中心或云端部署网络安全功能，确保用户各连接端和广域网都免受越来越复杂的威胁。