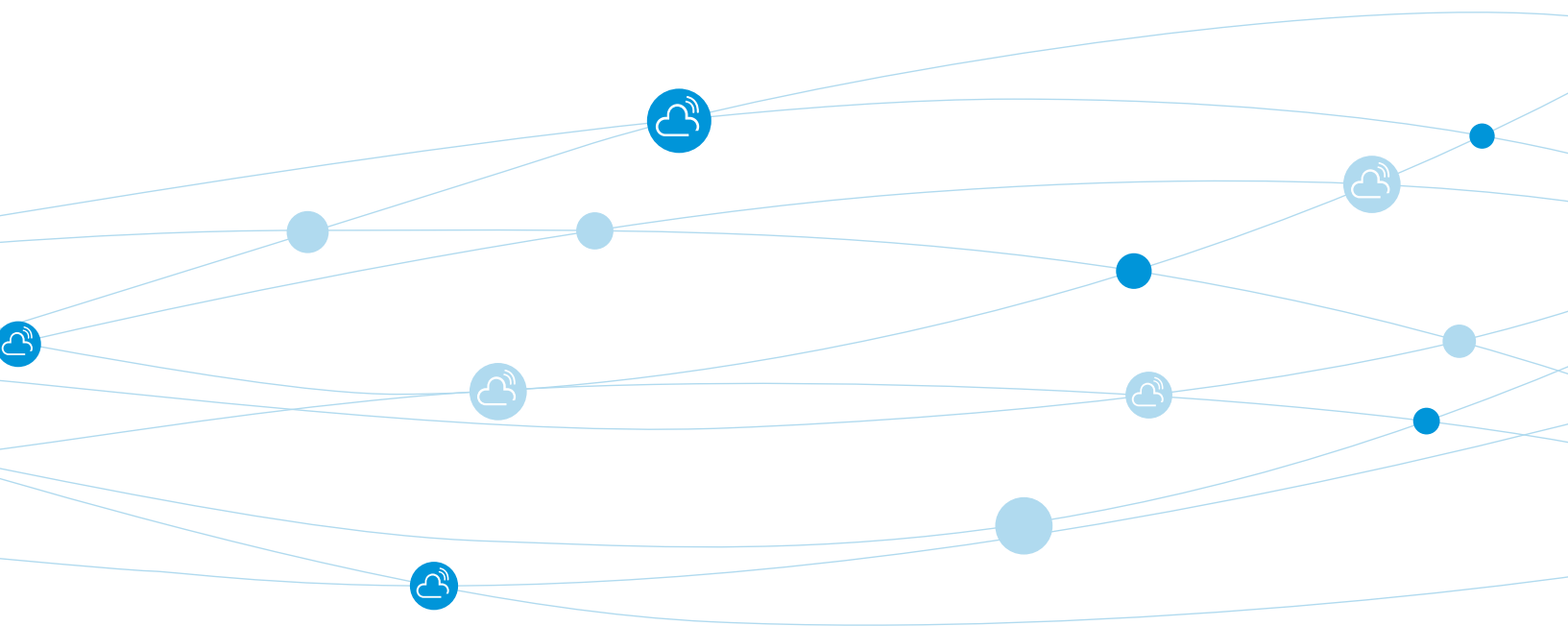


云网产业发展白皮书

第一部分：云网络 (2021年)



云计算开源产业联盟
云网产业推进方阵

2021年3月

云网产业发展白皮书

第一部分：云网络

(2021年)

云计算开源产业联盟

云网产业推进方阵

2021年3月

版权声明

本白皮书版权属于云计算开源产业联盟与云网产业推进方阵，并受法律保护。转载、摘编或利用其他方式使用本白皮书文字或者观点的，应注明“来源：云计算开源产业联盟”或“来源：云网产业推进方阵”。违反上述声明者，本联盟将追究其相关法律责任。

前 言

近年来，随着云计算的快速发展以及云网协同理念的兴起，网络作为云计算基础设施建设的重要支撑，其重要性不断提升，同时也在不断的迭代和进化，伴随着云服务的发展也形成了独具云特色的“云网络”服务架构和模式。现阶段，云网络已经成为云计算发展的热点领域，并深入到企业上云的各个场景之中，创造出新的业务体验、新的服务模式与新的产业布局。

本白皮书首先给出了云网络的发展背景、体系架构和主要厂商云网络建设情况，同时分析了云网络技术发展特点与主要应用场景，并选取几个典型应用案例进行分析进一步剖析云网络的应用情况与价值，最后提出了云网络的发展趋势与展望。

参与编写单位

中国信息通信研究院、阿里云计算有限公司、腾讯云计算（北京）有限责任公司、中国移动通信集团浙江有限公司、中国电信股份有限公司云计算分公司、联通数字科技有限公司、中移（苏州）软件技术有限公司、中国移动通信有限公司研究院、中移动信息技术有限公司、华为技术有限公司、犀思云（北京）云计算科技有限公司、新华三技术有限公司、鹏博士集团、中兴通讯股份有限公司、北京金山云网络技术有限公司、北京青云科技股份有限公司、上海有孚网络股份有限公司、优刻得科技股份有限公司、华云数据控股集团有限公司、上海云轴信息科技有限公司、盛科网络有限公司、深圳华大生命科学研究院

主要撰稿人

栗蔚、马飞、苏越、陈锐豪、谭礼铨、秦振华、李建慧、方炜、王晨、周雷震、顾黎斌、黄军、陈挺、雷树超、殷硕、赵立芬、王燕、支敏慧、闫兴安、张飞、费怡超、钱厚才、杨雷、张婷婷、王瑞雪、张琦、顾戎、张久仙、高巍、张雄国、罗新财、万晓兰、王凯、王后月、班兆坤、张国祥、李响、侯思宁、杨洋、谷峰、李江龙、陈届阳、刘文芳、蒋迪、郑康和、张玉良、王力、蔡国瑜

目 录

1. 云网产业发展开始加速，多方布局呈鼎足之势	1
1.1 云与网络互相影响，云网络发展开始加速	1
1.2 云网络覆盖端到端，逐步形成云网边一体化架构	2
1.3 厂商积极布局，我国云网络产业呈现三足鼎立.....	3
1.4 云网络建设不断加码，国内外侧重点各有不同.....	4
2. 云网技术呈现多样化特点，赋能云计算全新发展	5
2.1 虚拟化是云网络基础，NFV推进网络功能快速迭代	5
2.2 云网络继承云的特性，形成新型网络服务模式.....	6
2.3 分布式云产生新诉求，边缘网络成为发展焦点.....	7
2.4 云原生网络开始兴起，服务网格+CNF提供层次化服务	8
2.5 多云混合需求强烈，云间互联能力成为关键	9
3. 云网应用已进入实践阶段，满足多种场景的互联需求	11
3.1 云上云下资源互联：混合云组网成为企业上云的关键	11
3.2 云间资源互联：云组网与多云互联开始兴起	12
3.3 多分支机构互联：SD-WAN为企业 提供全新组网模式	14
4. 云网场景日益丰富，助力企业数字化转型	16
4.1 大润发全国门店上云	16
4.2 海尔混合云统一组网	17
4.3 某儿童医院基于云网协同的混合云解决方案	19
4.4 某市生态环境局基于5G的云网一体解决方案	20
4.5 某大型电商平台多云互联解决方案	22
5. 云网发展趋势与展望	24
5.1 大型云交换中心将成为云网协同新形态	24
5.2 云原生网络在用户落地场景将持续演进	25
5.3 SASE将成为云网络的新型服务形态	26
5.4 泛在计算将进一步促进云网的深度融合	27

1. 云网产业发展开始加速，多方布局呈鼎足之势

1.1 云与网络互相影响，云网络发展开始加速

网络的设计初衷是提供通信和语音服务。近几十年，互联网的网络技术与服务的创新高度繁荣。随着时代的发展，网络流量逐渐由P2P模式转变成浏览、购物等的C/S（包括用户/服务器和用户/云）的模式，网络的意义更多体现在为计算服务。随着使用场景的变化，网络架构需要从传统的以通信为核心转变成以计算为核心。互联网上的服务器，从通信服务的配角变成了内容服务的主角。互联网业务和流量的变化催生了云计算。云计算扩展了互联网架构的基本设计思路，把控制权和复杂性从消费者手中的“终端”转移到服务商手中的“云端”，从而大幅减少了用户需要面对的复杂性。

在强大的网络能力的支撑下云计算发展迅速。云计算技术与服务的成熟对网络也提出了新的需求，网络基础设施需要通过优化网络架构确保网络的灵活性、智能性和可运维性，提供差异化的网络服务，更好的适应云计算应用的需求。本文对云网络的定义如下：云网络指的是基于对网络资源的虚拟化，将适配云特性的网络能力开放给用户，以满足企业上云过程中“云-边-端”互联互通需求的服务的集合。云网络随着云计算技术的发展而发展，基于用户对上云网络的需求，可以把云计算所需的网络分成三个场景，即云接入网络、云间网络和云内网络三部分。而云网络在发展过程中也逐步覆盖上述的三个主要场景，简单来说，云网络的发展可分成以下三个阶段：

第一阶段：传统IDC逐步转向云化，数据中心间流量逐步增长。随着云计算的诞生，虚拟化成为云的主要技术支撑。传统数据中心网络架构需要适配云的虚拟环境，因此同样需要进行一部分虚拟化。其目的是可以像云一样弹性、共享、灵活的使用，并能被业务平台集中管控，因此虚拟私有云（VPC）应运而生。同时在该阶段，由于云计算的业务实现通常在云所在的本地数据中心，数据中心间流量并不多，但随着客户异构环境数据同步的需求不断增大，传统的互联网或Underlay形式的传输存在效率或成本的问题，Overlay网络技术的应用逐步增多，这也为后续云网络发展打下了基础。

第二阶段：基于数据中心互联（DCI）的混合云组网成为主流，Overlay网络是云网络的普遍存在形式。混合云兼顾公有云的弹性灵活与私有云的安全自主特性，已成为企业部署云计算的首选模式，因此混合云网络成为了企业的首选架构，在此阶段，云接入网络与云间网络在支持互联网接入、专线接入的同时，更多的要满足DCI联接的需求，并且逐步发展出更多基于Overlay网络的技术方案，以各大云商为异构网络环境预留出的专用边界接口便是最好说明。至此，云网络的三个主要场景中，云间、云内、云接入网已经可以通过Overlay网络实现业务。这也是当前云网络普遍存在的形式。

第三阶段：多云需求不断增长，云网络重点实现多云协同。多云架构将成为未来用户主要的业务实现方式，用户也将面临多云的网络需求。在多云场景下，云网络需要解决多云之间，以及多个异构环境间的互联互通。并以统一云网络管理、资源快速调度、弹性使用等诉求为核心目标，逐步完善Overlay网络技术，构建云网络管理和运维方面的能力，满足更多用户上云和使用云的需求。

1.2 云网络覆盖端到端，逐步形成云网边一体化架构

云网络包含了接入侧、边缘侧、中心侧的网络互联互通，并涉及到接入网络、数据中心间网络与数据中心内网络的多个虚拟化软件功能组件，如下图所示：

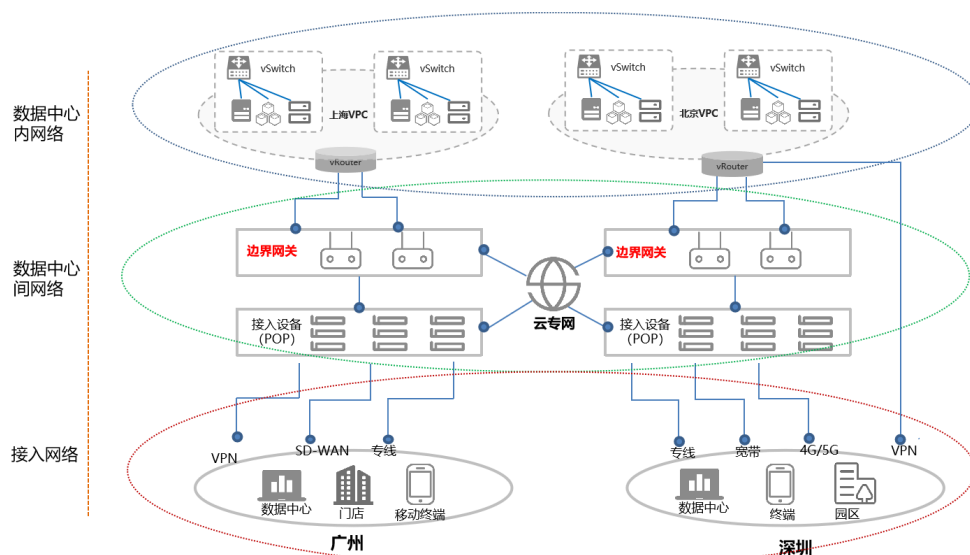


图1 云网络体系架构

云网络体系架构体现了端到端的云网边一体化的特点。云网络能力随着分布式云架构的演进，已不单单是网络连接能力的提供，而是在网络能力提供的过程中逐步渗透算力服务，配合灵活算力保障业务的端到端业务体验。首先是接入网络，用户通过专线、VPN、SD-WAN等接入手段接入到云服务商或运营商的本地汇聚设备或POP点，以完成本地数据中心入云的需求；其次是数据中心内网络，云服务商以虚拟私有云（VPC）为载体进行计算、存储与网络资源的配置与管理，同时传统的网络转发设备可以以软件的形式存在于VPC之中；最后是数据中心间网络，虚拟化技术的广泛使用为不同数据中心间的互联提供了更加平滑、灵活、扩展性更强的链路，同时一定程度上缓解了因地域差异带来的跨数据中心流量的流通效率与成本问题。

1.3 厂商积极布局，我国云网络产业呈现三足鼎立

根据中国信息通信研究院相关调研数据显示，2020年我国以云专线、云组网、SD-WAN为代表的云网络服务市场规模达到279亿元，数字经济大潮下传统行业的数字化转型成为云网络产业发展的强劲驱动力，云网络将成为未来一段时期的重点发展方向。

我国各类型服务商在云网络领域纷纷布局，推动我国云网络生态不断丰富，促进了云网络服务水平的极大提升。一是电信运营商，运营商在强化自身网络能力的同时，纷纷将自身网络能力产品化输出；二是云服务商，该类厂商积极布局云网络服务市场，将积累的丰富云服务相关经验适配于网络环境。三是云连接服务商，该类厂商以连接类业务为主，以合作伙伴的身份补充公有云服务商在网络能力上的不足。

电信运营商以网带云，实现网向云的延伸。网络是运营商的固有优势，运营商在切入运营商市场时，会充分利用在网络、云和客户等方面综合优势，提供自身云网统一的解决方案，从核心、承载、接入侧网络形成云+网的全覆盖。同时运营商作为5G的建设者，在边缘云节点的建设拥有先天优势，有利于为用户提供多层次多元的云网络服务。

云服务商建设Overlay网络，以云为核心建设多方合作生态。云服务商在云计算技术能力有较多累积，同时在面向用户的服务能力上有较大优势，因此该类服务商往往以自身公有云作为核心，联合多个云服务提供商和应用能力开发者，构建多方合作生态。现阶段网络能力的构建已成为互联网云服务商生态构建的最重要一环，通常以底层运营商网络+上层自建

Overlay 网络的形式，依靠 DCI 能力完成网络覆盖。

云连接服务商以提供端到端的连接服务为主。该类服务商的业务属性更为轻量级，本身不提供公有云服务或公有云服务较少，同时相比上述两类厂商开放性更高，利用自身网络资源，打通多个公有云之间的网络连接，做第三方连接平台，最终形成一种网络资源与公有云资源互相补充的合作伙伴模式。

1.4 云网络建设不断加码，国内外侧重点各有不同

国外厂商侧重云网络的基础设施建设。国外厂商的基础设施在全球的建设力度较大，并且各厂商具有明显的特点。Google 的云平台基础设施建设起步较早，Google 从硬件到软件全方面对基础设施建设进行投入，将用户流量更多的通过专有网络传输，减少经过互联网链路的跳数，因此可以按需提供多种层级的云网络服务。AWS 的全球节点覆盖率较高，同时利用 5G 和 SDN 技术为需要跨地域访问云节点的用户提供更接近最终用户的 AWS 基础设施和服务。Azure 加大对区域覆盖率的投入，已在全球建设 60 多个区域，在业界处于领先地位。同时国外厂商重视云网络生态建设。AWS 与第三方合作伙伴联系紧密，提供如 Cisco、Juniper 等厂商的网络虚拟化产品，补充自身产品短板，构建完整的云网络生态系统。Google 则强调开放性，将自身云网络平台与产品开源化，用户可以根据自身需求进行技术扩展，实现基于开源的云网络生态建设。

国内厂商根据自身特点采取多种云网络建设方式。随着云网络需求的不断增加，各大厂商已经完成从云数据中心网络到全球广域网络互联的迭代，云节点在全球主要地域均有分布，但根据各自业务的发展，也存在差异。例如阿里云在亚太地区的资源池、网络接入点等基础设施建设与业务覆盖范围更为广泛，并且新建的数据中心节点，针对游戏、金融等细分场景的特点进行了优化，同时阿里云自研的洛神云网络平台在高性能、规模、弹性开放等方面在国内均处于领先地位；腾讯云的云网络建设在现阶段更强调全球化地理区域的扩张，国外节点分布较广，为客户海外业务提供保障，同时其云网络架构经过三次升级在超大规模、高并发、高密度等技术需求的满足度较好。运营商云网络建设则充分利用了其网络基础设施建设上的优势，在省、市、县等各级地方区域均可搭建接入点，不断扩大网络接入范围。

2. 云网技术呈现多样化特点，赋能云计算全新发展

2.1 虚拟化是云网络基础，NFV推进网络功能快速迭代

云网络的基础是网络资源的虚拟化。类比于计算资源的虚拟化，云网络的根本在于通过对网元、网络设备的虚拟化来承载功能的软件处理，使得资源可以充分灵活共享。同时网络的虚拟化使得网络资源的开放能力大幅度提升，进而满足上层云应用开发及终端对接需求，将各项功能和资源调配封装成API提供给客户，以便云、网、端整体资源能被客户系统一体化高维度管理。

虚拟化网元是各种云网络组件的基本承载形态。云网络是由各种网元（Network Element）组成的，例如交换机、路由器、NAT网关、负载均衡等，这些网元在云网络中通常称为虚拟化网元。一方面是因为这些网元提供了多租户的能力，即一个物理上的网元，提供给多个租户共用，而不是每个租户独立一个网元，对于每个租户而言，是一个虚拟化的网元实例；另一方面云网络的4~7层协议处理网元普遍使用NFV技术，通过软件虚拟方式实现各种网元的业务，相对于传统专用的硬件方式的网络设备，技术上差异也非常大，所以云网络中的网元也被称为虚拟化网元。

虚拟化网元的实现普遍应用NFV技术，最核心的原因是满足业务快速迭代的需求。企业上云后，不管是对外提供服务，还是访问内部、外部服务，网络的连通性要求没有减少，还可能因为上云的要求，网络的需求反而更多，这些需求需要云厂商快速提供，所以网络功能的关键核心是快速迭代。使用封闭的、标准的传统设备厂商提供的网络设备，无法满足云网络的要求，另外专用芯片因为芯片规格、内部逻辑固化等原因，灵活性也达不到云网络的要求，所以云厂商的网络最终选择NFV技术，通过软件虚拟化的方式快速提供云上租户网络功能。云网络在使用NFV技术构建各种虚拟化网元的时候，也有清晰的架构分层。

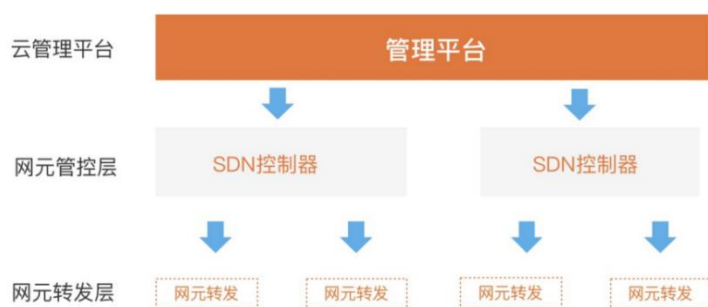


图2 云网络架构分层

2.2 云网络继承云的特性，形成新型网络服务模式

云网络脱胎于传统网络，并通过网络虚拟化等技术满足云计算资源交互的需求，因此云网络继承了云的特性，包括弹性扩容、按需分配、高可靠性、高开放性等，并形成了不同于传统网络的服务模式。

云网络利用虚拟化技术实现网络资源弹性分配与扩容。云网络依托网络虚拟化技术，实现如IP地址、带宽等网络资源的弹性高效利用。在数据中心的规模快速增长，承载的业务越来越多样化的趋势下，实现网络资源的快速聚合与弹性分配，满足IDC数据中心的规模部署和运营需求，充分共享和高效利用DCI链路资源。

云网络高可靠性保证网络资源正常运行与容灾能力。云网络实现多个虚拟私有云与实例的相互备份，当其中一个出现故障后，能够通过云数据中心内部网络和云服务承载专网快速将网络资源迁移到不同物理设备的虚拟网络中保证业务正常运行。相比传统网络，大大增强了云网络的容灾能力，并且降低了建设备份的成本。

云网络资源池化带来网络资源按需购买的新服务模式。由于云网络相比传统网络具有弹性扩容的优势，因此按需购买取代了一次性付费。用户可以根据自己对网络资源的需求进行购买，随着本身业务的变化实时扩展和缩减。同时，云网络的多租户技术可以使每个按需购买的用户在无感知的情况下对网络资源进行共享，大大提高资源利用率。

云网络平台开放特性为云网统一管理部署奠定基础。云网络平台提供丰富的API接口与可编程空间，开放网络在线开发能力，满足用户上层云应用开发及终端对接需求，实现云与网络的统一管理和部署，为承载的业务提供更好的支撑与优化。未来随着用户对云网统一管

理的能力需求不断增加，云商会开放更多的可编程接口，最终提供全面的用户自定义和自动化的云网络服务。

2.3 分布式云产生新诉求，边缘网络成为发展焦点

Gartner预测分布式云是下一代云计算，分布式云计算是第一个将云交付服务的物理位置纳入定义范围的云模式。在分布式云及应用边缘化和分布式的需求下，对网络的诉求也会是边缘化、分布式化，构建业务、云、边一体化的网络，真正实现云边与云网融合、协同。在分布式云的阶段，云网络已经从最初的数据中心网络，到广域网络，再到边缘网络，在覆盖范围上从中心云或区域云，逐渐扩展至端到端的互联互通。包括接入侧、边缘侧、中心侧都属于云网络通过虚拟化提供服务的范畴。

边缘网络是云网络的重要组成部分。随着5G、物联网等技术的不断成熟，加速工业互联网、物联网、AR/VR、自动驾驶等多种行业应用的发展。目前，此类行业应用的核心模块都已完成中心云计算平台的部署阶段，5G网络促使无线接入侧能力大幅提升，边缘侧业务场景逐渐丰富，行业应用也将根据流量大小、位置远近、时延高低等需求，拆分为核心和边缘模块进行部署，因此边缘云的重要性不断提升，边缘网络也随之成为了云网络的重要组成部分。

边缘网络通常可划分为边缘接入网络、边缘内部网络与边缘互连网络。其中边缘接入网络包括但不限于园区网、接入网络、边界网关等网络基础设施，要求兼容接入各种类型的用户/网络终端、低时延、高下行和上行带宽类业务需求、支持海量连接、高安全等；边缘内部网络不同于云计算系统强调规模效应，边缘计算系统规模小、且强调通过拉近与客户的距离来实现低时延、大带宽、大连接、高安全等业务指标。因此边缘内部网络规模小且网络架构简化，对无损网络能力、云边网络协同和集中管控存在要求。边缘互连网络主要依赖可靠的云网络构建多数据中心、云端与边缘计算节点之间的传输通道，确保云边之间能够无缝融合，满足资源调度、业务编排、数据传输等业务需求。边缘互连网络以跨网络隧道技术为主，如以SD-WAN为代表的Overlay方案，以SRv6隧道方案为代表的Underlay方案等；还有EVPN（以太网虚拟专用网络）二层VPN技术。

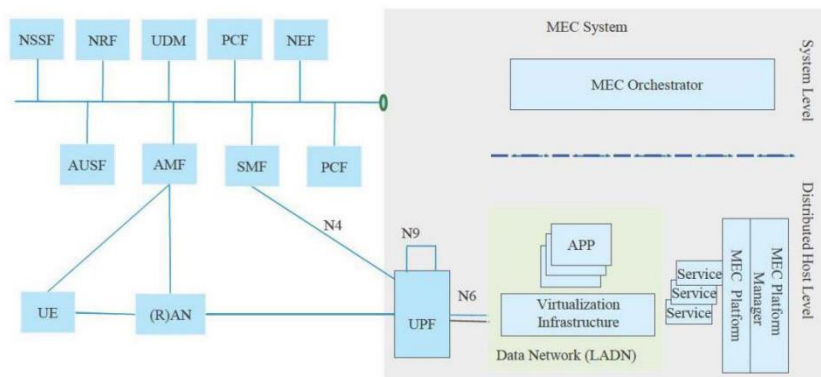


图3 边缘计算网络架构

2.4 云原生网络开始兴起，服务网络+CNl提供层次化服务

以容器、微服务、DevOps为代表的云原生技术引入，轻量级高效率虚拟化技术逐渐普及，云计算正向着“云原生”（Cloud Native）的方向发展。云原生对云网络带来了巨大的影响，云原生网络的基本目标是满足云原生服务的网络端点和服务间的互通性、安全性和负载均衡要求。具体到技术层面，云原生对于网络的要求，一是基础的二三层网络联通，二是4-7层的高级网络功能。

容器网络接口CNI(Container Network Interface)是现行的二三层网络联通的接口标准。Kubernetes已经成为容器编排的事实标准，容器网络也需与Kubernetes的调度机制相匹配。CNI接口只实现创建、删除容器时的调用方法，其他所有的网络能力都交由网络厂商实现增值服务，这在一定程度上加速了网络方案的繁荣，但是给用户的方案选型造成了较大困扰。根据网络协议的不同，可将网络方案分为路由模式、Overlay和L2方案三种。

表1 云原生网络方案对比

	路由模式	Overlay 模式	L2 模式
优点	<ul style="list-style-type: none"> • 网络性能高 • 支持Kubernetes原生负载均衡和网络策略机制 • 符合传统网络的监管要求 	<ul style="list-style-type: none"> • 物理网络无侵入 • 支持Kubernetes原生负载均衡和网络策略机制 	<ul style="list-style-type: none"> • 网络性能高 • 可直接与IaaS网络层通信，易于迁移 • 符合传统网络的监管要求

	路由模式	Overlay 模式	L2 模式
缺点	<ul style="list-style-type: none"> 大规模应用场景需要交换机与 BGP 打通 	<ul style="list-style-type: none"> 存在封装影响性能 排查问题难，需引入额外排查工具 无法与传统的网络监管模式兼容 	<ul style="list-style-type: none"> 网络管理依赖于物理网络 大部分方案无法复用 Kubernetes 的网络优势
实现技术方案	<ul style="list-style-type: none"> Calico BGP Flannel Host Gateway Kube-router Contiv BGP 	<ul style="list-style-type: none"> Calico IPIP, VXLAN Flannel VXLAN, UDP WEAVE Canal SDN 方案 	<ul style="list-style-type: none"> Lunix Bridge Macvlan SRIOV OVS Bridge Contiv Vlan Ovn-kubernetes

数据来源：中国信息通信研究院

4~7层的网络被封装到ServiceMash（服务网格）中。在K8模型中从应用的角度看抽象成了对外提供的ServiceMash服务和由服务的计算实现NODE和POD节点。应用的视角不再看到具体的IP和路由策略，更关注服务的状态，限流，熔断监控等。负载均衡服务被K8S集成，作为服务分发的核心部件。从通信服务上分为南北向7层流量分流的IngressRouting（入口路由服务）和东西向流量服务间进行服务发现和分发的负载均衡服务。为了支持云原生服务的DevOps灰度发布能力，云原生网络中负载均衡需要支持不同版本的服务在线升级和弹性伸缩。

2.5 多云混合需求强烈，云间互联能力成为关键

近年来，随着云计算的快速发展以及云网协同理念的兴起，企业的业务需求和技术创新推进云计算部署逐渐从一朵云向多云演进，多云场景主要具有四大优势：灵活性、就近响应、避免单一云商锁定和高可靠性。企业应具备跨云服务商的多个云资源池互联的能力，即多云互联。

多云互联关键能力有以下三点：

1.多云互连网络弹性扩展能力。多云互连网络具有云的特性，可按需按量付费使用，并且能做到自动化的弹性伸缩管理。由于多云互连网络涉及多家云提供商资源，因此需要一个

统一的管理平台进行资源调度。

2.多云互联跨网跨域能力。对于企业和公有云分布在不同运营商的场景，多云互联服务商需要拉通不同地域的不同网络服务商，使多云网络具备跨网跨域能力。同时需要保证跨网跨域连接符合SLA要求。

3.多云容灾能力。多个公有云或私有云间的容灾是使用多云互联的需求之一。多云容灾需要多个公有云或私有云提前预搭建大带宽低延时的互联通道，并支持数据实时同步和迁移切换。

MPLS VPN与SD-WAN成为多云互联关键技术。多云网络需要解决多云之间，以及多个异构环境间的互联互通，例如以多云为主，包含数据中心、总部、分支机构等一系列环境需要连接。传统云间互联的方式是企业专线拉通点到点连接，可扩展性较差。第三方服务商利用MPLS VPN和SD-WAN组建专有网络提供多云互联服务成为趋势。MPLS VPN与互联网链路隔离，具有安全性强，链路质量高等特点；SD-WAN通过控制器统一管理多云互联网络，优化底层链路质量，可以实现低成本、低延迟、高可用性的跨云信息传输。

3. 云网应用已进入实践阶段，满足多种场景的互联需求

3.1 云上云下资源互联：混合云组网成为企业上云的关键

云上云下资源互联是指企业本地（私有云、本地数据中心、企业私有IT平台）与公有云资源池之间的高速连接，实现本地计算环境与云上资源池之间的数据迁移、容灾备份、数据通信等需求，通常以混合云的形态出现。该场景下的互联互通同时要实现高质量，高稳定性，安全可靠的数据传输，并要保证网络质量稳定，避免数据在传输过程中被窃取。混合云作为企业上云的重要应用场景，可定义如下主流的二种场景模型：

- 1.本地计算环境（用户自有IT系统，监控中心，数据平台）与云上资源池的互联。
- 2.本地数据中心（私有云）与云上资源池的互联。

企业用户在构建该互联场景时，首先要实现企业内部的多个云之间的互联；其次是实现私有云和公有云之间的网络互通，让企业能够像使用自己的私网一样进行资源的弹性调度；最后是多个云之间的统一管理。从这个步骤中能够看到，打造云和云之间的互联网络与构建混合云网络是重点。

因此该场景在实现公有云与企业本地计算环境的业务打通的过程中，一方面是业务迁移要保持原私网地址不变。由于各业务系统耦合性高，业务复杂，需要保持私网地址不变，才能实现快速迁移云化从而满足上云企业云上云下通信的需求。另一方面是跨云的二层通信。企业原有网络规划复杂，多个业务部门规划多个子网，各个部门业务云化节奏不同，因此子网无法整体搬迁。为了保持业务整体连续性，迁移上云后的业务所在的子网要和其原有子网保持一致，并且可以和IDC原子网进行二层通信。

传统的混合云组网技术以VPN、专线为主，但是两者都存在不足，例如，VPN高度依赖互联网连接，无法保证带宽、延迟；专线的投入开销大，链路控制不灵活。而对于用户而言，当前混合云业务面临的重大问题之一是云计算资源和网络资源的申请、计费、运维彼此

割裂，严重影响客户体验。因此，云服务商通常会通过高质量云专线和云专网的组合来保证混合云端到端的网络连接，这样既保证了网络的稳定、高速、安全，也可以避免绕行公网带来的网络质量不稳定问题，也可以免去数据在传输过程中被窃取的风险，同时在云与网络资源的申请与计费方面保持平台与方式的一致性。

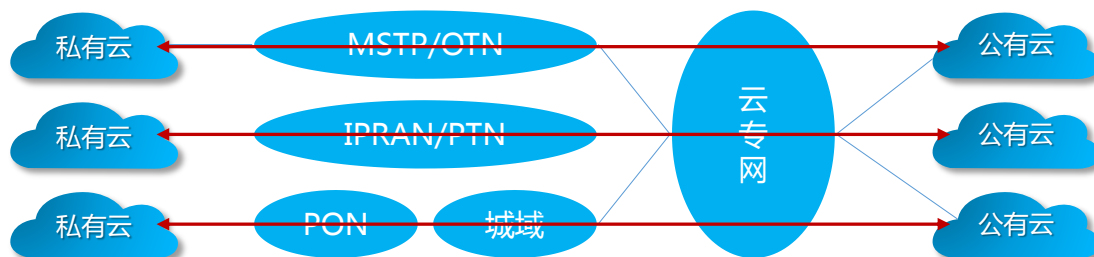


图4 混合云场景

3.2 云间资源互联：云组网与多云互联开始兴起

云间互联可根据业务场景不同分为同一云服务商的云间互联和跨云服务商的云间互联。

同一云服务商的不同资源池间的高速互联解决分布在不同地域的云资源池互联问题。企业可通过在不同的资源池部署应用，来完成备份、数据迁移等任务。现如今企业的用户和企业分支机构遍布全球各地，企业云上业务应用需要多地部署或跨国部署等场景，在此背景下，快速构建适应业务需求的跨地域互联和业务备份，实现分布在不同地域的多中心云上资源池间数据交互和VPC间高速互联，对企业用户来说可以很大的提升业务服务能力。

实际应用中，很多用户云主机的分布位置及区域可能因为业务关系、开通顺序而有差异，对于跨区域的云主机数据互访，主流的云服务商往往提供了POP点到POP点的传输服务，来达到公有云之间的数据交互。不同可用区VPC资源需要通过边界网关间的VxLAN链路实现高速访问，既可以解决绕行公网带来的数据稳定性和安全性问题，同时保障海量数据的实时高速传输。现阶段，云服务商使用云组网服务逐步代替传统VPC间对等连接的互通方式，在组网形态、扩展性、可靠性等方面有显著提升。

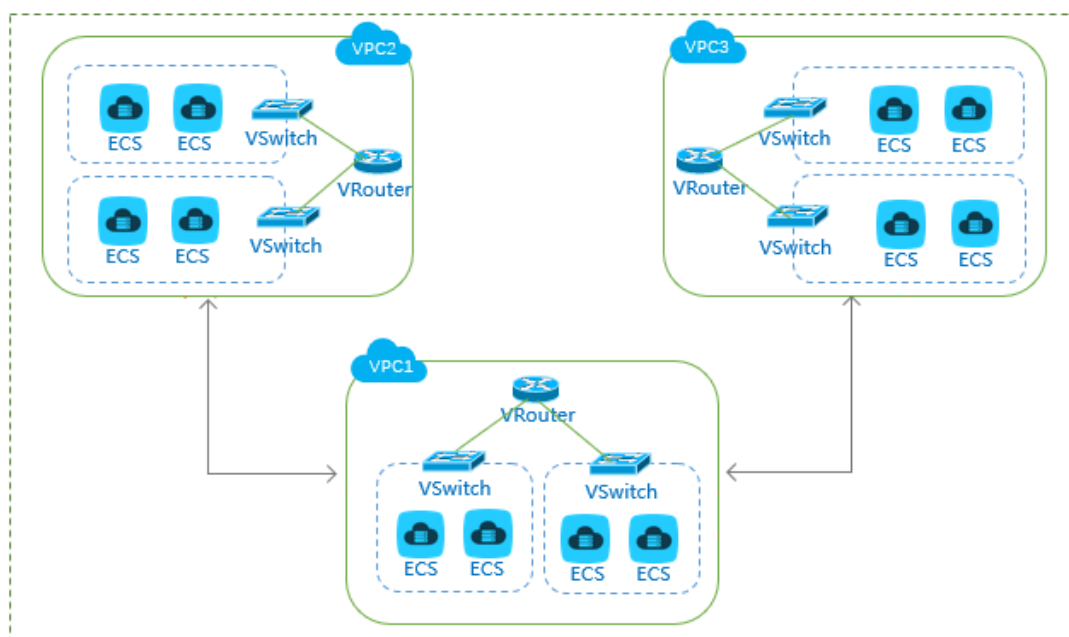


图5 同一公有云的多中心互联

跨云服务商的云间互联是指不同的云服务商的公有云或私有云资源池间的高速互联，又称为多云互联。该场景解决来自不同厂商公有云或私有云资源池互联问题，最终实现跨云服务商跨云资源池的互联。跨云服务商的云资源池互联也叫多云互联。

在该场景下，云、网络或IDC服务商依托于自身的网络覆盖能力，将不同的第三方优质公有云资源接入到自身网络之中，最终形成一种网络资源与公有云资源互相补充的合作伙伴模式。网络资源是多云之间互联场景的核心部分，即提供网络资源的网络服务商需要根据各云服务商的数据中心、POP点部署位置，在光缆资源、云连接节点、光纤基础设施等网络资源上做到全方位地覆盖，以提供端到端的服务质量保证和快速开通能力。同时，网络服务商的各云连接节点需要具备与各类云服务商网络的自动对接开通能力。

多云之间的互联对网络提出了更高的智能化要求。一是对于多云连接的便利性，能短时间快速完成多家云的连接，且云网络的适配性更强，支持高带宽、低时延，跨域连接，以及低成本开销等综合诉求；二是接入能力的多样化，例如服务类的业务需要专线接入以保障稳定，运维和各地办公可通过SD-WAN接入以降低成本开销，将4G/5G作为带外管理或备份能力；三是一体化的云网络管理和弹性诉求，多云网络需具备类似云计算的弹性能力，以及对于整体网络的带宽、时延、丢包、抖动、网络拓扑等可视化能力呈现给用户，包括网络自

定义告警能力。同时能输出标准化 API 能力以供异构平台集中管理，资源调度（如 CMP 云管平台）。

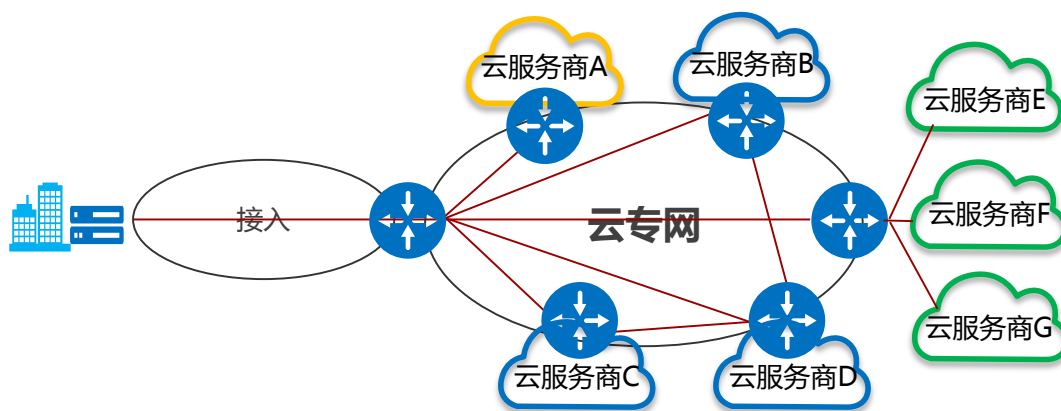


图6 跨云服务商的云资源池互联

3.3 多分支机构互联：SD-WAN 为企业提供全新组网模式

随着企业数字化转型升级，越来越多的企业将业务系统集中部署到数据中心进行扁平化管理，减少系统重复投资带来的成本和运维成本，分支需要通过互联网实时访问企业数据中心的业务系统以及高效的办公协同。

SD-WAN 是企业多分支机构互联场景中一类典型组网解决方案。由于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，因此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，也可能直接采用互联网搭建企业网络。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 在多分支互联场景中主要有以下优势：

一是将不同网络线路与不同优先级业务进行绑定。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。

二是加快企业分支节点部署和开通的速度。SD-WAN 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。

三是在运营监控等方面比传统网络更加灵活。企业网络架构的变化会给后期的运营与监控带来巨大的成本，SD-WAN 基于统一的管理平台可以更好的将分支运行情况进行集中监控，帮助企业根据实际网络运行情况更灵活的调整网络架构。

4. 云网场景日益丰富，助力企业数字化转型

4.1 大润发全国门店上云

(1) 案例背景

大润发是国内零售领先的零售连锁企业，旗下有大润发、欧尚品牌超市和欧尚无人门店。随着新零售的转型，除了卖场服务以外，大润发也提供新零售服务。而门店系统上云最大的困难点是系统的稳定性，因为以前是分布式的部署，每一家门店有一台服务器，那如果服务器坏掉，它只影响到一家门店。但是现在把这些门店的功能搬上云端，是集中式的部署。如果服务器或功能有问题，四百家门店同时都会受到影响。第二点是网络稳定，因为现在门店的运作都需要连到云端。提供稳定的网络环境很重要。如果网络断网，那门店就完全没有办法运作的。第三个是门店数据量大。一家门店有两万到三万商品，这些商品的数据要在很短的时间内跟云端的服务器做交互，需要稳定、快速交换数据的网络环境。

(2) 解决方案

大润发采用了阿里云云原生的SD-WAN方案，将阿里云智能接入网关加云企业网的产品组合，满足了传统商超业务系统的线路备份，同时满足了淘鲜达业务系统的线路备份的需求，保障上云链路高可用，进而提升业务系统的高可靠性。

该方案的优势如下

1、安全加密，数据使用IKE（密钥交换协议）和IPsec对传输数据进行加密，保证数据安全传输，防重放，防篡改；

2、支持Internet、4G、专线多种方式灵活接入；

3、高可靠：提供全方位多维度可靠性保障，消除任意节点单点故障；

设备级容灾：双设备主备模式接入，主设备故障自动切换；

链路级容灾：每个网关终端双链路密封接入，自动探测最优链路，故障时主动实时切换；

接入点容灾：每个设备同时接入两个接入点，接入点故障自动切换；

4、中心化控制：通过阿里云控制台统一配置管理线下智能接入网关的硬件设备。

(3) 客户收益

- 1、线下高质量互访支持门店访问云和IDC；
- 2、降低成本，欧尚门店替换MPLS专线，成本减低60%；
- 3、提升网络可用性，门店用过专线，宽带VPN加智能网关4G应急，99.999%；
- 4、敏捷部署，未来无人门店网络开通速度缩短到以天计；
- 5、弹性资源获取，在门店大促期间在短时间内扩展网络与计算资源承接高并发流量。

4.2 海尔混合云统一组网

(1) 案例背景

海尔集团作为全球大型家电第一品牌，在数据中心运行了200+系统（比如卡奥斯平台等），规划了300多个子网，每个网段都有几十个业务。近些年海尔的业务在持续上云，根据业务需求同时使用华为的公有云和私有云，上云的业务需要在混合云场景下实现云上、云下多个子网的业务打通。

(2) 解决方案

本组网方案使用华为云KYON（Keep Your Own Network）解决方案，海尔可携带原有网络组网和IP不变迁移上云，云上云下仍然可以大二层互通，云下共享云上服务和生态。由于海尔子网多（300多个子网），业务系统复杂，迁移过程可能持续很久（年为单位），因此KYON解决方案的L2CG能力就能完美解决上云迁移过程中的业务连续性问题的。

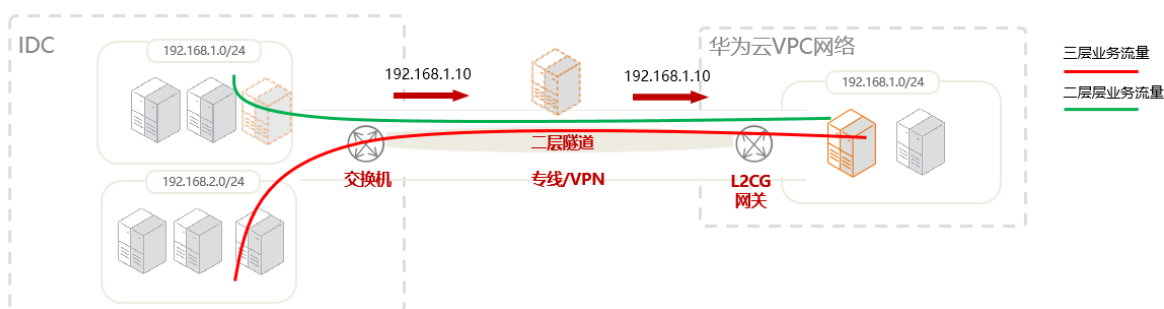


图7 海尔上云业务迁移

该解决方案的技术特点包括：

1、业界独创 L2CG，线上线下二层互通。L2CG 通过 vxlan 隧道技术，配合原有线下线上通道专线或者 VPN，解决了线下线上二层网络互通的问题，为企业业务迁移、线上线下容灾部署提供了技术支持；

2、业界独创 VPC_NAT，解决线上/线下的私网地址冲突。私网 NAT 网关提供了 VPC、专线等私网地址之间的 SNAT/DNAT 能力，有效的解决多个 VPC 或者多个线下 IDC 机房之间私网地址冲突的场景；

3、ELB IP target 灵活指定后端服务组，线上线下业务融合，跨境、跨域容灾备份利器。通过为 ELB 节点添加 FullNAT 转发能力，使用 ELB 实例所在 VPC 内地址作为源地址，并结合网卡按端口分队列以支持核级会话，实现流量 IP Target 流量转发；

4、VPC ENDPOINT 支持云下共享云上生态、服务快速发布，更高速、更便捷、更安全。

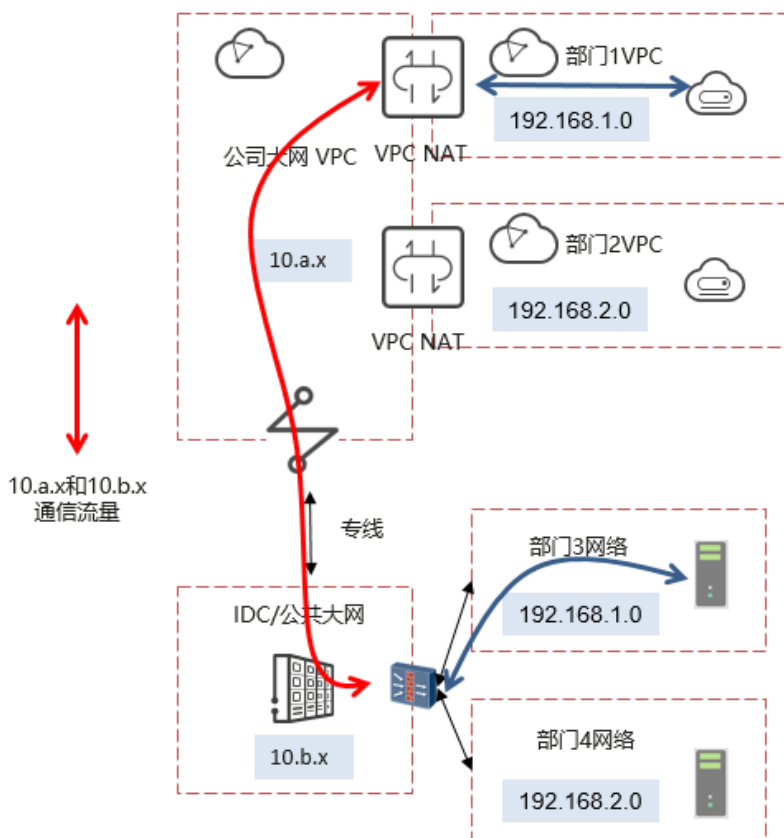


图8 海尔混合云统一组网

(3) 客户收益

华为云KYON (Keep Your Own Network) 云网络解决方案, 支持海尔客户携带原有网络组网和IP不变迁移上云, 云上云下可以大二层互通, 保障业务的连续性, 同时支撑云下共享云上服务和生态。目前该解决方案已经完整在海尔DTS系统迁移上云中落地, 支撑了海尔1000+主机的业务迁移上云, 300+系统已经部署在华为混合云上。

4.3 某儿童医院基于云网协同的混合云解决方案

(1) 案例背景

2019年之前, 天佑医疗集团下属各二级医院及门诊业务系统独立, 分院业务数据存在孤岛, 运维难度与日俱增;随着天佑医疗集团不断发展, 所面临的挑战日益明显。儿童医院是天佑医疗集团发展的重点, 也对信息化飞速发展要求更高。此外, 作为民营医院, 服务是最大的竞争优势, 尤其对于诊前、诊后服务的提升至关重要。如何借助技术手段实现服务提升, 并通过解决天佑儿童医院的问题实现整个集团的信息化突破, 成为摆在天佑儿童医院面前的一道难题。

(2) 解决方案

基于云网架构提出以混合云架构来帮助儿童医院实现诊前、诊中、诊后所有环节的打通, 并打破总院和旗下所有儿童医院及社区医院、日间门诊的数据壁垒, 帮助儿童医院快速搭建了私有云基础设施平台, 并以该院为中心, 覆盖各二级医院及门诊, 承载医院的 HIS、PACS、LIS、EMR 等基础服务, 并且满足 HIS、PACS 等医院关键业务对于IT基础架构设施高性能、高可靠、可扩展、简单易用的需求。

同时, 儿童医院将集团互联网业务及门诊业务落地公有云平台。公有云平台提供的云主机、弹性公网 EIP、CDN、数据库、安全机制、备份和恢复系统等服务, 帮助天佑儿童医院应对诊前、诊后的各类线上服务, 以及日间诊所的 HIS 系统的部署及访问。凭借公有云的弹性、秒级计费等特性, 保障儿童医院平台的高并发和突增访问需求, 为互联网应用持续提供稳定的线上服务。

此外, 云网一体的公有云平台还可以在满足虚拟化资源交付的基础上, 提供极简的运维管理, 大幅降低运维人力成本。借助云网一体架构的 SD-WAN 技术, 公有云平台还帮助天

佑儿童医院构建了集团公有云与总院信息化基础设施之间的专属网络，快速打通了总院与各分院、门诊之间的业务数据，实现各医院门诊间的业务联动，同时可有效应对具有潮汐与高并发特征的在线业务需求，未来也可把公有云作为本地私有云的灾备环境使用。



图9 某儿童医院基于云网协同的混合云解决方案

(3) 客户收益

儿童医院借助混合云，将医院的 HIS、LIS、PACS、就诊卡系统打通，成功拓展了医疗服务空间和服务方式，构建起覆盖诊前、诊中、诊后的线上线下一体化医疗服务模式。患者能够以统一的就诊卡进行网上挂号、预约诊疗、就诊提醒、移动支付、检查检验结果在线查询，极大提升了就医效率及体验。

4.4 某市生态环境局基于 5G 的云网一体解决方案

(1) 案例背景

本项目为某市生态环境局智慧河道监测项目，该市辖区有 200 多条总长度达上百公里的河道，因河道分布较广，依靠传统人工巡查方式存在受自然条件限制、采样周期长、人力成本高以及执法取证难等问题，已无法满足常态化河道治理要求，监管部门亟需利用新技术新手段提升常态化巡查效率，及时发现并处置相关违规行为。

(2) 解决方案

本项目方案采用移动云的计算、存储、5G 云梯产品（5G 切片入云）、视频监控和 AI 应

用等产品，构建基于“5G+云计算+应用”的全方位立体化河道实时监控方案。

本方案针对重点区域在河道沿岸安装高清摄像头，结合无人机、和无人船搭载的高清摄像头、水质检测仪对河道周边环境、水面进行全天候巡检，并对水质信息进行实时监测，在移动云上部署河道视频监控系统和水质监测系统，通过5G网络切片将视频和水质数据传输至移动云上处理，指挥中心监控大屏连接至云端系统，通过人工结合云上AI能力自动对水质进行分析、识别漂浮垃圾和环保违规行为，并进行自动预警。

客户在移动云门户自助订购移动云5G云梯产品，移动云内部对接云内网络、云专网、PTN网络、5G切片网络实现端到自动端拉通。从客户侧到云内的网络实现方案如下：

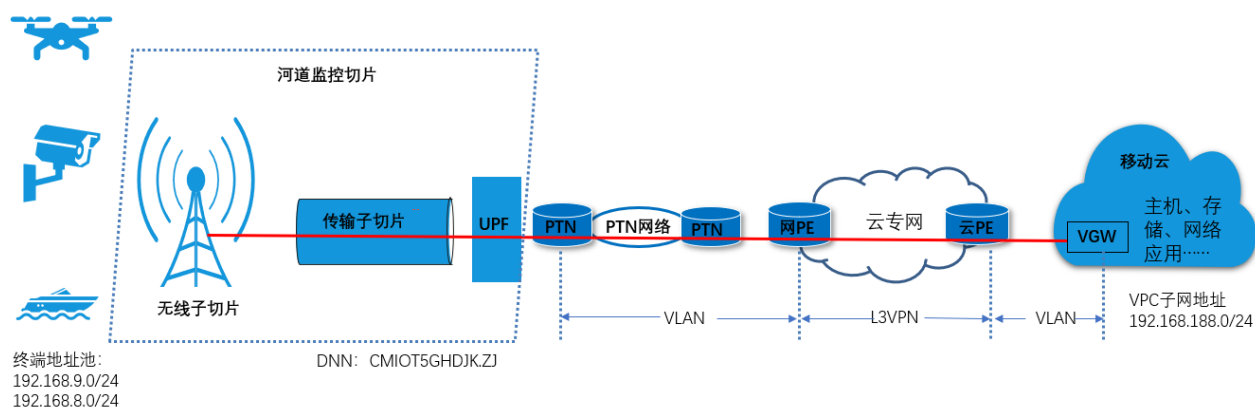


图10 某市生态环境局基于5G云网一体解决方案

1、本方案端到端组网由5G网络段与UPF-云专网的网PE段-云专网段-云专网的云PE段-云内网络段五部分组成，分别采用切片+DNN、VLAN、MPLS VPN、VXLAN等技术进行隔离，从而实现端到端安全隔离；

2、5G网络侧基于河道巡检对带宽、时延、终端数量、终端移动范围等SLA参数开通5G河道监控切片；

3、5G UPF通过PTN专线接入云专网直达云内，打通终端到云上网络的通道；

4、核心网侧配置河道监测专属DNN，该DNN数据流路由至云上同时移动云上根据终端地址池网段配置下行路由。

(3) 客户收益

移动云5G云梯产品基于5G网络大带宽、低时延、海量连接、可移动的基础网络特性，以及网络切片安全隔离、按需定制、端到端组网的差异化能力，为用户提供5G+云的

一体化服务。本方案满足了生态环境局在全天候多种环境下实时河道监控、巡检的需求，打破了传统人工巡河的受天气影响大、效率低、难以取证等诸多局限性，有效节约人力、提升发现问题的及时性和工作效率。此外，本产品支持客户在线自助订购、灵活调整带宽、实时增删成员，极大提升了客户体验。

4.5 某大型电商平台多云互联解决方案

(1) 案例背景

某电商平台是国内知名互联网企业，其在线用户过亿。近几年因业务发展迅猛，平台产生的数据量巨大，而当前多云架构为多个地域的孤立节点，主要通过Internet来同步数据，一来成本较高，二来数据实时传输过程中的稳定性较差。为此，多云之间需要建立大容量专线通道，以满足海量数据的实时同步和备份需要。

(2) 解决方案

根据客户的需求及面临问题，此方案基于云交换中心的云专网（L3）来进行部署。下图云交换中心与腾讯云、华为云、AWS北京、AWS宁夏均以实现预置长连接网络。基于这个前提，本次方案全是多云之间的连接，因此无任何线下施工，仅通过异构平台在线购买即可完成云网络部分的部署。

1、连接方式：

4家云Region通过云交换中心三层云专网连接形成any-any环型网状网络，任意两个云之间均可相互通信。每个云侧基于端口带宽计量而无需考虑点对点专线高成本方式。

2、高可用方案保障：

每个云Region均通过云交换中心的双POP接入，同时对应两个云可用区，在物理网络和逻辑网络上设置每个云方向的主备/负载能力，实现整体网络99.99%的高可用性。

3、方案拓展/弹性能力

每个云端口基于预置大容量通道，可实现网络弹性使用，后续云连接均能快速实施与变更。

(3) 客户受益

1、多云一体化云网络服务，无论是在复杂的项目交付，亦或是涉及多方云网络的售

后，云专网服务商能主动提供服务保障。

2、通过高可靠方案架构，满足99.99%SLA需求，单点故障业务无感知，充分保障客户业务稳定运行。

3、云网络控制平台数字化管理，可集中管理所有云网络资源调配，信息状态查看。可视化运维实时监控网络带宽、时延、丢包、抖动、网络拓扑。并可根据需求设置主动网络告警策略，通过短信与邮件实时通知指定联系人，使一切网络问题尽在客户掌握中。

4、让原本复杂和高成本的网络项目，通过专业和高性价比的服务，实现最大程度的简化管理和少投入，从而专注自身核心业务。

5. 云网发展趋势与展望

5.1 大型云交换中心将成为云网协同新形态

随着云计算不断成熟，越来越多的企业正在部署其混合云/多云战略，支撑多云多活架构、容灾备份等业务的落地。但是，混合云/多云服务需要基于连接不同云服务商、IDC 服务商及企业的高速网络传输通道，而这一通道的建立过程复杂缓慢，且需要投入巨大的人力与资金成本，因此，云交换或将成为多云时代协同多种异构云资源、多种网络资源的新形态。

交换中心在云计算起步之前已经发展起来了。其发展主要经历了语音交换、IX、CX 三个阶段，如图所示：



图11 交换中心不同发展阶段

云交换的概念沿袭于语音交换与互联网内容交换 (IX)，通过中立的云交换中心来实现不同地区、不同云服务商、不同运营商之间的多云资源接入与多种网络互联。云交换中心支持在单个节点聚合多家云服务商的本地数据中心接入服务，同时基于统一的数据中心网络出口缓解传统数据中心依靠三大运营商三线出口造成的资源浪费与时延无法保证问题，用户只需申请一个云交换中心的网络端口，即可接入该云交换中心在本地所连接的所有云服务商。

云交换中心推进区域IDC直联，更好的满足区域企业上云和云网融合发展的需求。随着

云网融合的加速，传统的基于公有云的东西向流量将会演变为南北向流量的爆发式增长。因此，将传统的以行政区划组网转变为以IDC为核心组网，并结合云交换中心流量流向进一步优化网络结构成为大势所趋。京津冀协同发展、长三角一体化、粤港澳大湾区等区域融合发展已经成为国家战略。同时，这三大地区也是数据中心供需最紧张的地区。由于一线城市的严格控制，在周边地区出现了数据中心建设热潮。以云交换中心为核心节点推进IDC之间网络直联，将大大满足用户对服务调用过程中的时延需求，提升数据中心的运行效率，因此，云交换中心将成为云网融合基础设施的新形态。

5.2 云原生网络在用户落地场景将持续演进

自CNI标准发布到2020年，云原生网络已经演进近6年时间。也积累了大量的用户落地案例和大规模的实践案例。未来对于云原生网络的演进，依旧会在用户落地场景方向上深度演进。总结主要是以下几个趋势：

大规模、复杂的互访场景要求云原生网络扁平化。随着云原生技术的普及，容器集群规模快速增长，跨集群、跨VPC互访场景越来越丰富，这要求容器端点具有与宿主节点相同的互通能力，容器和服务具有独立VPC的子网地址，甚至具有独立的直通网口，这样在获得更高转发性能、更低损耗的同时，兼顾更好的隔离性。通过在容器挂接的网口配置安全组规则，能够实现容器级别的微分段网络管控策略。但是，容器端点规模和发放速度相对于现有VPC网络规格存在数量级的差距，规模扩展问题仍有待解决。

eBPF等技术将有效改善容器网络复杂链路的高延时问题。容器网络中大量依赖了Linux的网络虚拟化的技术，例如iptables、bridge等，这些复杂的链路导致网络延时显著增加。而在Linux新版本内核中引入的eBPF技术可以通过可编程的方式去简化内核的网络转发链路，通过把XDP程序注入到了网卡驱动程序中，大幅度缩短网络处理链路，降低复杂度，提升了网络的可靠性和性能，在未来会有广泛的应用。

网络安全将成为云原生技术底座的重要组成部分。平台的安全问题在所有的平台演进和建设过程中一直扮演着非常重要，但是不十分紧急的角色，在容器安全建设上，大部分组织都是采取防守和被动姿态。但是本身在近几年陆续爆出大量的基于容器平台的安全隐患以及在国内“护网行动”的大背景之下，容器安全已经成为云原生底座无法绕开的一个问题，容

器网络安全在整个底座安全里面扮演了非常重要的角色，也将成为之后的CNI网络演进的方向和趋势。

云原生网络的规模扩展问题仍然有待解决。容器网络和VPC网络的扁平融合的趋势之下，容器端点规模和发放速度相对与现有VPC网络规格存在数量级的差距，单节点的弹性网口密度和弹性扩容速度依然不能满足云原生工作负载的要求，规模扩展问题仍待解决。

5.3 SASE将成为云网络的新型服务形态

随着云计算和网络技术的发展，企业数据中心不再是用户与设备访问需求的中心，数字化转型、SaaS等云服务部署、边缘计算平台等，颠覆了以往的架构模式。对网络安全体系也提出了新的需求。

2019年，Gartner在报告《在The Future of Network Security Is in the Cloud》中提到SASE的概念，提出SASE是一种基于实体的身份、实时上下文、企业安全/合规策略，在整个会话中持续评估风险/信任的服务。实体的身份可与人员、人员组（分支办公室）、设备、应用、服务、物联网系统或边缘计算场地相关联。SASE实现基于身份的访问决策，用于以分布式云服务交付聚合的企业网络和安全服务。Gartner预测中，到2024年，至少40%的企业将有明确的策略采用SASE。

SASE云服务的主要特点包括：

集成SD-WAN：SD-WAN是SASE平台的关键组件，它将分支位置和数据中心连接到SASE云服务。SASE扩展了SD-WAN，以解决包括全球范围内的安全性、云计算和移动性在内的整个WAN的转换过程。

云原生架构：SASE服务将使用没有特定硬件依赖关系的云原生架构，由软件定义和管理，不再依赖单一服务链，同时可以利用云原生的弹性、自适应性、自恢复能力、自维护能力等，提供一个分摊客户开销以提供最大效率的平台。

分布式部署：随着数据中心不再是整个网络的中心，SASE支持将检查引擎带到用户附近的PoP点，更加符合边缘环境实际情况，并向全部边缘交付尽可能好的体验，因此SASE需要采用分布式的部署。

安全理念：SASE将广域网功能与全面的安全功能结合在一起，例如安全Web网关，云

访问安全代理，防火墙即服务和零信任网络访问，以促进安全云和移动环境中的网络访问。因此SASE将成为新型服务形态之一推进云网络发展。

5.4 泛在计算将进一步促进云网的深度融合

在业务的分布式部署趋势下，未来的云网服务在不断将数据中心内、数据中心间和入云网络能力封装服务出来的同时，也需要底层网络基础设施对上层业务保持充分的感知性，以保障业务调度可以根据网络时延能力进行更广泛的保障和服务化提供，因此未来需要云网一体化的服务能力输出。

随着泛在计算的普及，云网边端的架构呈现融合趋势，互联网云服务商在积极寻求5G网络服务的增强和加持（如AWS、阿里云、腾讯云等）；运营商也在依托强大的网络资源积极布局以云计算为基础的信息化服务（如电信、移动、联通等）。产业生态正在加速算网一体的融合，积极谋求可持续发展，只是不同的产业角色切入点不同。

运营商以网促云，增强网络连接过程中的算力提供。作为ICT行业技术演进的重要参与者，运营商依托“NFV/SDN”技术，已实现了对核心电信数据中心的网元虚拟化与网络的智能化管理编排。通过网络的渗透化和联接价值，初期电信数据中心产生的算力是为了连接网络而存在的，而网络的价值仅仅在于连接个体，集中化算力只有云网两级架构。但随着5G的建设与边缘计算的发展，边缘云拓展了云计算的边界，呈现云-管-边三级分布式架构，算力下沉并分散，网络为算力服务，价值在于连接不同位置、不同层级的边缘云。因此运营商也希望可以依托边缘海量的机房或第三方云池甚至是端侧算力，打开生态，借助5G/6G的确定性、无损、时延敏感的网络优势，实现技术、产品与服务上的云网融合。

互联网云服务商以云带网，在提供强大算力服务的同时强调网络能力的端到端业务保障。服务从云计算中心层层向外推送，发展路径是自顶向下，由内而外。基于其自身强大的IaaS和PaaS能力，互联网云服务商采用分布式技术将算力和存储向外拓展和延伸，依托网络控制中心仍牢牢地掌握在中心节点。随着计算架构的分布式化，携消费互联网时代建立起的数字化光环，找到期待数字化变革的行业客户，进一步满足移动性、高算力、敏感时延等行业应用客户的需求，进一步打开其计算+网络服务生态的新方向。



【关注我们】

中国信息通信研究院

地 址：北京市海淀区花园北路52号

邮政编码：100191

联系电话：010-62300559

传 真：010-62304980