

云网融合体系架构及关键技术研究

Research on Architecture and Key Technologies of Cloud-network Convergence

乔爱锋(中通服咨询设计研究院有限公司,江苏南京 210019)

Qiao Aifeng(China Information Consulting & Designing Institute,Nanjing 210019,China)

摘要:

云网融合是通信技术和信息技术深度融合发展的必然趋势。电信运营商正在积极推进云网体系架构从云网协同的网络重构向云网一体的融合架构演进。基于对云网融合演进目标及关键技术应用发展研究,提出面向2030+云网融合功能架构体系,阐述云原生网络和应用、新型网络架构、入云和云间网络互联等关键技术应用,分析面向全业务场景的云网融合技术创新发展趋势,并对构建具备统一架构、按需扩展、智能自治、确定性网络、算网一体、安全内生等内在关键能力的云网融合基础设施进行了展望。

关键词:

云网融合;体系架构;云原生;Spine-Leaf;SRv6;SD-WAN

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.06.003

文章编号:1007-3043(2022)06-0014-05

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



Abstract:

The cloud-network convergence is the inevitable trend of the deep integration of communication technology and information technology. Telecom operators are actively promoting the evolution of cloud-network architecture from the network reconfiguration of cloud-network collaboration to the convergence architecture of cloud-network integration. Based on the research on the evolution objectives of cloud-network convergence and the application and development of key technologies, it puts forward a 2030+ oriented cloud-network convergence function architecture system, expounds the key technology applications such as cloud native network and application, new network architecture, cloud access and inter cloud network interconnection, analyzes the innovation and development trend of cloud-network convergence technology for full-service scenarios, and looks forward to the construction of cloud-network convergence infrastructure with internal key capabilities such as unified architecture, on-demand expansion, intelligent autonomy, deterministic network, integration of computing and network, security endogenous and so on.

Keywords:

Cloud-network convergence; Architecture; Cloud native; Spine-Leaf; SRv6; SD-WAN

引用格式:乔爱锋.云网融合体系架构及关键技术研究[J].邮电设计技术,2022(6):14-18.

0 引言

在国家“新基建”发展战略背景下,基于通信技术和信息技术不断演进和深度融合,电信运营商面向不同客户上云入云和云间互联的业务场景需求,正在全面推进以云和网为关键要素和核心驱动的云网融合新型基础设施规划和建设,构建以网络、新技术和算

力等新型信息基础设施为代表的全新的“云、网、边、端”一体化产品服务能力和融合生态模式。自2020年以来,三大电信运营商相继发布云网技术发展趋势,提出面向2030年的云网融合演进发展目标和关键举措,加快推进以云计算、软件定义网络/网络功能虚拟化(SDN/NFV)为核心技术的网络重构向以云原生、云网切片、智能内生、确定性服务、内生安全为主要技术特征的云网融合架构演进。云网融合不仅在筑牢新基建底座和赋能数字化转型方面发挥基础性、先导性

收稿日期:2022-04-15

和战略性作用,而且可以满足电信运营商网络自身转型要求,助力电信运营商打造“智能管道”业务的新路径,将成为电信运营商新的业务增长点和主要收入来源。

1 云网融合体系架构

随着技术的革命和产业的变革,云网融合的内涵、外延将持续演进发展,在各个发展阶段不断拓展和丰富,改变未来信息基础设施资源供给体系的架构和模式。云网融合的发展大致将经历3个阶段。

第1阶段,云和网独立规划建设。针对客户特定应用场景,采用SDN、NFV等技术提供云专线、云专网等云网产品,解决一点开通、一键入云。

第2阶段,云和网统筹规划建设。实现云网边资源统一管理,按需调度和智能编排。

第3阶段,云和网的技术架构、开发方式、规划部署和运营管理等完全统一,基于数字化平台对内对外开放云网服务能力。

面向未来不同行业的全业务应用场景,云网融合将融合新型通信网络和信息技术,向以数字化、云原生、智能协同、内生安全和能力开放等为关键技术特征的资源融合架构演进发展。

云网融合通过实施软件化、虚拟化、云化、智能化和服务化,将形成一体化的融合技术架构,提供多源异构的资源体系,基于新型信息基础设施资源供给,灵活适配不同类型客户的多样化业务场景对云计算基础设施、网络连接和资源调配、数据和算力资源等服务需求。云网融合的功能架构主要包括基础设施层、云网资源层、云网能力层和应用服务层,云网融合功能架构如图1所示。



图1 云网融合功能架构图

1.1 基础设施层

采用通用化、标准化的硬件形态,由电信运营商在全国分级部署的公有云、专属云、边缘云基础设施资源池、Underlay(物理基础网络)和Overlay(逻辑叠加网络)协同构建的入云和云间网络基础设施共同组成。

1.2 云网资源层

引入SDN、NFV和开源软件技术,通过云管理平台、虚拟化网络功能管理以及SDN控制器等对云网功能和资源实现虚拟化抽象和服务化封装,形成以虚拟机和容器为基础设施的云资源、以SDN/NFV为技术架构

的网络资源、以数据湖为特征的云网数据资源和以x86/ARM/FPGA/GPU/TPU等多样化芯片为代表的异构算力资源。

1.3 云网能力层

运用大数据、人工智能等技术实现物理网络的数字逻辑抽象,具备云原生开发环境、面向业务的云网切片、安全内生等能力,对各种资源进行统一管理和集中编排,为各类行业应用的实时、按需、动态化部署提供无差别的云网基础设施运营和服务。

1.4 应用服务层

基于统一的云网技术架构,构建数字智能、能力

开放和融合生态的应用平台,提供云网基础设施、开放能力和应用开发运行环境,对外赋能各行业数字化应用、服务和商业模式创新,对内支撑企业营销、运营和运维的数智化转型。

2 云网融合关键技术

2.1 云原生网络和应用

在云网融合发展趋势下,通信网络和IT应用的云原生同构技术演进,让云网融合有了可行的技术基础和业务创新空间,通信运营商正在全面推进云原生技术在网络云原生、云原生平台和应用、云原生运营支撑系统等各类通信行业云化场景的部署和应用。

在通信网络领域,5G网络服务化架构的部署实施促进网络云化向云原生架构方向发展。网络云原生的目标是基于容器技术,以微服务为服务对象,支持承载网元实现网络云原生化的快速开发、弹性扩展和智能运维。网络云原生架构的基础设施采用裸金属、虚拟机和容器等融合部署方式,集成智能运维、开发运营一体化(DevOps)和主流微服务框架,对网络功能进行微服务设计、容器化封装,通过编排和管理系统与现有业务支撑及网管系统融合对接,推动网络云化由网络功能虚拟化架构向网络云原生架构演进,面向网络云原生的功能架构如图2所示。

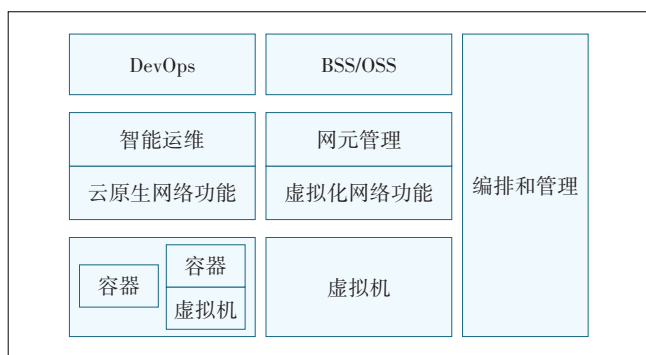


图2 面向网络云原生的功能架构图

在平台和应用领域,基于开放网络自动化平台(ONAP)框架的云网运营系统和面向DevOps的工具链集成,通信运营商可以为客户提供具备云网融合、敏捷迭代、自服务和平台生态等特征的一体化产品解决方案,实现从需求、开发、交付到运营监控的端到端敏捷交付平台和流程。一方面,DevOps工具链集成和平台将单个功能点的工具用接口设计、流程引擎、数据适配等方式整合为完整的服务平台,从而实现端到端

的自动化流水线。另一方面,采用Linux基金会开源的ONAP,实现准实时的通信网络资源编排开通,为云网融合应用提供数字化和自动化接口,支撑云端融合应用的网络随选和分钟级业务开通。

2.2 云数据中心组网架构

随着云计算技术在数据中心的广泛应用,传统数据中心网架构已经无法满足新业务对网络承载的要求。首先,传统的三层网络架构限制了虚拟机的大范围甚至跨地域的动态迁移,需要云数据中心构建大二层网络。其次,云数据中心东西向流量大量增长并成为主要的网络流量,东西向流量的无阻塞转发成为云数据中心网络的关键需求。因此,云数据中心物理网络架构需要从传统的三层网络架构向基于Clos(无阻塞多级交换网络)的两层Spine-Leaf(叶脊)组网架构演进,在网络架构、路由组织和自动化管控等方面满足大规模组网能力下的弹性扩缩、高效转发和高可靠性等需求。云数据中心Spine-Leaf组网架构如图3所示。

在Spine-Leaf架构中,Spine(骨干节点)是网络核心节点,提供高速IP转发能力,通过高速接口连接各

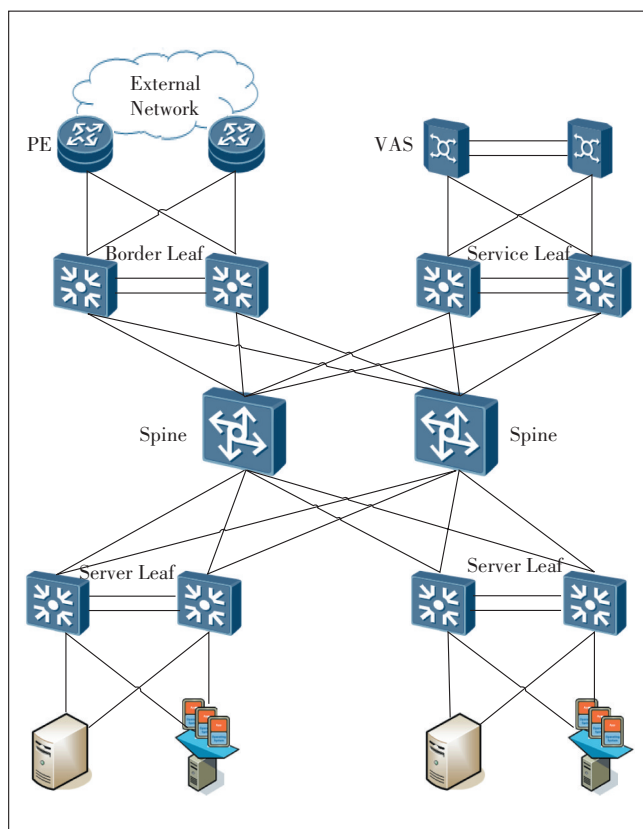


图3 云数据中心Spine-Leaf组网架构图

个功能 Leaf 节点, Leaf(叶子节点)是网络功能接入节点,提供各种网络设备接入功能。其中, Server Leaf 提供虚拟化服务器、物理机等计算资源接入功能; Service Leaf 提供防火墙、负载均衡等增值服务接入功能; Border Leaf 用于连接外部路由器,提供数据中心外部流量接入功能; Service Leaf 和 Border Leaf 可以独立设置或融合部署。Spine 和 Leaf 交换机之间采用三层路由接口互联,可以选择开放式最短路径优先(OSPF)或外部边界网关协议(EBGP)实现 Underlay 网络三层互联,通过跨设备链路聚合技术和等价多路径(ECMP)实现多路径转发和链路快速切换,支持无阻塞转发、横向弹性扩展和网络可靠性。

2.3 入云及云间网络技术

2.3.1 SD-WAN

软件定义广域网络(SD-WAN)是将 SDN 技术应用到广域网场景中所形成的一种服务,用于连接广域范围的企业网络、数据中心、互联网应用及云服务等。基于运营商的网络基础资源及 SD-WAN 技术,可为企业用户提供一点访问云资源、统一管理广域网络的接入服务,保障网络性能和可靠性、简化运维管理和降低成本。SD-WAN 解决方案具备多种链路连接并动态选路、快速灵活部署、网络集中管理和软件定义安全等特性。

在云网融合发展趋势下,SD-WAN 采用虚拟化技术和 Overlay 网络承载方式,基于软件定义网络技术实现弹性构建网络连接,利用业务流识别和业务链调度技术,对不同的业务数据流进行逐流和逐包的定制化处理,为企业便捷入云和云间互联提供差异化网络性能和服务保障。未来,SD-WAN 将向接口标准化、接入轻量化、管理协同化和智能化、安全集成化趋势发展,主要应用于企业云接入和多云互联场景,成为新一代云网融合信息基础设施的关键网络技术。

2.3.2 SRv6/EVPN

SRv6(IPv6 分段路由)是基于源路由理念的 IPv6 分组转发协议,在 IPv6 报文中引入了分段路由扩展头(SRH),对分段编程组合形成 SRv6 路径,实现基于 IPv6 的标签转发。SRv6 在控制面基于以太虚拟私有网络(EVPN)控制器的集中控制,实现路径的按需规划和调度;在转发面融合路由和 MPLS 等 2 种技术属性,支持业务识别和路径可编程,构建端到端跨域业务承载网络平面,为客户提供应用级业务质量保障,满足未来网络向 IPv6 平滑演进的需要。

随着 SRv6 技术和标准的逐渐成熟,基于全 IPv6 的 SRv6/EVPN 具备可编程、易部署、易维护、协议简化的特点,应用领域从骨干网、城域网向数据中心网络逐步扩展,可以有效统一云内网络、云间网络、入云网络的承载协议,提供云网一体化网络的综合承载方案,满足新业务对 IP 地址规模扩展需求,实现网络对多样化的新业务感知和智能传送,成为云网融合趋势下基于 IPv6 的核心网络技术和重要发展方向。

3 云网技术发展趋势

为实现云网融合目标功能和技术体系架构,未来云网融合的技术创新和发展主要体现在以下几个方面。

3.1 空天地海的泛在连接

基于移动通信网、宽带光纤网、物联网、卫星网络等多接入方式的端到端协同,构建覆盖空、天、地、海的一体化、立体化的融合网络,提供全域覆盖、灵活敏捷、数字智能、确定可靠、安全可控的泛在连接网络。

3.2 云网边端智能协同

根据垂直行业的特定业务特性和个性化服务要求,在云网边端实现计算、网络、存储、应用和数据等融合资源服务的分布部署和智能协同,满足行业数字化在灵活接入、确定性服务、实时智能、安全保障等方面的关键需求。

3.3 新型云网资源融合

采用云网切片、确定性网络、人工智能、区块链、大数据等技术,构建数据资源和算力资源等新型资源融合供给模式,实现云网全局统一数据视图、云网全局算力共享和智能调度,提供按需、智能和高效的算力网络和资源服务。

3.4 内生确定性网络

通过内生的网络确定性机制实现网络资源的协同调度和融合部署,提供全场景、跨层跨域、覆盖确定、连接确定、时延确定、安全可靠的确定性网络连接能力。

3.5 智能内生机制

运用数字孪生技术和人工智能技术,建立端到端物理网络拓扑及云网资源的虚拟数字实体,通过智能感知、建模仿真、故障预测、路径优化、自动测试等手段,实现自组织、自适应、自服务、自优化、自治愈的网络自治能力。

3.6 安全内生机制

构建融合安全资源、能力和服务的内生安全运营体系,应用大数据、人工智能等技术实现对安全原子能力的协同编排,形成端到端云网一体化智能安全解决方案和服务能力。

4 结束语

目前,通信技术与信息技术的深度融合正在推动产业互联网快速发展,各行业全新业务场景对未来网络的服务形式、性能指标、部署与发展提出更高的要求,驱动网络架构变革和云网能力升级。云网融合基础设施由基础设施层、网络功能层和协同编排层水平集成的3层网络功能架构持续向以接入云、转发云和控制云为中心的云化网络架构演进。在未来产业互联网、算力网络、移动业务承载、新媒体新通信等多种复杂业务场景需求背景下,云网融合体系架构和关键技术发展需要在网络体系架构、DOICT(大数据技术、运营技术、信息技术和通信技术)融合、IP新技术与5G-A/6G结合、可信安全等领域加速新一代IP网络技术体系的创新变革,实现空天地组网、分布式自治、数字孪生、智慧内生、安全内生、确定性网络、算力网络、语义通信、数据服务、感知网络等多项关键技术突破创新,在云网融合基础设施的新架构、新能力和新协议等方面形成行业共识,并不断推进体系架构和核心技术的标准化与产业化。

面向2030+云网体系架构和技术创新发展趋势,电信运营商将基于统一规划的通信云资源池在网络边缘规模部署多接入边缘计算平台和应用,通过构建基于云、网、边深度融合的算网一体智能网络,支持云网、云边、边边之间的多级算力分配和灵活调度,实现算网资源的统一管控和弹性调度,提供确定性业务时延保证和智能自治网络能力,充分发挥云网融合在海量连接和管理、云网边端协同和智能、统一运营管理和服务、云网内生安全等方面的能力优势,为多种网络接入提供统一承载和服务,从而深刻变革信息基础设施的供给、服务和运营模式,促进新型网络和业务创新、生态系统开放和产业链的健康发展,加速经济社会的网络化、数字化和智能化进程,为全社会产业数字化和智能化转型构建坚实的数字底座。

参考文献:

[1] 中国电信集团公司. 中国电信云网融合2030技术白皮书[R/OL]. [2022-03-13]. <https://www.deliwenku.com/p-5749629.html>.

[2] 中国移动通信有限公司研究院. 2030+愿景与需求白皮书(第2版)[R/OL]. [2022-03-13]. https://lmtw.com/mzw/content/detail/id/194856/keyword_id/-1.

[3] 中国移动通信有限公司研究院. 2030+网络架构展望(2020年)[R/OL]. [2022-03-13]. <https://www.waitang.com/report/27569.html>.

[4] 中国移动通信有限公司研究院. 2030+技术趋势白皮书[R/OL]. [2022-03-13]. <https://www.sgpjbg.com/baogao/31390.html>.

[5] 中国联合网络通信有限公司研究院. 中国联通CUBE-Net 3.0网络创新体系白皮书[R/OL]. [2022-03-13]. <https://www.doc88.com/p-27387127864815.html>.

[6] 中国联合网络通信有限公司研究院,中国联合网络通信有限公司广东省分公司,华为技术有限公司. 云网融合向算网一体技术演进白皮书[R/OL]. [2022-03-13]. <https://max.book118.com/html/2021/0414/5123042002003221.shtm>.

[7] 史凡. 对云网融合技术创新的相关思考[J]. 电信科学, 2020, 36(7): 63-70.

[8] 陆钢,陈长怡,黄泽龙,等. 面向云网融合的智能云原生架构和关键技术研究[J]. 电信科学, 2020, 36(9): 67-74.

[9] 陈泳,姚文胜,陈靖翔,等. 基于云原生技术敏捷交付云网融合应用[J]. 电信科学, 2020, 36(12): 96-104.

[10] 王江龙,雷波,解云鹏,等. 云网一体化数据中心网络关键技术[J]. 电信科学, 2020, 36(4): 125-135.

[11] 张磊,陈东. 云数据中心网络架构与技术[M]. 北京:人民邮电出版社, 2019.

[12] 云计算开源产业联盟. 云网融合发展白皮书(2019年)[R/OL]. [2022-03-13]. <https://www.doc88.com/p-19759443679066.html>.

[13] 云计算开源产业联盟. 云原生技术实践白皮书(2019年)[R/OL]. [2022-03-13]. <https://wenku.baidu.com/view/49b07135c6da50e2524de518964bcf84b8d52d40.html>.

[14] 云计算开源产业联盟. 云网融合产业发展白皮书第1部分 云计算与SD-WAN [R/OL]. [2022-03-13]. <https://max.book118.com/html/2019/1210/5122031304002210.shtm>.

[15] 云计算开源产业联盟,云网产业推进方阵. 云网产业发展白皮书第1部分:云网络(2021年)[R/OL]. [2022-03-13]. <https://max.book118.com/html/2021/0907/8104141071004001.shtm>.

[16] 中国信息通信研究院云计算与大数据研究所. 云网融合产业发展研究报告(2021年)[R/OL]. [2022-03-13]. <https://wenku.baidu.com/view/3713acc6194dd88d0d233d4b14e852458fb39b6.html>.

作者简介:

乔爱锋,毕业于南京邮电学院,正高级工程师,硕士,主要从事SDN/NFV、云计算、大数据、移动互联网等技术领域研究,以及数据通信及电信支撑系统规划、咨询和设计工作。

