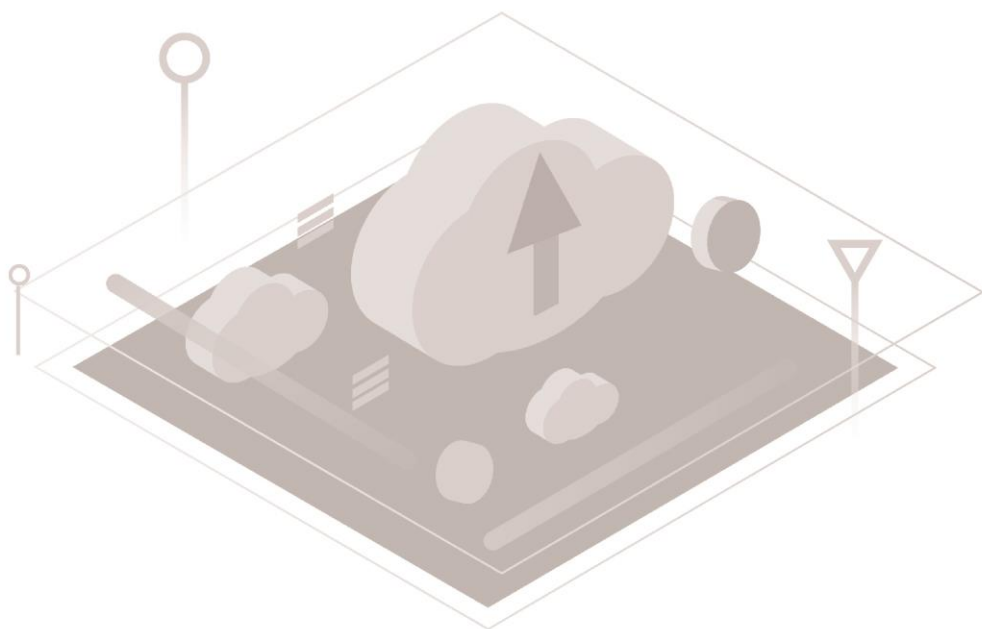


电信云白皮书

(2019年)

云计算开源产业联盟
2019年7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

经过多年的发展，云计算已经形成较为完整的生态体系，并逐渐切入到重点行业领域。在电信行业，传统的运营商网络大多是以专用形态来呈现的，如软硬一体的通信网元和转发控制一体的通信设备，这种紧耦合的形式必然导致网络系统的业务竖井和功能绑定，因此业界需要一种通用的硬件架构，配合灵活的软件方式来解决这些问题。在此背景下，电信云应运而生。

本白皮书首先梳理了国内外电信云的发展状况，给出了电信云的概念和特性。然后归纳了电信云的主要应用场景和关键技术，并结合当前现状总结出电信云的发展趋势。最后介绍了典型的电信云应用案例及主流厂商的电信云产品体系。

参与编写单位

中国信息通信研究院、华为技术有限公司、中国电信股份有限公司北京研究院、中国电信股份有限公司云计算分公司、中国移动苏州研发中心、烽火通信科技股份有限公司、中兴通讯股份有限公司、上海云轴信息科技有限公司、中国通信服务股份有限公司

主要撰稿人

李哲、马飞、陈凯、苏越、冀煜康、金鹏程、王峰、吕航、杨洋、王彦丹、王光洁、邹素雯、刘丽萍、李响、孙闯、黄江、刘佳、郭晓凡、方昭江、张磊、袁刚、周绍梁、何晓珊、张洪、王燕、周峰、陈春秀、胡志凌、曹伟森、李雨、许鹏，韩凤伦

目 录

1. 概述.....	1
1.1 背景介绍	1
1.2 电信云概念	2
1.3 电信云特征	4
1.4 电信云发展历程	7
1.5 运营商电信云进展	7
2. 电信云主要应用场景	9
2.1 核心网	9
2.2 边缘节点	11
2.3 业务运营支撑系统	13
3. 电信云关键技术	14
3.1 电信云基础架构	14
3.2 网络功能虚拟化	17
3.3 软件定义网络	19
3.4 NFV 与 SDN 的联动	21
4. 电信云典型案例	25

4.1	中国移动云资源池三层解耦案例	25
4.2	中国电信 PaaS 云平台承载 IT 系统案例	27
4.3	华为 CloudIMS 在中国某运营商大区集中制部署云化 VoLTE 大网案例	28
4.4	华为 CloudEPC 浙江移动建设高效可靠云化核心网案例	31
4.5	中兴奥地利 H3A 核心网云化案例	33
4.6	烽火下一代网络智慧工场案例	34
4.7	中通服浙江电信网络运营支撑平台云化案例	36
5.	电信云发展趋势	37
5.1	CT 云与 IT 云将融合发展	37
5.2	边缘电信云建设成为关键	38
5.3	AI 使能电信云实现网络自治	40
附录：	主流厂商电信云解决方案	42
1、	华为电信云解决方案	42
2、	烽火通信电信云解决方案	45
3、	中兴通讯电信云解决方案	47

1. 概述

1.1 背景介绍

当前，不断涌现的新型 IT 技术正逐渐渗入到电信行业。传统的电信设备都是以专用的硬件形态呈现的，在专有平台架构下，各硬件设备彼此独立。云计算、虚拟化等技术打破了传统电信业的思维方式，引入了网络功能虚拟化和软件定义网络的思想，将电信网络和业务部署在云的架构上，基于云的弹性服务环境相比传统的专属硬件环境具有灵活敏捷等优势。同时，伴随着下一代网络时代的到来和边缘业务的兴起，当前运营商网络难以满足快速发展的网络业务需求，不能很好地兼容新业务，电信运营商亟需做出转型改变，拥抱新的 IT 技术。在此背景下，建设电信云服务环境来重构电信网络以及电信业成为了运营商战略转型的重要一步。

借助以软件定义和弹性伸缩计算模式等为代表的电信云解决方案，将对电信领域的网元实现、业务实现、业务运营等各个方面带来巨大变化，为新的网络架构带来敏捷、灵活的体验。电信云对电信行业的重构将基于以下四个方面来实现：

- (1) 架构重构：建立以 DC 为中心的云化架构，支持新业务快速上线与调整；
- (2) 网络重构：通过 SDN/NFV 实现灵活智能的网络，自动感知业务需求，包括自动感知 VM 上线，VNF 上线，以及 VNF 业务变化（如动态增加业务地址、VM 迁移、VM 消除）自动调整

网络连接，实现网随云动；

(3) 业务重构：基于统一的云平台，重构不同的电信业务，实现按需业务部署与调整，降低新业务上线周期；

(4) 运营重构：通过“全在线”、按需自动化、智能化、互联网化的运营模式，将业务运营模式从管理型转变为服务型，提升业务体验。

一个敏捷灵活的电信云平台是实现以上四大重构的基础。统一融合的电信云平台可以同时承载运营商的 CT 和 IT 业务，满足移动接入、企业连接、固定接入、承载网、核心网和运营商应用系统等多种业务场景需求。

1.2 电信云概念

电信云基于虚拟化、云计算等技术可以实现电信业务云化，基于 NFV、SDN 关键技术实现网络功能自动配置和灵活调度，基于管理与编排实现业务、资源和网络的协同管理和调度。电信云是一个总的概念，例如，Gartner 认为，运营商运营的云、网元的云化和 OSS/BSS 等系统云化都是电信云。本白皮书认为电信云包括电信网元的云化和运营商应用系统的云化。

根据服务的对象不同，将电信云分为面向 CT 的云和面向 IT 的云。CT 云侧重于网络的云化，意在建设云化的新型电信网络服务环境。IT 云是针对运营商内部的应用系统的云化，如计费与结算系统、营业与账务系统、客户服务系统和决策支持系统等的云化。

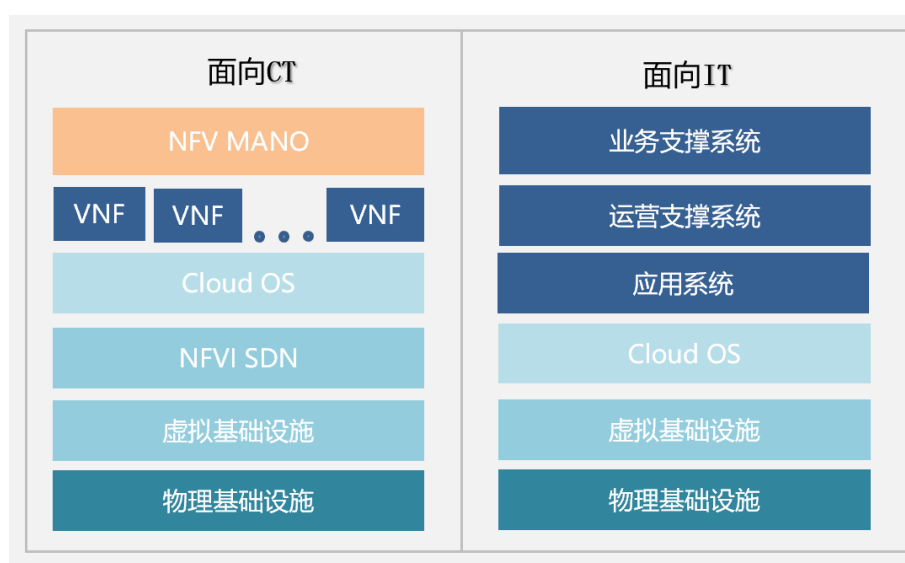


图 1 电信云架构图

CT 云将通信网元建设在云的架构上，由于电信业务的特点，使得 CT 云在功能和性能方面明显区别于 IT 云。功能上，CT 云除了有云资源管理，还有虚拟化网元生命周期管理和电信业务编排和管理，通信行业属性显著。性能上，由于通信网络强转发大路由的特点和 99.999% 的高可靠性要求，CT 云须在转发平面、操作系统、虚拟化层等方面进行电信级技术增强。随着人工智能、大数据等技术的发展，未来电信云中的 IT 云和 CT 云在数据层面进行打通成为趋势，IT 云针对 CT 云存储的海量数据资源进行分析，得出用户的日常行为习惯反作用于建设 CT 云。

电信业务中 CT 和 IT 服务有很大的差异，建设电信云需要同时考虑两者各自的特点，从目前来看，建设电信云时需要考虑以下几点：

- IT/CT 业务对资源池的性能、可靠性、安全性的要求不一样。可采用不同的硬件独立分开建设。CT 业务要求比 IT 要高很多：毫秒级时延和中断，高吞吐量，物理隔离的安全需求。

- CT 业务的机房分布相对分散，IT 业务的机房分布相对集中，并且实际情况 IT/CT 业务多数情况分布在不同的机房。
- CT 业务种类、数量变化比较慢，IT 业务种类、数量变化快，新业务上线多，对资源池的动态变化需求以及升级需求多。
- IT/CT 业务往往归属于相应不同的 IT/CT 部门，部门的资源分开建设和管理。

1.3 电信云特征

由于 CT 云和 IT 云承载的业务类型不同，在建立云资源池之前，需要了解 CT 云和 IT 云的业务特征的差异性，根据业务特征来构建对应的资源池，使得资源池能够满足业务诉求，避免业务之间相互影响。下面将对 CT 云和 IT 云的业务特征进行说明，在业务处理、网络特征、自动化方式、负载分担等方面进行对比，主要差异点如下：

(1) IT 云典型特征

在 IT 云的应用环境中，VM 上主要部署 IT 应用系统，这些应用主要完成业务的处理，并不具备网络处理功能（比如用户地址分配、流量转发、用户 internet 网关等），其业务特征如下：

- 1) 承载业务类型：典型 IT 类应用，比如 BSS、OSS、Email 系统、ERP 等企业信息系统。
- 2) VM 特征：VM 主要做业务处理，不承担数据转发任务（如，路由/数据转发等）；
- 3) VM 负载分担：通过 SLB（服务器负载均衡器）将业务分担到

不同 VM，实现某类应用的负载分担及性能提升，应用对网络透明。

- 4) 业务发放方式：业务管理员登录云管平台 Portal，根据应用需求逐步创建 VM、网络及安全需求，业务由管理员逐条串行下发，业务并发量较小。
- 5) DCN 路由构成：VM 不与网络侧使能路由协议，VM 对外不发布路由，DCN 内路由只包含 VM 自身 IP 地址，没有额外路由（如动态产生用户路由），DCN 内路由量由服务器数量决定。
- 6) 可靠性：应用的类型的不同，对系统的可靠性及 QOS 要求不同，如，计费系统对可靠性及 QOS 要求高，Email/OA 等仅要求 IP 可达。

(2) CT 云典型特征

在 CT 云的环境中，VM 部署虚拟化的电信网元，比如 vEPC、vIMS、vSBC、PCRF 等，这些网元虽然部署在 VM 上，但在功能上，其本质和传统 PNF 类似，都是提供电信网元功能，如移动用户的接入、认证、数据转发等网络功能，和 IT 类应用特征有本质区别，其业务特征如下：

- 1) 承载业务类型：虚拟化后的电信网元(VNF)，比如 vEPC、vIMS、vMSE 等。
- 2) VM 特征：VM 除了做业务处理，也要承担流量转发任务，比如 vEPC 网元，作为移动用户的 internet 网关，转发类网元对服务器及网络设备性能要求更高。

- 3) VM 负载分担: VNF 虚拟组件分布在若干 VM, 通过 DCN 网关设备感知 VM 分布, 采用路由算法方式将流量平均分配到所有 VM。
- 4) 业务发放方式: 业务管理员登录 MANO 平台, 一次性导入脚本文件, 可同时批量创建多个 VNF 及对应网络连接, 并发量大。
- 5) DCN 路由构成: VM 需和 DC 网关使能动态路由, 并将 VNF 用户路由发布给 DC 网关, DCN 内路由由用户路由+VM 路由构成, 路由数由终端用户数+VM 数量决定, 路由量大, 对网络设备的路由能力要求更高。
- 6) 可靠性: 电信云部署核心网网元, 是运营商核心业务系统, 可靠性必须达到电信级。
- 7) 异构硬件: CloudOS 和 VNF 支持异构 CPU 和硬件的多种服务器形态, 根据业务形态提供最优性能。

综上所述, CT 云和 IT 云在应用特征、业务创建模式、流量模型、业务负载分担方式、网络路由能力、系统可靠性及 QoS 等方面都存在较大差异。所以, 为了屏蔽 CT 和 IT 业务差异性带来的相互影响(比如, 由电信云产生的大流量、大路由对关键 IT 应用产生影响), 在不能同时满足 CT 和 IT 对建网要求的阶段, 建议 CT 和 IT 云分开建设, 通过独立的网络 Fabric 对 CT 和 IT 应用进行流量、故障域、安全域、管理域的隔离, 保证 CT 和 IT 应用的稳定运行。本白皮书围绕面向 CT 的电信云进行重点阐述。

1.4 电信云发展历程

电信云的发展可以概括为三个阶段，分别是业务虚拟化阶段、独立电信云阶段和分布式统一电信云阶段。

业务虚拟化阶段，这一阶段主要是部分电信业务比如 IMS 的虚拟化阶段，将业务功能部署在 Openstack 虚拟机上，由于规模很小，业务驱动，因此对网络的自动化没有要求，这个部署往往是一个机架，简单两台交换机用 VLAN 来实现业务隔离。

独立电信云阶段，这一阶段主要部署 vIMS、vEPC、vBRAS、vCPE 等网元。DCN 网络规模较大，引入 SDN 和 VxLAN 来实现大规模网络的自动化。同时，引入 MANO 来实现自动化的网元和业务部署。在这种方式下虽然也会部署几个数据中心，但是各个数据中心的电信云是互相独立的，之间没有 DCI 或者业务互相迁移的需求。

分布式电信云阶段。一般电信运营商中心 DC 是几个，而区域 DC 一般几十个，而边缘 DC 有几千到上万了，已有的多个 DC 分别管理的解决方案在这种情况下就没法管理了，因此在这个阶段运营商希望中心 DC、区域 DC 和边缘 DC，能够统一管理，对业务和管理呈现为一朵云，真正形成分布式统一电信云，这就要求把整个广域网纳入电信云管理平台实现 DCI，对系统的整合能力提出了更好的要求。

1.5 运营商电信云进展

在国外，从 AT&T 发布的 Domain 2.0 计划开始，DT、Orange、Telefonica 等大量的电信运营商迈向云化演进的道路。在国内，中国

移动的 NovoNet 2020、中国联通 CUBE-Net 2.0、中国电信的 CTNet 2025 等一系列规划和愿景，本质上都是传统电信网络的云化转型，旨在构建电信云服务环境来承载电信级业务。

中国电信在 2016 年发布 CTNet 2025 网络重构战略，在该战略的指导下，选取部分代表性网元作为切入点，基于统一云资源池和云管平台集约承载 IT 云、CT 云等多业务场景，开展了多方面的工作，主要包括：深度研究 NFV 关键技术，制定 IDC 布局及 DC 化改造规划指引和白皮书，制定基于分层解耦架构、可落地可实施的 NFVI 及 MANO 系列企业规范，开展分层解耦的 vIMS 实验室测试验证和外场试点并打通 first call、完成 vBRAS 分层解耦测试及现网试点并完成城域网规划、完成 vEPC CU 分离测试和功能解耦测试等，研究制定 NFVI 集成交付方案，探索 NFVO、VIM 的自主研发，实现了中国电信云管平台的 VIM 能力迭代提升，推动云、IT、业务平台、CT 云的跨专业集约承载。同时，中国电信积极开展企业 IT 系统的云化工作，正在基于自主研发的分布式技术实现具有高并发、高性能等特点的 BSS 核心系统的云化承载。

中国移动于 2014 年启动电信云建设，划分现网试点和技术试验双线条同步开展。现网试点：联合业界 14 家主流 CT 和 IT 公司，从 IMS 网元虚拟化切入，并行推进技术研究、实验室测试和 6 省外场试点三项工作。技术试验：面向未来网络搭建试验网平台，研究多业务场景标准三层解耦技术要求，培养自主集成和自主研发能力。到 2018 年底，已完成电信云初期商用条件的研究与验证，于 2019 年在全国

8 大区域中心启动 NFV 电信云商用系统建设。

中国联通于 2015 年 9 月发布 CUBE-Net 架构, 早期合作参与 ETSI VoLTE PoC, 近两年重点推进网元虚拟化的应用落地, 聚焦企业客户, 构建基于 NFV/SDN 的产业互联网基础设施, 发布面向企业的随选网络产品; 成立中国 CORD 产业联盟促进运营商网络机房的数据中心化重构, 推进电信云基础设施和边缘云建设; 以 vBRAS、vCPE、vIMS 为切入点, 开展网络云化的试点和试商用工作。

2. 电信云主要应用场景

2.1 核心网

当前电信云主要应用于核心网业务, 下一代网络业务在数量和灵活性上要求都远远高于当前网络, 所以, 电信云的建设无论是承载当前网络还是下一代网络业务, 都建议按照下一代网络核心网业务的要求建设, 以满足未来核心网业务的平滑迁移, 避免二次建设, 浪费投资成本。

下一代核心网系统架构采用原生云化的设计思路, 服务化的架构将网元功能拆分为细粒度的网络服务, “无缝” 对接电信云平台轻量级部署单元, 为差异化的业务场景提供敏捷的系统架构支持。电信云 DC 将最终承载运营商下一代核心网的业务/支撑/网络系统, 成为运营商 ICT 基础设施的新核心。

电信云将核心网网元功能如超大规模路由转发、移动性管理、会话管理等从硬件设备中解耦出来, 由安装在标准化的虚拟机上的软件

实现。云操作系统（Cloud OS）作为 NFVI 层的操作系统，协调应用和底层硬件，支持基于 MANO 的全自动部署，支持自动化弹性伸缩。

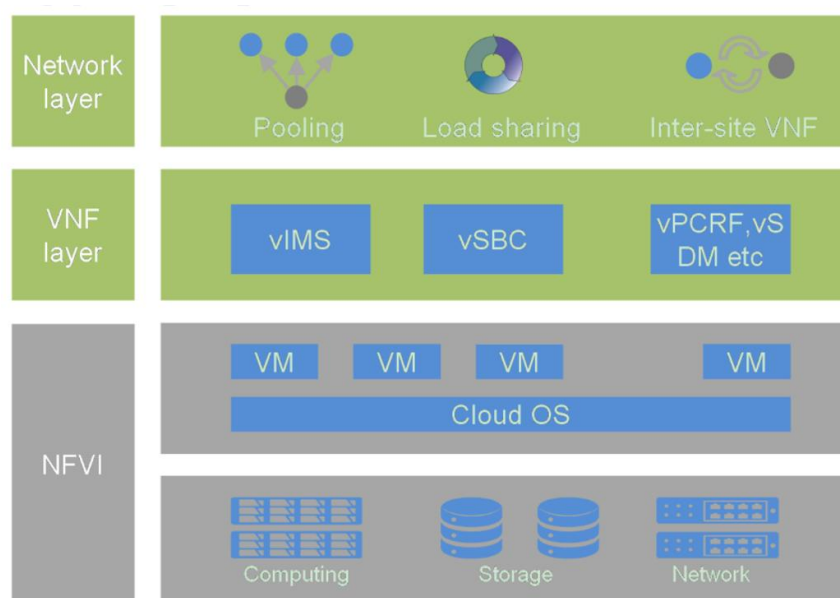


图 2 电信云部署在核心网

同时，电信云通过网络产品架构重构，支持转发设备程序与数据分离、将业务数据状态存储在分布式数据库中，业务处理无状态化等最大化发挥核心网的价值，降低设备购买和维护成本，同时也可以提升业务部署和业务创新速度。

下一代核心网对电信云的关键需求包括：

- 开放：云平台需要实现解耦部署和全网资源共享，探索标准化和开源相结合的新型开放模式，消减网络和服务单厂家锁定风险。

- 可靠：核心网对电信云在可靠性方面提出了更高要求，电信云由服务器、存储、网络、SDN 控制器、云操作系统和业务编排器等多部件构成，涉障节点多，潜在故障率更高，电信级“5 个 9”

的可靠性需要针对性的优化方案。

➤ 高效：在核心网建设中，电信云的效能需求包括业务性能和运维弹性两个方面。业务性能体现在云平台需要满足核心网服务化接口信令处理、边缘并发计算和大流量转发的要求；运维弹性主要包括云平台业务快速编排，灵活跨 DC 组网和资源动态扩缩容的能力。

2.2 边缘节点

移动业务发展到下一代网络，业务模式新的发展趋势为：低时延、高带宽和本地化，由于电信各种业务的特点和覆盖范围不一，统一的数据中心无法满足需求，因此需要将大量的业务部署在边缘电信云中。边缘数据中心主要面向本地业务的接入及本地化数据处理等，由于贴近用户，一般部署对时延要求极高的业务和边缘计算类业务，用于提供高质量的网络，提升用户体验。

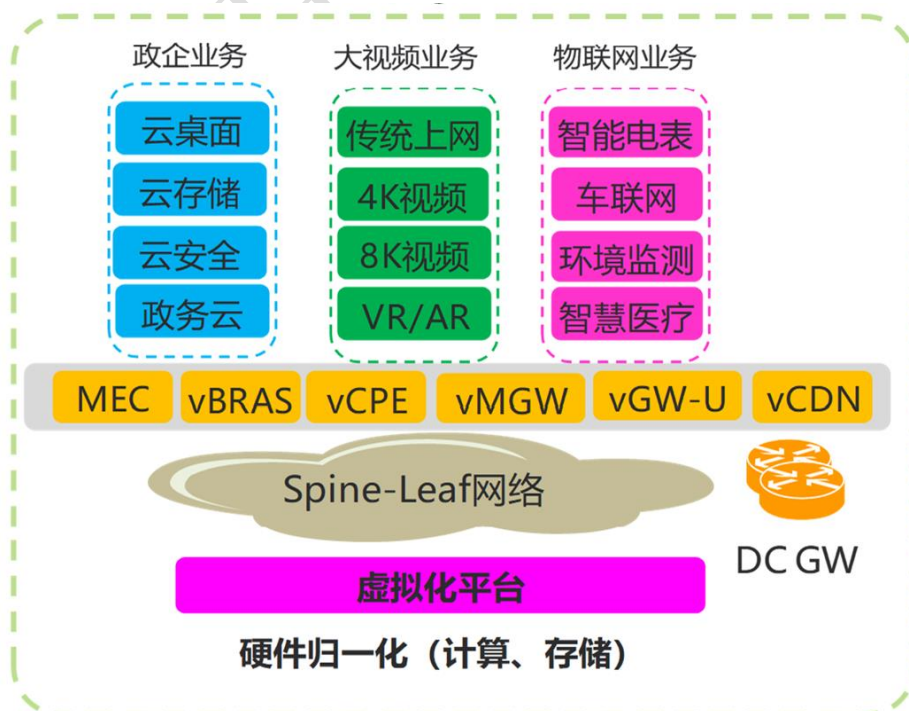


图 3 电信云部署在边缘 DC

边缘电信云将计算能力下沉到移动边缘节点，网络业务、服务及应用可以更快地分发和下载，从而有效缓解移动核心网的压力，改善电信服务环境，让用户享有更高质量网络体验。边缘电信云场景大致可包括以下几个方面的业务：

➤ 移动语音业务

媒体面网关（MGW）作为语音交换的承载网元，主要功能是由于完成媒体资源处理、媒体转换、承载控制功能，以支持各种不同呼叫相关业务的网络实体。语音业务有较高的时延要求，因此将 MGW 就近部署成为必然选择。在虚拟化环境中，可以将 vMGW 部署在边缘数据中心，用于扩容或者替换现有的物理 MGW，在提升用户体验的同时也完成了 MGW 的虚拟化。

➤ 移动数据业务

数据业务一般都是在核心网侧（区域数据中心）处理，同时接入 Internet。针对热点地区或者非中心区域（例如县级市），由于流量的增大和距离的拉远，移动数据业务的延时和响应会受到较大影响，不利于用户体验。此时将媒体面处理网元（GW-U）下移到边缘数据中心，可以提高移动数据业务的响应速度，提升客户的用户体验。

➤ 固定网络业务

BRAS 设备作为用户固网互联网业务的入口，其重要性不言而喻。在 SDN/NFV 网络中，通过 SDN&NFV 技术可以实现 vBRAS 设备控制转发分离、软硬件解耦视频相关业务，在 vBRAS 架构中 vBRAS-C 控制面负责用户的管理和控制，控制覆盖面较大，一般部

署于区域数据中心或者中心数据中心，而 vBRAS-U 转发面负责用户数据报文的转发，可以下沉到边缘数据中心，用于提升宽带用户的体验，提升上网以及视频响应速度。

➤ CDN 业务

随着移动视频业务以及 4K 视频等大带宽业务的推广，对于视频内容服务的要求越来越高，对 CDN 的转发能力以及网络带宽的要求与日俱增，将 CDN 下沉部署于边缘数据中心，使得用户的大部分视频要求通过本地 CDN 即可满足，极大提升用户的体验，减轻了网络负荷。

2.3 业务运营支撑系统

目前我国电信运营商的业务运营支撑系统已形成以省为中心集中部署的形态，包括网管支撑系统、业务支撑系统、业务运营系统以及管理支撑系统。系统服务器多采用小型机和 PC 服务器，存储设备采用大量 SAN 存储设备，系统运行数据库包括 Oracle、DB2、SQL Server 等数据库平台。在大部分省级电信运营商中，IT 基础资源在各系统内独立部署，独占资源，并没有实现企业内 IT 基础资源的有效共享。

随着云计算相关技术的积累和发展，国内外各电信运营商都意识到 IT 基础资源整合的必要性，开始着手利用云计算技术实现内部的应用系统的整合改造，积极推进电信云建设。面向新网络新业务，建设一套云化网络运营支撑系统，以系统集中化、网络管理自动化为原

则，以面向新网络运维分析入手，建立面向 IT 的电信云服务于电信业务运营支撑系统。电信云可构建统一的 IT 基础设施，实现 IT 基础资源的统一运营、管理，快速适应不同应用和网络切片的需求，实现“弹性”资源分配能力。

在实现云化改造后，电信运营商的应用系统的架构及部署模式将发生本质变化，BSS/OSS 业务应用需求以虚拟化方式部署在通用化云平台上共享 IT 资源，包括门户展示、资源管理、告警管理、性能管理、面向切片的端到端管理和运维管理等都将基于电信云提供服务。同时，系统通过采集各设备厂家的 NFVO+VNF 网元的资源和性能数据，分析关联关系，对接各厂家操作维护中心提供数据订阅服务。

3. 电信云关键技术

3.1 电信云基础架构

3.1.1 面向 CT 的电信云

面向 CT 的电信云承载运营商面向外部客户服务的电信网络的云。在 ETSI-NFV 标准架构中，面向 CT 的电信云架构如下图所示，由 NFVI、VNFM、NFVO 以及 VIM 等组成，其中 VNFM、NFVO 和 VIM 构成 MANO，实现 NFV 架构的统一管理和编排。NFVI 包括硬件设施及其虚拟化，VNFM 使用软件实现虚拟化网络业务功能管理。

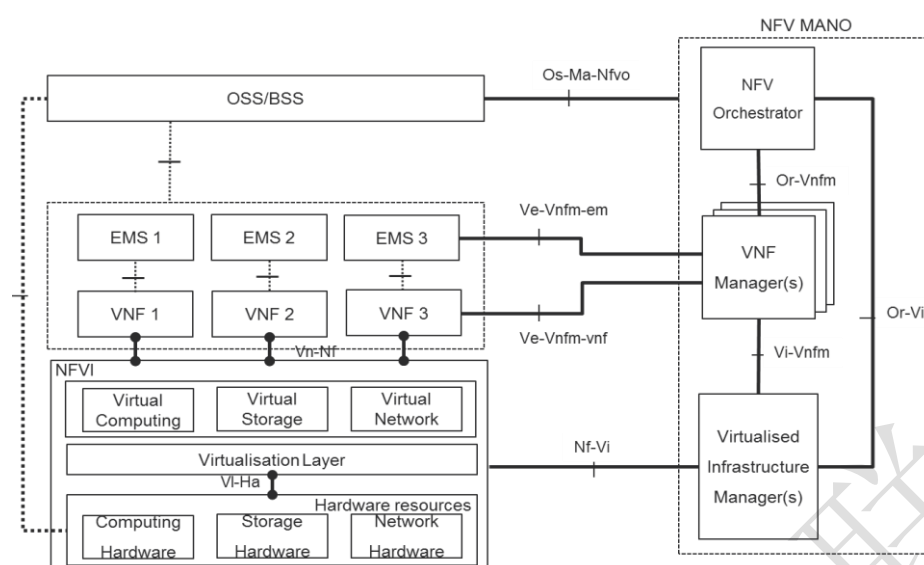


图 4 电信云 NFV 基础架构

对于运营商而言，建设电信云可以分为三步：打造云基础设施、网络功能 NFV 化和云化组网。基础设施包括虚拟的计算、存储和网络资源，也包含一些物理硬件，如专用的硬件加速设备 NP 和 FPGA 等。基础设施层管理系统，负责对物理硬件、虚拟化资源进行统一的管理、监控、优化。基于 NFV 技术的网络功能虚拟化，将网络功能拆分为虚拟化的网络服务部署在云平台上，VNF 和 CloudOS 需要支持异构 CPU 和硬件的多种服务器形态，根据业务形态提供最优性能。与此同时，为全面获得云架构技术所带来的业务敏捷性优势，电信云中网络需要具备灵活性和移动性。通过 SDN 云化组网，可以按需、快速地提供安全、隔离的虚拟网络服务，从而能很好地满足云架构对网络的开始开通和灵活调整的需求。在电信云中引入 SDN 并使其与 NFV 协同和融合成为电信运营商的重要共识。

3.1.2 面向 IT 的电信云

面向 IT 的电信云是针对运营商内部的应用系统的云化。面向新网络、新业务，需要建设一套云化网络运营支撑系统，以系统集中化、网络管理自动化为原则，满足云化架构网络的管理要求，支撑业务快速发展。

面向 IT 的电信云基础架构可以分为云运营应用层、云资源管理层和基础设施层。应用层可以包括 BSS 域的营业、计费、客服、渠道、经营分析等应用，OSS 域的监控、告警、性能、资源、操作维护等应用，MSS 域的 OA 门户、邮箱、公文、公务、ERP 等应用，三域可以集中部署，也可以根据应用情况选择不同的云平台部署。云资源管理层包括云操作系统和云化能力接口，为上层应用提供能力接口、备份软件接口、集中故障系统接口、监控接口等信息。基础设施层包括虚拟的计算、存储和网络资源，为电信应用和业务提供实际的计算、存储、网络能力。

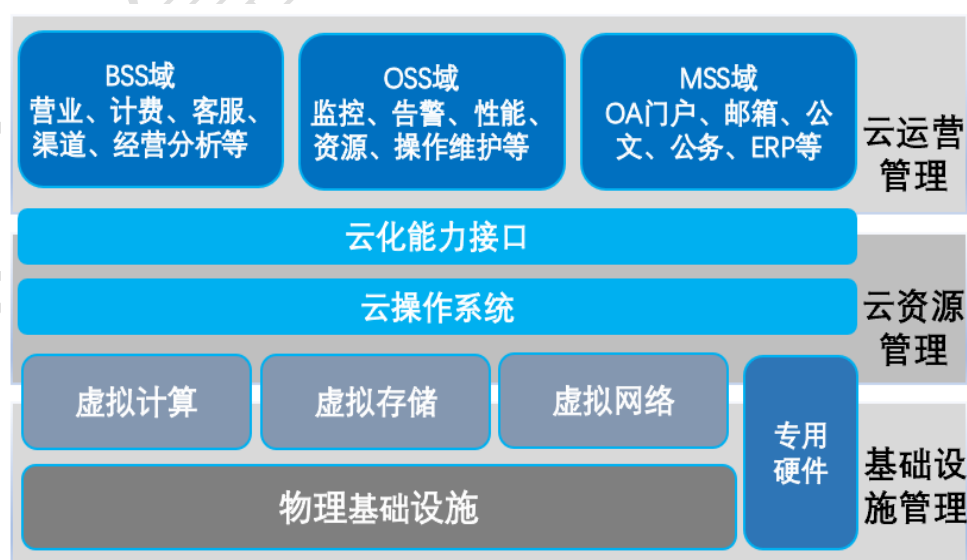


图 5 面向 IT 的电信云基础架构

3.2 网络功能虚拟化

为解决电信网络硬件繁多、部署运维复杂、业务创新困难等问题，业界提出 NFV 诉求，并在 ETSI 联合成立 NFV-ISG 组织，致力于推动“网络功能虚拟化”。NFV 网络功能虚拟化，全称 Network Function Virtualization，是通过使用基于行业标准的服务器、存储和交换设备，利用软件和自动化技术替代专用网元设备去定义、创建和管理电信网络及业务的新方式。目前，NFV 已经成为运营商建设电信云的关键技术，在全球已有超过 400 项 NFV 部署计划和 100 多个 NFV 商用局点，覆盖 EPC、IMS、物联网等多种网络场景。

电信云中引入 NFV 关键技术，旨在：

- (1) 将传统电信设备的软件与硬件解耦、使得电信网络功能可以基于通用计算、存储、网络设备而实现，降低设备购买成本和维护成本。
- (2) 由于计算存储资源的通用化，管理和维护效率具备提升的基础。
- (3) 软件化后，业务的部署速度和部署灵活性将可提高。
- (4) 在虚拟化技术的支撑下，网络资源的智能调度得以更加容易实现，利用弹性伸缩能力实现自动扩缩容和节能减排。
- (5) 解耦分层后，软硬件各层均有不同领域的专业厂商和或开源组织参与，逐步构建开放生态，为业务创新提升、新业务加快上市提供基础。

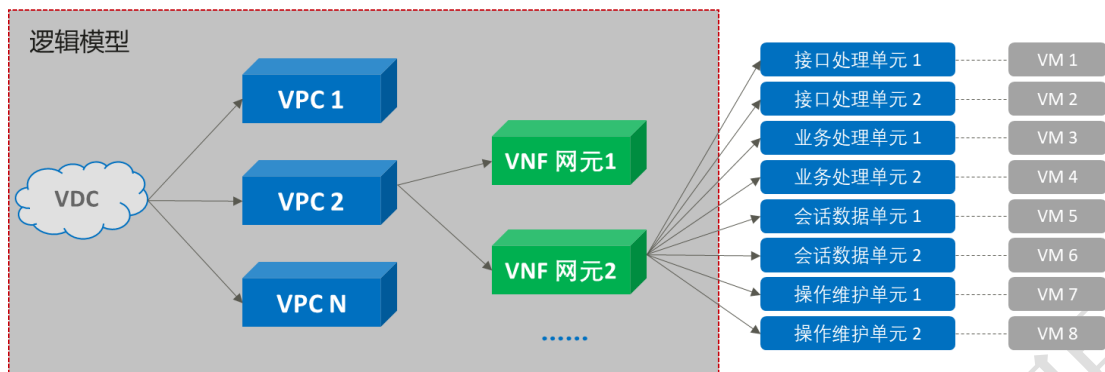


图 6 NFV 逻辑模型图

上图是电信云中网路功能虚拟化的逻辑模型示意，VNF 是一个运行核心网特定业务的虚拟化网元，如会话边界控制网元 SBC。接口处理单元 IPU、业务处理单元 OMU、会话数据单元 SPU、操作维护单元 SDU 等是 VNF 网元中完成具体业务功能的单元：

- 操作维护单元 OMU：是 VNF 的操作维护中心，它承担了传统核心网设备中的主控板的角色，提供南向接口、配置、告警、话统、日志、接入认证等基础功能。
- 接口处理单元 IPU：承担了传统核心网设备中的接口板的角色，提供外部 IP 网络连接能力、虚拟网络交换能力以及业务处理单元的虚机负载均衡能力。
- 业务处理单元 SPU：承担了传统核心网设备中的业务板的角色，提供 3GPP 和非 3GPP 协议定义的业务功能。
- 会话数据单元 SDU：承担了传统核心网设备中的数据库角色，提供分布式上下文数据存取功能；SPU 负责计算处理，SDU 负责完成所有状态数据的存储，为云化场景下实现高可靠性提供了基础保障。

经过近年 NFV 的概念验证、试验网、现网试点以及试商用等一系列准备工作，NFV 技术已日趋成熟，进入快速发展期，标准组织、开源组织、运营商、设备商等倾力合作，正推动 NFV 产业链向前大力发展。但目前大多数部署方案采用的是基于同厂家垂直建设再整合的模式，与 NFV 云化阶段所要求的统一云平台解耦部署、全网资源共享、敏捷的业务编排等能力要求仍存在差距。

3.3 软件定义网络

2006 年，SDN 诞生于美国 GENI 项目资助的斯坦福大学 Clean Slate 课题。斯坦福大学 Nick McKeown 教授为首的研究团队提出了 Openflow 的概念，并基于 Openflow 技术实现网络的可编程能力，使得网络变得像软件一样可以灵活编程和修改，SDN 概念应运而生。SDN, Software Defined Network, 即软件定义网络，它是对传统网络架构的一次重构，从原来的分布式控制的网络架构重构为集中式控制的网络架构。

引入 SDN 关键技术可以助力电信云网络达到灵活、敏捷、开放、标准的特性。网络设备 NFV 化后，为了满足业务的快速 TTM，支撑下一代网络业务创新，提升网络的扩展性与维护性，需要 SDN 控制器提供网络端到端自动化的能力，从而支撑网络业务的真正云化。电信云利用 SDN 控制器向网络转发层下发网络规则，将业务控制面集中管理开放接口实现全局视角网络资源灵活调度，以满足电信业务对网络敏捷和智能的需求。

SDN 网络架构分为三层：应用层、控制层和转发层。

- 转发层由软硬件实现，支持可编程接口。
- 控制器层由 SDN 控制器实现，集中管理、调度网络资源，向转发层下发转发规则。
- 应用层统一编排业务，面向业务编排网络资源，向控制层下发网络规则。

SDN 控制器北向接口是 RestFul。南向接口为 Netconf/BGP/PCEP//SNMP/CLI 等。SDN 控制器在开源领域主要有 ODL 和 ONOS 两种。ODL 于 2013 年立项，设备厂商主导发起，当前已成为成为多数厂商的选择。ONOS 于 2014 年成立，由 AT&T 等运营商主导发起，目前架构与 ODL 趋同。

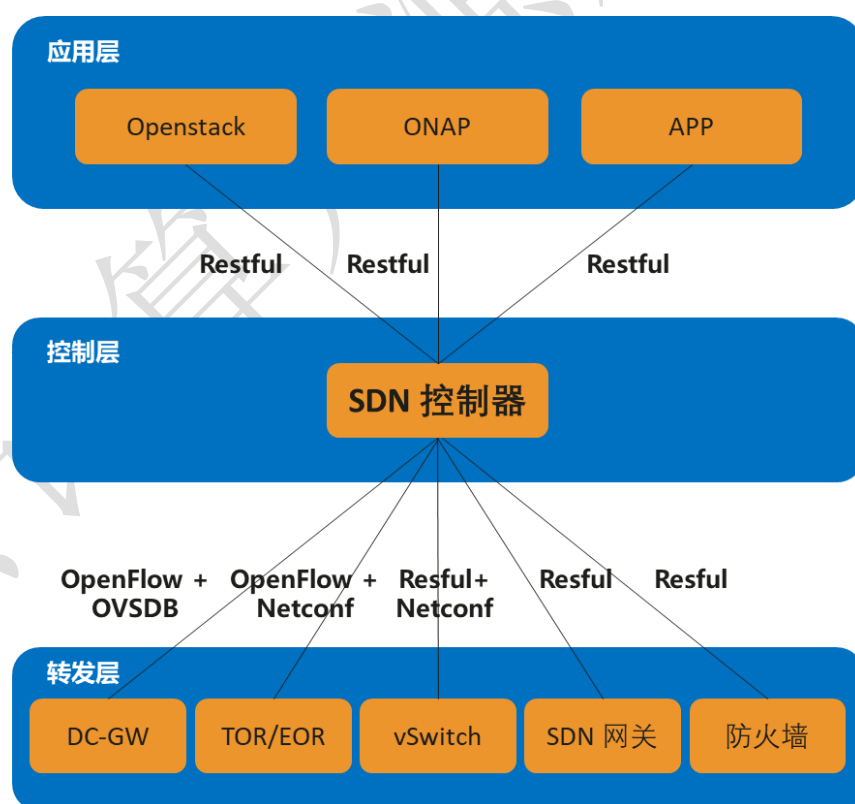


图 7 SDN 网路架构图

电信云的转发层包括 vSwitch、TOR 交换机和其他网络设备。其中, vSwitch、TOR 交换机是虚拟机的接入设备。vSwitch 通过标准接口 Openflow/OVSDB 接收 SDN 控制器管理。TOR、EOR 以及其他网络设备通过 Netconf/BGP/PCEP//SNMP/CLI/BGP 接口接收 SDN 控制器管理。此外, 还有软硬件防火墙、负载均衡器, 其他种类的 VNF。

3.4 NFV 与 SDN 的联动

传统的运营商网络手动配置模式效率低下, 考虑到电信云中存在大量的虚拟子网和业务路由, 如果电信云内部网络仍采用手工配置模式, 则网络无法快速更新以适应新业务 VNF 的部署, 导致整体电信业务的部署效率低。电信云 VNF 建设中结合 SDN 技术, 使 NFV 与 SDN 协同作用以降低 DCN 网络的手工配置复杂度。

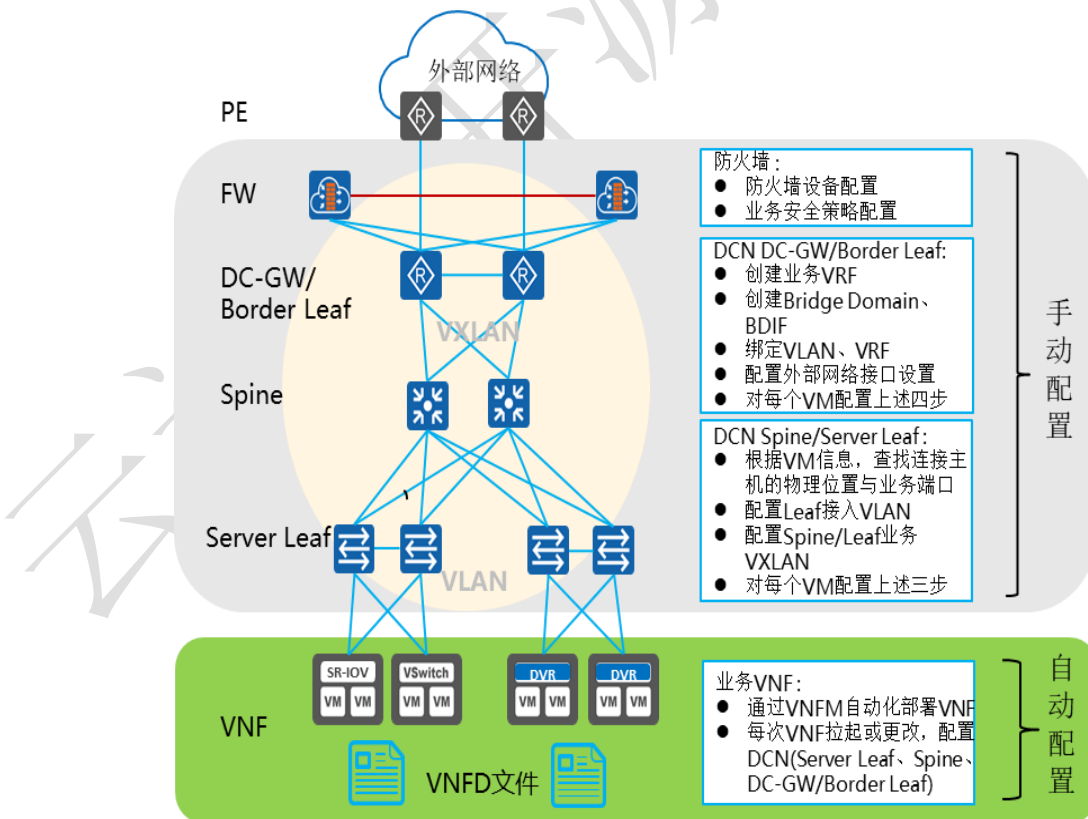


图 8 电信云网络自动配置

在电信云网络中存在三层网络，分别是 Underlay 物理层网络、Overlay 层逻辑网络和业务层网络。通过 SDN + VxLAN 技术，在 VxLAN underlay 网络已通的基础上，通过加载 SDN 控制器配置文件实现 VxLAN overlay 网络和业务层网络的自动部署，最终实现网络业务部署的端到端自动化。同时，在 VNF 或网元分布发生变化时，SDN 可以感知 VM 分布，实现自动地完成网络相关配置的联动，最终实现核心网业务部署的端到端自动化。

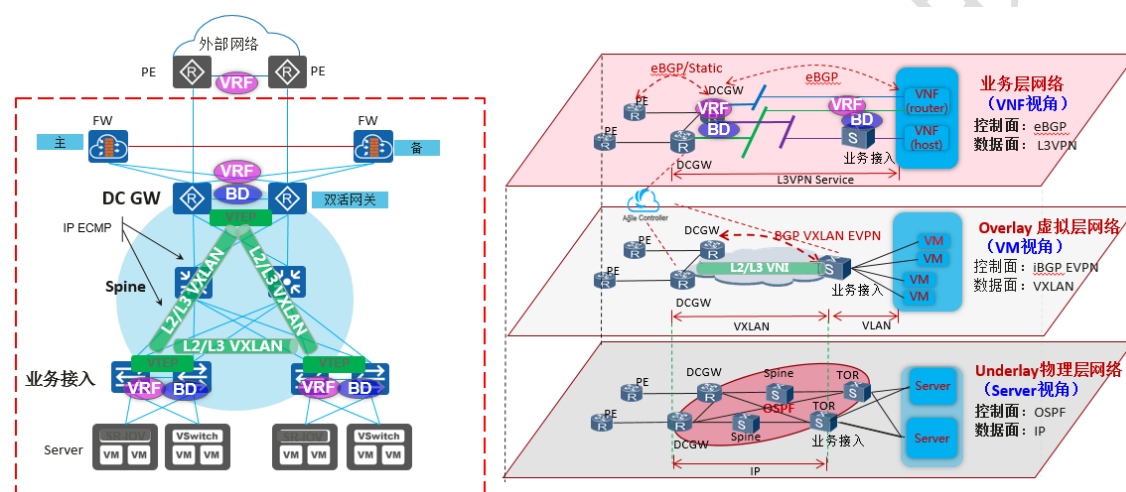


图 9 电信云三层网络架构

NFV 和 SDN 的协同作用意味着 VNF 部署和虚拟网络配置联动起来，NFVI 能够自动化配置虚拟网络。两者的协同避免了大量人工配置，降低了交付成本，为电信云带来以下优势：

1、提高业务部署灵活性

当前运营商网络采用的典型组网为 VLAN 加三层网关的方式，这种组网的配置和网络强相关，需要预先规划好业务 VLAN，这种方式限制了业务部署的灵活性。电信云网络可以实现业务部署的灵活性，比如数据中心已经部署了 vEPC 业务，网络都已经部署完毕，现

在要扩容一个 vEPC 网元业务或者新部署一个 vIMS 业务，需要重新规划网络 VLAN 并在各网络设备上配置这些新的业务 VLAN，配置复杂容易出错，此时，可以通过 SDN + VxLAN 组网可以更好地满足这种灵活性要求。

2、实现网络部署自动化

当前 VNFM 通过加载 VNFD 实现了 VNF 的自动部署，但与业务互通的网络部分还是需要通过人工配置。引入 SDN 后，从 MANO 进行统一入口配置，SDN 自动化配置逻辑网络，同时将 VNF 部署和逻辑网络配置联动起来。

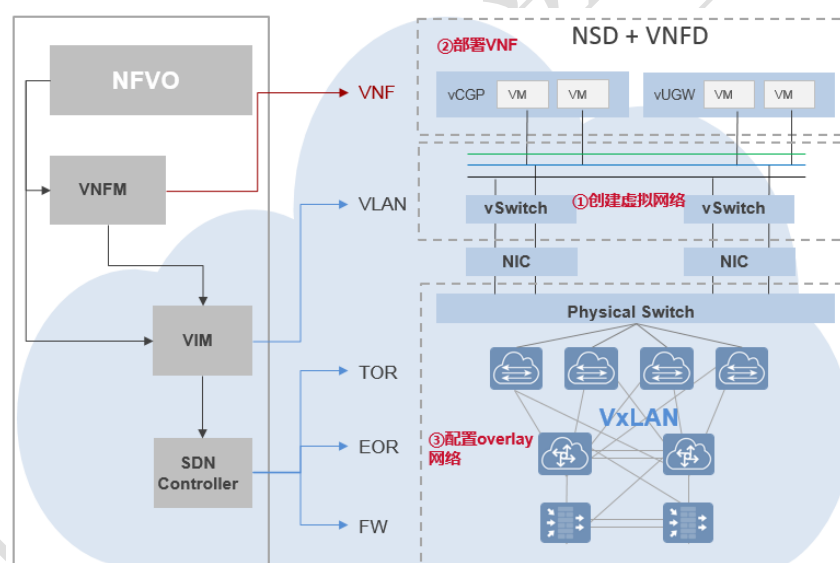


图 10 网络部署自动化架构图

3、提升整体运维能力

传统网管仅提供基本的单设备的告警和简单拓扑展示，难以确定业务的实际转发路径，增加了定位问题的难度。引入 SDN 后，控制器提供了逻辑拓扑可视化、业务转发路径质量可视化、IP 连通性探测等端到端的整网运维能力。通过业务监控和转发路径监控的结合进行

快速问题定位。

4、支撑下一代网络切片和云化增值业务链等行业应用创新

下一代网络切片需要实现跨域、跨层的业务自动化。跨域需实现无线、承载、核心网的端到端的切片，跨层需实现资源编排和业务编排的自动化。基于 NFV 与 SDN 的联动自动化，实现了计算、存储、网络的资源一体化编排，将有力支撑未来的下一代网络切片等应用创新。

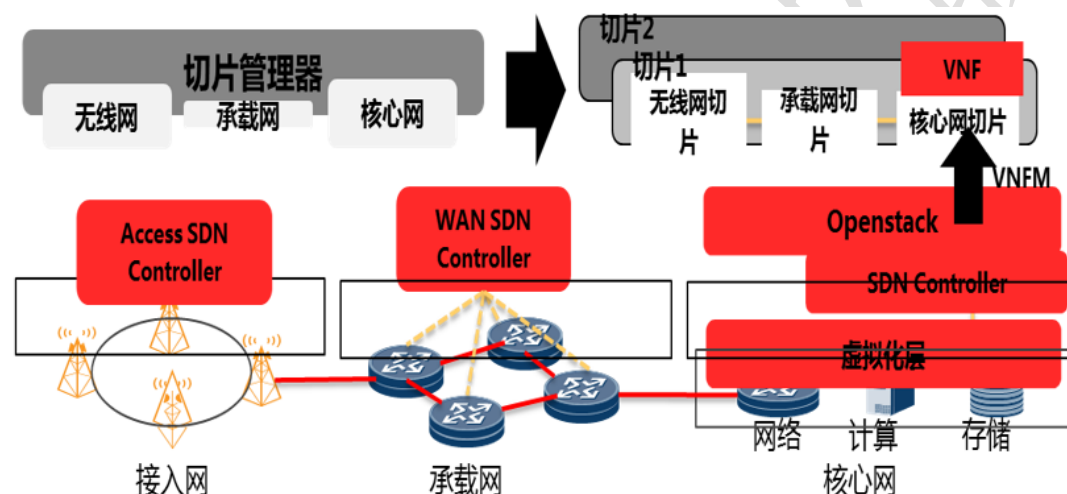


图 11 下一代网络切片应用

未来，运营商为了灵活满足不同种类用户的差异化需求，需要在网络上提供定制化的增值服务，并支持全自动化的在线服务发放。这就需要增值服务云化业务的全自动化配置。NFV 解决了增值服务的快速部署和上线需求，SDN 解决了不同网络接入用户和增值服务间的流量串接的需求，NFV+SDN 的协同自动化将使能这类应用的自动化。

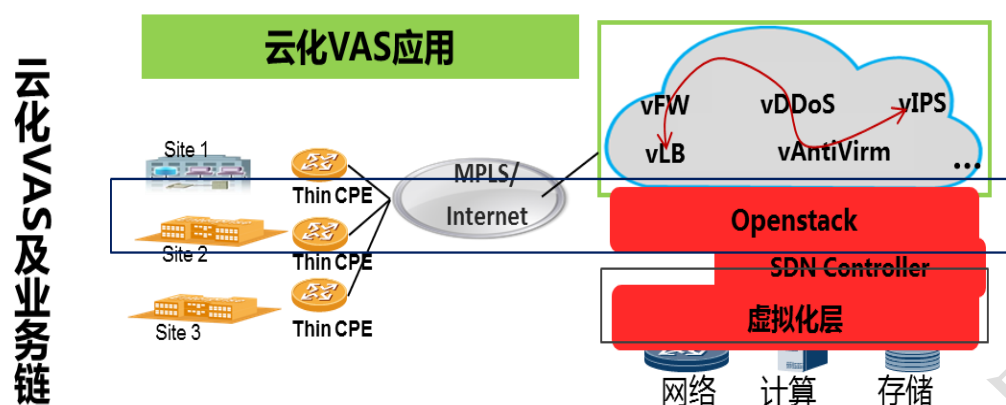


图 12 云化增值业务链

总结来看，NFV/SDN 联动，满足了 NFV 按需在不同位置的灵活上线和网络的按需联动部署，大大提升了传统的非 SDN 网络部署的灵活性，提高了业务部署效率，同时，降低运营成本，提高网络运营效率。

4. 电信云典型案例

4.1 中国移动云资源池三层解耦案例

1、需求和当前的痛点

中国移动为确保网络领先优势，提前备战网络转型，以现网试点为抓手全面推动 NFV 方案和策略研究工作，通过现网试点验证核心网 NFV 基本功能成熟度，检验虚拟化系统网络管理能力，推动产品迭代开发，探索可行的管理(规划、建设、运维) 机制和方案，为核心网 NFV 的大规模商用部署积累建设和运维经验，同时探索三层解耦经验，锻炼中国移动自研虚拟层 CloudOS 产品和 MANO 编排器产品的能力。

2、解决方案的实现

中国移动在某省公司新建了一个电信云试点测试资源池,对虚拟层(含分布式存储)、MANO 编排器 NFVO+、网元功能和性能等进行了试点测试。测试采用 NFV 标准的三层架构:

1) 虚拟层采用中国移动自研的电信云操作系统 BC-CloudOS。虚拟层 BC-CloudOS 基于 OpenStack 开发,作为基础设施平台管理软件,为 VNF 提供虚拟资源,为 NFVO 的编排、统一管理提供标准北向 REST API 接口。为满足电信级业务特性,BC-CloudOS 在开源基础上进行电信级增强开发,提高网络转发性能、时延稳定性、丰富虚拟机调度策略等;分布式存储采用自研的 BC-SDS 产品,为上层 VNF 网元提供统一的、标准的、高性能高可靠的分布式存储池;

2) MANO 编排器采用中国移动自研的 NFVO+产品。编排器是 NFV 网络的新型大脑,通过编排器的控制与协调,NFV 网络能够实现网络服务的快速部署、网络资源的集中调度管理、网络的自动化和智能化运维。自研的 NFVO+产品基于 ONAP 的微服务和容器化架构,在 ONAP 的 NFV 编排管理和云管理组件的基础上适配中国移动企标,结合 NFV 网络管理特点全新开发用户界面和 FCAPS 各项功能,具备架构开放灵活、部署升级快速的 Devops 特性

3) VNF 网元包括厂商的 vIMS/vEPC;

1、 效果描述

试点中,首先完成了中国移动自研虚拟层 BC-CloudOS 产品和 MANO 编排器 NFVO+产品的相关功能、性能测试,验证了标准三层架构下虚拟层产品能力,含功能性能、可靠性、管理运维要求;其次,

通过承载第三方虚拟化 IMS、EPC 网元，实现 VNF 与虚拟层异厂家互操作，完成了面向业务的 NFV 系统可靠性测试等，并成功打通了端到端音视频通话；验证了虚拟层产品对虚拟化网元的承载和对分布式存储的适配管理能力；验证了 NFV 网元在分布式存储上运行的可行性。

通过试点测试，验证了硬件层、虚拟层、网元层的三层解耦可行性，为后续在电信云平台上承载异厂家网元积累了实践经验，也标志着中国移动自研虚拟层产品和 MANO 编排器产品向商用落地取得了重要突破。

4.2 中国电信 PaaS 云平台承载 IT 系统案例

1、需求和当前痛点

中国电信的 IT 系统为全网 7 亿用户的日常通信提供服务，因其特殊的行业属性，在并发量、准确性和可靠性等指标方面的要求远远超过的电商购物等其他系统。由于历史原因，中国电信 IT 系统普遍存在需求响应慢、系统性能低、架构扩展难、建维投入高等问题，亟需引入新的基于云的架构全方位提升系统能力，改善用户感知。

2、解决方案的实现

中国电信依托“PaaS 平台组件+应用生产流水线”的自主研发体系，以“天翼云”资源为依托，集合分布式数据库、分布式消息队列、分布式缓存、分布式容器、Devops 等核心组件能力，对企业 IT 系统进行 PaaS 云化改造。在改造过程中，重点解决了以下问题：

(1) 扩展性: 支持单节点高性能及平台整体性能的弹性水平扩展、支持基于组件接入指引及开发框架的组件扩展, 支持基于组件开放的 API 开发组件工具扩展;

(2) 多租户: 支持多租户, 确保租户间资源的完全隔离; 支持租户成员账号及权限管理;

(3) 运维监控: 具备自动化部署能力, 支持完备的版本管控; 提供 Web 控制台, 支持运维操作可视化; 提供日志中心、监控中心, 支持故障快速定位和故障恢复;

(4) 应用开发: 规范应用框架和技术选型, 支持自动生成代码框架, 支持资产显性化管理, 提供应用全生命周期管理能力;

(5) 安全性: 基于分布式架构, 消除服务单点; 具备完备的数据层容灾方案, 支持故障自动切换, 遵循安全开发标准, 支持软件代码及部署安全加固。

3、效果描述

中国电信自主打造的 IT 云平台已经通过了运营商大型核心生产系统的应用考验, 高性能、高可用、稳定性得到了充分验证。其中, PaaS 平台组件基础能力和应用生产流水线的融合, 不仅有助于快速开发 IT 应用、有效管控软件资产、提升企业研发运维能力、降低 IT 建设成本, 而且可以将已经在企业内部大型生产系统应用成熟稳定的 PaaS 能力集成到“天翼云”服务中, 为公有云客户提供 PaaS 服务。

4.3 华为 CloudIMS 在中国某运营商大区集中制部署云化 VoLTE 大网案例

1、需求和当前痛点

为契合 4G 话音网络的建设时机，中国某运营商采用 NFV 架构，以大区集中化建设方式，构建“简洁、集约、高效”的云化 VoLTE 话音网络，也可满足网络未来演进支持下一代网络时代的话音业务。

1)可靠性面临挑战：大区节点故障业务影响范围大，大区 IMS 网元故障影响面广，会造成多个省的“特别重大故障”。因此，大区集中部署对可靠性提出了更高要求。

2)商用速度面临挑战：大区集中建设模式需涉及各省市周边系统的改造，包括对各省的信令采集系统和运维系统的重新调整等。相比传统的各省市单独建设，大区集中部署建设周期将至少增加 6 个月。

3)运维复杂度面临挑战：相比传统的各省市单独运维，采用云化架构的大区集中部署形式，在统一了运维界面的同时，还需要面对运维跨层组件视图增多、VNF 层与 NFVI 运维数据分离，跨网管信令跟踪功、大区与各省运维人员管理权限划分等新的问题。

2、解决方案的实现

1)多层次可靠性保障

领先的 Cloud-Native 架构，华为 CloudIMS 可实现基于 3 个 9 的硬件提供 5 个 9 的可靠性：通过无状态设计把跟会话和链接相关的动态数据从核心的业务处理模块分离出来，下沉到独立的内存数据库，使得所有的业务处理模块都是无状态化的，任何一个出问题，其他的业务处理模块都可以接管他的业务，实现 N-way 冗余，从而避免单硬件故障导致业务收损，提升 VNF 健壮性。

多 DC Pool 冗余，大区中心节点故障业务无损：在大区内两个中心节点进行异城市互为容灾备份，在大区内两个中心节点进行异城市互备，为每个大区中心节点配置 2 个互为容灾的数据中心，通过跨地域容灾能力提升网络整体可靠性。

多级 KPI-based 亚健康检测，主动倒换，实现故障预防：通过对模块级、网元级、站点级 KPI 和历史经验设定的阈值对比情况，结合告警定位信息，对处于亚健康状态的模块、网元、站点进行提前复位、迁移及倒换操作，实现主动故障预防、提前倒换提升倒换成功率。

2)工具链使能业务快速上线：通过端到端 CD/CT 工具链，支持通过厂商侧集中部署工具链能力底座，运营商可通过云端网络远程接入，通过自动化方式实现业务从规划、设计、部署、对接、测试的快速敏捷上线，提升商用上线速度。

3)高效运维：以 NFVO 为中心构建统一运维平台，通过 EMS 和 MANO 上整合了运维与大数据分析相关技术，以及云管（MANO）和网管（EMS）协同，实现对全网数据的统一采集、网络日志统一分析、告警性能的统一监控、智能跨层告警关联与根因分析、网络容量预测与自动扩缩，真正使运维从被动走向主动，变“事后运维”为“事先预测”，大幅提升运维效率和网络可靠性。

3、效果描述

从 2018 年 11 月中旬上线 VoLTE 业务以来，华为承建的大区目前已经支撑 15+省市、超过 1000 万 VoLTE 用户平稳运行。同时，华为 CloudIMS 解决方案基于 CD/CT 的工具链，可实现从规划到上线

的全自动化，30 分钟即可完成 VoLTE 网络设计，平均只需要 3 天即可从设备上电完成 First Call，支持 85% VoLTE 业务场景测试自动化执行，减少 70% VoLTE 业务的部署周期，有效帮助提升业务上线效率。同时，其基于机器学习技术，并辅以业界的 NFV 商用经验库，构建的根因定位模型，有效帮助该运营商解决云化 IMS 系统分层解耦后带来的运维挑战，简化 CloudIMS 全生命周期管理，使得 90%故障自动快速完成定界。

4.4 华为 CloudEPC 浙江移动建设高效可靠云化核心网案例

1、需求和当前痛点

浙江移动针对三层解耦的电信云架构，构建了云化基础能力。但在实际的小规模商用过程中，仍存在如下关键需求与痛点：

- 1) 提升集成效率：交付过程以人工为主，安装调测界面复杂，工具多，操作动作割裂且繁琐，产品入网测试验证耗费大量投入，时间长，复杂度高。
- 2) 降低运维难度：NFV 分层解耦带来跨层故障定界定位难度，分布式网络架构使得用户面下沉地市，对运维系统带来新的挑战。
- 3) 电信级可靠性：云平台基于通用 COTS 构建，平台可靠性相比传统电信专用硬件有一定差距。

2、解决方案的实现

华为 CloudEPC 解决方案以 Cloud Native 架构为基础，实现了与基础设施无关的电信级高可靠性、具备良好的弹性，更为健壮和敏捷。

同时，华为提出业界首个自动化工具链和灰度升级商用解决方案，帮助运营商实现快速的业务上线和创新。

1) 敏捷高效业务交付

华为 CloudEPC 采用业界首创的灰度升级方案，支持在同一个数据中心内使用较少的资源生成新版本，新老版本同时在线运行，现网用户从老版本分批次升级到新版本，平滑无损地完成所有用户向新版本的迁移。整个升级过程全程自动化，无需人工干预，新版本升级对现网业务无影响。

2) 在线智能故障分析

华为 CloudEPC 构建了分层云化的在线故障定位分析系统 FAC (Fault Analysis Center)，提供自动故障检测机制，实现了从 I 层到业务网元的跨层故障管理。

3) 高可靠性业务保障

华为 CloudEPC 通过 N-way 冗余、OMU 双离线、存储 Bypass 等关键技术突破，解决了 IT 设备可靠性偏低带来的多点故障容灾问题。同时华为 CloudEPC 提供控制面 1+1 主备地理容灾机制，实现了用户上下文热备份，在 1 个数据中心整体失效的极端情况下，仍能保证 100%的业务接续。

3、效果描述

华为 CloudEPC 解决方案帮助浙江移动实现在 NFV 自动化运维和电信级可靠性重构方面的技术创新，实现网络商用。网元部署时间从月级降低到天级，加快了新业务上线步伐；采用建立在通用 COTS

基础之上的云化平台和网元的故障检测和隔离等手段,达成云化网络 5 个 9 的电信级可靠性。

4.5 中兴奥地利 H3A 核心网云化案例

1、需求和当前痛点

中兴通讯与奥地利和记联手推出了 Teleco Cloud 电信云平台,并将 CMA (Converged Message Architecture, 融合消息架构), vEPC (Virtual Evolved Packet Core, 虚拟化演进分组核心网) 和 ICS (IMS Centralized Services) 从传统电信专用设备搬迁到此云平台上,实现电信核心网和业务服务的云化。目前 CMA 和 vEPC 已经部署, ICS 正在部署,未来下一代网络也将基于此云平台进行部署。

2、解决方案的实现

H3A Teleco Cloud 完全采用 ETSI NFV 架构,目前共建设了 6 个数据中心,共 200+节点。硬件采用中兴自研服务器和 Dell 服务器,云平台采用基于 OpenStack 的中兴 TECS,支持虚机,容器和物理机资源的统一管理。

存储采用 Ceph 分布式存储集群,总容量近 300T,实现存储的高性能,高可用性和高扩展性。并且通过 Hyper-Convergence 方案将存储服务器与计算服务器进行融合,节省单独的存储服务器部署,实现资源的更有效利用。

网络方面,基于中兴自研兼容开源 OpenDaylight 的 SDN 控制器平台 ZENIC 以及中兴自研 ZXR10 系列交换机实现了 SDN 网络架构。

采用 OVS + SR-IOV 共存解决方案,可在同一网卡上提供 DPDK, OVS 和 SR-IOV 功能,降低对网卡数量的要求,提供灵活的虚拟机部署解决方案。OVS + SR-IOV 共存解决方案降低了 30% 的网卡购买成本。

3、效果描述

中兴通讯的电信云解决方案,为 H3A 节约了高达 50% 的基础设施建设成本,使得 CTO 显著减少。H3A 电信云为新产品和新功能提供了灵活的部署方法,实现了有效的资源利用。不同业务类型和不同流量传输要求的 VNF 可以部署在同一主机上,从而更精确地提高虚拟资源的使用率。H3A 电信云降低了第三方应用的部署难度,并可以通过现有的 NFV MANO 系统实现统一管理和监控,填补了对第三方应用的监控空白。

4.6 烽火下一代网络智慧工场案例

1、需求和当前痛点

该智慧工厂项目在改造前,是华中地区规模最大、自动化程度最高的无线产品制造基地,年产能逾 50 万件。但是随着生产规模的扩大,各业务系统之间的协同效率明显下降,数据孤岛已逐渐形成,同时,在数据安全性保障、平台可靠性及智能高效运维方面也面临着诸多挑战。

2、解决方案的实现

针对以上问题,中国信科集团联手湖北移动,通过引入基于下一代网络的工业互联网“下一代网络+边缘计算+云平台”组网模式,使

得基于下一代网络的工业控制互操作在工厂智慧化管理中成为可能。同时，通过引入烽火 FitOS 电信级云平台产品和解决方案，成功的解决了当前面临的安全性低、可靠性差和运维难得问题。

安全性方面，针对在新型云网架构下的这种服务化、虚拟化、软件定义的变化，烽火电信云解决方案能够提供安全即服务、软件定义安全的能力，以云平台为中心，构建整个电信云的全栈式安全体系，包括应用安全，网络安全、云平台安全、虚拟化安全、数据安全主机安全等，并对这些安全服务和功能进行统一的管理。同时，还可以根据业务需要，实现基于不同业务场景的多重隔离。

可靠性方面,FitOS 云平台致力于打造立体式分层可靠性设计解决方案。业务层面，可实现虚拟机/容器故障秒级恢复；通过独有的进程软件狗、系统配置管理防篡改等组件可实时监控云平台关键进程的运行状态；同时在云平台数据库和消息队列的可靠性上也做了细粒度的极致优化，从而实现业务系统及平台整体可靠性可达到 5 个 9 以上。

运维方面，FitOS 云平台的引入了基于 AIOps 的智能运维解决方案，在自动化运维的基础上，增加了一个基于机器学习的大脑，指挥监测系统采集大脑决策所需的数据，做出分析、决策，并指挥自动化脚本去执行大脑的决策，从而达到高效运维的整体目标。

3、效果描述

通过引入烽火 FitOS 电信云平台解决方案，目前已上线的生产管理中心、产品交付、高清视频等一系列具体应用，可以实现数据全部

上云、打破信息孤岛、横向多工厂协同、纵向供应链互联，全部生产活动由云端平台统一进行管理，打造设备全生命周期在线管理、运营数据监控与决策、订单全程追溯的透明交付，使得生产效率较改造前提升 30%以上。

4.7 中通服浙江电信网络运营支撑平台云化案例

1、需求和当前痛点

浙江电信具有大量的虚拟机和物理机，导致资源无法充分利用，业务运行成本高，软硬件投资高居不下。业务访问压力大，无法根据实际运行压力自动进行调整，导致业务运维困难。大量的业务系统管理困难，一旦出现故障难以定位。业务开发周期长，更新迭代速度慢，新版本上线困难。业务复杂度越来越高，技术债务逐年上升，导致项目开发人员更替困难。

2、解决方案的实现

整个平台采用基于 IaaS 虚拟机技术和容器技术相结合的 PaaS 云平台，将原来以低资源利用率的虚拟机和物理机方式运行的业务，包括生产环境和测试环境的业务，迁移到 PaaS 云平台；项目开发方面，平台提供了 DevOps 和微服务开发方式，对项目进行全生命周期管理，让开发人员能够集中精力进行核心业务开发。

3、效果描述

基于通福云平台容器自动化调度引擎实现了业务的自动调度和管理，让所有业务实现高可用、负载均衡、弹性伸缩能力，解决了因

计划外原因带来的业务宕机问题和业务高并发访问带来的问题，将浙江电信从原来传统式的业务管理方式提升成为自动化的智能运维方式，大大提升了管理效率，降低了业务基础设施采购成本；在应用开发方面也提供了以下优势：

(1) 消除了基础系统的臃肿，实现了系统平台的应用轻量化，新功能原来从开发到上线的 4 个月周期缩短至 2 周，整体效率提升 6 倍；

(2) 从被旧技术束缚到根据需要任意选择合适技术，极大的提高了工作效率，软件质量显著上升；

(3) 实现从封闭式平台向开放式平台的转变，并且在兼容性、健壮性、高可用、互通互联等方面显著提升。

5. 电信云发展趋势

5.1 CT 云与 IT 云将融合发展

电信网元业务从传统架构演变成电信云架构，云平台共部署多 VNF 业务，这极大地解决了运营商提出的软硬件分层解耦、加快业务上线速度、加速业务创新、提升运维效率和降低运营成本的要求。

同时，在 IT 域，例如 BSS、OSS、大数据和 OA 等 IT 支撑应用，运营商也已经启动了架构转型，从当初“烟囱式”的业务架构转变成现在的云化架构，通过构建私有云来承载 IT 类业务也成为了运营商近年来的主要战略。

电信云 CT 业务与 IT 业务融合的趋势也越来越明显，形成真正

的资源共享和完全的统一协作与管理，成为一朵云，实现真正意义上的 ICT 融合，可以给运营商带来如下好处：

首先，带来组织架构的变革，推动效率提升。业务共平台部署打破了部门壁垒，IT 业务和 CT 业务人员共平台维护各自应用，有效消除了以前两个部门互不关联的状态。其次，IT 和 CT 共云部署，可以打通信息孤岛，整合分散资源，提升资源使用效率。第三，一云两域、分权管理，可以统一管理和监控私有云业务和 NFV 云业务，同时根据不同的域管理各自不同的应用。

由于电信云 CT 业务和 IT 业务对系统要求的差异，要实现 ICT 融合，需要同时满足 IT 和 CT 业务的特征。融合电信云通过新建和改造数据中心，打造 ICT 统一云，能够让电信云 CT 业务和 IT 业务共享云资源，满足多类型的业务特点、实现管理协同，以及多 DC SDN 组网等诸多特征。

5.2 边缘电信云建设成为关键

随着下一代网络技术的快速发展和边缘业务的快速兴起，越来越多的业务产生了边缘位置部署的需求。核心网网关类业务承载百万级用户量，存在大量带宽需求，例如 UPF 带宽需求超过 300 GB，可将网关等转发类网元下沉至边缘使其分散，实现流量本地汇聚和中转，降低传输网和核心网的流量负荷；无线侧网元 CRAN-CU 要求端到端时延小于 3ms，需尽量部署在边缘侧，以满足业务的超低时延需求；新兴的边缘计算类业务除以上需求外，对本地快速处理能力需求较

强，如视频加速、车联网等，此类边缘业务将根据业务需求分地域按需部署在地市、区县或以下机房。

这些对承载的边缘电信云提出了更高的灵活性和动态性要求，边缘电信云成为承载高性能云化电信网络的关键研究领域之一。

随着边缘业务和边缘电信云成为热点，标准和开源组织针对边缘云的讨论也逐步深入。目前，国际上多个开源组织和标准组织（包括 ONAP、ETSI MEC、OPNFV、OpenStack 等）已针对边缘云进行立项。AT&T 也于 2018 年 2 月联合 Intel 公司和风河（Wind River）公司在 Linux Foundation（Linux 基金会）宣布发起新的针对边缘云的开源项目 Akraino。国内方面，三大运营商在边缘云领域加大研发力度，以推动边缘云发展成熟。三大运营商于 2018 年 4 月在 CCSA（中国通信标准化协会）成立“边缘云关键技术研究”项目，研究边缘云在硬件、容器、加速等关键领域的需求与架构。此外，中国移动已联合 Verizon、Intel、ARM、华为、中兴等数 10 家企业，在 OPNFV 主导成立 Edge Cloud（边缘云）项目，旨在针对边缘场景，输出边缘云参考架构，推动轻量级、资源异构、远程运维的边缘云架构的快速实现。

国内外主流运营商均以 NFV/SDN 为核心技术，发布了未来网络转型的目标架构。目标架构通常采用两级电信云架构，核心电信云主要承载集中化的业务和网元，以云化形态部署在大型数据中心，边缘电信云主要承载需要分散部署、接近网络边缘的业务和网元，可能部署在地市、区县乃至接入机房中，满足业务低时延、高带宽等需求。

核心电信云因为大集中，通常具备统一的体系架构、硬件模型、

虚拟层要求、组网方案、存储方案等，整体产业成熟度高。边缘电信云因为靠近用户侧，机房供电、制冷、空间等环境相对恶劣，承载网元类型差异较大，导致边缘电信云在体系架构与核心电信云有较大差异，且边缘内云内部存在异构场景，结合前期业务需求分析，对边缘云的架构及核心特征等进行深入分析和研究。

5.3 AI 使能电信云实现网络自治

随着业务的发展，分布式电信云的规模会不断扩大，高度自动化的运维是必然趋势。在电信云建设时引入AI，可以为电信网络带来全新的价值即“可预测性”。可预测性是AI的核心价值，电信云结合AI可以实现基于预测的未来条件来调度网络，实现故障发生前规避故障、质量劣化前优化质量、网络拥塞前调整流量，从而达到网络自治，极大程度地提升网络的运维和运营效率。

在电信云建设中引入 AI 技术，可以从以下四个方面实现网络的自动化运维：

- (1) 及时发现资源池潜在风险，并结合策略自动化执行相关操作，实现资源池风险自愈；
- (2) 基于告警知识库，通过根因分析（Root Cause Analysis），实现快速精准的跨层告警定位，并结合策略自动进行故障隔离或故障自愈；
- (3) 通过对日志、离线数据等信息的大数据分析，实现对异常的预测和提前干预；

- (4) 基于机器学习技术, 自动构建并持续优化容量趋势模型, 实现资源瓶颈的自动化分析, 及时为客户提供资源扩容建议等。

在电信云的控制和运维方面, 端到端地引入人工智能技术, 构建分段自治网络, 每一段的自治通过上层运营系统实现端到端的自治维护, 进而实现整网自治。在分段网络中, 采集电信网络的控制中心和底层设备的接口数据以及各个网元设备的关键信息, 然后通过 AI 技术的策略和规则, 来实现对整个网络的管理和调度, 以及对网络的流量预测、质量预测和故障预测等。

同时, 基于 AI 的安全防护体系, 可以通过主动防御及安全策略自动化管理, 实现电信云网络的分钟级安全策略响应和威胁检测行为等。AI 技术同电信云做深度结合将给最终用户、运营商和设备商都带来巨大价值。

附录：主流厂商电信云解决方案

1、 华为电信云解决方案

华为在统一的软硬件平台上提供符合 ETSI ISG NFV 相关标准的、开放的电信云解决方案。

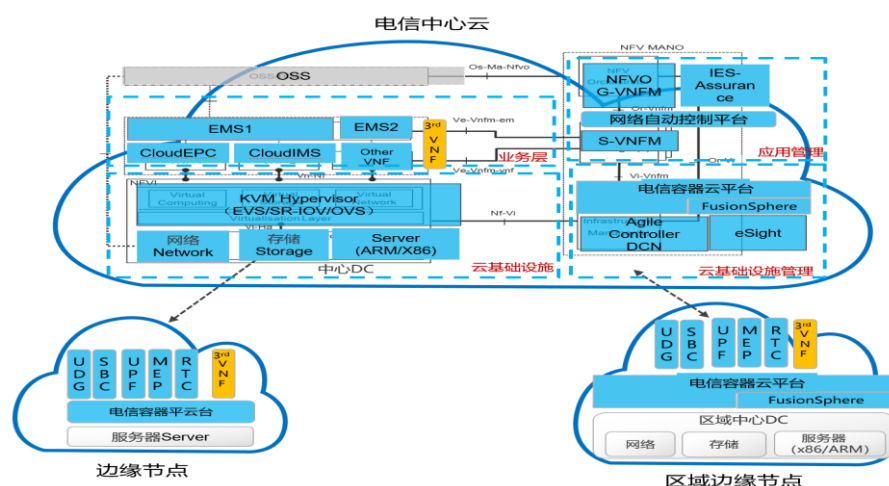


图 13 华为电信云解决方案架构图

云基础设施采用通用硬件服务器（支持 X86 和 ARM 异构）和存储，虚拟化层基于 KVM，支持 EVS/OVS/SR-IOV 虚拟网络，SDN 网络提供灵活、按需的网络，为上层的 IMS、EPC 等云化业务提供支撑；NFVO 是 NS、VNF 的编排引擎，EMS/S-VNFM 提供 VNF 的生命周期管理能力，华为容器平台基于社区开放式容器平台 K8S，与社区保持同步，集成最新能力，轻易对接第三方应用，eSight/IES-Assurance 提供 DC 内基础设施运维能力，提供运维管理、根因关联分析等。

华为电信云承载网解决方案提供下一代网络 Ready 电信云承载能力，方案包括应用层、控制层、转发层：

➤ 应用层

Cloud OS：基于 OpenStack 平台架构的云操作系统，对计算、存储、网络进行协同管理。

分析器：FabricInsight 对数据中心网络进行健康度分析，快速感知和定位故障点；CIS 对流量进行威胁分析检测和判定，有效避免 APT (Advanced Persistent Threat) 攻击。

➤ 控制层

网络控制器：采用 Agile Controller-DCN 对云数据中心网络集中管控，提供端到端网络自动化能力及可视化管理，协助客户构建以业务为中心的网络业务动态调度能力。

安全控制器：SecoManager 对防火墙设备提供集中的安全策略管理与控制、直观的实时事件监控并综合分析各种攻击事件。

➤ 转发层

物理交换机采用 CloudEngine（以下简称 CE）系列，支持丰电信云业务特性。虚拟交换机 CloudEngine 1800V 是一款智能软件交换机，提供二层网络智能交换，VXLAN 接入、NSH 等功能。

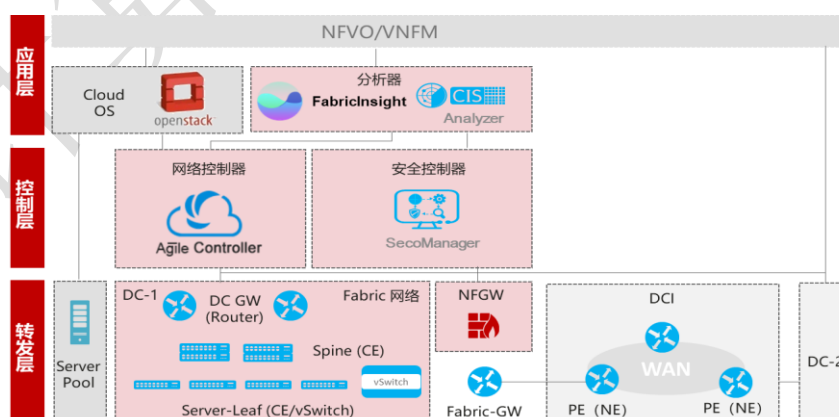


图 14 华为电信云承载网解决方案架构图

华为电信云解决方案特点如下：

(1) 业务层全云化架构

基于微服务的 Cloud-Native 架构：会话和链接相关的动态数据分离，所有的业务处理模块都是无状态化的。异构资源池和分布式架构：硬件资源池化，应用轻松部署和迁移。支持统一云平台上多个 VNF 共部署，提高资源效率和管理效率。

(2) 敏捷与自动化

敏捷运维：NFVO 统一运维平台，全网数据统一采集、网络日志统一分析、告警性能统一监控、智能跨层告警关联分析、网络容量预测与自动扩缩，变“事后运维”为“事先预测”，大幅提升运维效率。自动化：网络自动感知业务的变化，按需提供网络，分钟级业务开通及自动弹性扩缩容。业务层，通过端到端工具链，实现业务从规划、设计、部署、对接、测试的自动化，实现业务快速上线。

(3) 下一代网络 Ready 的云化电信云承载网络

电信级大路由、大容量组网架构：针对电信云大路由，大流量的特点，DC-GW 采用路由器，提供百万级别路由转发、大容量 BGP 会话、硬件 BFD 支持路由故障快速检测与保护倒换。

分布式网关架构：所有三层流量就近转发，避免流量绕行，大幅降低链路负载，节省投资。

VM 级负载分担：VM 可以在任意位置扩容，不受限制，100% 负载均衡，最大限度降低业务受损概率。

(4) 电信级高可靠性

业务级保护：VNF 灰度升级保证业务“零”中断。控制节点

HA 设计；应用内部 N-way 设计和应用级地理容灾资源池；NFVO/EMS 等集中管理部件支持地理容灾。多级 KPI-based 亚健康检测，实现故障主动预防，提前倒换。

网络级保护：控制面，SDN 控制器使用集群方式部署，支持异地容灾；设备转发面支持双活接入、Spine 核心设备路由多路径，双活网关出口；业务面支持硬件 BFD 快速感知故障，业务中断后快速恢复。

2、烽火通信电信云解决方案

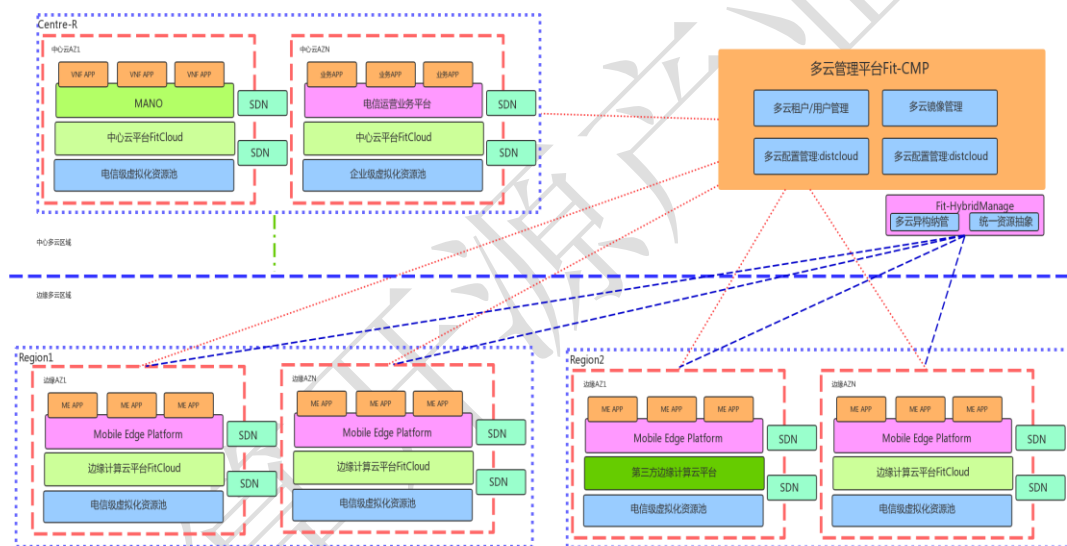


图 15 烽火电信云解决方案架构

随着下一代网络和物联网的发展,一朵云打天下的云计算解决方案已经不能在当前的情况下完美的应对所有的使用场景,对此烽火提出了一套集中心云、边缘云为一体以及多元管理的分布式、统一运维的电信云平台解决方案。

中心云可以支持更大的规模，具有更高的可靠性，功能全面，同时也需要消耗更多的管理资源；边缘云管理系统更轻量化，所需管理

资源更少，对部署环境要求低，业务上线准备时间短，云平台部分不常用的功能被裁剪，支持的规模相对中心云更小。实际部署时可以根据业务性质、管理规模灵活选择部署中心云或者边缘云系统，比如说地市级局点由于业务种类多、可靠性要求高、管理规模大，可能会使用容灾等高级特性可以部署中心云，郊区局点业务量较小、成本低、需要充分利用资源、快速上下线业务等特点可以部署边缘云。为了降低辖区内中心云、边缘云的管理运维复杂度，烽火电信云解决方案中引入了多云管理系统，多云管理系统支持呈现云端视图，统一配置云端环境，远程安装、升级系统，远程巡检，远程备份、恢复。同时多云管理系统支持接入兼容 OpenStack 接口的第三方厂家云操作系统以及 vmware 虚拟化系统。

无论是下一代网络的规范还是 ETSI 定义的 NFV 结构看，NFV 三层解耦都已经成为了行之有效的趋势。烽火电信云解决方案也支持三层解耦。如图所示，烽火 NFV 解决方案分为三层：硬件资源层、基础架构层、网元及编排管理层。

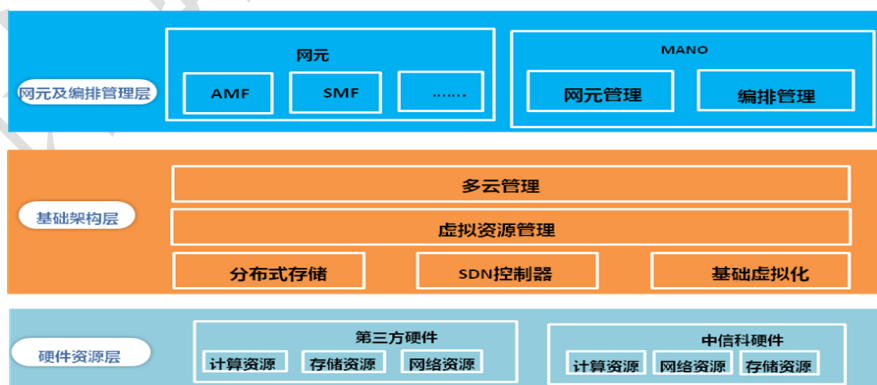


图 16 烽火 NFV 三层解耦架构

硬件资源层包括服务器、交换机、磁阵、路由器等云平台运行时

涉及的硬件，这些硬件为基础架构层提供虚拟化网元运行的计算、网络、存储资源。基础架构层包括分布式存储、SDN 控制器、云操作系统等基础虚拟化功能以及虚拟资源管理功能。网元及编排管理层包括虚拟化网元以及网元编排管理系统，虚拟化网元是运行在虚拟化层上的虚拟机，网元编排管理系统则负责编排、管理网元。各层独立运行均可与第三方上下游产品对接：

(1) 第三方虚拟基础设施层可以直接在 x86 架构服务器上，交换机、路由器等网络硬件设备为虚拟基础设施层提供基本网络功能，磁阵提供基本存储功能的同时还提供接入 OpenStack 的驱动。

(2) 虚拟基础设施管理层各产品可运行在各主流厂商的 x86 架构服务器上，可对接其他厂商的磁阵、分布式存储、SDN 控制器。其中分布式存储和 SDN 控制器不仅运维烽火电信云解决方案的产品，还可与第三方厂商对接。虚拟基础设施管理层提供基础虚拟化功能，支持虚拟化部署的第三方厂商网元均可以在烽火虚拟化平台上运行；北向兼容标准的 OpenStack 接口，第三方厂商可以直接调用开放 API 对接虚拟基础设施层。

(3) 网元层提供网元可运行在第三方虚拟化层平台上，网元编排管理组件可通过调用第三方开放 API 实现对接，对于兼容 OpenStack API 的第三方虚拟基础设施管理层可实现无缝对接。

3、中兴通讯电信云解决方案

中兴通讯提出了具有多态，融合，加速、智能等特点的分布式云综合部署方案：融合多样化的硬件设备，多形态的资源池以及多

种部署方式，灵活适配环境和业务需求；基于 AI 的智能运维，提高运维的自动化程度，实现海量基础设施的高效管理；基于 SDN 的云网融合技术，实现跨云资源的自动化编排和调度。分布式云综合部署方案可以有效提升资源利用率、网络性能和运维效率，助力运营商应对网络转型的各种需求。

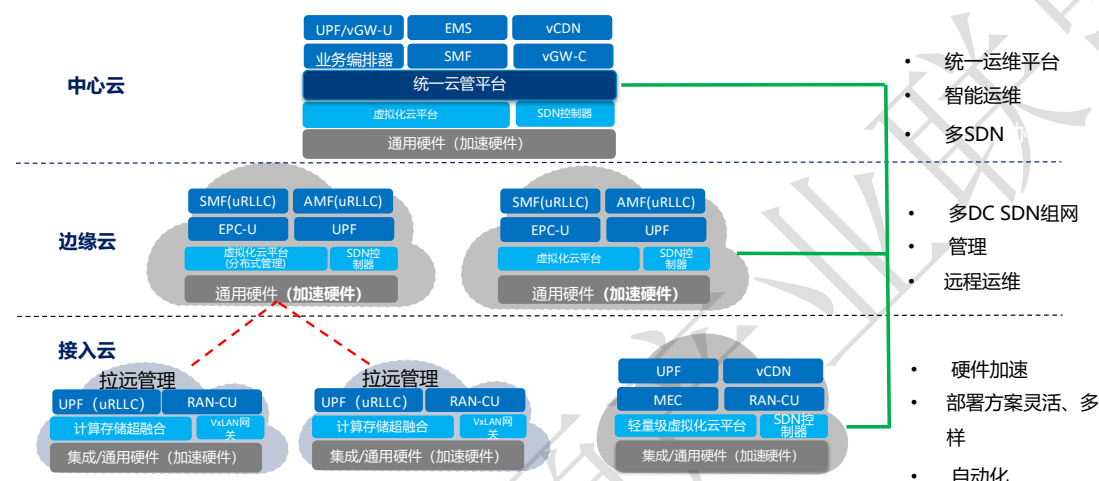


图 17 中兴通讯分布式云架构

从电信网元的功能特点来分析，大致可分为：对时延不敏感的集中控制业务；高带宽低时延的媒体面业务；要求极低延时的接入业务。因此，承载这些业务的分布式电信云在空间上可划分为三层：中心云，边缘云和接入云。中兴通讯为分布式云提供了完整的解决方案，融合多种领先的技术，综合考虑用户体验和成本控制，达到最优的成效，主要有以下四个特点：

(1) 灵活部署：针对不同的数据中心规模要求，快速精准地提供配套的部署方案，支持中心云大规模自动化部署，边缘云绿色轻量化部署，计算和存储融合部署等；

(2) 资源按需：通过 OpenStack + Kubernetes 双核驱动，实现虚拟机、

裸金属、容器资源的统一管理和编排，根据上层应用的需求灵活分配资源，同时和 SDN 控制器协同，云网融合，实现网络自动化管理；

(3) 性能加速：结合 x86 服务器和 FPGA 等加速硬件，在有效降低硬件投入的同时，又确保了网络性能，从而为用户带来最优性价比的解决方案；

(4) 高效运维：通过人工智能技术，为整个分布式云构建端到端闭环式自动化运维，为用户带来远端无人值守+中心集中控制的高效运维方式。

中兴通讯提出的分布式电信云解决方案面向大规模 NFV 云化和下一代网络业务的需求，融合多种硬件加速、容器、AI 等领先技术，具有高性能，多融合，智能化等特点，为运营商提供完整的基础设施转型方案。



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