



电信行业云原生白皮书

(2020 年)

编写说明

牵头编写单位：

中国移动通信有限公司研究院

中国电信股份有限公司研究院

中国联合网络通信有限公司研究院

参与编写单位：

华为技术有限公司

中兴通讯股份有限公司

浪潮软件科技有限公司

新华三技术有限公司

威睿信息技术（中国）有限公司

红帽软件（北京）有限公司

爱立信（中国）通信有限公司

上海诺基亚贝尔股份有限公司

前言

随着云原生理念的推广与技术的不断丰富，云原生已经进入成熟阶段。当前云原生引领数字化转型升级已成为趋势，在人工智能、大数据、边缘计算、金融等领域崭露头角。云原生技术（例如：容器、微服务、DevOps 等）提供的极致弹性能力和故障自愈能力已成为应用开发的最佳技术手段。

在电信行业，以 5G 为代表的新型信息通信技术成为产业转型升级的核心引擎，促使产业融合速度加快、网络业务迭代周期缩短。云原生理念及其技术以灵活性、敏捷性和便捷性已获得电信行业的广泛关注，电信行业向云原生演进面临着多种技术和非技术的挑战，其目标、技术与路线值得业界共同探索。

白皮书以电信行业为视角，梳理电信行业云原生理念、现状与需求，提出演进的参考目标与路线，对未来发展趋势做了进一步展望，并呼吁运营商、设备商和 IT 厂商共同探讨云原生演进方向。

目录

- 1 电信行业云原生理念与现状 1
 - 1.1 电信行业云原生理念 1
 - 1.2 电信行业云原生现状 1
 - 1.3 电信行业云原生开源及标准化现状 2
- 2 电信行业云原生需求分析与应用场景 3
 - 2.1 需求分析 3
 - 2.2 应用场景 4
- 3 电信行业云原生演进目标与路线 5
 - 3.1 演进目标 5
 - 3.2 演进路线 6
- 4. 展望与呼吁 9
- 缩略语列表 11
- 参考文献 12
- 附录：电信行业云原生案例展示 13

1. 电信行业云原生理念与现状

1.1 电信行业云原生理念

云原生（Cloud Native）是指应用在架构设计之初便以部署在云上为目标，充分考虑云的原生特性进行开发及后续运维，并非将传统应用简单迁移上云。云原生是一系列思想的集合，包括微服务、持续交付、自动化运维、容器、康威定律等，并不是指具体的某一项技术。CNCF（Cloud Native Computing Foundation，云原生计算基金会）将云原生定义为一组技术的集合，包括容器、微服务、服务网格、不可变基础设施与声明式 API。

电信行业云原生旨在将云原生理念与技术体系应用于通信网络中，其应用包括网络功能（如 5G、4G、IMS 网络等），也包括运营运维支撑系统。电信行业云原生要求应用及系统设计开发初期就需要采用云的思维、云的架构、云的技术，将云的弹性伸缩、快速迭代、敏捷运维的原生特性带入到网络中，增加网络云化的灵活性和适应性，提高资源利用率，缩短部署周期，提升迭代开发效率。电信行业云原生可以基于微服务架构进行应用设计与开发，使用容器进行应用承载与编排，采用 DevOps 打造开发运维一体化管理体系。

1.2 电信行业云原生现状

国内三大电信运营商目前均开展云原生相关技术与实验。中国移动已完成制定容器层技术规范并在 CDN 边缘云试点中进行验证，IT 云已完成自研云原生 PaaS 平台并承载 OSS/BSS 应用系统；中国移动于 2020 年 5 月在 Linux 基金会牵头成立开源项目 XGVela，联合产业界及开源社区力量，共同探索并构建电信网络云原生 PaaS 平台开源参考实现，当前项目正在梳理平台架构、文档及种子代码。中国电信于 2019 年完成支持承载电信网元 PCRF（Policy Control and Charging Rules Functions, 网络策略控制系统）的云原生平台的研发，并在物联网进行试点落地；2020 年，在天翼云上部署了基于云原生的轻量级 5GC，可向垂直行业提供“5G 网络即插即用”的专网级网络服务能力。中国联通已完成

包含容器的虚拟化层技术规范制定并在省份实验网中进行验证，积极推进电信网络资源管理能力建设；同时，在 2020 年开展轻量化 5G 核心网方案的研究和技术规范制定，并在多个垂直行业试点落地部署。

主流电信设备商主动推进网元容器化实现，提升研发效率、降低研发成本。华为将云原生理念引入 CT 领域，针对 5G VNF（Virtual Network Function，虚拟网络功能）进行全云化重构，提供所有核心网网络功能全云化能力，实现三层架构、无状态设计，同时引入服务化架构、微服务和容器等先进技术，实现弹性、健壮、敏捷、安全的全云化核心网。中兴通讯云原生产品包括虚机 CaaS（Container as a Service，容器即服务）和裸机 CaaS，虚机 CaaS 在 VNF 或 VNFM（Virtual Network Function Manager，虚拟网络功能管理）引入 CaaS 层，部署云原生的 5GC 控制面和转发面网元，裸机 CaaS 在 ETSI（European Telecommunication Standards Institute，欧洲电信标准化组织）容器编排标准确定可快速部署 5GC CNF（Cloud-native Network Function，云原生网络功能）。爱立信主流核心网元已支持云原生架构，爱立信的 CaaS 平台也已通过 CNCF 认证，既支持基于虚机部署，也支持基于裸机部署，并成功在全球多个电信运营商进行了云原生网元的商用或预商用部署。诺基亚 5GC 控制面网元和 IMS 网元均支持云原生架构，支持虚机容器部署方式与裸机容器部署方式，并从 2019 年起在全球范围内多个电信运营商进行了云原生网元部署方式的试点。

1.3 电信行业云原生开源及标准化现状

在电信行业云原生开源领域，CNCF 作为推动云原生技术的主要开源组织，成立了电信用户组（Telecom User Group，简称 TUG）来收集电信行业需求，以引导上游开源项目（如 Kubernetes）的设计。当前，TUG 已经完成“Cloud Native Thinking for Telecommunications”白皮书，阐述了云原生概念、云原生网络功能定义、以及云原生可能带来的影响（如微服务化、命名空间管理等）^[1]。另外，TUG 正在建设 CNF 测试床，旨在提供一套开源测试工具，用于在将来开展 CNF 认证，验证网元实现是否满足云原生准则。除 CNCF TUG 外，电信运营商在 Linux 基金会下成立的 CNTT 工作组也在探索云原生/容器技术在电信行业的应用方案，主要基于开源 Kubernetes 定义云原生网络的基础设施架构，分析和电信业务需

求的差距以及提供相应基础设施的参考实现和测试验证框架。目前，CNTT 的 Kubernetes 参考架构文档已经在 Kubernetes 及相关组件的需求、安全设计、差距分析等方面提供了输入。

在标准化领域，ETSI NFV ISG 029 于 2019 年 10 月底发布了面向云原生容器和 PaaS 的增强 NFV 架构研究报告（IFA029），包括 NFV 架构演进策略以及 NFV MANO 参考架构中引入容器管理编排的研究，为标准化框架选型提供参考依据^[2]。自 2019 年 9 月开始，ETSI 开展了容器层北向接口及 MANO 管理容器的系列技术规范的制定，首个技术规范 IFA040 计划于 2020 年 10 月完成报批，该规范实现了 CISM（Container Infrastructure Service Management，容器基础设施服务管理）北向服务化接口功能需求的标准落地。ETSI 计划后续开展容器集群管理技术规范（IFA036）、容器网络研究报告（IFA038）和容器安全规范（SEC023）等标准研究或制定工作，并进一步扩展现有的 NFV MANO 接口功能（例如：IFA007/ IFA013）支持容器化 VNF 的生命周期管理和编排。

2 电信行业云原生需求分析与应用场景

2.1 需求分析

面对多样性、差异化、不断增长的网络需求，电信运营商展现了对高效、可扩展网络管理解决方案的强烈需求。特别是随着 5G 的成熟落地，2B 行业应用、切片、边缘计算等业务灵活性、平台高效性和运营敏捷性提出了更高要求。

（一）业务灵活性需求

电信运营商传统业务领域收入增长乏力，需寻求创新领域新突破，灵活性和快速上线新服务将是实现新收入流的关键。传统的 2G/3G/4G 网络主要服务个人用户，网络设计的差异化较小、统一性较高，其业务体验保障往往靠网络尽力而为。在 5G 及未来网络时代，2B 行业用户需要的是差异化、定制化的服务，加速进行的行业数字化转型对网络灵活性提出了更高的要求，远程抄表需要的网络联接很多，对带宽和时延并不敏感，而远程医疗、自动驾驶等业务对网络的低时延、安全可靠提出更高的要求。不同行业应用的需求千差万别，单体网络功能无法满

足行业网络定制化需求和低成本需求。因此，需要细化设计粒度、引入高度灵活的部署和应用技术(如微服务)以满足业务灵活性、定制化和快速上线需求。

(二) 平台架构需求

在平台基础设施方面，传统的虚拟机适于面向底层硬件的生产环境，可用性高、管理性好、技术成熟，但架构复杂、性能较差、资源利用率较低。未来通信网络容量将逐步增长，尤其是边缘计算场景对资源利用率及性能的要求日益增高，需要使用更轻量化的虚拟化技术(如容器)构建架构简单、部署灵活的网络平台。另一方面，网络功能、业务应用等存在通用功能模块，以网元/应用为单位大颗粒整包交付将导致通用功能模块冗余，造成一定资源浪费。随着网络应用场景和数量增多，可将通用功能模块提炼为公共/共享模块，抽象并沉淀至平台侧，构筑平台向上的服务能力，以提升资源利用率，满足未来网络高效性需求。

(三) 敏捷开发与运营运维需求

目前，电信业务开发主要采用瀑布型开发模式，整体流程严格遵循需求分析、设计、编码、集成、测试、交付的顺序进行，导致流程自由度降低，产品交付周期常以月为单位计算。对于场景多变、前期需求粒度较粗、后期需求变化升级的5G 垂直行业及边缘计算应用场景，传统瀑布式开发模式难以满足业务需求，需转变为以用户需求为核心的敏捷开发模式，采用快速迭代的方法进行软件开发。另外，传统运维的主要问题是处理流程复杂，从问题出现到问题解决经过多个组织和部门，耗时长、运维复杂且成本较高，需要构建虚拟运维团队，形成跨组织、跨部门的高联动性运维体系。

2.2 应用场景

电信运营商网络的角度，网络云一般采用分布式分层网络架构，包括核心网，边缘节点以及相应的运营运维支撑系统，在这三个网络领域都有云原生应用需求。

(一) 核心网

借助5G切片技术，核心网可以构建逻辑隔离、功能按需组合、紧贴业务特性的虚拟网络，能够根据第三方需求以更低的成本提供个性化网络服务，有效满足5G新业务的灵活性需要。基于云原生技术推进网络功能原子化重构，增加网络的灵活性，以实现业务快速部署。

（二）边缘计算

边缘节点需要提供一站式边缘计算服务和敏捷交付能力。边缘云上按需部署各类时延敏感、服务本地用户的应用。应用要求快速迭代，简化运维，实现业务的高效弹性伸缩等特征。同时边缘云需支持开放灵活的网络能力，支持创新生态环境建设。边缘云需要方便与核心网对接，实现中心与边缘网络的高效协同。

（三）运营运维支撑系统

电信运营商运营和运维管理等 IT 支撑系统也需要适配电信业务的快速发展和迭代需求，除了网络部署、传统的 FCAPS 能力以外，还需要支持大数据分析、能力开放、切片化网络运维、差异化计费、弹性伸缩、业务敏捷等运营支撑能力。同时在 5G 2B 网络中用户需求差异大，商务模式和运营策略均不相同。

综上所述，在核心网、边缘计算和运营运维支撑系统中使用云原生的设计理念和工程实践（如微服务、容器、DevOps 等核心技术），以满足灵活多样的业务需求、高效可靠的平台需求、敏捷快速的运营运维需求，从而提升服务质量、降低管理成本、应对多样化挑战。

3 电信行业云原生演进目标与路线

3.1 演进目标

电信行业云原生演进旨在推动业务云原生重构，支撑业务灵活组装，满足行业多样性需求；建设智能化网络云平台，使能电信业务快速创新；构建运营运维开发工具链，提升业务开发、交付、运营运维效率；开放电信行业生态系统，促进网络价值提升。

（一）业务微服务化，可灵活组件编排

推进电信业务云原生设计重构，增加业务灵活性。基于云原生微服务架构、无状态设计等新技术的分布式软件系统将为电信行业带来包括高弹性、高可用和高敏捷等价值，以快速响应市场需求。借助云原生微服务技术实现电信业务组件化设计，不同组件间相互连接协作，支持动态创建业务组合，提高业务弹性伸缩能力，满足电信行业多样性需求。

（二）通用能力标准化，可统一调用

构建智能化网络平台，沉淀网络服务能力，使能业务快速创新。借助云原生技术实现电信业务充分解耦，打破“两层解耦”，基于虚机的编排改造为基于容器和组件的编排，实现更优的弹性伸缩、优化资源成本。将技术能力抽象化，构建能力服务平台层，形成代码与组件重用，向业务层开放标准 API，建设简洁、开放、敏捷的新一代网络云原生平台，降低网络建设成本。

（三） 开发交付运维自动化，可敏捷管理

基于云原生技术实现电信业务开发运维一体化，提升业务交付及运维效率。衔接标准的 CI/CD（Continuous Integration/Continuous Delivery, 持续集成/持续交付）流程、持续交付软件。建立自动化管理的统一调度和管理中心，从根本上提高系统和资源利用率，提升网络运营效率同时降低运维成本。面向管理/开发/运维人员提供敏捷开发、持续集成、持续交付、代码审计、应用配置、自动化测试、服务治理等工具和平台，提供软件资产管理、敏捷开发管理、应用交付和高效运维等能力。

（四） 电信行业生态开放化，可提升网络价值

形成开放健康的网络云原生生态系统，降低进入电信行业的门槛，引入健康的竞争，扩展与繁荣生态圈，降低网络建设成本。基于云原生技术实现电信应用平台业务创新，应用开发更聚焦于业务逻辑，满足未来需求多样化的政企、家庭应用场景。电信运营商在自身优势的通信业务上进一步提升用户体验外，可释放更多的业务重点、资源和成本聚焦到政企客户上，开拓广阔的市场空间，如云网融合、云边协同、行业专网等，来拉动网络的价值提升。

3.2 演进路线

通信网络发展是一个不断演进的过程，每一个演进阶段都代表了不同的技术创新，都是向着更快更便捷地交付应用和业务、驱动更多的创新方向发展。综合电信网络的云计算演进路线，一般存在三个阶段：虚拟化阶段、云化阶段和云原生阶段。传统电信运营商一般起步于虚拟化阶段，正在向云化阶段优化，并同步向云原生阶段演进。运营商及厂商也可根据自身管理及业务需求，灵活选择起步阶段。

（一） 虚拟化阶段

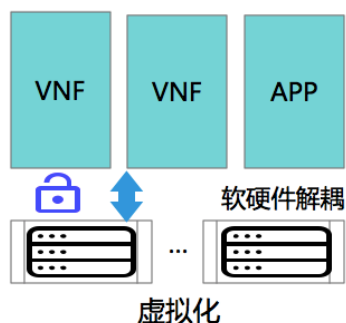


图 1. 虚拟化阶段

本阶段的特点是实现网元软件与底层硬件分离，网元功能实体从 CT 设备商专属、封闭的一体化解决方案中剥离，并以虚拟化软件形式部署在标准化硬件平台上。虚拟网络功能部署在基于 Hypervisor 的虚拟化基础设施资源上，有效地提高了基础设施的资源利用率，并通过简单的虚拟化管理能力实现简单的虚机资源管理能力（如扩缩容等）。虚拟化阶段实现了 ICT 网络设备硬件的标准化和虚拟化，但在软件架构、运营、运维模式上，还是沿袭传统方式。

（二）云化阶段

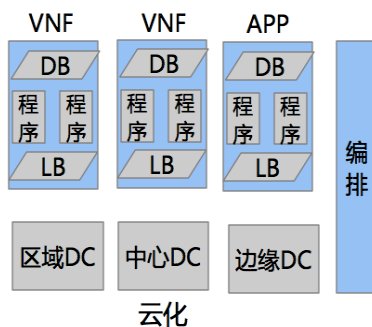


图 2. 云化阶段

云化阶段是实现虚拟化后的优化阶段。本阶段的特点是基于统一的编排器实现全局资源管理能力、自动化部署和网络产品架构重构。基于统一控制和编排的电信云化环境，构建以数据中心为核心的资源池化管理平台，更好地实现全网络范围内的资源共享、按需部署、弹性伸缩和动态编排，使网络具备云化网络的能力和特征。通过虚拟网络功能控制与转发分离、程序与数据分离，将业务数据状态存储在分布式数据库中，实现业务无状态化设计，使业务模块可以进行分布式并行处理。云化阶段可以充分利用云化基础设施资源的按需可获得性，实现粗粒度的灵活弹性伸缩能力，降低设备购买和维护成本。

（三）云原生阶段

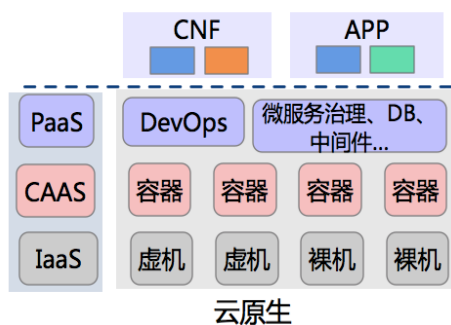


图 3. 云原生阶段

云原生阶段实现过程可包含三个子阶段：

- 子阶段 I

本阶段重点可以引入云原生的两个关键技术：容器和微服务。一方面在业务侧，通过服务化架构进行业务重构，将复杂的网络功能分解成多个高内聚的微服务基本单元构成，微服务间松耦合且彼此不需要关注对方的具体实现，通过契约化的服务接口进行通信，从而实现多个微服务的快速并行解耦开发、测试和灰度发布。基于容器化部署的网络功能微服务可以减少网络产品的初始部署时长、弹性伸缩时长，从而实现业务的敏捷发布。另一方面在平台侧，网络云通过引入 CaaS 功能，构建一个轻量敏捷的云化基础实施平台，以支持容器化网络应用的敏捷弹性伸缩、敏捷部署以及灰度升级的基础能力。

- 子阶段 II

本阶段增加电信 DevOps 能力，以支撑电信业务 DevOps 工程技术实践，提升网络业务端到端自动化能力，支撑业务的敏捷上线，并解决工程交付和运维的痛点，进一步提升用户体验。电信 DevOps 能力将推动网络功能的“CI→自动化集成测试→CD→运营运维”流程打通，其中 CI 在设备商侧完成，由运营商进行新业务测试规范的制订和自动化测试工具的定制，并通过自动化集成测试环节将 CI/CD 打通，后续再通过自动化运维管理工具保证业务上线可靠性。电信 DevOps 能力将保证网络的稳定与安全，同时充分发挥云原生的敏捷高效的特点。

- 子阶段 III

本阶段逐步将基础公共能力下沉，引入包括公共中间件服务、公共数据库服务、统一的服务治理框架等基础能力；通过统一工具链的引入支持统一的 DevOps

基础能力，从而实现统一的基础 PaaS 底座平台，支撑上层 CT 应用的 E2E 敏捷开发、流水线测试到自动化上线、灰度发布、自动运维等全流程自动化能力。

除基础 PaaS 之外，本阶段还将对网络功能进一步分解重构，使其以更灵活的基本微服务子功能形式存在。运营商可以利用这些基本的微服务子功能快速动态拼接出全新的业务。为提高客户体验，部分子功能组件可以智能化地推送到客户侧或者网络边缘，一些更为通用的业务子功能组件可以下沉到 PaaS，作为公共的基础应用平台能力统一对外提供。新业务可以采用统一的 DevOps 模式开发并以敏捷弹性的方式部署。PaaS 阶段网络完全开放可编程，业务功能组件化，统一基于微服务架构，并可让第三方进入组件编排。

电信网络云原生演进将面临多种技术和非技术挑战。例如：如何端到端打通设备商的开发流程与运营商的运维流程；是否以（微）服务形态代替完整网元形态交付和运维；如何运维管理基于（微）服务灵活编排组合后的完整网络服务功能等等。网络云原生演进面临的众多问题和挑战需要在后续的实践中不断探索解决。

4. 展望与呼吁

随着云计算进入云原生时代以及 ICT 融合的逐渐深入，通信行业数字化转型压力日益剧增，需携手在标准、开源、组织架构和生态等方面推进。为此我们提出以下四点倡议：

- 推进云原生标准化。电信运营商携手合作伙伴共同推进电信行业云原生技术标准化工作，如电信网络云原生架构、容器技术与相关接口等，解决电信行业缺少云原生参考标准现状。
- 积极推动开源实现。网络云原生的实现是持续演进和不断丰富过程，其系统架构需保持开放性、通用性和灵活可扩展性，支持用户以标准化方式按需引入电信业务云原生能力。鼓励使用开源软件，积极参与电信行业云原生开源项目，并协同标准化组织拉通开源实现与标准化要求，打造开放健康的云原生生态。

- 探索组织架构转型。云原生技术中DevOps和持续部署等流程，对电信运营商现有组织架构有较大冲击。电信行业要积极推动组织架构与协作流程变革，保障电信业务的敏捷弹性，获得云原生技术带来的收益。
- 凝聚产业力量。呼吁电信运营商在新型业务中优先使用云原生技术，积极与合作伙伴建立新型模式合作关系，打造丰富的通信能力开放生态，通过自主生态、孵化培育、认证合作等创新形式，实现多样化的产品服务，释放、激活业务创新空间。

缩略语列表

缩略语	英文全名	中文解释
CNCF	Cloud Native Computing Foundation	云原生计算基金会
PCRF	Policy Control and Charging Rules Functions	网络策略控制系统
VNF	Virtual Network Function	虚拟网络功能
CaaS	Container as a Service	容器即服务
VNFM	Virtual Network Function Manager	虚拟网络功能管理
ETSI	European Telecommunication Standards Institute	欧洲电信标准化组织
CNF	Cloud-native Network Function	云原生网络功能
TUG	Telecom User Group	电信用户组
CISM	Container Infrastructure Service Management	容器基础设施服务管理
CI	Continuous Integration	持续集成
CD	Continuous Delivery	持续交付

参考文献

- [1] CNCF TUG: <https://www.cncf.io/telecom-user-group/>
- [2] ETSI GR NFV-IFA 029: https://www.etsi.org/deliver/etsi_gr/NFV-IFA/001_099/029/03.03.01_60/gr_NFV-IFA029v030301p.pdf

附录：电信行业云原生案例展示

（一） 中国移动-云原生 PaaS 平台 XGVela

随着 5G 网络需求由消费者侧（2C）向生产侧（2B）全面扩散，垂直行业对 5G 网络的需求量、定制化/轻量化要求、快速迭代要求逐步提升。现有单体架构网络灵活性低、创新性慢、功能模块冗余，产品交付运维效率低，可逐步引入支持容器、微服务、通用电信能力、DevOps 的电信云原生 PaaS 平台解决上述问题。目前，国内外电信运营商、设备商、云服务商已分别从业务、平台、流程等多角度展开试验，推动电信行业云原生演进，但缺少统一输出及参考，尚未形成合力。

基于上述问题，2020 年 5 月，中国移动主导在 Linux 基金会发起业界首个网络云原生 PaaS 平台开源项目“XGVela”，旨在联合产业界及开源社区力量，共同探索并构建网络云原生 PaaS 平台开源参考实现。目前项目技术委员会由中国移动、中国电信、中国联通、爱立信、华为、Intel、Mavenir、Nokia、红帽、SigScale、STC、风河、ZTE 等 13 家国内外电信运营商、设备商、云服务商组成。

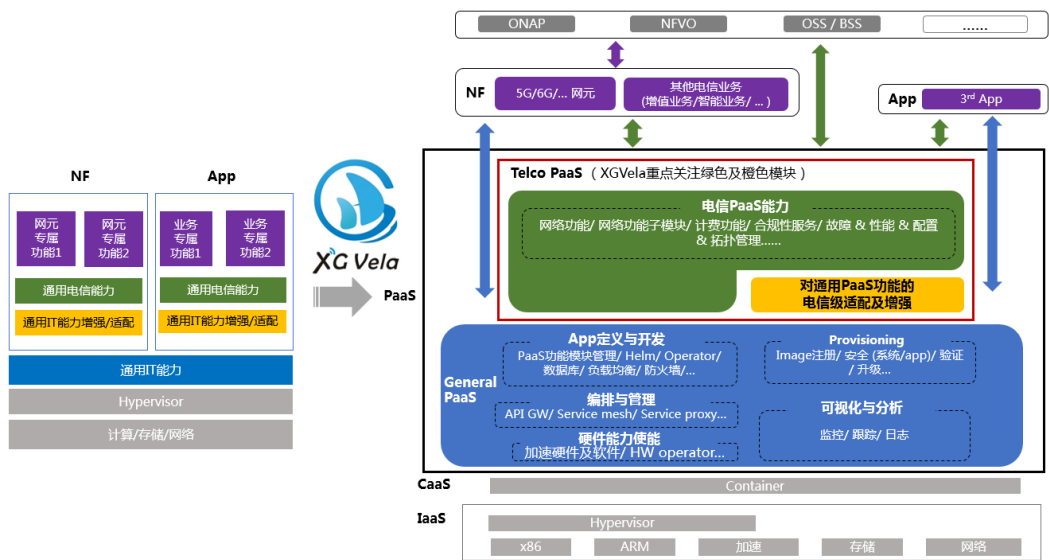


图 4. XGVela 架构示意图

XGVela 通过完善平台能力、将上层业务层通用能力提炼成 PaaS 服务沉淀至平台侧，使能业务轻量化敏捷开发，加速新业务创造。如图 X 所示，电信 PaaS 平台主要包括 IT 广泛使用的 General-PaaS 能力（蓝色）和具有电信特色的 Telco-PaaS，其中 Telco-PaaS 包含依据电信需求对 General-PaaS 能力的电信级适配/增强（橙色）、以及具有强电信特色的电信 PaaS 能力（绿色）。General-

PaaS 以选型为主，Telco-PaaS 以开发为主。XGVela 项目重点关注 Telco-PaaS 能力的探索与实现。项目正在梳理平台架构及种子代码，后续将规划平台集成、POC 测试等，并计划加入 Linux 网络基金会。

（二） 中国电信-基于云原生的 4/5G 核心网系统

2019 年针对物联网 4G PCRF 设备定制开发、弹性调度等需求，中国电信研发了基于云原生技术的物联网 PCRF 系统，在物联网现网进行试点落地，实现了符合 3GPP 标准和物联网用户特性的物联网策略控制系统，框架体系可向后灵活扩展；针对物联网核心网元的微服务化需求，实现了面向物联网基础网络的云原生平台，支持基于云原生的自动化运维部署，实现典型物联网核心网元的快速编排、部署、升级。

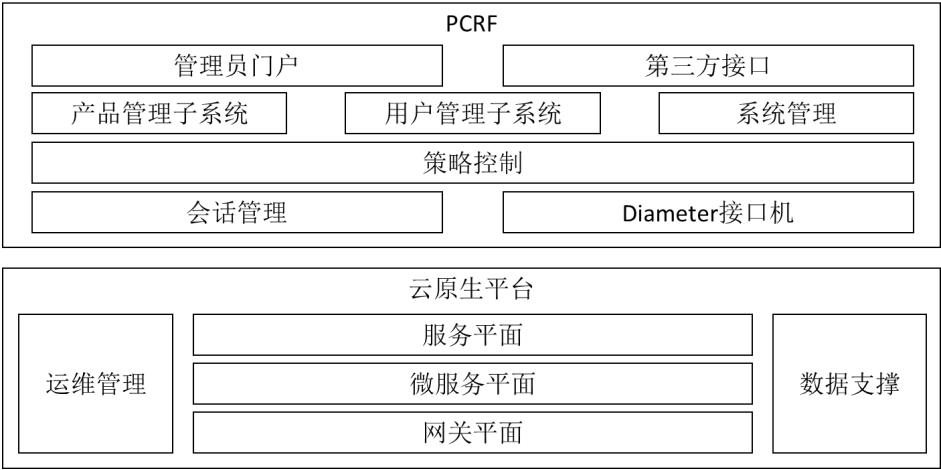


图 5. 云原生 PCRF 系统示意图

基于云原生的 PCRF 实现了 ToB 特性定制，CRM 流程优化以及业务策略变更后实时下发，满足物联网客户多样化需求；云原生平台实现网元的业务解耦、数据解耦、流量解耦、配置解耦、扩容解耦等，并实现了负载均衡、限流、熔断等服务治理功能，同时微服务组件支持多数据中心、集群或多实例部署实现系统的高可用性，通过微服务化框架和原生云应用平台加载核心网络，网元服务松耦合、独立部署，实现快速弹性扩缩容，并可向 5G 平滑演进。

2020 年，中国电信在网络云原生化更进一步，在实现了 UPF 自研的基础上，成功在天翼云上部署了轻量级 5GC，并完成与现网厂家基站的对接。天翼云 5GC 采用云原生架构，具备灵活部署、极简高效、安全可靠等优势，实现了一键部署、小时级开通、用户自服务等特性。依托中国电信天翼云 5GC，可以依据客户要求

和业务需求，灵活选择 UPF 设备和部署方式，进而面向车联网、工业控制、智慧园区等行业及中小企业客户提供多样、差异、灵活的 5G 行业专网服务。

（三）中国联通-轻量化 5GC 专网方案“5G+智慧矿山”实践

矿业企业一般距离城市较远网络覆盖差，生产环境安全性要求高，自建网络难度大，利用 5G 技术打造无人工作面，提升煤矿安全管控能力，建设智慧矿业是 5G 新基建实践的关键领域。山东兖矿集团与中国联通、中兴通讯合作成立“5G+智慧矿业联合实验室”，依托各自优势，加快 5G 矿业应用进程。

矿区作业包括井上部分和井下部分，都包含施工作业监控和设备控制命令下发两方面的需求，一方面需要监控施工面，通过视频分析监测异常事件如塌方、人员聚集等，异常人员，如不带安全帽，危险地带电子围栏等；另一方面需要利用现场视频回传进行工程机械控制命令的下发和自动控制。

中国联通基于 5G 高带宽、低时延、高可靠等通信能力，结合企业对覆盖区域化、应用场景化和安全隔离的要求，部署端到端 5G 独立专网，包含终端、无线、传输、核心网等，覆盖井上和井下，满足企业生产管理和应急通信需求。

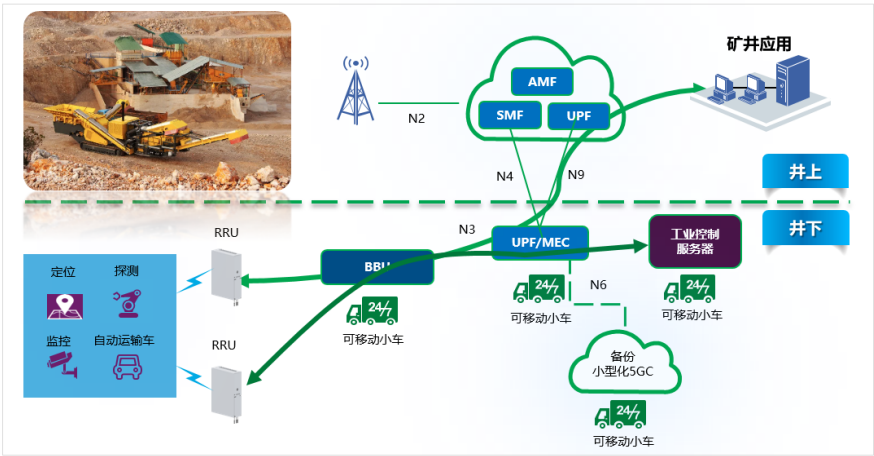


图 6. 兖矿集团 5G 专网方案

其中核心网采用轻量化 5GC 方案，包括以下几个关键点：

- 专网 5GC 采用基于容器的轻量化平台实现，满足行业对产品轻量化、移动性等个性化需求；
- 井下部署 UPF/MEC 实现视频分流进行本地化业务处理，提高业务的实时性；
- 基于矿井特殊的生产环境，井下设备采用紧凑型设计，满足安全、功耗、尺寸等方面的特殊要求。

基于云原生的轻量化 5GC 满足矿业企业特定的业务场景需求，打造 5G+智慧矿业方案，可有效提升煤矿安全管控能力，提高生产环境的安全性，降低人力成本，提高煤矿生产效率。

（四） 浪潮-基于云原生的 5G+工业互联网专网

智慧工业的关键是解决设备的哑巴问题，目前工业企业设备只有不到 20%的设备通过有线或 WIFI 的方式进行互联，虽然实现了信息化的管理，但这些设备遵循不同的通信协议，存在严重的“语言沟通障碍”，而且只借助有线和 WIFI 的接入方案进行设备互联，存在有线的基础设施和设备改造成本、改造工程对生产排期的影响，WIFI 覆盖的容量、QoS、安全等问题，也成为制约工业互联网平台建设和发展的痛点。

基于工业互联网的需求和痛点，浪潮推出 5G 专网产品，面向工业垂直行业提供大链接、高带宽和低时延的网络接入和轻量化本地数据适配处理的云、边、端融合解决方案。浪潮 5G 产品基于云原生的技术架构，开放的网络能力，网络和计算深度融合，以边缘计算和面向行业的 5G 网络为抓手，基于云原生打造网络+AI、云边端 +AI 的智慧的云网产品，具备“云网关键技术突破、软硬体系化产品、云数智协同、多行业深度连接、产业生态体系构建”等五大优势，满足行业客户不同的 5G 应用场景需求。

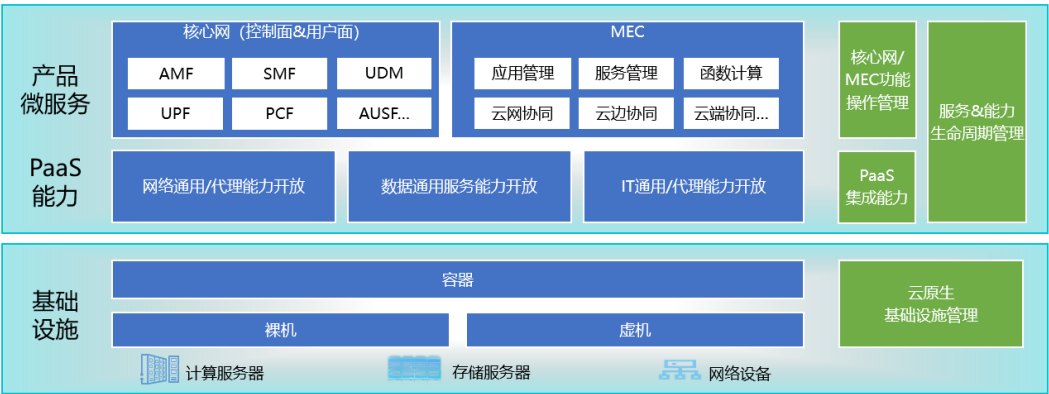


图 7. 浪潮 5G 专网产品架构图

浪潮 5G 网络架构依托云原生技术，实现网络能力的层次化管理，简化开发和运维的复杂度，发挥云在弹性伸缩、动态调度、自动化运维等方面的价值，充分满足网络的柔性定制需求，包括三大关键能力增强：

- 提炼出网络能力和业务服务原子能力，构建统一的通用和代理网络能力 PaaS 平台，轻量化网络功能微服务功能，实现网络能力柔性定制和敏捷交付；

- 基于自动化的开发、测试、集成、部署、交付、上线、发布等流程管理建设，提供高效的微服务可持续交付和管理能力；
- 引入 Docker、Kata Containers 为代表的轻量级容器虚拟化技术，提供裸机，虚机和容器多种应用服务运行环境，满足各种终端、网络和应用服务的需求。

（五） 华为-基于云原生的 5GC 核心网

随着 5G 时代的来临，未来业务要求网络必须具备敏捷、弹性和健壮等特征。传统大颗粒网元各层之间强耦合、无法支撑分层发布、不支持部分模块独立升级，导致版本发布周期长，不支持小粒度功能的快速扩缩容，难以匹配 5G 时代的业务变化速度和快速交付诉求。为了应对 5G 时代带来的变化与挑战，华为在 VNF 虚拟化软硬件解耦基础上，将 Cloud Native 理念引入 CT 领域，对 VNF 进行全云化重构，提供核心网网络功能全云化能力；华为基于 k8s 内核增强构筑电信容器云平台，引入容器编排和微服务框架，将传统大颗粒 VNF 拆分为多个轻量级的组件（VNFC）和公共的平台服务，采用基于组件的软件工程设计方式（如微服务），实现三层架构、无状态设计，最终达到如下效果：

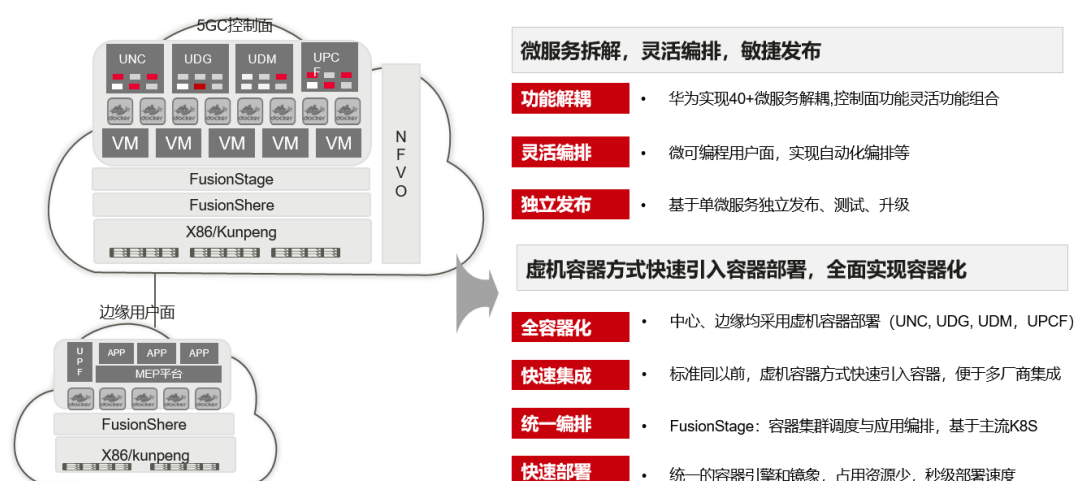


图 8. 基于云原生的 5GC 核心网

华为 5G VNF 包括 AMF/SMF/SMSF/CHF/NRF/NSSF/UDM/PCF/IWF/UPF，全面支持微服务解耦+容器部署，微服务级版本发布，业务敏捷交付。通过虚拟机容器方式快速引入容器部署，全面实现容器化，满足 VNF 快速部署/升级诉求，支持微服务级快速弹性能力。基于全面云化的架构，目前华为 5G VNF 已经在国内浙江移动、广东联通、广东电信、西班牙 TLF、南非 RAIN 等多个局点商用/试商用交付。