



云原生 应用方法论白皮书

2022年8月

目录

一、 面向算网原生的云原生应用发展建设背景	1
1.1 数字经济引擎作用凸显，数字化转型催生强劲算网需求	1
1.2 “东数西算”工程统筹全域资源，开启算力网络新纪元	2
1.3 云原生是算力网络的核心支撑，应用云原生是必然趋势	3
二、 面向算网原生的云原生应用建设思路	4
2.1 云原生蓬勃发展，技术、方案、产品井喷式爆发	4
2.2 云原生技术路线纷繁多样，应用建设缺乏标准化指引	5
2.3 凝炼云原生应用共性需求，建设思路逐步形成共识	5
三、 云原生应用方法论（E-CNA）	7
3.1 架构云原生，应用云原生转型的基石	8
3.2 开发云原生，应用提质增效的最优路径	10
3.3 治理云原生，应用稳定运行的强力保障	11
3.4 分布式云原生，应用全域分发的突破性变革	14
3.5 算网云原生，应用云原生的高阶范式	16
3.6 云原生应用方法论（E-CNA）价值	19
四、 云原生应用方法论的典型场景	20
4.1 云原生数据服务场景	20
4.2 云原生持续交付场景	22
4.3 云原生服务治理场景	24
4.4 多云混合编排场景	27

4.5. 算网一体化服务场景	29
五、 云原生应用发展趋势	34
参考文献.....	37

一、 面向算网原生的云原生应用发展建设背景

数字化进程的推进深度激发全行业创新活力,蓬勃的算力网络需求持续迸发,传统 IT 架构面临巨大挑战,以云原生为代表的先进数字技术成为数字时代发展的核心驱动力。应用云原生化转型将愈演愈烈,成为各行业企业在时代浪潮中奋勇前行的破浪利器。

1.1 数字经济引擎作用凸显,数字化转型催生强劲算网需求

数字经济发展势头持续向好,稳定器效用凸显。2021 年,我国数字经济发展取得新突破,数字经济规模达到 45.5 万亿元,同比名义增长 16.2%,高于同期 GDP 名义增速 3.4 个百分点,占 GDP 比重达到 39.8%^[1]。数字经济已成为国民经济的核心构成部分,在疫情影响下仍保持高速增长态势,充分展现出抗冲击、抗风险的强劲韧性。

数字化转型是数字经济的内在驱动,数字技术激发创新活力。数字化转型是数字经济的发展基石,各行各业正加速推进数字化转型进程,驱动数字经济蓬勃发展。云计算、大数据、人工智能等先进数字技术为数字化转型提供底层技术支撑,以创新力量牵引传统行业走出舒适区、积极转型主动革新、紧跟数字社会发展浪潮。

新业态新模式构筑全新生产力,催生强大算网需求。数字化技术的应用催生出全新业务场景,新场景下数据量的指数级增长导致各行各业对算力和网络的需求暴增。据权威机构统计,未来五年全球算力规模平均增速将超 50%,同时业务升级对网络也提出更高速率、更低时延、更广覆盖的需求。从 2018 年到 2030 年,无人驾驶场景下的算力需求预计将增加 390 倍,未来 L4 和 L5 级别对网络

带宽的需求将大于 100Mbps，时延要求达到 5-10 毫秒水平；数字货币场景下，算力需求将增长约 2000 倍；VR 游戏的算力需求将增长约 300 倍，端到端的时延至少需小于 20 毫秒；2030 年以后，元宇宙等新业态新模式对算力需求将达到现在的 103 至 106 倍^[2]。

1.2 “东数西算”工程统筹全域资源，开启算力网络新纪元

算网供需矛盾日益突出，全域资源统筹迫在眉睫。当前国内各区域发展水平存在显著差异，算网供需失衡问题无法避免。长三角、珠三角等发达地区的数字产业发展水平领先，催生旺盛的算网需求，但土地、能源紧缺，导致算网资源供不应求；中西部地区大多地广人稀，天然适合建设数据中心，但由于使用需求不高，导致算网资源供过于求。如何对全域算力网络资源进行合理统筹，充分实现均衡调配，成为亟待解决的现实问题。

多措并举，“东数西算”工程提供破局之道。为推动我国数字经济健康稳步向前，实现算力基础设施区域协同、绿色集约、安全可信等发展目标，2020 年 4 月至 2021 年 7 月：国家围绕数据中心的算力统筹规划，连续发布系列指导政策，提出了以“东数西算”为核心的多层次、一体化数据中心全新布局。2022 年 2 月 17 日，国家发改委、工信部等四部委联合印发通知，在京津冀、长三角、内蒙古、甘肃等 8 地启动建设“4+4”国家算力枢纽节点，并规划了 10 个国家数据中心集群，标志着“东数西算”工程正式拉开序幕。“东数西算”工程的启动将有力推动我国数据中心差异化、互补化、协同化和规模化发展，有利于发挥区域优势，避免重复投资，形成规模效应。

积极响应国家号召，中国移动全面布局算力网络。中国移动积极落实国家“东

数西算”工程部署，加快新型信息基础设施建设，持续优化数据中心规划，形成“4+3+X”数据中心新布局。截至目前，对外可用 IDC 机架达 40.7 万架，累积多样化算力服务器 55.5 万台。同时，中国移动高度重视算力网络的发展，致力于打造以算为中心、网为根基，网、云、数、智等多种信息技术深度融合的算力网络，推动算力成为与水、电一样，可“一点接入、即取即用”的社会级服务。

“N+31+X”移动云布局持续优化，中心节点达到 13 个，累计投产云服务器超 48 万台，完成超过 500 个边缘计算节点部署。未来公司将探索社会算力吸纳，实现多元化算力供给。

1.3 云原生是算力网络的核心支撑，应用云原生是必然趋势

云原生是云时代的标准技术语言，构筑数字基础设施的核心能力。云计算作为新一代关键信息基础设施，体现了一种计算资源的提供方式。云原生作为云计算的技术内核，体现了一整套云场景下的设计理念与技术架构。随着用云程度的加深，用户关注点逐步从如何上云转移到怎么用好云，云原生为业务应用上云提供了最优实现路径。

云原生是算力网络基于异构、多样化、分布式算力提供算力服务供给的重要技术。云原生提供的 IaaS 解耦、资源弹性伸缩等技术可屏蔽底层异构 IaaS，满足公有云、私有云、混合云、边缘云等需求；工作流调度、批处理任务调度、多集群调度等技术可实现将任务和数据跨域调度到不同算力供给侧；微服务、Serverless（服务器无感知）等技术可以让应用专注于核心业务代码，实现应用轻量化。

云原生是支撑算力网络落地的最优方案，应用云原生是必然趋势。云原生

天然能够满足算力网络应用的核心诉求，持续拥抱云原生是算网原生发展的必然选择。未来应用将不需要了解所需算力的大小、位置、所需的网络条件等，仅需关注业务需求，算网调度系统将智能化拉通底层算网资源，满足业务需求的同时实现用户成本的最优化。

二、 面向算网原生的云原生应用建设思路

未来的企业都将是软件企业，未来的软件几乎都是面向云原生的，天生具备分布式、松耦合、强韧性等特征的云原生软件架构在数字化大背景下展现出无穷潜力。云原生技术生态渐趋成熟，然而云原生建设仍缺乏规范化引导，亟需一套行之有效的建设思路。

2.1. 云原生蓬勃发展，技术、方案、产品井喷式爆发

国际知名咨询机构 IDC 预测，到 2025 年，超过一半的中国 500 强企业将成为软件生产商，超过 90% 的应用程序将是云原生应用程序，2/3 的企业将每天发布新版本软件产品。Gartner 在报告中指出，到 2027 年，全球超过 90% 的组织将会把应用部署于容器，相比于 2021 年低于 40% 的比例将会是一个巨大的增长^[3]。这意味着将敏捷交付、价值聚焦根植于软件架构中的云原生技术天生适用于未来软件的发展，企业对云原生技术及理念的刚性需求将进一步释放。

伴随着数字经济的不断发展，数字化落地场景不断丰富，适用于各行业的云原生解决方案与产品也呈现井喷式爆发，为应用带来了更多可选项。云原生技术从早期集中于容器、微服务、DevOps 的技术生态向编排及管理技术、安全及监测技术等多样化技术领域不断扩展，生态日趋完善。现阶段，CNCF landscape

收录的云原生领域技术及产品已多达 1000+项，并呈现持续上涨趋势。

2.2. 云原生技术路线纷繁多样，应用建设缺乏标准化指引

云原生技术路线纷杂，学习成本高，应用云原生化转型存在一定门槛。当前针对应用云原生化的指南呈现多、散的特点，大多从实操层面指导应用云原生化进程，缺乏体系化的方法论引导，主要表现在以下三个方面：

缺少应用视角指南，应用改造无从下手。当前各类指导偏技术导向，指导开发者如何使用云原生技术，但缺少站在应用的视角，一步一步指明由浅入深进行云原生化改造的演进路线。

云原生化对改造关注多，对稳定生产关注少。当前云原生化指导，更多关注如何进行架构的转型升级，侧重于应用正式上线前的改造工作，而对于应用上线后的安全迭代、风险管控、稳定性保障等关注较少。

建设指导多聚焦产品能力，欠缺用户需求挖掘。当前各类指导多从产品角度出发介绍使用方法，缺少对用户深层需求的挖掘，如厂商绑定问题、应用发展需求与厂商技术路线演进的匹配性问题等。

2.3. 凝炼云原生应用共性需求，建设思路逐步形成共识

云原生作为云时代的通用技术语言，具备极强的普适性，可应用于丰富的业务场景。然而不同业务在落地过程中仍存在差异化需求，随着技术提供方与应用方的互相磨合，各方在云原生落地的原则、思路、方法等方面逐步达成共识，本白皮书梳理了云原生应用的五点共性需求：

基础组件下沉，应用更加专注业务。随着业务的发展，应用架构变得越来越

复杂，需要维护大量的非业务功能特性，比如数据存储、搜索、数据处理等等业务，而这些非业务功能的组件部署、升级、维护会为应用带来很大的工作量。因此，应用云原生改造的第一步，便是将业务代码中的大量非功能特性进行剥离，通过引入云厂商提供的更加专业的基础组件能力，从而减少业务代码开发人员的技术关注范围。

快速开发迭代，提升应用发布频率。为了快速适应市场需求的千变万化，应用的开发周期被大大缩短，CI/CD、Devops 理念应运而生，一系列的开发工具随之涌现，为应用开发带来了研发、测试、运维一体化的能力，通过 Devops、CI/CD 流水线串通研发、测试、生产环境，缩短上线周期，提高上线发布频率；通过蓝绿发布、金丝雀发布，可以快速将想法发布到线上做验证，及时获得用户反馈，形成业务应用提升的良性循环。

深化服务治理，保障应用生产稳定。应用发布上线之后，随着应用拓扑的复杂度提升，为了保障生产稳定，服务治理的诉求随之而来，比如服务的限流、熔断、良好的灰度发布支持、故障注入、可观测等。对应用而言，这些服务治理的能力也需要作为一种基础设施由云厂商提供。Service Mesh 的出现解决了这一难题，通过一组轻量级网络代理（Sidecar proxy），与应用程序代码部署在一起来实现，且对应用程序透明。

应用规模扩大，分布式、弹性、异构需求日益增加。应用规模不断扩大，传统的单域资源池已经无法满足应用的异地多活、灾备等诉求，应用需要在跨地域、跨集群、异构云基础设施设施上进行构建，推动云基础设施朝着分布式云的方向发展。此时的应用将充分利用云提供的分布式云统一管理、统一调度的能力，天生具备异地多活，容灾等特性，满足混合云、多云、边缘云等多种场景。

资源按需取用，地域无感，算网一体共生。随着国家“东数西算”理念的提出和发展，未来将深度融合云网边端，海量异地异构算力将打造成一台容量无限、一直在线、智能高效、即开即用“超级计算机”，助力算力、网络服务供给彻底变成“黑盒”，应用完全只需关心业务本身，资源按需取用，地域无感，让应用生于算网、长于算网，一体共生。

三、 云原生应用方法论（E-CNA）

中国移动结合应用云原生化逐层深入的路径，提出云原生应用方法论（E-CNA），旨在帮助企业实现从上云到极致用云的转型升级。该方法论提炼出云原生的 5 大典型场景，剖析从横向“基础改造-开发测试-稳定生产”的全生命周期，到纵向深度用云的未来方向：“分布式云原生-算网原生”，并站在应用的角度，结合实践经验，给出应用云原生化的最佳实践指导，明确云原生化需要解决的问题并给出建议方案。



图 1 云原生应用方法论（E-CNA）

3.1. 架构云原生，应用云原生化的基石

● 定义

架构云原生是应用云原生化的基础过程，旨在指导从传统应用向云原生应用转化过程中的架构转变。

架构云原生旨在将云应用中的非业务代码部分进行最大化的剥离，从而让云设施接管应用中原有的大量非功能特性（如弹性、韧性、安全、可观测性、灰度等），使业务不再有非功能性业务中断困扰的同时，具备轻量、敏捷、高度自动化的特点。

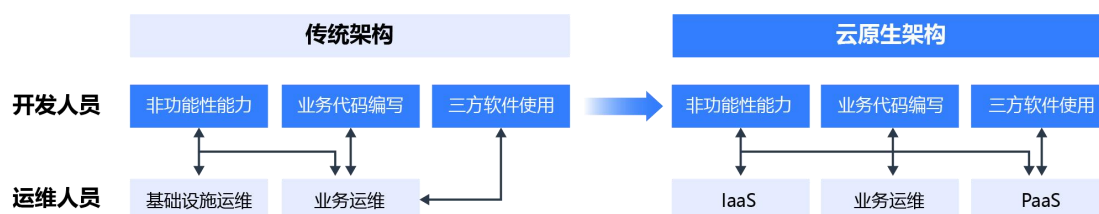


图 2：传统架构与云原生架构对比图

● 现状

传统应用需考虑数据库、中间件等数据服务能力的高可用、容灾备份等能力，难于专注于业务本身的问题，以及应用模块耦合度高，牵一发而动全身，且架构落后，难以很好地利用云平台弹性、灵活等好处等问题。

技术架构的演进正经历从弱应用到以应用为中心，从面向应用开发到面向应用交付的转变，生于云、长于云的架构云原生正是一种面向应用交付的架构。

● 涉及技术

架构云原生涉及的技术包括：数据架构云原生、技术架构云原生、业务架构云原生。

数据架构云原生：使用大数据、数据库、中间件、AI 等云原生数据服务，

充分利用云数据服务所提供的高可用、弹性、可运维性等特点，专注业务本身。

技术架构云原生：使用容器、容器编排、DevOps/持续交付等技术，变更应用打包方式、部署方式、调度方式，充分利用容器、K8s 等的弹性、灵活、轻量等优势，充分享受云的红利。

业务架构云原生：使用微服务、服务网格等技术，根据业务特点、模块间关系进行应用的微服务改造，将通用功能进行合并、标准化，实现服务共享，应用本身做到足够轻量化。

● 价值

架构云原生围绕基础设施、应用架构等场景，使用云原生数据服务，提供数据服务、容器服务等开放标准的原生产品服务，让应用专注业务本身。

标准化：通过标准化方式逐步积累对各类中间件的积累深度，提供数据库、大数据、中间件、函数计算、容器服务等开放标准的原生产品。

服务化：使用云原生数据服务，充分利用云数据服务所提供的高可用、弹性、可运维性等特点，专注业务本身。

高利用率：充分利用容器、K8s 等的弹性、灵活、轻量等优势，资源动态创建、动态销毁，提升资源的利用率。

增强稳定性：充分利用容器的弹性伸缩，实现多副本，保证高可用性，基于业务自动扩缩容。

提升开发效率：通过使用 DevSecOps、低代码、CI/CD、智能化运维等，实现敏捷开发和快速交付，缩短新服务上线周期。

3.2. 开发云原生，应用提质增效的最优路径

- 定义

开发云原生主要针对应用的开发测试周期，从传统应用向云原生应用转化过程中的开发模式转变，覆盖项目管理、代码托管、CI/CD 流水线、制品库、测试管理等软件开发全流程内容，涵盖从需求到交付的一切所需，旨在更好更快地交付产品、交付价值，助力企业快速实现云原生转型。

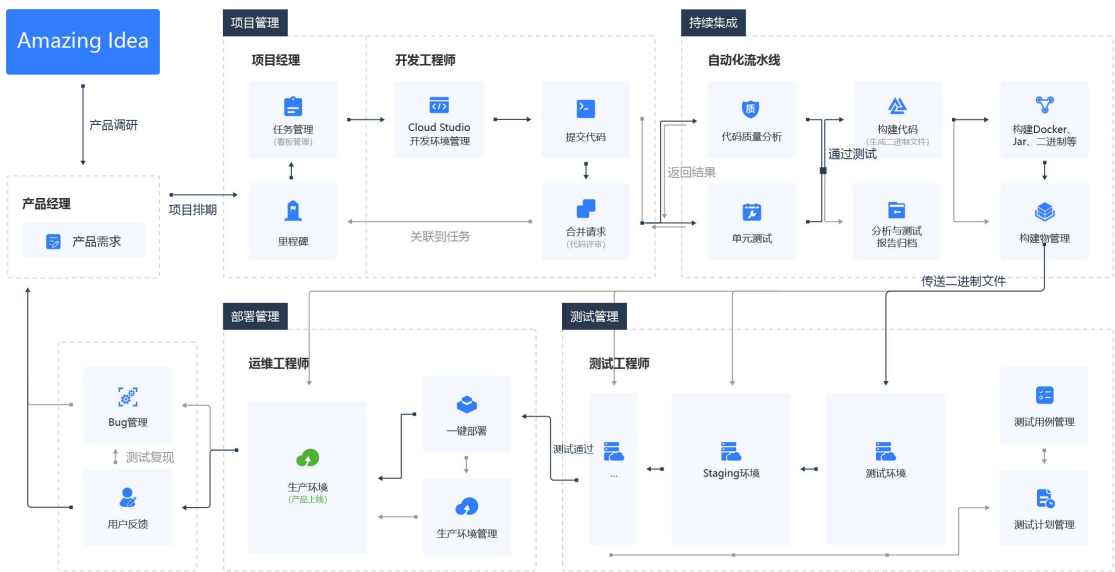


图 3：云原生开发全流程图

- 现状

数字化浪潮下，企业上云进入关键时期，新旧商业形态变化剧烈，需要更快地感知客户需求的变化并作出响应，才能在竞争中获得优势。而传统应用开发模式下，应用迭代、构建、集成周期长、适应快速变化市场需求能力弱，代码开发效率低下，高级开发人员陷入简单、可复用代码的开发工作中，缺少合适的方式解放人力等问题。

- 涉及技术

DevOps：DevOps 是软件开发、测试和运营之间的合作，目标是自动执行

软件交付和基础架构更改流程，缩短开发周期，增加部署频率，安全可靠发布，可支撑快速、频繁、可靠地构建、测试和发布软件。

低代码：通过拖拉拽等可视化的方式构建应用，帮助开发人员快速搭建表单、流程等，满足企业多种场景业务需求，大幅度提升企业应用开发效能。

Serverless：serverless 的理念是构建和运行不需要服务器管理的应用程序，用户不需要部署、配置或管理服务器服务，代码运行的服务起服务皆由云端平台来提供。

- **价值**

缩短交付周期：支持自动拉取代码，进行编译、构建、单元测试、代码质量扫描、制品安全扫描等功能，支持并行部署，与代码库、制品库无缝集成，实现部署环境标准化和部署过程自动化，大大缩短了交付周期。

提升交付质量：代码构建、部署等流程无需手动进行，完全自动触发，避免了人为低质量错误，提升了交付质量。

开发人员更聚焦：CI/CD 流程将开发人员从部署、运维过程中解放出来，开发人员可更聚焦于功能实现

3.3. 治理云原生，应用稳定运行的强力保障

- **定义**

治理云原生针对应用的生产运行周期，旨在指导云原生化后，如何支撑应用稳定运行问题。治理云原生主要解决生产稳定运行的问题，探讨如何在流量激增的情况下保持服务稳定，如何在不影响用户的情况下实现平滑升级，如何在出现故障时让影响降到最小等。

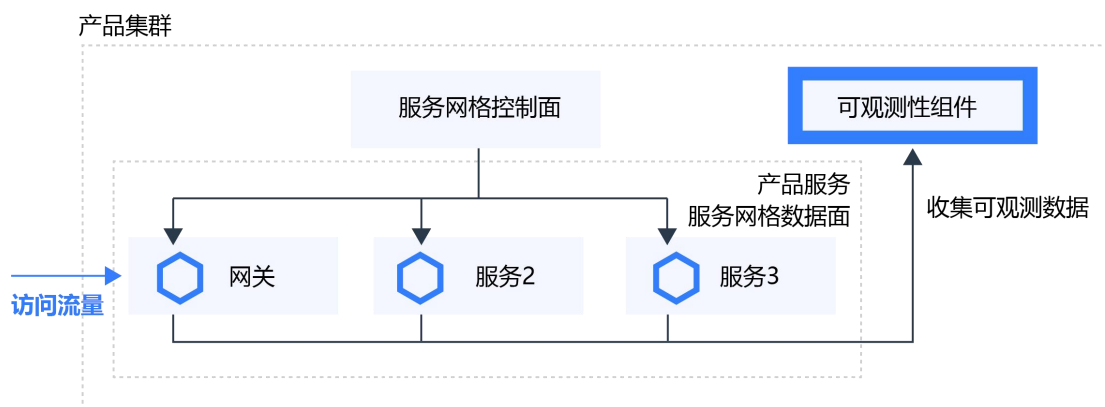


图 4：治理云原生典型架构

● 现状

随着微服务技术的发展，越来越多的公司开始将业务应用微服务化。微服务化带来了巨大优势的同时，也提高了开发及运维的复杂度，如果服务治理不当，会因为复杂度的提高，影响系统运行稳定性。治理云原生通过负载均衡、流量加密、熔断限流、故障注入、灰度发布等能力更好支撑微服务，助力稳定生产。移动云通过微服务引擎、服务网格等能力，使用户无需自己部署相关组件，实现对用户应用无代码侵入，经过简单配置后即可实现熔断限流、灰度发布等功能，支撑应用治理云原生实现。

● 涉及技术

治理云原生的典型技术包括：微服务、服务网格、可观测性。

微服务：微服务是一种用于构建应用的架构方案。将一个复杂的应用拆分成多个独立自治的服务，服务与服务间通过“高内聚低耦合”的形式交互。微服务构建为一组通过共享结构进行交互的分布式小型独立服务，具有以下特征：

- 各自都在较大的域上下文中实现特定业务功能；
- 各自都自主开发，可以独立部署；
- 各自都是独立的，封装自己的数据存储技术、依赖项和编程平台；

- 各自都在自己的进程中运行，并使用 HTTP/HTTPS、gRPC、WebSocket 或 AMQP 等标准通信协议与其他微服务进行通信；
- 它们组合在一起形成应用程序。

整体式应用程序方法的结构由分层体系结构组成，在单个进程中执行，它通常使用关系数据库；但是，微服务方法将功能分为独立服务，每个服务具有自己的逻辑、状态和数据，每个微服务都承载其自己的数据存储。

服务网格：服务网格是一个专用的基础设施层，它的目标是将微服务间的连接、安全、流量控制和可观测等通用功能下沉为平台基础设施，实现应用与平台基础设施的解耦。它不是一个“服务的网格”，而是一个服务可以插入其中的“代理的网格”，以实现网络的完全抽象化。在典型的服务网格中，这些代理作为 sidecar 注入到每个服务部署中，服务不直接通过网络调用服务，而是调用它们的本地 sidecar 代理，后者代表服务管理请求，从而封装了服务间调用的复杂性。相互连接的 sidecar 代理实现了所谓的“数据平面”。这与用于配置代理和收集指标的服务网格组件形成对比，这些组件称为服务网格控制平面。

可观测性：微服务的可观测性目标解决预测系统运行过程中出现故障的问题，即在数据流在客户端输入后，透明地了解它在各业务之间被收集，传送，储存的情况。为了保证这些数据流的状态被感知，业内一般认为，Metrics、Logging、Tracing 可以成为可观测性的三大支柱。

Metrics：是在一段时间内组成单个逻辑测量、计数器或直方图的原子，例如，服务调用的 QPS、响应时间、错误请求发生率，目的是为了创建集中式度量系统，侧重于技术指标的收集与观测；

Logging：用于记录离散的事件，例如，应用程序的调试信息或错误信息，

目的是搭建集中式日志系统，侧重于统一采集、存储与检索各个微服务的日志；

Tracing：处理请求范围内的信息，例如，一次远程方法调用的执行过程和耗时，目的是形成分布式追踪系统，侧重于串联请求在微服务间的调用情况、继而进行追踪与 APM 分析。

- **价值**

通过治理云原生，用户无需修改代码，即可实现开箱即用的灰度发布、流量治理和流量监控能力，使用户更聚焦于业务逻辑本身，提升应用开发效率，加速业务探索和创新，稳定线上生产，为用户提供更好服务。

3.4. 分布式云原生，应用全域分发的突破性变革

- **定义**

分布式云原生是云原生与分布式技术的深度融合。分布式技术为云服务提供异构、多样化的算力支撑，在政策和市场的双重驱动下，云从集中走向分布式。

帮助用户实现就近按需的基础设施和云服务部署。云原生则最大化释放云的弹性、敏捷、高性能、高可用等特性。分布式云原生旨在针对企业客户深度用云场景，优化应用算力供给、应用流量治理及应用与数据协同模式，提供开发、测试、部署、运营运维的全域一致性体验，让客户感知不到地域、跨云、流量的限制，加速千行百业数智化转型。

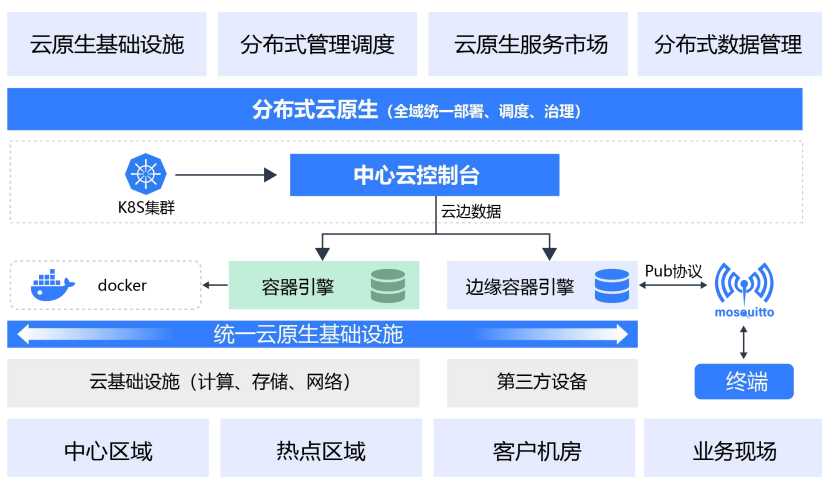


图 5：分布式云原生典型架构图

● 现状

在技术持续创新的云计算领域，云原生正在迅速渗透进入各个行业的信息化环境，传统 IT 领域例如金融、医疗健康、能源、政务等行业用户均利用云原生引领数字化转型。在 5G、物联网、大数据、区块链、AI 等新一代信息技术的推动下，企业客户的计算需求激增，云服务从单一的数据中心转变为多数据中心、单云迈向多云/混合云、服务架构由中心化不断向分布式演进。云原生与分布式俨然已成为云计算领域的天作之合。尽管国内外专家针对分布式云原生的研究已经有一定的进展，并提出不少有价值的论断，但众多实际操作与特定场景的需求任然得不到满足，仍然需要不断进行深入的研究。

● 涉及技术

分布式云原生的典型技术包括：跨云跨域接入、全域一体化调度、统一服务治理。

跨云跨域接入：分布式云原生整合异构、多样化算力资源，支持跨云、跨地域集群的统一接入及管理。

全域一体化调度：分布式云原生实现对集群的跨云、跨地域纳管和透明迁移，

在应用无感知的情况下弹性伸缩至不同资源池, 并且应用可自主设置流量分发至不同资源池, 实现全域一体化调度。

统一服务治理: 分布式云原生实现跨云、跨地域的应用统一服务治理能力, 在应用不需要改造的情况下, 实现对跨云、跨地域服务治理监控和流量管理, 提升业务体验。

- **价值**

避免云厂商锁定: 实现多云统一接入、统一管理, 突破跨云、跨地域的限制, 协同共进, 避免被云厂商锁定, 受制于人。

跨云跨域容灾: 通过将相同业务应用部署至不同的云服务商、不同的地域, 实现应用的平滑迁移及跨云跨域的容灾双活。

一站式服务体验: 统一整合大数据、数据库、5G、AI、物联网、区块链等技术, 打通数据全流程, 实现中心、区域、边缘、客户机房、业务现场等全场景、全覆盖、全栈式云边端一体化服务体验。

3.5. 算网云原生, 应用云原生化的高阶范式

- **定义**

算网原生是应用云原生化的深层阶段, 深度融合云网边端, 开展新型网络和算力、分布化、数智化等技术创新, 将海量异地异构算力打造成一台容量无限、一直在线、智能高效、即开即用“超级计算机”。算网原生助力算力、网络服务彻底变成“黑盒”, 支撑算力和网络像水、电一样, “一点接入、即取即用”, 让应用生于算网, 长于算网。

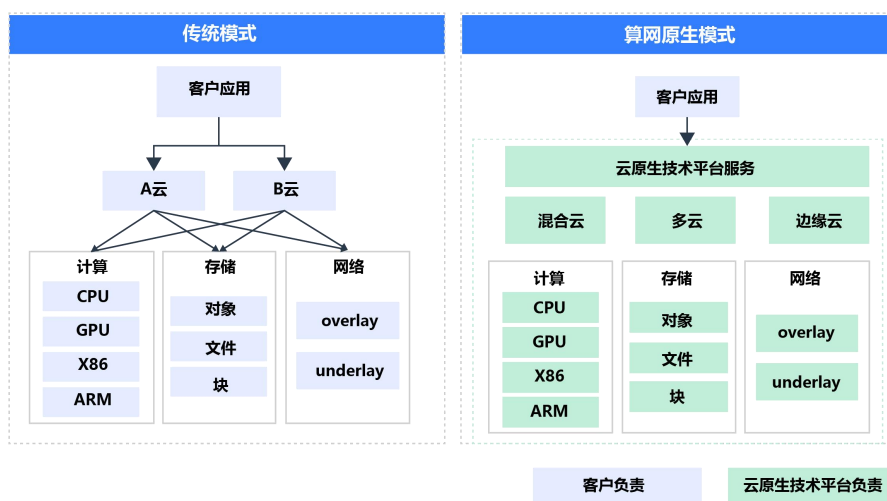


图 6：传统模式与算网原生模式对比图

算网原生围绕以应用为中心的主旨，进一步发挥应用云原生化的价值与优势。

算网原生具备以下特征：

一体化算网编排：以用户需求为驱动，只需声明业务需求，比如并发量、应用分布等，算网大脑可进行需求转化，下发编排策略，通过资源编排实现资源一站式开通；

资源自动弹性：通过策略实现对业务、资源的双重感知，算网大脑动态监控业务情况，实现资源自动伸缩，一站式完成应用与集群弹性扩缩配置，降低用户成本；

降低处理时延：应用分布式调度，灵活接入和管理各种计算资源，将云服务分布到不同的物理位置，减少延迟；

业务多活容灾：具备天然的容灾方案，快速实现跨域多活容灾能力；

全链路可观测：实时展示资源链路追踪，运维监控，降低运维成本，全局信息共享，做到全局统一视图，包括云资源信息、网络资源信息、服务应用信息等；

统一流量管理：对跨集群跨区域的流量进行统一管理，实现多地域负载均衡。

● 现状

数字经济的发展推动产生海量数据,云边端协同的强大算力和无处不在的网络连接将成为重要发展趋势。结合算力网络战略和云原生发展下一阶段面临的问题,移动云提出算网原生理念,满足应用新服务范式需求。

● 涉及技术

算网原生的典型技术包括:算力原生、算力感知、算网一体。

算力原生:旨在屏蔽用户在开发流程中对底层硬件架构的感知,通过抽象化的设计建立一套支持多种异构硬件的开发框架模型,并通过跨架构、异厂家硬件支持一套代码编程的抽象方法,实现算力应用的跨硬件架构的开发、编译。

算力感知:通过对算力、网络、数据、IDC、安全、应用等各要素的统一编排及管理,提供服务化、意图化接口,以支持对各专业域内各技术要素的感知、编排、调度等操作,从而实现根据业务、数据和资源自动感知结果。

算网一体:网络演进的核心需求是算力与网络相互协同感知,需要通过网络来感知、调度、编排算力,融合计算和网络形成新的架构和协议,进一步推动基础设施走向算网融合,使海量的应用能够按需、实时地调用不同位置、差异化的算力资源,通过连接和算力的全局优化,实现用户体验、资源利用率和网络效率的最优组合。

通过探索 Devops、容器服务、服务治理、可观测等云原生能力,打造安全、高性能的云原生 5G 网络,实现算网一体。

● 价值

算网原生提供更高的算力性能和更低的终端成本,帮助应用进一步实现降本增效。

打破资源边界：云边端、公有云、私有云等统一纳管、统一调度、统一编排，实现对社会闲置算力最大化利用。

体验无感：将 ABCDNETS 能力封装成算子（原子能力），应用完全只需关心业务本身，通过声明的方式按需使用资源即可，而无需感知底层资源，也不需要了解容器和 Kubernetes。

按需满足：通过自动化的资源编排和调度能力随时满足客户侧需求，实现“一点接入、即取即用”的算力网络。

服务一体化：以用户需求为驱动，完成算力服务从“资源式”向“任务式”转变，实现对业务、资源的双感知，通过智能分析驱动运维编排实现资源实时调整。

3.6. 云原生应用方法论（E-CNA）价值

中国信息通信研究院在《中国云原生用户调查 2021》中指出，云原生技术应用的价值认同同比大幅攀升，架构弹性与效能提升是重要的驱动因素。但在实际落地过程中，67.85%的用户对云原生技术在大规模应用时的安全性、可靠性、性能、连续性心存顾虑，54.61%的用户认为技术栈过于复杂导致学习成本高，44.07%的用户担心云原生技术无法与现有研发/测试/运维平台或流程进行整合、演进，39.81%的用户担心系统迁移难度大、成本高且迁移后效果不可预测^[4]。

云原生应用方法论（E-CNA）关注用户采用云原生技术的重要驱动因素及选择云原生技术时的主要疑虑。以提升资源利用率节约成本，规模化应用的安全性、可靠性和连续性为主线。通过云原生应用方法论帮助客户构建新型应用，用户体验方面，更多类型云服务能力（ABCDNETS）能够统一封装，通过一致的

云服务管理和使用方式，弱化用户对底层资源布局的感知，实现用户视角“一朵云”；资源调度方面，分布式云全局调度平台加强云网边端资源统一编排调度，实现云服务按需获取；应用平台方面，云原生技术实现跨地域、跨集群的应用统一管理、部署、调度、运维等，构建弹性、敏捷业务。

面对算力网络时代，存在的异构算力适配感知难、封装对接模式复杂、算网一体边界打破等挑战。通过算网原生，支持算力和网络像水、电一样，“一点接入、即取即用”。在异地异构算力、复杂多样网络场景下，提供丰富多样的服务、端到端一致的体验，让应用生于算网，长于算网。使用户享受智能无感的极致体验，帮助企业实现从上云到极致用云的转型升级，进一步降本增效。

四、 云原生应用方法论的典型场景

经过多年实践，中国移动积累了大量应用服务经验，并充分贯彻云原生应用方法论。下文将对云原生数据服务、云原生持续交付、云原生服务治理、多云混合编排、算网一体化服务五大典型场景面临的关键问题进行分析，并提出相应解决方案与案例。

4.1. 云原生数据服务场景

面向企业已经具备 IaaS 能力，需要进一步构建 PaaS 平台服务的场景。构建企业级数据服务能力，包括数据库、消息队列、大数据和 AI，具备即开即用、高弹性、按需使用、高可用、安全的特性。

● 面临的问题

大部分企业已逐步适应 IaaS 能力，但依旧面临如下严峻挑战，难以进一步

聚焦业务及技术创新。

管理分散、资源浪费：企业内部各部门自己开发 PaaS，标准不一，烟囱林立，造成资源的严重浪费。

版本混乱、稳定性差：组件不统一，导致版本兼容问题，增加开发难度，自研 PaaS 组件，稳定性差，需大量专业人员自行维护。

● 方案

基于云原生开源 Kubernetes Operator 深度集成消息队列、数据库、人工智能、大数据等一站式全链路数据管理与服务。



图 7：云原生数据服务场景产品架构图

统一管理、资源集约：通过中间件服务化和平台化提供，解决各类中间件分散提供和管理带来的资源大量占用和浪费问题。

标准接入、稳定高效：通过标准化方式逐步积累对各类中间件的积累深度，提升应用整体的稳定性。

组件下沉、聚焦业务：将支撑应用的数据服务模块化、系统化、并下沉至云原生技术平台，支撑企业将更多的精力聚焦于业务创新。

● 案例-某政务云 PaaS 平台

某政务云基于移动云云原生技术平台，提供企业级数据服务能力，包括数据库、消息队列、大数据和 AI 等。平台实现了数据服务插件化集成，实现自动化

部署，并覆盖完整的数据服务管控、运维、运营体系，具备即开即用、高弹性、按需使用、高可用、安全的特性。



图 8：某政务云平台数据服务架构图

通过数据服务业务模块的升级，政务云平台实现了资源动态创建、动态销毁，部署效率有效提高 60%，同时，云平台通过高可用、容灾等特性，有效保障业务稳定运行。

4.2. 云原生持续交付场景

面向企业持续交付的场景，支撑多角色、跨项目协作，包括标准化研发流程、安全代码管理、自动化 CI/CD、统一制品管理等，助力企业从传统开发流程向云原生化转型。

● 面临的问题

开发时间紧张：竞争日益激烈的市场下，从各渠道对应用提出了更高的要求，应用推出速度直线上升，需求、开发、测试、运维等环节需实现全面打通，更快交付应用、交付价值，取得竞争优势。

重复投入：传统开发流程中，在从需求到交付的过程中，面临大量的重复性工作，包括代码编译、镜像打包、应用部署等，浪费了宝贵的人力资源。

● 方案

高效整合基础设施及 PAAS 层的产品能力，提供一站式 DevOps 应用云交付能力，充分利用云的弹性和资源服务化优势，构建灵活高效，稳定可靠、资源集约的应用系统。

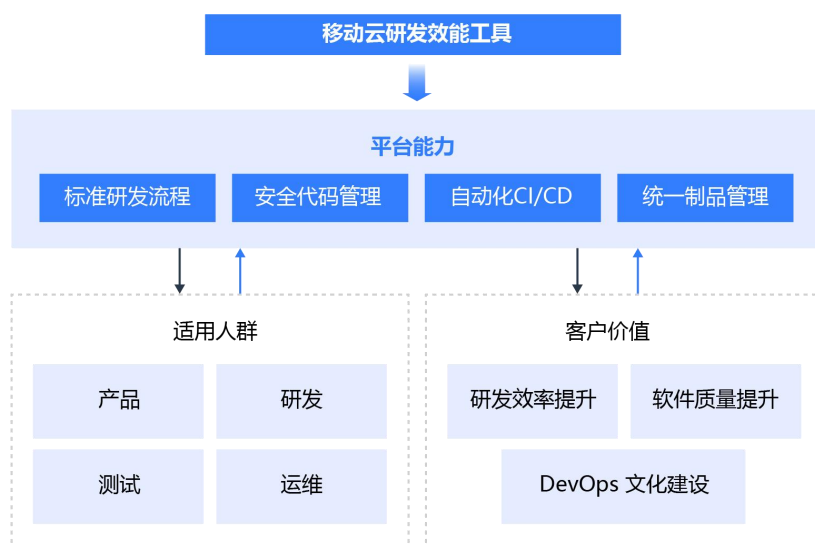


图 9：移动云云原生持续交付方案

研发流程标准化：将需求、设计、开发、测试、交付、运维完整生命周期标准化，实现敏捷开发，建设 DevOps 文化。

- **研发效率提升：**将代码编译、镜像打包、应用部署等重复性工作交由流程自动实现，避免人为低质量错误，同时开发人员能够更聚焦于功能本身，研发效率、软件质量均得到提升。

开发成本压缩：引入低代码、函数计算等技术，减轻开发人员的代码负担，开发人员可以更聚焦于功能本身。

● 案例-某医疗业务平台

该解决方案提供移动云云原生研发效能工具等持续交付相关产品能力，将开发、测试、生产流程完全上云，实现自动拉取代码、编译、构建、单元测试、代

码质量扫描、制品安全扫描等功能，将开发人员从重复的事务性工作中解放出来，更聚焦于产品本身功能。项目借助云原生持续交付能力实现每日构建、持续部署、持续发布，并保持环境一致，助力企业轻松应对数字化转型。



图 10：某医疗业务平台架构图

革新研发模式，研发效能工具促进开发、测试、运维之间的沟通协作，有效缩短开发周期，开发效率提升 53%；实现敏捷开发和快速交付，缩短新服务上线周期，代码部署周期从周缩短至日，软件交付效率有效提升 70%。同时，平台具备友好的运维环境，发布过程可观察可配置，平台事件可追溯可回滚，运维成本节约 46%。

4.3. 云原生服务治理场景

面向企业深度用云的场景，提供服务资产管理、服务自动注册、服务调用、负载均衡、服务治理等措施手段，同时支持应用平滑升级，加速业务探索和创新。

● 面临的问题

Spring Cloud 和 Dubbo 是微服务架构的代表性框架，他们通过公共 SDK 的方式提供微服务基础设施功能，有力的推动了微服务落地。但随着框架的使用，也暴露出一些问题：

- 代码侵入度高，业务代码和服务通信治理代码粘合在一起；
- 治理策略调整灵活度差，无法在运行态在线调整策略；
- 语言及框架绑定，多语言开发难度大，异构框架接入改造成本大；
- 框架内容较多，学习曲线陡峭。

● 方案

采用下一代微服务架构服务网格，将服务的网络通信作为基础设施下沉，作为网格统一管理，将 SDK 拆解为单独进程，并以 Sidecar 模式进行部署，将服务治理功能与业务逻辑剥离，使得业务进程专注于业务逻辑，对业务代码无侵入。服务网格提供负载均衡、流量加密、熔断限流、故障注入、灰度发布等全方位服务治理功能，通过控制面向数据面下发服务治理规则，提供动态在线调整策略的能力。

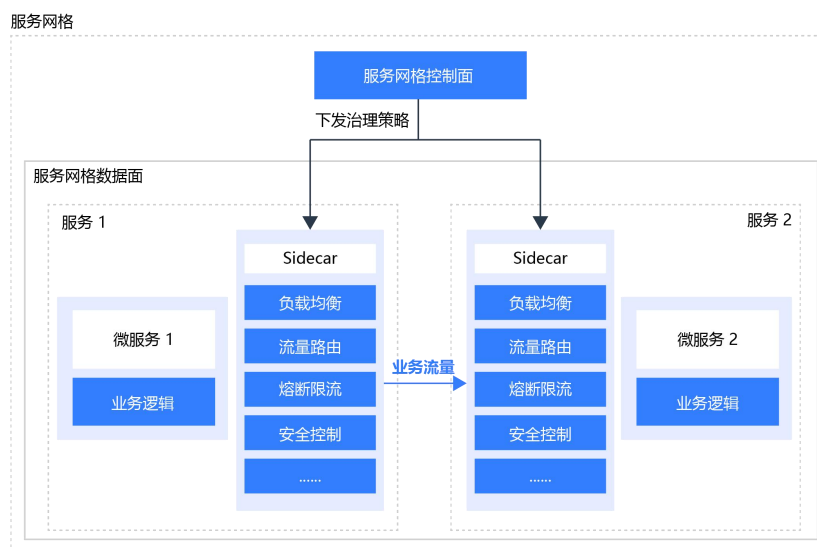


图 11：下一代微服务架构服务网格架构图

Sidecar 模式不依赖特定语言及技术框架，可以支持多语言多框架。无需学习众多框架内容，学习成本较低。

● 案例-移动云舆情分析

移动云某舆情产品是一款为用户提供舆情监测、舆情预警、舆情分析及舆情报告等功能的舆情产品，该产品技术架构上已完成容器化以及微服务化改造，采用 Spring Cloud 微服务框架。随着产品用户数量越来越多，业务场景越来越复杂，微服务数量逐步增多，产品团队逐步面临线上服务稳定性的问题。

作为一款互联网舆情分析产品，高频率发布是常态，而用户需要 7*24 使用产品进行舆情检测，所以对产品线上稳定性要求极高，为了同时满足两方面的要求，系统必须具备灰度发布、可观测的能力。

移动云某舆情产品通过云原生服务治理解决方案进行灰度发布及可观测。一方面，产品团队运维人员在运维平台上编辑制定灰度发布规则，下发策略到产品集群内的服务网格控制面，控制面进一步将规则下发到注入到产品微服务中的 Sidecar 内，Sidecar 拦截产品微服务流量，使用户按照灰度路由规则访问舆情产品，另一方面，产品集群中的可观测性组件从微服务的 Sidecar 中收集可观测性数据，并上传至运维平台供产品团队运维人员观测灰度发布效果，如发现问题，及时调整解决。

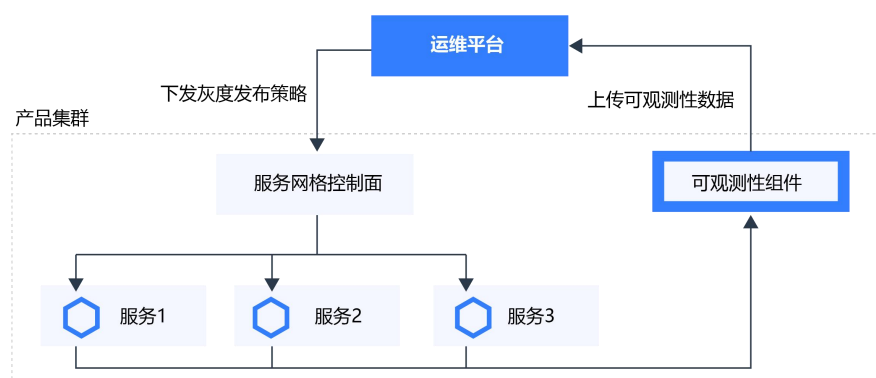


图 12：移动云舆情分析项目灰度发布及可观测流程图

该解决方案将灰度发布与可观测性相结合，实现高可用、高容错、高效率的
微服务治理体系，帮助产品在初始灰度的时候及时发现、调整问题，帮助有效保
证整体系统的稳定性，实现 99.95%+高可用保障。

4.4. 多云混合编排场景

面向企业具有多家云服务商资源，需要做跨云容灾、跨云调度的场景，确保
应用可以部署在不同的云基础设施下，并提供统一的基础设施层，打通公有云、
专属云、私有云、用户本地的界限。

● 面临的问题

随着云业务的迅猛发展，传统云服务存在诸多局限性，已无法满足企业用户
所有的业务诉求，如：

云服务商锁定：云产品及服务常通过单一的云服务商提供，使得企业客户大
量业务和数据锁定在该云厂商，严重制约了应用编排的使用范围；

成本高，可靠性差：单云服务造价高，一旦出现故障，则易造成整个业务系
统处于瘫痪状态，容错性、安全性差；

体验性差：多样化场景需求下，为避免云服务商锁定，企业客户常独立购买
多个云服务商产品，但各云服务商之间产品割裂分散，难以协同联动，且缺乏统
一接入、统一调度、统一治理的全域一体化服务体验；

可扩展性低：云上资源的弹性调度能力受限，缺乏跨云、跨地域资源统一调
度能力。

迁移困难：应用跨云、跨地域迁移时，应用部署、数据克隆及迁移均需大量
的人工操作，效率低，工作量大。

● 方案

在公有云、私有云和混合云场景下，云原生技术平台为应用提供统一的基础设施层，支持应用多集群统一部署和流量分发。

集群管理提供多云集中管理，以向导式 UI 实现对底层 Kubernetes 中的多种类型的资源进行统一管理，包括组件、工作负载管理、镜像管理、密钥配置管理等。

应用中心提供分布式应用管理，支持多集群应用一站式部署，可通过差异化策略实现不同集群间的差异化配置，满足灰度更新、变更回滚等场景。

统一调度提供多集群统一调度管理，实现资源跨域伸缩，满足应用高峰时段的资源需求。

监控中心、统一运维提供基础设施相关的监控及运维管理能力。

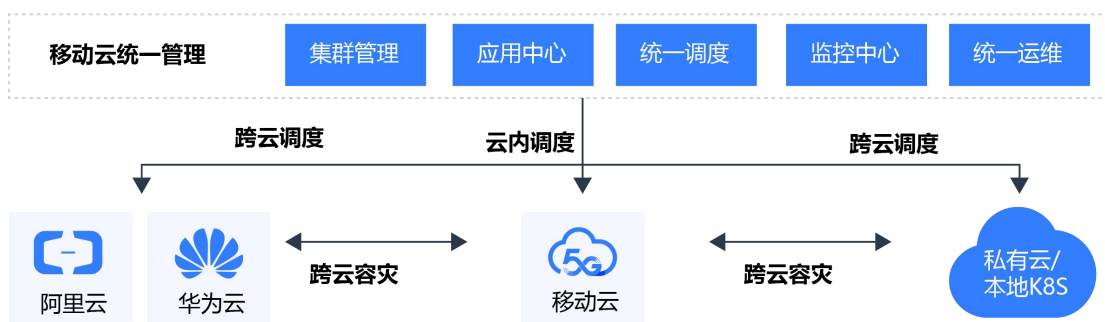


图 13：多云混合编排方案架构图

多云混合编排方案具备以下优势：

统一管理：提供公有云、私有云、混合云等多集群统一跨云容灾及调度；

高扩展性：比单集群更高的横向扩展性，解决单集群管理容量受限的问题；

降低成本：跨云业务的构建和维护较为简单，无需关注大量基础设施的问题；

厂商解绑：多云混合编排，避免供应商锁定，增强用户的商业灵活性。

● 案例-某省政务云

某省遵从“政务一朵云”的整体架构和建设思路，基于移动云全栈云原生能力，成功通过 ECSC-CNP 完成多个云平台、技术栈接入管理，打通了移动云、华为云、浪潮云等多个异构云平台，向下适配异构 IaaS，覆盖应用的交付、管理、调度、容灾、运维全生命周期。通过构建“两地三中心”应用级云双活+灾备架构，实现跨机房、跨区域容灾，全省各级政务云的集中管理和综合服务。

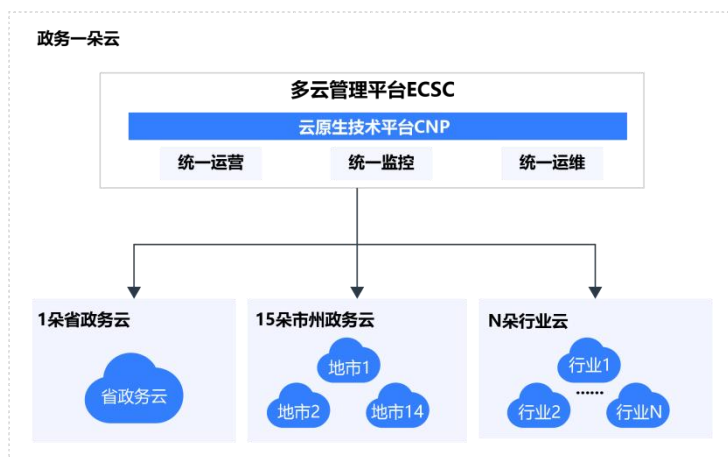


图 14：某省政务云架构图

该解决方案满足政务云场景下的多云管理、应用治理、高可用容灾等场景诉求，将离散的云数据中心连接成为“物理分散、逻辑集中、异构异网协同”的一朵云，实现“一个平台统一服务”。客户无需关注大量基础设施维护的问题，即可简单维护跨云业务，不仅解决了容灾问题，有效提升了业务持续性，还实现了容量的异地伸缩，帮助节约资源成本 19%。

4.5. 算网一体化服务场景

面向企业极致用云的场景，实现算力服务从“资源式”向“任务式”转变，为用户提供智能、极简、无感的算网服务。

● 面临的问题

在新的机遇与挑战下，应用提出新服务范式需求：

业务提前预估造成资源浪费：当前应用部署需要分析业务需求，感知算力+网络需求大小，但往往预估不准，造成成本浪费。

资源自动调优有待提升：业务峰值时，难以基于业务监控进行算力+网络实现快速弹性伸缩，传统模式下，至少需要 1-2 周的时间进行资源的弹性扩缩容，包括硬件资源、带宽资源等，如果资源池无资源，扩容需要的时间则更长；同时，不同的应用对资源的消耗不同，通过建设一套硬件满足所有的应用，必然导致资源的浪费，也无法满足业务的动态发展。

进一步实现降本增效：应用亟待转型升级，进一步降本增效需求骤增，如利用低成本算力、绿色低碳。传统模式下，一般基于用户位置、RTT 延时等因素综合考虑的调度算法，对用户最优，但并非成本最优。

● 方案

算网原生提供分布式云集中管理、集中编排和分层调度、一体运维、综合编排等能力，实现从用户需求到资源分配、资源交易、资源使用的一体化算力资源服务。

方案以移动云云原生技术平台 CNP 为底座，提供应用构建、运行等全生命周期所依赖的云原生能力，平台内置算网融合编排、调度、数据服务、应用开发服务的能力，在异地异构算力、复杂多样网络场景下，通过可靠的网络连接，协同调度云计算、边缘计算等多级算力，实现底层资源统一分配、弹性扩展。



图 15：算网原生典型架构图

算力封装：算网原生的理念下应用不需要感知底层不同类别的算力，针对应用本身，屏蔽底层 IaaS 层异构。

- 规格封装：规格屏蔽底层资源实际大小，仅暴露规格大小。
- 能力封装：能力屏蔽底层实际能力提供方和能力差异，通过统一标准接口对应用暴露，应用不需处理如 CPU、GPU、FPGA 等不同类别算力的对接支持，也不需处理如批处理、流处理、实时交易等的算力提供模式。

算力感知：算力感知提供算力特性、算力时延信息等，实现用户意图的精准识别，以及和算网资源的精确匹配。

- 意图转化：意图转化实现业务需求到资源需求的转译，根据任务规模、成本等业务需求推荐相应资源方案；
- 状态感知：持续采集任务状态和底层资源状态，为感知分析提供数据支撑；
- 感知分析：将业务和资源数据实时发送给感知分析，感知分析根据业务目标持续优化算网调整策略，形成资源跨域调度方案。
- 策略调整：感知分析将调整策略发送至算网编排中心，进行算网资源的更新，包括算力资源、网络带宽、部署节点等，确保任务目标达成。

算力融合编排、调度：平台提供同 Region 跨集群、跨 Region、云边协同调度的能力，以最小化成本实现应用程序从一个集群扩展至多个地域、不同集群

上。

用户只需设置服务性能目标，全局调度器能够根据应用运行数据，计算分配最优的计算资源以满足用户的性能需求。

● 案例-中训边推

通过算网大脑和算网原生技术，中心云训练、边缘云就近推理，按需调度分布式算网资源，实现资源秒级自动优化、天然跨域容灾、有效突破单点算力瓶颈。AI 深度学习模型和服务推理需要依赖 GPU 提供大量的计算资源，资费昂贵且耗电量大，移动云落地中训边推解决方案，中训边推指由中心云进行大规模模型训练，在边缘进行数据近场或现场推理的业务，包含人证识别、视频检测、智能工控等。通过分布式资源统一管理、云边协同调度、对业务和资源的智能感知分析和对应用的敏捷部署，支持中训边推类业务的快速应用。

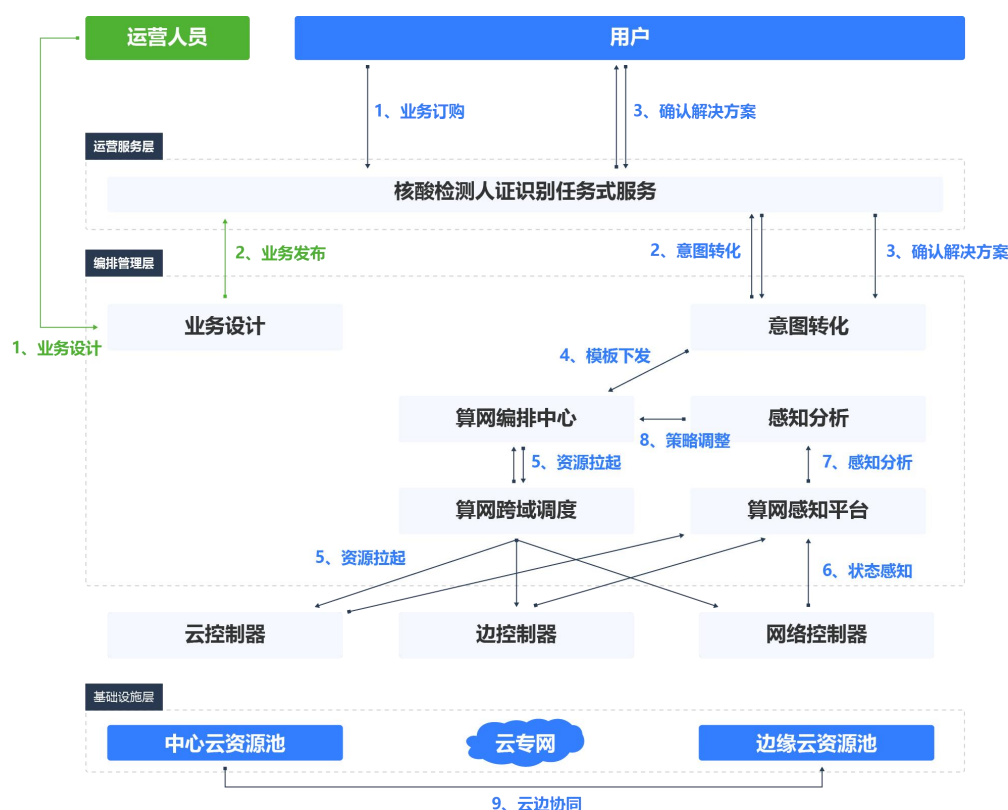


图 16：中训边推流程图

设计态（绿色流程）

1.业务设计：面向运营/产品设计人员，通过拖拉拽或模板化的方式快速构建人证识别任务式服务模型

2.业务发布：业务设计构建的“人证识别服务”在算力网络运营平台解决方案专区上架，接收用户订购，同时算网服务随任务启动而订购开通、随任务完成而退订回收，并支持分钟、流量等更灵活的计费策略

运行态（蓝色流程）

1.业务订购：用户向运营平台提出业务需求，包括图片大小、检测数量、倾向的检测地点、成本约束等参数。

2.意图转化：意图转化实现业务需求到资源需求的转译，根据图像处理的任务规模、实时性要求、检测地点、成本约束等条件匹配资源方案，并生成多种解决方案，传递给运营平台。

3.用户确认：运营平台根据营销策略生成最终报价单，用户确认最终解决方案，运营平台将用户确认的方案专递给算网大脑。

4.模板下发：将解决方案模板（json 或 yaml 格式）下发到算网编排中心，算网编排中心完成模板解析及 ABCDNETS 多要素能力调用。

5.资源拉起：通过算网跨域调度，对接云控制器、边控制器和网控制器 API，完成资源开通、训练/推理服务部署、任务启动等一体化交付。

6.状态感知：持续采集图像识别业务状态和底层资源状态，为感知分析提供数据支撑。

7.感知分析：将业务和资源数据实时发送给感知分析，感知分析根据业务和资源实时状态综合考虑资源位置、成本、业务利用率、网络性能，生成动态跨域

的算网扩缩容策略。

8.策略调整：感知分析将调整策略发送至算网编排中心，充分利用云原生业务的灵活敏捷特性，进行业务的负载均衡、应用的快速拉起、算网资源的更新等，确保人证识别任务目标达成。

9.云边协同*：在中心云训练的模型持续优化迭代，并实时将最新训练模型推送至边缘。

该案例实现资源、调度地点、网络需求等成本最优，云边端统一纳管、统一调度、统一编排。核心指标方面，资源利用率一般提升 60%、交付效率一般提升 70%、运维成本一般降低 90%。同时，大幅提升市民核酸检测的用户体验，以往面对突发资源故障的情况，至少需要排队等候几个小时，但该解决方案有效提升客户体验，不需人工处理，只需要 30s 左右实现应用恢复，用户感知较小。

五、云原生应用发展趋势

“未来的软件一定是生长于云上的”，这是云原生理念的最核心假设。凡是能够提高云上资源利用率 and 应用交付效率的行为或方式都是云原生技术的范畴。Kubernetes 开启了云原生的序幕，服务网格 Istio 的出现，引领了后 Kubernetes 时代的微服务，Serverless 的兴起，使得云原生从基础设施层不断向应用架构层挺进，我们正处于一个云原生的新时代。

对于架构云原生而言，无处不在的计算催生出新一代容器实现。针对不同计算场景，容器运行时会有不同需求。Kata Container、Firecracker、gVisor、Unikernel 等新的容器运行时技术层出不穷，解决安全隔离性、执行效率和通用性等不同维度的要求。OCI (Open Container Initiative) 标准的出现，使不同

技术采用一致的方式进行容器生命周期管理, 进一步促进了容器引擎技术的持续创新。纵观云原生时代云能力的发展方向, 另一个趋势, 就是 Operator 化。Operator 是 Kubernetes 的一个概念, 是指 Kubernetes 交付的一个实体, 这个实体有一个基础模型存在, 这个模型分为两部分: 一部分是 Kubernetes 的 API 对象 (CRD), 另一部分是一个控制器 (Controller)。在未来, 大量的云上数据服务能力都会以 Kubernetes Operator 的方式交付, 在此背景下, Kubernetes 真正扮演的角色其实是能力的接入层和标准界面。越来越多的能力将通过 Kubernetes Operator 描述和定义, 基于 Operator 进行交付。

对于开发云原生而言, 无服务器技术将无处不在。容器、DevOps 等云原生技术的出现, 解决了云计算依赖重型虚拟化技术带来的计算负担和性能损失, 但在按需计费以及灵活扩缩容方面仍有不足。无服务器计算作为云原生技术的延伸, 将底层基础架构从开发流程中分离出来, 使用户仅需关注业务逻辑, 极大地提高应用开发效率, 在敏捷性、弹性、计费模式等方面具备显著优势。无服务器架构理念将持续推广并应用于更丰富的业务场景, 使得云服务真正的像水和电一样按需消费, 为服务提供更加极致的弹性能力。

对于治理云原生而言, 应用中间件能力将进一步下沉。为了解决分布式带来的技术挑战, 传统中间件需要在客户端 SDK 编写大量逻辑以管理分布式的状态。今天, 我们看到很多项目在把这些内容下沉到 Sidecar 中, 并通过语言无关的 API (基于 gRPC/HTTP) 提供给应用, 例如配置的绑定、身份的认证和鉴权都可以在 Sidecar 被统一处理, 这一变化进一步简化应用代码的逻辑和应用研发的职责。未来, 语言无关的分布式编程框架将成为一种服务, 当前 [daprio](#) 和 [cloudstate.io](#) 已经该领域先行一步。

对于分布式云原生而言，动态、混合、分布式的云环境将成为新常态。上云已是大势所趋，但对于企业客户而言，出于部分业务对数据主权、安全隐私的考量，会采用混合云架构。一些企业为了满足安全合规、成本优化、提升地域覆盖性和避免云厂商锁定等需求，会选择多个云厂商。混合云/多云架构已成为企业上云新常态。此外边缘计算将成为企业云战略的重要组成部分，为应用提供更低网络延迟，更高网络带宽和更低网络成本，我们需要有能力将智能决策、实时处理能力从云延展到边缘和 IoT 设备端。在云原生时代，以 Kubernetes 为代表的云原生技术屏蔽了基础设施差异性，推动了以应用为中心的混合云/分布式云架构的到来，从而更好地支持不同环境下应用统一生命周期管理和统一资源调度。

云原生的未来将会是算网原生。基于对云原生发展阶段和应用场景的深入分析，结合国家战略、中国移动战略，云原生将和算力网络紧密结合。算力网络是与水、电一样，可“一点接入、即取即用”的社会化服务，是算和网的深度融合和统一编排和调度。算网原生是支撑算力和网络像水、电一样的最佳技术，让应用生于算网，长于算网。算网原生助力算力、网络服务提供彻底变成“黑盒”。应用不需要了解所需算力的大小、所在资源池、所需网络带宽等，仅需关注业务需求，资源、调度地点、网络需求等自动实现成本最优化，实现算力和网络的融合智能编排，最终达到算网原生。

参考文献

- [1] 中国数字经济发展报告[R], 中国信息通信研究院, 2022
- [2] 算力网络白皮书[R], 中国移动, 2021
- [3] 面向 CTO 的容器和 K8s 指南[R], Gartner, 2022
- [4] 中国云原生用户调查报告[R], 云原生产业联盟, 2020

