



专栏：云原生技术

基于云原生技术敏捷交付云网融合应用

陈泳¹, 姚文胜¹, 陈靖翔², 梁奂¹, 李静³

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 广东 广州 510630;

2. 中国电信集团有限公司, 北京 100033;

3. 中国电信股份有限公司深圳分公司, 广东 深圳 518048)

摘要: 云网融合是通信运营商近年推动的新一代信息基础设施的核心能力, 云原生技术是云网融合的基础, 促成能力汇聚和业务创新。DevOps 流程和工具链作为云原生的核心特征, 让云网融合应用可以敏捷迭代和部署, 用持续交付的高质量应用实现商业价值。以通信运营商的视角, 从敏捷流程转型、敏捷交付关键技术、DevOps 平台建设 3 方面, 给出云原生环境下敏捷交付云网融合应用的思路和方案, 并用 DevOps 平台的实际运行情况论证。

关键词: 云原生; 云网融合应用; 研发运营一体化

中图分类号: TP309

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020319

Cloud native approach of agile cloud-network converged application delivery

CHEN Yong¹, YAO Wensheng¹, CHEN Jingxiang², LIANG Huan¹, LI Jing³

1. Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Guangzhou 510630, China

2. China Telecom Group Corporation, Beijing 100033, China

3. Shenzhen Branch of China Telecom Co., Ltd., Shenzhen 518048, China

Abstraction: Cloud-network convergence is the strategy many telecom operators are implementing for the new information infrastructure, as the technical basis cloud native technology prompts the capability integration and business innovation. Leveraging the cloud native DevOps tool-chain and methodology becomes the mainstream in cloud application, for agile delivery of high-quality service and bringing the business value. Principles and solutions of leveraging DevOps in cloud-network converged application were given in three aspects: agile process adoption, key technology and DevOps platform establishment, from the view point of telecom operator. Case study of DevOps platform introduction environment was presented in the end.

Key words: cloud native, cloud-network converged application, DevOps

收稿日期: 2020-10-20; 修回日期: 2020-12-06

基金项目: 国家重点研发计划基金资助项目 (No.2018YFB1802400)

Foundation Item: The National Key Research and Development Program of China (No.2018YFB1802400)

1 引言

云原生技术来源于互联网企业对业务弹性和应用敏捷交付的追求,云原生计算基金会(Cloud Native Computing Foundation, CNCF)对云原生的定义^[1]包含了云原生环境下应用系统交付的特点:结合可靠的自动化手段,云原生技术使工程师能够轻松地对系统作出频繁和可预测的重大变更。微服务、容器等代表性云原生技术让研发运营一体化(以下简称 DevOps)理念有了最佳的落地方案,让服务的迭代与发布更为便利和适配到自动化流水线,应用研发和技术运营人员有了可相互协作的标准化封装和编排工具。

云原生技术在电商、社交等互联网应用领域已成为主流技术,并逐步拓展到企业应用、工业控制、生物医疗等行业,促进产品创新和快速迭代验证^[2]。在通信网络领域,已纳入 5G 核心网标准的服务化架构(service based architecture)、云原生 5G 核心网元(CNF)等技术创新,促成了 5G 核心网逐步转型为云原生架构。国外通信运营商已有完全基于公有云平台和云原生技术的 5G 核心网建设计划^[3]。CT 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^[4],同时也给通信运营商带来持续的技术挑战 and 市场竞争,例如开放和分布式的云原生技术颠覆传统的产品研发运营,并深度

变革信息通信 ICT 市场的商业模式和价值链。

通信运营商近年实施的云网融合战略,既是面向信息通信市场的产品,也是企业内部从技术到管理流程的全面云化转型,应对技术栈转变和集成、云计算开放协作文化、软硬件解耦等挑战。本文论述的基于云原生技术敏捷交付云网融合应用,探讨云网融合应用的研发运营管理和业务交付,包括敏捷流程转型、敏捷交付关键技术、DevOps 平台建设 3 部分,并展示 DevOps 平台的实际使用情况,论证本文的方案思路。

2 云原生模式敏捷流程转型

2.1 内外部驱动力

电信行业知名的战略思想家马丁·克里纳将全球正在实施数字化转型的通信运营商分类为 5 种类型^[5],中国的通信运营商就其战略目标而言属于其中的“综合数字服务提供商”,与云原生和云网融合相关的转型特征并与另一种典型类型“传统玩家”的对比见表 1。

以中国电信综合数字服务的标杆分公司深圳分公司为例,直接面向政企客户的典型云网融合应用场景包括智慧园区、智慧游乐园、智慧警务,非常依赖应用和通信网的一体化联动。例如智慧园区应用场景中需要超短时延的工业视觉检测、工控设备协作,获世界移动通信大会和工业和信息化部“绽放杯”奖项的 5G 智慧警务和智慧乐园

表 1 不同类型数字化通信运营商的转型特征

数字化转型特征	综合数字服务提供商(改变基础设施,调整商业模式和组织文化)	传统玩家(改变基础设施和客户接触,不改变业务关键部分)
从离散网元转型为自治管理、虚拟化的云网基础架构	必选	必选
从封闭的系统管理转型为 OpenAPI 平台	必选	不适用
从有限的供应商转型为活跃的合作伙伴生态	必选	可选
从有限的传统产品服务组合转型为多元的数字化服务组合	必选	不适用
从有限的商业模式转型为多种商业模式	必选	可选
从传统运营商文化转型为数字化敏捷文化	必选	推荐



场景，对 5G 通信网云边协同、终端和边缘云端应用的快速迭代和持续发布、隔离性和服务级别更有保障的 5G 切片专网等云网协同能力，都有非常高的要求。

上述的云网融合场景是信息通信产业今后的重要市场空间和盈利点，随着云原生和 DevOps 理念在信息通信业界的逐步普及^[2]，客户和合作伙伴越来越习惯于在云上部署和使用应用，客户对云网融合应用有 App 快速迭代的预期，产品的迭代研发也越来越依赖运营数据作为输入源。

现阶段通信运营商的云网融合行业方案，存在两个瓶颈限制了敏捷响应市场需求和规模化拓展。

- 云网融合应用缺乏敏捷交付平台：当前的智慧警务、智慧制造等应用，难以从展示台、专用场景转向普适性和快速定制交付的产品，原因是行业方案合作伙伴、通信运营商、通信设备供应商相互间的研发运营流程割裂，核心的需求迭代、研发调试、部署交付、度量反馈等流程，端到端需要周、月、季度的周期，对于当前越来越强调敏捷响应需求的市场和客户，现状和期望之间有较大差距。
- 5G 等网络服务当前仍不够敏捷：网络和应用在技术和管理上缺乏数字化与自动化接口，网络服务的开通、时延带宽等参数调整，大多仍要走传统的线下流程，无法与主流云服务商的自服务门户、分钟级开通模式比对和竞争。

上述瓶颈，需要通信运营商和设备厂商、行业应用厂商、政企客户更深度地合作，让云网融合应用真正解决用户痛点，并不断拓展新的需求和新的商业模式，例如网络能力和行业能力灵活编排组合，自服务快速交付和试错反馈，按会话数、产品特性使用量等动态指标计费。

从通信运营商的视角，以云原生和 DevOps

为演进方向的云网融合应用场景，既是重塑自身市场位置的机会也是巨大的挑战，需要把自身的网络资源和全网调度能力变为可灵活定制和交付的服务，在云原生技术栈下与客户和合作伙伴敏捷协作快速整合资源，持续迭代和交付解决方案，用各方认可的方式打造开放共享的平台生态。

2.2 敏捷流程规划和实施

云计算技术的发展和云服务的普及，互联网 SaaS 应用厂商的业务拓展，信息通信消费者对云网应用功能迭代和质量的期望，对通信运营商现有的产品、技术平台和管理模式都带来巨大的挑战。DevOps 作为在公有云和互联网企业广泛使用的软件研发运营体系，对通信运营商而言从需要学习变为必须实施，以应对技术和市场的深刻变革。

本文不赘述 DevOps 的定义和发展历程，用业界对 DevOps 总结的三元素（流程、工具、文化）、CALMS 核心原则评估框架（文化、自动化、精益、度量、分享），说明云网融合应用研发运营流程敏捷转型的目标。

- 流程考核从关注资源效率转为关注流动效率和价值交付：通信运营商传统的瀑布模式产品管理流程包括立项、采购、需求、研发、部署等环节，流程考核关注不同专业部门负责的单个流程环节里自身资源的效率，忽略端到端的价值交付；在市场竞争激烈的云网融合应用领域，研发运营流程转为以功能特性发布、市场案例、质量和性能等价值指标为主要度量和考核展示，并用各种工程化、体系化方式加速环节流转。
- 流程设计从竖井模式转为流水线全程可视和鼓励反馈分享：传统流程中每个环节只看到自身涉及的数据和状态，较难得知其他环节的情况；在制造业和互联网行业广泛使用的精益思想，突出流水线面板方式

的全程可视, 每个环节通过便利工具鼓励反馈和分享, 由此提升价值交付效率和产品质量; 在云网融合应用的开发运营中, 体现为贯穿全程的软件流水线可视面板, 以代码方式在研发运营团队中共享的应用代码、应用配置、应用编排, 以用户故事、最小可行需求等实体贯穿全流程实现便利的反馈。

- 流程工具从离散工具转为整合平台: 传统流程受限于封闭的工具软件和设计思想, workflow、需求、开发、测试、部署、监控等工具彼此割裂, 难以集成为自动化流程和数据汇总; 云原生生态提供了一系列开放和便利集成的工具软件, 涵盖了应用开发运营从流程引擎到各个环节的端到端工具链, 有良好的社区生态和商业支持, 市场上有大量的实施案例供参考, 为云网融合应用的流程自动化和度量数据整合提供了便利平台。

在云原生技术视角下, 不同的 DevOps 成熟度, 体现为自动化流水线和云原生工具链的覆盖程度。以中国通信标准协会发布的《研发运营一体化 (DevOps) 能力成熟度模型》为例, 通信运营商主流的目标成熟度“全面级”3 级, 其目标是在组织内全面推行 DevOps 实践, 贯穿软件全生命周期获得整体效率提升。实现该目标需要使用从需求到应用监控的完整自动化工具链, 并提供关键的价值交付度量指标。基于云原生技术实现“全面级”DevOps 成熟度的具体研发运营流程 (节选) 见表 2, 纯管理流程不列入表中。

3 敏捷交付云网融合应用关键技术

应用交付涉及的技术范围较广, 在云计算尚未发展时已有 Git 版本管理、Maven 应用集成、JMeter 自动化测试工具等成熟的技术和工具, 在云原生和云网融合的背景下, 本文认为 DevOps

工具链集成和平台建设、基于 ONAP 框架实现 CT 云、IT 云协同, 是敏捷交付云网应用的关键技术。

3.1 DevOps 工具链集成和平台建设

DevOps 覆盖软件系统的全生命周期, 涉及的领域和功能点非常多, DevOps 工具链集成和平台建设把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, 统一平台下的多参与方协作, 更大范围的研发运营数据反馈和共享。

Digital.ai 公司编制了一个 DevOps 工具图示^[7], 比较全面展示了按功能域分类的开源、免费使用、收费使用、公有云服务的 DevOps 主流工具, 在未包含国内常用的 Apollo、Harbor 等工具下已有 120 个工具, 由此可见工具链集成涉及的软件选型、整合设计和端到端流程的元数据模型的复杂度。

从通信运营商云网融合视角, 实施 DevOps 通常涉及内部多分支组织架构和多合作伙伴, DevOps 工具选型需考虑自身和合作伙伴的技术能力与资源情况、特定领域应用的研发运营要求 (例如核心系统的安全性和扩展性等)、与已有的管理流程适配的定制能力, 本文总结两个 DevOps 工具链集成和平台建设的技术评估原则。

- 技术成熟和面向未来: 总体而言, 通信运营商不具备专业软件厂商和互联网厂商的 IT 研发资源, DevOps 工具应选取业界主流、技术生态丰富并符合未来趋势的产品, 做到快速可用和可持续, 并方便与其他工具集成, 以软件开发最基础的版本管理工具为例, Subversion 和 Git 是主流的两个开源产品, Git 的生态比 Subversion 更为丰富, 有更多的关联工具, Git 的分布式版本库和灵活的分支管理更符合敏捷开发的理念, Git 是比 Subversion 更可取的产品选型。
- 松耦合集成契合 DevOps 和云原生思想: DevOps 和云原生的特征之一是敏捷响应



表2 “全面级” DevOps 成熟度流程（节选）

流程大类	总体要求	国内常用云原生工具软件
敏捷开发	完整、精细分解、可度量/协作/测试的用户故事定义 有稳定的交付节奏，所有团队的需求和计划都是统一协同 按专业职责划分团队，独立完成价值交付	Jira
持续交付	应用代码/配置文件/构建部署脚本全部纳入版本管理，有健全版本管理机制（代码库规范、备份、高可用），角色权限模型 有代码基线，记录变更信息，变更回滚由管理系统触发，有自动化手段进行评审 标准化和资源池化的软件构建环境，有专人维护，可自动触发，构建问题可自动推送相关人员 提供接口测试、UI 测试、代码级白盒单元测试、性能测试、安全测试分层测试能力；有自动化测试框架，可在流水线自动触发 组织级代码质量规约（包含安全漏洞、合规检查），有强制执行的质量门禁，有自动化执行工具，质检结果可自动反馈 全自动化实现应用部署，部署过程有标准化文档，使用相同的过程和工具完成所有环境部署，应用和配置分离，部署任务有测试验证和反馈功能 部署流水线有清晰的研发运营团队约定，软件交付全流程有自动化能力，交付状态和度量指标有自动反馈 自服务方式提供生产、测试、研发环境，小时级交付，有配置管理工具定义环境配置和依赖关系	GitLab、Jenkins Docker、Maven、Gradle、Jenkins、Nexus、Artifactory Selenium、JMeter、JUnit SonarQube Kubernetes、Apollo Jenkins、Nexus、Artifactory、Harbor Kubernetes、Rancher
技术运营	提供应用监控的统一采集服务，支持应用自有监控和开放监控协议，可弹性伸缩和实时管控，有备份机制 识别异常告警，支持告警事件关联，可自定义告警图形或表格，支持数据多维展开下钻 使用统一配置管理系统，与应用系统自动集成，配置项变更有流程支持，可在线反馈运维对象状况，有配置变更日志记录，有定期校对机制	Kubernetes、Pinpoint、Prometheus Prometheus、Grafana Apollo
应用设计	提供统一接口查询平台和接口规范，可导出和发布接口信息 支持端到端性能指标定义和度量采集，有应用可用性和健康度监控	Swagger、Yapi Kubernetes、PinPoint
安全风险管控	将安全纳入质量、测试计划，对源代码、配置库进行安全管理	SonarQube、Apollo

需求快速发布应用，DevOps 平台本身也应体现该特征，用便利的配置和丰富接口满足不同的使用场景；以典型的多开发语言云网融合应用研发运营流程为例，选用支持 Webhook 和 RESTful 开放接口并有丰富插件互联的 GitLab 版本管理、Jira 需求管理、JenkinsX 流程引擎、SonarQube 质量扫描工具，实现研发人员提交代码后自动触发软件流水线执行和双向数据反馈，用容器方式运行流水线实例保证不同实例相互

隔离和多实例并发，最大限度实现便利的软件发布和自动化的流程反馈，让应用集成风险和质量问题在便利和高频次的流水线执行中，得到体系化工程化的解决。

3.2 基于 ONAP 框架实现云网协同

云原生和 DevOps 技术在 IT 应用领域内已有非常多的成功实施案例，在面向客户的云网融合应用中，使用这些技术的最大难题在于通信网资源的敏捷编排交付，具体原因是通信运营商对通信核心网有严格的配置管理流程，不同厂商通信

网元的资源编排接口暂未直接开放给云端应用。传统的通信资源编排和开通是走线下流程和依赖私有技术栈，交付和变更周期以天计算。

上述问题的解决方案是使用 Linux 基金会开源的 ONAP (open network automation platform) 框架，实现准实时的通信网络资源编排开通，向云网融合应用提供数字化和自动化接口。ONAP 是主流通信运营商认可并采纳的 NFV/SDN 网络协同与编排开源方案，不同通信运营商有各自的实现方式。

在中国电信新一代云网运营系统规划中，向云端应用提供网络编排开通服务的部门是云网服务编排中心，在 IT 域的能力开放中心（云桥平台/DCOOS 平台）向授权应用提供便利的全网 PSR（产品-服务-资源）工单开通接口，目标是提供云网服务的一点承接和开通，屏蔽通信网细节，实现新老网络协同运营，支撑云端应用的网络随选和分钟级开通。中国电信云网服务编排中心已完成入网测试，后续将为不同合作伙伴的云网融合应用提供敏捷的网络编排和开通服务。

中国电信云网服务敏捷交付业务架构如图 1

所示，云网服务编排中心是中国电信实现敏捷交付云网服务的核心系统，其中编排包采用 TOSCA 和 YANG 建模语言对服务对象和业务规则进行描述，和云原生技术栈中使用的编排文件师出同门，便于 IT 和 CT 两个技术域的语言和工具互通。中国电信基于自身的网络模型，对云网服务编排包定义了包结构和元数据，便于合作伙伴自行设计编辑。

通过第 3.1 节的 DevOps 平台和本节的 ONAP 框架，通信运营商可以和政企客户、行业方案合作伙伴、通信设备供应商一起，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，并具备云网融合、敏捷迭代、自服务和平台生态等通信运营商期望的转型特征，由于涉及较多的技术领域，超出云原生和 DevOps 范畴的内容，本文不展开论述。

4 中国电信 DevOps 平台建设和实施效果

本章介绍的中国电信云道平台，是承接中国电信“云改数转”发展战略的 4 个集中的 IT 上云基础平台之一^[9]，和另外 3 个平台云翼、云眼、

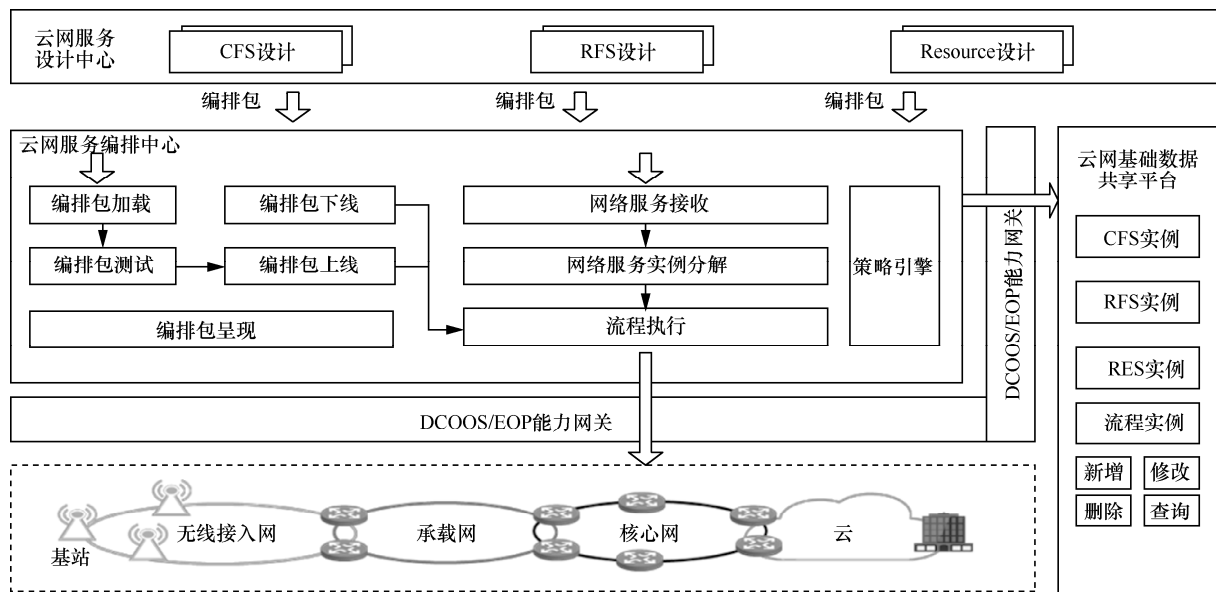


图 1 中国电信云网服务敏捷交付业务架构



云桥，加上云荐社区，共同向企业内外部用户提供企业内 DICT 能力统一开放、统一管理、统一运营服务。

云道平台在 2019 年开始自主研发和运营^[10]，定位是企业内部 IT 系统上云的统一 DevOps 平台，平台自身也是遵循 DevOps 理念，从最小可用版本开始持续迭代研发，在实际承接企业 IT 系统的研发运营流程中逐步完善，在 2020 年 9 月集团公司的“IT 全面上云合作伙伴对接会上”，正式成为全集团的 4 个 IT 上云平台之一。

云道平台对标业界的大型同类平台，基于云原生技术提供统一门户加 10 个微服务中心后台能力，面向总部和 31 省分公司的研发运营人员及合作伙伴用户，多租户方式提供统一的需求、研发、测试、安全审计、部署发布、度量反馈、应用配置、软件资产管理服务。云道平台目标是通过集约的 DevOps 服务，实现通信运营商在软件开发生态、需求及资产管理、工程管理 3 个层面建立统一的软件数字化管理流程，加速应用交付，推广 DevOps 文化，更高效地实现企业上云。

云道平台的功能和技术架构如图 2 所示，其是典型的云原生应用技术架构，实现灵活快速的

应用迭代发布、弹性高效的资源伸缩、与多种主流技术的无缝集成。

作为中国电信集约建设的全集团 DevOps 平台，云道平台承接了总部和 31 个省分公司的核心和非核心 IT 系统的研发运营流程，从传统和私有环境的离散研发运营工具，转为高效集约的云端平台，通过多工具链集成提供完整的平台化 DevOps 服务，快速定制软件交付自动流水线，不同地域、不同机构、不同角色人员可灵活组合，为项目团队高效协作，研发运营能效可自动采集和反馈展现，过程和软件资产实现数字化管理。云道平台实施情况（截至 2020 年 10 月）见表 3。

云道平台总体上达到“研发运营一体化（DevOps）能力成熟度模型”^[6]全面级（3 级）水平，体系化、工程化提升 IT 应用的交付效率和交付质量，企业数字化转型的理念和实施进展有了切实的落地和度量。未来云道平台将在 DevOps 度量指标的精细化定义和采集反馈，功能的友好性、易用性、与已有的 DevOps 工具对接上着力优化，并和集团公司其他相关业务平台、合作伙伴平台共同推进 CT 网、IT 网协同的云网融合应用敏捷交付。

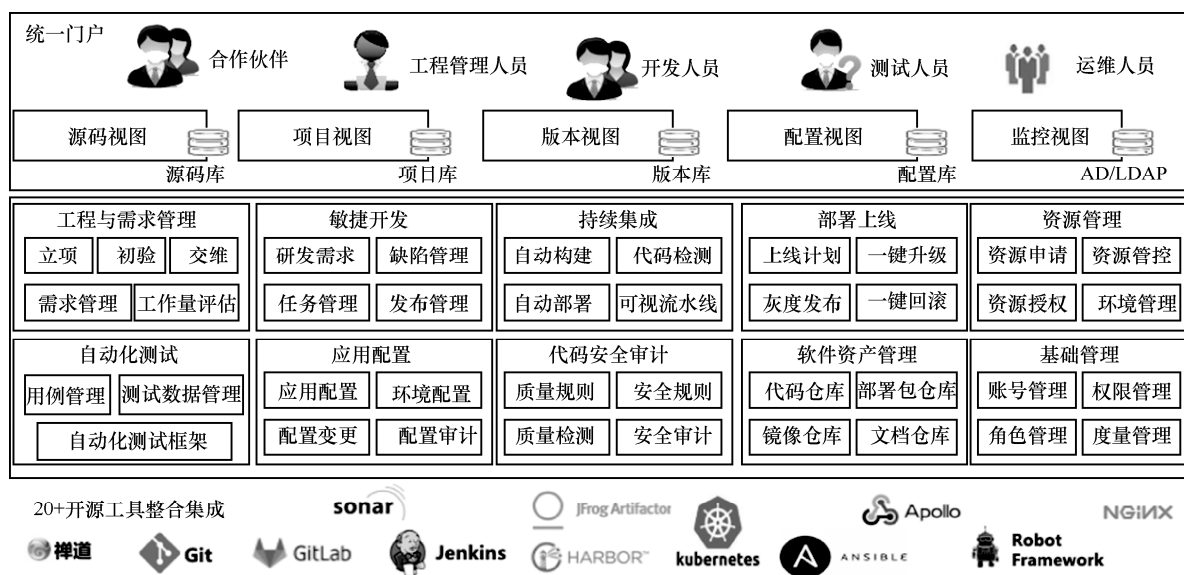


图 2 云道平台功能和技术架构

表3 云道平台实施情况（截至2020年10月）

DevOps 度量指标	云道平台实施情况
提供的“全面级”成熟度 DevOps 服务	敏捷开发、持续集成、安全审计、应用配置、软件资产、应用配置、部署发布、资源管理
接入平台的机构和用户	中国电信云网运营部总部、31个省分公司、17个合作伙伴；超过1300用户
接入的应用数量	超过300个核心/非核心生产IT系统以不同级别方式使用云道 DevOps 服务；代码行数超过1800万行
软件构建服务	Java、Python、Go、Node.js
软件质量/安全服务	SonarQube 工具内置的集团公司代码质量规则，符合工信部要求的安全漏洞库和扫描引擎
统一依赖库、软件资产服务	Maven 中央库、合作伙伴私有依赖库、公共镜像库、各应用 Snapshot、Release 版本软件制品
软件资产数	软件制品包2.3万个
标杆省分公司账务生产系统软件集成速度	使用云道前：约50 min
提升情况（代码版本库检出-编译-入库-质量/安全扫描-人工审核）	使用云道后：约5 min （提升速度的任务项：云端高性能编译主机，高带宽依赖库服务、代码自动化检出和制品扫描）
标杆省分公司账务生产系统应用部署发布	使用云道前：约60 min
速度提升情况（部署制品包-修改多节点配置-执行脚本）	使用云道后：约5 min （提升速度的任务项：云端高性能部署主机，高带宽生产环境对接、自动化部署流水线）
标杆省分公司账务生产系统完整编译-部署-发布端到端流程（代码版本库检出-编译-入库-安全扫描-测试环境部署-测试环境验证-生产环境部署-生产环境验证）	使用云道后：端到端耗时缩短150 min 左右 （端到端流程大幅节省时间的任务项：代码检出复制、制品包复制、多环境部署、手工测试验证）

5 结束语

云原生技术是云网融合的基础，采纳开放敏捷的云原生技术必然会带来研发运营一体化转型和产业链变革。通信运营商面对技术演进和市场态势变化，必须实施自身的敏捷转型举措，在技术和管理上更好应对云网融合的演进，用新模式打造自己的云网融合应用交付能力，新模式与合作伙伴协作。

云网融合应用是业界共同协作的成果，在共同的云原生技术和理念下，通信运营商与各个参与方可以更深度融合和相互促进，在新一代信息基础设施的变革大潮中重塑自身的优势。相信在业界同行的共同努力下，云网融合应用将会变得

越来越普及和好用，为各行业带来更多的创新和发展。

参考文献：

- [1] Cloud Native Computing Foundation. CNCF cloud native definition v1.0[EB]. 2018.
- [2] 云原生产业联盟. 云原生发展白皮书[EB]. 2020. Cloud ative Industry Alliance. Cloud native development white paper[EB]. 2020.
- [3] Telefonica. Telefónica germany/O2 builds new 5G core network in the cloud[EB]. 2020.
- [4] 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.
SHI F. View of the technical innovation of cloud-network convergence[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(7): 63-70.
- [5] 马丁·克里纳. 数字经济生存之道-电信运营商转型[M]. 赵波, 徐俊杰, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2018.
CREANER M J. Transforming the Telco: developing the instinct

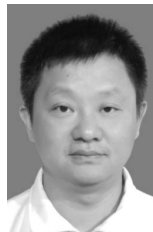


- for survival in the digital economy[M]. Translated by ZHAO B, XU J J. Beijing: Posts & Telecom Press, 2018.
- [6] Digital.ai. Periodic table of DevOps tools[EB]. 2020.
- [7] 云计算开源产业联盟. 电信云白皮书[EB]. 2019. Open Source Cloud Alliance for Industry. Telecommunication cloud white paper[EB]. 2019.
- [8] 人民邮电报. 中国电信召开 IT 全面上云合作伙伴对接会携手打造上云生态[N]. 2020-09-04. People's Post and Telecommunications. China Telecom held the conference for IT cloudification with partners, to build the eco-system for cloud adoption[N]. 2020-09-04.
- [9] 梁奂, 陈春华, 姚文胜. 电信 DevOps 探索与实践[J]. 广东通信技术, 2019, 39(1): 36-40. LIANG H, CHEN C H, YAO W S. DevOps exploration and practice[J]. Guangdong Communication Technology, 2019, 39(1): 36-40.

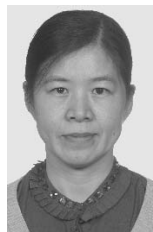
[作者简介]



陈泳（1975-），男，中国电信股份有限公司研究院云网运营支撑中心工程师，主要从事企业上云规划、DevOps 推广实施、PaaS 平台检测与运营等工作。



姚文胜（1969-），男，中国电信股份有限公司研究院云网运营支撑中心高级工程师，主要从事云网融合平台规划建设、DevOps 推广拓展、IT 运营创新和产业合作等工作。



陈靖翔（1974-），女，中国电信股份有限公司云网运营部平台云化推进处处长，主要从事企业上云总体规划和管控、DevOps 总体推进、平台运营管理工作。

梁奂（1970-），男，中国电信股份有限公司研究院云网运营支撑中心高级工程师，主要从事企业上云规划、DevOps 平台研发、PaaS 平台检测与运营等工作。

李静（1981-），女，中国电信股份有限公司深圳分公司 5G 应用联合创新中心经理，主要从事政企行业应用的售前推广、项目实施、服务支持等工作。