



专栏：云原生技术

基于云原生的轻量级 5GC 产品及关键技术

陈长怡, 陆钢, 周丽莎, 黄泽源, 马壮展

(中国电信股份有限公司研究院, 广东 广州 510630)

摘要: 随着 5G 技术的发展, 使能千行百业的 5G 专网显露出巨大的市场商机, 基于云原生的轻量级 5GC 产品是 5G 行业专网的核心组成部分。使用云原生技术进行设计与开发部署的轻量级 5GC 产品能最大程度地实现轻量级 5GC 的敏捷开发、快速部署、资源按需定制以及业务灵活创新。分析基于云原生的轻量级 5GC 产品定义、需求、应用情况与产业情况, 提出基于云原生的轻量级 5GC 产品设计方案, 包括产品能力、部署模式与商业模式, 并剖析关键技术, 包括架构轻量化、运营轻量化、多协议接入、高可用容灾技术。

关键词: 轻量级 5GC; 云原生; 轻量级架构; 轻量级运营; 多协议接入; 高可用容灾恢复; 产品设计

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020318

Cloud native based lightweight 5GC product and key technologies

CHEN Changyi, LU Gang, ZHOU Lisha, HUANG Zeyuan, MA Zhuangzhan

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

Abstract: With the development of 5G, the 5G private network enables the industry and shows great market opportunities. Lightweight 5G core products based on cloud native are the most important components of the 5GC private network. Lightweight 5G core products, using cloud native technology for design and development deployment, can maximize the realization of Agile development, rapid deployment, customized resources and flexible service innovation of lightweight 5G core. The product definition, requirement, application and industry were analyzed. And key technologies were analyzed, including lightweight framework, lightweight operation, multi-protocol access and high availability disaster recovery technology.

Key words: lightweight 5G core, cloud native, lightweight framework, lightweight operation, multi-protocol access, high availability disaster recovery, product design

1 引言

随着 3GPP 5G R16 标准冻结与 R17 研究启

动, 5G 逐渐完善对增强移动带宽、超高可靠超低时延通信、海量机器型通信的支持, 可满足垂直行业的多样化需求; 并加入对 NPN (non-public

收稿日期: 2020-11-04; 修回日期: 2020-12-10

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)



network, 非公共网络)的支持,使 5G 网络可以以行业专网形式部署在企业内部。云原生技术具有敏捷开发与部署、资源利用率高、使能快速业务创新以及降本增效的优势^[1],并且与 5G R16 eSBA 增强的服务架构理念相契合,因此有必要进行基于云原生的轻量级 5GC 产品与关键技术研究,让 5G 特性更灵活地使能千行百业。

2 轻量级 5GC 产品

2.1 轻量级 5GC 产品定义

轻量级 5GC 产品是指针对 5G 核心网功能进行定制化裁剪的核心网产品,可基于云原生技术实现,支持按企业客户需求对网络、网元功能等进行灵活编排、定制开发、快速部署。轻量级 5GC 定义示意图如图 1 所示。

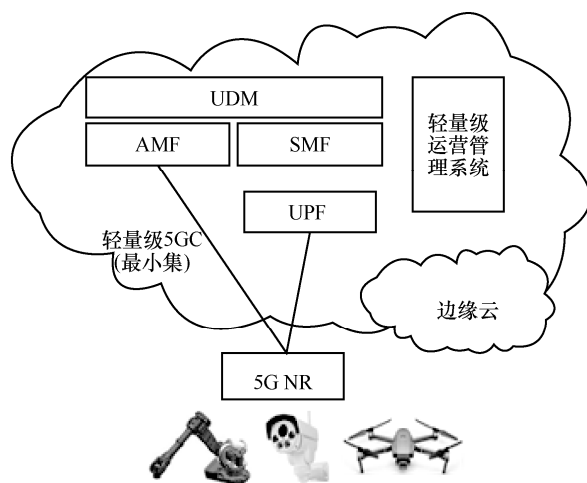


图 1 轻量级 5GC 定义示意图

轻量级 5GC 产品的最大特点是:面向行业客户提供轻量化、可定制的 5G 核心网产品。其中“轻量级”包含 4 层含义:一是网络轻量化,支持灵活组网,按需裁剪不必要的网元,或将流程联系紧密的不同网元合设,简化核心网架构;二是网元轻量化,支持网元功能定制,可以裁剪单个网元不必要的功能,也可以按照个性化应用需求定制功能;三是技术轻量化,支持极简开发,采用云原生架构,业务逻辑、处理流程等简洁化,支

持架构裁剪、功能组合、弹性伸缩,支持和公有云、边缘云无缝集成;四是运营轻量化,即插即用,支持一键部署、小时级开通、用户自服务、远程运维等特性,可根据通用场景提前预配置模板。

2.2 轻量级 5GC 产品需求

轻量级 5GC 产品是 5G 行业专网的重要组成部分,是满足垂直行业差异化与碎片化需求的重要手段。垂直行业生产方式智能化、数字化转型升级将持续加速,需要有安全可控、能力丰富且具有差异化定制能力的通信网络来满足行业用户多元化的业务场景^[2]。2020 年,全球 5G 专网市场规模估计达到 9.197 亿美元^[3]。从 2020 年到 2027 年,预计将以 37.8% 的复合年增长率增长^[4]。现有专网通信技术与产品落后、迭代速度慢、行业封闭、进入壁垒高,无法满足日益增长的行业需求。虽然 5G 的技术特性能满足垂直行业需求,但 5G 公共大网主要面向公众用户,一是在业务需求层面无法满足行业客户相对大网用户的差异化需求,例如行业客户对网络覆盖质量、时延、上行带宽等 SLA/QoS 需求及数据不出场等保密性需求,还有设备移动性、网络控制权等各方面要求均高于公共大网;二是 5G 大网网元设备功能齐全、体量较大、接口多、运行效率不高,对 5G 行业专网客户来讲不够灵活便捷,并且全量 5GC 网元部署成本过高,例如省级单套 UPF 报价上百万元^[5];三是 5G 大网部署与开通不灵活,传统 CT 方式上线慢、流程长,并且运维复杂、成本高;四是传统大网云网融合能力不足。因此,需要轻量级 5GC 产品实现灵活便捷、节约成本的 5G 行业专网,为行业用户按需提供定制化的 5G 专网方案,补充现有公共大网的能力,为垂直行业的信息化、智能化、数字化转型进行深层次赋能。

2.3 轻量级 5GC 产品典型场景

轻量级 5GC 产品以专网、物联网、应急通信场景为主,重点面向制造、能源、交通、政府等行业客户提供服务。

典型场景主要包括园区/大企业专网、企业跨域局域网与应急通信系统快速构建。在园区/大企业专网场景中, 5GC 与 MEC 一起部署于园区专网, 保障数据安全性和隐私性, 使能低时延 5G 应用。在企业跨域局域网场景中, 企业分级跨域场景, 各分部业务终端远程无缝接入企业网络, 保证业务连续性。在应急通信系统快速构建场景中, 临时构建覆盖灾区或其他突发场景的 5G 现场应急通信网络。

3 业界情况和应用情况

3.1 轻量级 5GC 产品应用情况

轻量级 5GC 的需求主要来自于由物联网传感器和大数据分析驱动的工业自动化, 排名前三的行业包括制造业、能源与公用事业、运输及物流, 占据 50% 市场份额。轻量级 5GC 在制造业与能源业的主要应用业务类别是采集类、移动作业类、远程控制类。当前三大运营商在垂直行业已实施的 5G 专网重点项目以制造业、电力、港口为主, 在智慧制造、智慧工厂、智能电网、智慧港口、车联网均进行 5G 专网应用落地实施, 覆盖远程控制类、集采类、移动作业类场景。

3.2 轻量级 5GC 产品产业情况

运营商阵营、设备商阵营, 甚至互联网阵营, 纷纷发力轻量级 5GC 产品, 紧紧抓牢 5G 行业专网市场的巨大商机。在运营商阵营中, 中国电信于 2019 年开始进行基于云原生的电信网元的自研与试点落地, 自研了一套基于云原生的 PCRF (policy and charging rules function) 系统, 并在物联网现网落地试点; 2020 年中国电信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。中国联通与中兴合作进行基于微服务与容器的轻量级 5GC 方案研究与试点。中国移动提供轻量级 5GC 一体机^[6]。在设备商阵营中, 三星于 2020 年宣布可提供商用的基于云原生的 5GSA 核心网产

品^[7], 该产品使用微服务架构、容器执行环境、端到端灵活编排、自动化 CI/CD、开源平台服务以及电信级别的性能支持, 满足客户业务快速开发部署与业务创新、迭代, 降本增效。爱立信、华为、中兴针对 5G 专网需求提供小型软硬一体化 5GC。在互联网阵营中, 微软于 2020 年 9 月宣布收购了 Affirmed 与 Metaswitch, 可向客户提供运营商级别的“Azure for operators”^[8], 提供基于云原生的移动通信网络解决方案。AWS 于 2020 年 7 月发布了《基于 AWS 的 5G 网络演进》^[9], 提出可基于 AWS 进行设计与部署可扩展的、安全的、可靠的、节省成本的运营商级别的 5G 云原生核心网与边缘网络。阿里推出基于开源与公有云的小型化 AllinOne 极简 5GC。小型厂商也在积极进入轻量级 5GC 市场, 爱浦路与华三基于传统 4G 企业专网推出轻量化 5G 核心网, 拓展企业专网市场。

4 产品设计

基于云原生技术的轻量级 5GC 产品具备组网灵活、功能可定制、极简开发和快速部署等特点, 重点覆盖专网、物联网、应急通信等场景, 为制造、能源、交通、政府等行业客户提供不同网络能力和业务能力的轻量化 5GC 产品及解决方案; 同时也可可为高端 2C 市场提供差异化服务, 满足视频、游戏等网络优化需求。

4.1 产品能力

轻量级 5GC 产品主要具备以下 3 类能力。

(1) 网络能力

- 网元灵活组合: 可根据客户业务需要, 对 5GC 网元进行扩/缩容。支持按需选择网元, 或将流程联系紧密的不同网元合设, 简化核心网架构。其中 UPF 为必选, 其他网元均为可选。
- 网元功能裁剪: 容器化部署 5GC 各网元, 支持网元功能的定制裁剪, 针对单个网元



可以裁剪冗余的功能，也可以按照个性化应用需求定制功能。

（2）客户自服务能力

客户自服务、自运维：提供可视化门户，支持用户管理、权限设置，客户可自助管理网元、号卡等资源和能力，对性能指标、流量使用等进行监控，支持故障检测与告警。

（3）运营运维能力

- 一键部署：支持一键部署、小时级开通；支持资源和业务统一编排管理，实现一点加载、全网部署。
- 集成交付：按客户需求，提供定制化、集成化、一体化的交付。
- 远程运营管理及维护：提供轻量化运营管理平台，支持网元配置、网络监控、业务编排、码卡管理和统计报表等功能，按需提供远程维护。

4.2 部署模式

轻量级 5GC 采用云原生架构，部署方式灵活，支持在云服务平台或软硬一体机上部署，也可混合部署；支持和边缘云无缝集成。

（1）云部署模式：轻量级 5GC 整体部署在云上，支持混合云部署，与企业数据中心互通。

（2）一体机部署：轻量级 5GC 以软硬一体机的方式整体部署在企业侧。

（3）混合部署：根据企业是否需要弹性部署、数据保密等要求灵活拆分轻量级 5GC 网元，按需部署在云服务平台及一体机上。

4.3 商业模式

轻量级 5GC 作为 5G 新产业模式下的新产品，其产品构成内容与企业需求紧密相关，需要设计及探索可落地的商业模式，并聚焦重点行业和典型场景，逐渐从定制化走向标准化。

整体看来，轻量级 5GC 产品主要由网络服务能力、软硬件或云平台等基础设施资源以及增值服务构成。企业客户可按需选择 5GC 基础网络能力，并依据网络能力级别叠加不同的资源要求和增值服务，形成产品组合套餐，见表 1。

5 关键技术分析

基于云原生的轻量级 5GC 产品关键技术主要包括架构灵活裁剪技术、轻量级运营技术以及基于智能云原生平台的多协议接入技术与高可用容灾技术。

5.1 架构灵活裁剪技术

基于云原生的轻量级 5GC 基于容器承载，可采用微服务架构进行服务抽象，采用 DevOps 进行开发运营一体化，向用户提供架构可灵活裁剪的轻量级 5GC。第一种模式为容器基础模式，使用容器对轻量级 5GC 网元进行容器封装，网元为

表 1 轻量级 5GC 产品组合

网络服务能力	基础设施资源	增值服务
场景化网元组合	用户连接数	安装调试
运维与监控管理	数据流量	专网规划建设
流量监测与分析	云资源	代运营
统计报表/清单	号卡服务	网络运维保障
SLA、QoS 定制（高可靠、低时延等）	频谱资源	...
网络能力定制（超级上行、网络策略配置等）	专线资源	
安全定制（业务隔离、数据不出园等）	硬件集成、终端集成	
	MEC、基站...	

有状态，数据存于内存数据库。第二种模式为容器+微服务增强模式，在容器承载的基础上，使用微服务架构进行服务抽象，并引入服务网格 mesher 服务代理与 pilot+等组件，实现控制面与数据面分离以及微服务多框架接入；支持提供 Lua 脚本式开发，支持 go 等多语言接入；网元状态从内存剥离出来放置于数据库；并加入智能监控，进行基础设施与微服务等各类监控指标的数据采集。第三种模式为容器+微服务+DevOps 豪华模式，在基于容器且使用微服务架构之上，引入容器集群 Kubernetes 进行容器编排管理，引入 DevOps 开发运营一体化，实现业务敏捷开发、快速部署、CI/CD 持续交付、灰度发布等功能，并把智能监控升级为智能运维，增强根因分析、故障预测、性能优化等运维功能。用户都可以根据自己的具体需求进行选择。

5.2 轻量级运营技术

由于轻量级 5GC 有部署在企业内部的场景，企业对轻量级 5GC 会有各种程度的自运营自监管的需求，借助轻量级 5GC 技术可向客户提供专网一站式服务与专网智能化运维。除可向电信运维人员与企业运维人员提供基础的、必须选择的运维功能外，还提供可以灵活选择部署的运维功能，如图 2 所示。必选功能是指系统运维所具备的最基本功能，包括面向电信运维人员提供开户、注

销、修改、卡号管理等业务受理开通功能及一键自动部署网元容器镜像。面向电信运维人员与企业运维人员提供网元配置管理，支持网元功能可配置，集中化管理网元的配置，实时推送配置到网元；提供性能指标监控，支持监控物理机/虚拟机/容器 CPU、内存、存储、网络指标数据，以及网元的服务状态、网元 KPI 等数据；提供网元服务信令跟踪，支持网元拓扑状态监控，跟踪用户信令流程；提供日志监控，展示网元服务运行日志；故障检测与告警，自动诊断故障，对故障进行告警；提供客户/用户 5G 网络流量使用监测与分析；提供客户/用户业务使用清单，如业务使用明细、时长等，可送至计费系统。可选功能是指用户在必选功能基础上可灵活添加的增强功能，包括面向电信运维人员提供基站管理和网元系统更新，支持对网元服务进行灰度发布更新；面向电信与企业运维人员提供运维系统管理，支持运维系统用户管理、权限设置，用户自服务。轻量级 5GC 的专网一站式服务支持参数业务化、服务可视化的客户定制服务，支持业务全线上贯通，服务小时级审批，全流程无纸化办理；智能化运维支持分钟级部署开通，秒级扩/缩容，故障分钟级诊断恢复。

5.3 多协议接入技术

基于云原生的轻量级 5GC 既需要支持 CT 协

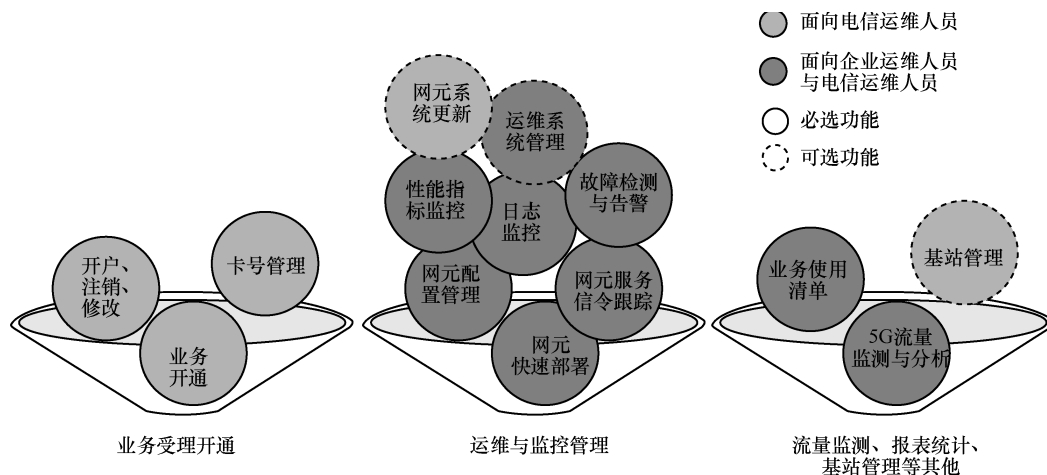


图 2 轻量级运营功能选择示意图



议接入,也需要支持IT协议接入,因此轻量级5GC下的微服务架构的API网关支持HTTP(S)、HTTP/2、GRPC等通信协议,CT协议网关为网元提供Diameter、SMGP(short message gateway protocol,短消息网关协议)、CAP(CAMEL application part,CAMEL应用部分)等协议解析服务。内部Mesher间灵活支持HTTP(S)、GRPC、DubboRPC等通信协议。多协议接入技术为轻量级5GC产品提供多协议融合通信能力。多协议接入示意图如图3所示。

5.4 高可用容灾技术

通过“微服务治理、集群管理、跨域部署和智能运维”多维度运行服务,保障平台和微服务应用的运行可靠。高可用容灾示意图如图4所示,使用服务代理将微服务治理功能与数据面分离,

支持服务熔断、流量限制、降级、故障注入、灰度发布,实现服务注册、服务配置、指标检测、日志输出、流量拦截、路由转发等公共服务功能。通过跨集群联邦管理与跨区域跨机房部署,实现负载均衡、冗余灾备、故障自动转移等。通过引入智能运维保障,增强智能监控、根因分析、故障预测、性能优化等功能,向用户提供统一的运维门户,展示各类监控指标、告警信息等。

6 结束语

借助基于云原生的轻量级5GC产品,运营商等5G专网提供商可向行业客户提供基于新一代信息通信技术的精准供给,行业用户可进行数字化转型和创新应用孵化。运营商等5G专网

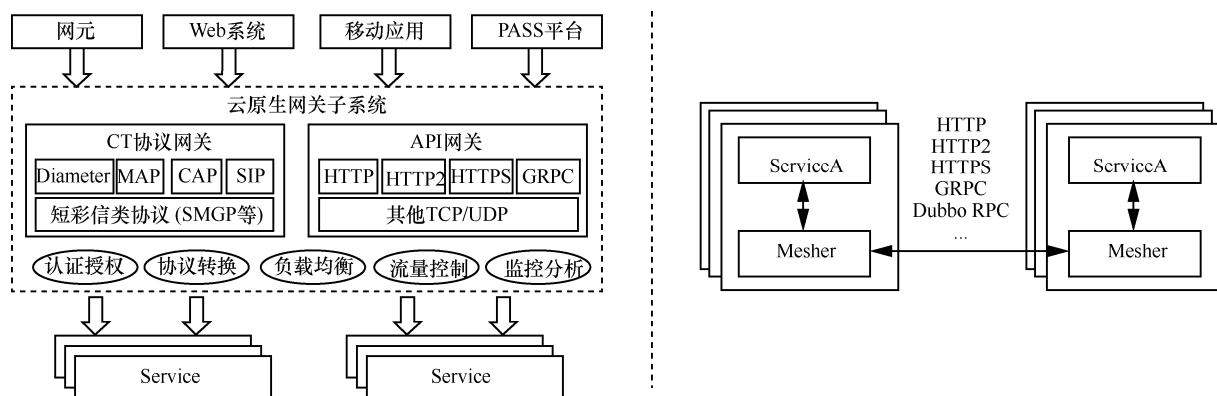


图3 多协议接入示意图

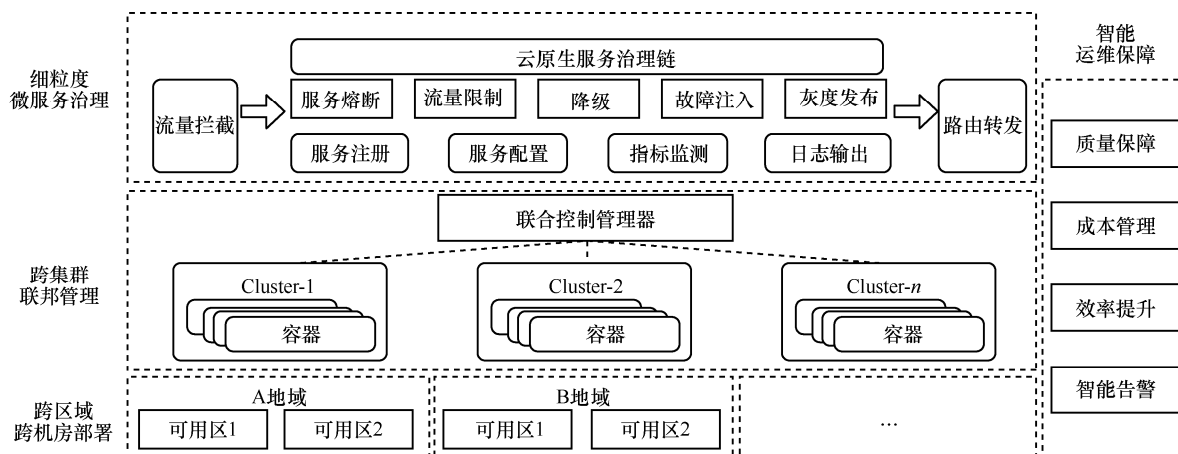


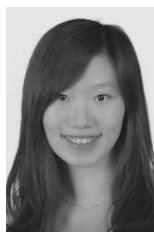
图4 高可用容灾示意图

提供商抓紧时间窗口进行基于云原生的轻量级5GC研究与试点,为行业客户提供专属的精品网络服务,推动生产方式向更智能高效的方向发展。

参考文献:

- [1] 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.
LU G, CHEN C Y, HUANG Z L, et al. Research on intelligent cloud native architecture and key technologies for cloud and network integration[J]. Telecommunications Science, 2020, 36(9): 67-74.
- [2] 中国联通 5G 行业专网白皮书[R]. 2020.
China Unicom 5G industry private network white paper[R]. 2020.
- [3] 2020 全球私有 5G 网络市场研究[Z]. 2020.
Global private 5G network market in 2020[Z]. 2020.
- [4] 4G LTE/5G 专网市场预测[Z]. 2019.
4G LTE/5G private network market forecast[Z]. 2019.
- [5] 中国电信 5G 定制专网部署建设指导意见(试行)[Z]. 2020.
China Telecom 5G customized private network deployment and construction guidance (trial)[Z]. 2020.
- [6] 中国移动 5G 行业专网技术白皮书[R]. 2020.
China Mobile 5G industry private network technology white paper[R]. 2020.
- [7] Samsung. Cloud native 5G core[R]. 2020.
- [8] Azure for operators[Z]. 2020.
- [9] 5G network evolution with AWS[Z]. 2020.

[作者简介]



陈长怡(1982-), 女, 中国电信股份有限公司研究院高级工程师, 主要从事行业数字化、5G 应用相关产品需求分析与策划工作。



陆钢(1978-), 男, 中国电信股份有限公司研究院企业运营支撑中心副主任、教授级高级工程师, 主要从事行业数字化、云计算、物联网、5G 网络及应用研发工作。

周丽莎(1976-), 女, 中国电信股份有限公司研究院工程师, 主要从事行业数字化、5G 网络及应用研发工作。

黄泽源(1991-), 男, 中国电信股份有限公司研究院工程师, 主要从事行业数字化、云原生、分布式架构技术等研发工作。

马壮展(1975-), 男, 现就职于中国电信股份有限公司研究院, 主要从事行业数字化、5G 网络及应用方面研究工作。