

# 5G 边缘计算 及切片网络一体化部署策略研究

## Research on Deployment Strategy of 5G Edge Computing and Slice Network Integration

朱 斌,林 琳,王光全,马瑞涛,王泽林(中国联通研究院,北京 100048)

Zhu Bin,Lin Lin,Wang Guangquan,Ma Ruitao,Wang Zelin(China Unicom Research Institute,Beijing 100048,China)

### 摘 要:

随着 5G 商用步伐的加快,通信能力开放是运营商赋能垂直行业应用的核心能力基础,网络切片和边缘计算作为 5G 网络原生的最典型能力和服务,是运营商提供业务差异化供给能力的重要手段。多角度研究 5G 网络的能力一体化联动体系,分析网络切片和边缘计算的关键技术,提出了网络能力一体化架构,为电信运营商后续网络能力开放的发展及部署提出建议。

### 关键词:

网络切片;MEC;5G;能力开放

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2022.06.001

文章编号:1007-3043(2022)06-0001-07

中图分类号:TN915

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

With the acceleration of 5G business, the communication capacity exposure will be the core competence foundation for operators to enable vertical industry applications. As the most typical native capabilities and services of 5G network, network slicing and edge computing are the important means for operators to provide differentiated service supply capacity. It studies the capability integration system and architecture of 5G network from multiple perspectives, analyzes the key technologies of network slice and edge computing, and proposes the network capability integration architecture, which puts forward suggestions for the development and deployment of telecom operators' subsequent network capability exposure.

### Keywords:

Network slicing; Multi-access edge computing; 5G; Capacity exposure

**引用格式:**朱斌,林琳,王光全,等. 5G边缘计算及切片网络一体化部署策略研究[J]. 邮电设计技术,2022(6):1-7.

## 0 前言

云核心网能力、边缘计算和网络切片是 5G 网络可提供的三大核心网络能力,是运营商赋能垂直行业应用的核心能力基础,其中网络切片和边缘计算作为 5G 网络原生的最典型能力和服务,也是检验 5G 时代运营商基础网络与支撑系统协同融合深度和效能的重要试金石,更是运营商提供业务差异化供给能力的重要手段。

a) 云核心网:5G 核心网采用了基于云原生的服

务化架构(SBA),是基于 NFV/SDN 的云化网络。

b) 边缘计算:传统云计算模式无法满足超低时延、超高可靠性、大带宽和海量连接等需求,以 MEC (Multi-access Edge Computing) 为代表的边缘计算技术成为 5G 系统解决上述问题的关键技术。

c) 网络切片:网络切片(Network Slicing)是针对不同的业务应用从 5G 架构上提出的服务的理念和方法,可为不同的业务应用提供独立的虚拟网络和服务资源。

因此,需要结合业务需求、网络现状,从网和云的角度出发,开展云网协同的一体化研究,提出整体的能力规划和协同发展策略,赋能行业合作产品应用,

收稿日期:2022-04-01

探索能力开放的新空间与价值。

## 1 5G 网络典型能力

### 1.1 云核心网能力

基于云原生架构的 5G 核心网为能力开放提供了天然条件,通过引入 NEF(Network Exposure Function)将能力开放作为标准化网元功能对外开放,云化核心网能力提供了网络侧 80% 以上的原子能力,是运营商能力开放的核心基础。

Rel-15 是 5G 第 1 版标准,主要聚焦 eMBB 场景,包括 SBA、切片选择/切片管理、MEC、4G/5G 互通性等。目前已冻结并商用部署,基于 NEF 架构具体可部署的网络能力如表 1 所示。

Rel-16 是 5G 的完整版标准,该版本主要满足 uRLLC/mMTC 场景,R16 作为 5GC 的成熟版本,是主流运营商的长期基础版本,满足全场景需求,完善了 R15 不足,提供了面向 2B 的基础工具箱,目前运营商正在测试并计划商用。

Rel-17 是 5G 增强版本,主要使能行业增强,包括卫星接入、eMEC、NPN2.0 等。

### 1.2 边缘计算能力

MEC 系统相对于 5G 核心网络是 AF+DN 的角色,MEC 系统和 UPF 之间为标准的 N6 连接;MEC 系统可以以非可信 AF 的角色通过 NEF→PCF→SMF 影响用户面策略,或以可信 AF 的角色通过直接 PCF→SMF 影响用户面策略;作为 AF 的一种特殊形式,MEC 平台系

表 1 基于 NEF 架构可开放的网络能力列表

能力分类	服务 API	能力方案	涉及 NFs
监控能力	AMF 事件监控	对第三方开放监控能力,如连接丢失、用户可达性、位置上报/变更,指定位置区域内 UE 数量、时区、接入类型等	AMF/NEF
	UDM 事件监控		UDM/NEF
	SMF 事件监控		SMF/NEF
参数配置能力	网络参数配置	对第三方提供 5GS 网络用户参数配置能力(如 PSM,终端监听周期 DRX,缓存性能等),提供 5GS 系统用户通信模式能力(如周期性数传等)	AMF/UDM/NEF
	通信模式配置		AMF/UDM/NEF
策略计费能力	流量路由配置	对第三方提供用户位置、应用、切片信息,路由规则等信息,优化业务传输路径	PCF/SMF/NEF
	QoS 策略控制	对第三方应用或者应用中的会话请求 QoS 策略,如带宽和优先级等	PCF/NEF
	背景流量策略控制	获得背景流量传送的网络策略信息,如传送时间窗,传输速率及费率等	PCF/NEF
	计费策略控制	为第三方 OTT 为签约用户的业务数据采用流量付费的计费策略	PCF/NEF
PFD 能力	PFD 管理能力	提供用户的 PFD 配置能力	UDR/NEF

统可以与 5GC NEF/PCF 进行更多的交互,调用其他的 5GC 开放能力,如消息订阅、QoS 等。

MEC 系统架构如图 1 所示,主要包含以下功能实体。

a) MEC 主机平台:含边缘计算平台(MEP)、MEC 应用(ME APP)、虚拟化基础设施。

b) MEC 平台管理:主机级网管含虚拟化基础设施管理(VIM)、边缘计算平台管理(MEPM)。

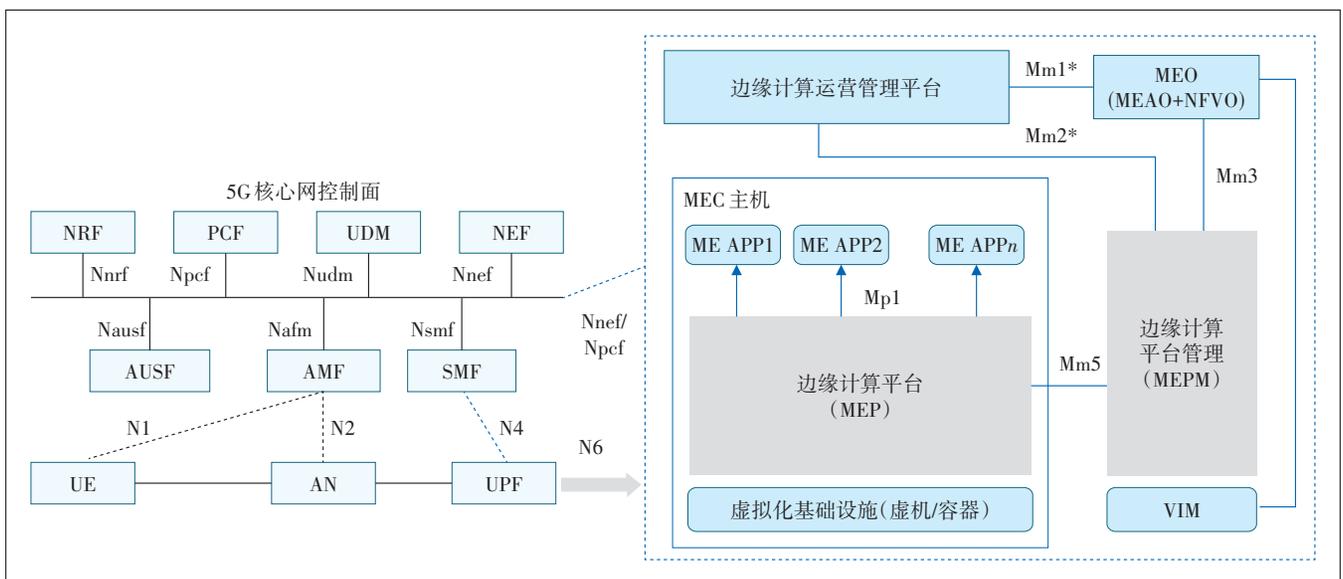


图 1 MEC 端到端系统架构

c) MEC 运营管理:运营及运维管理子系统和边缘编排器(MEO)。

MEC 系统可提供的能力如下。

a) 接入类能力:对第三方开放无线侧用户位置信息、无线网络条件、CELL/用户/承载带宽信息、WLAN 接入/固定接入信息。

b) 策略类能力:对第三方开放用户计费策略、分流策略、QoS 策略、用户策略更新等。

c) 云计算类能力:边缘计算 IaaS 层能力,包括计算/存储等能力。

d) 平台基础能力:边缘平台自身能力,如编解码转换、渲染等能力。

### 1.3 网络切片能力

网络切片是提供特定网络能力的端到端的逻辑专用网络。一个网络切片实例是由网络功能和所需的物理/虚拟资源的集合,由无线、传输和核心网的子网络切片实例组成,并通过网络切片管理功能实现端到端切片的管理。

网络切片管理功能包括通信服务管理功能(Communication Service Management Function, CSMF)、网络切片管理功能(Network Slice Management Function, NSMF)和网络切片子网管理功能(Network Slice Subnet Management Function, NSSMF)。

网络切片是 5G 网络实现差异化服务的核心技术之一,每个切片都有对应的 SLA 参数满足各类不同的业务需求。切片作为一种网络能力本身就具备开放性,CSMF 可以按照第三方的要求进行切片的创建/修改/删除。切片能力基于端到端 5G 切片管理/编排系统,将 5G 网络核心切片能力向客户开放,实现网络切片灵活配置、自主选择及动态修改。

### 1.4 云边协同能力

边缘云计算(简称边缘云)是基于云计算技术的核心和边缘计算的能力,是构筑在边缘基础设施之上的云计算平台,形成边缘位置的计算、网络、存储、安全等能力,并与中心云和物联网终端形成“云边端三体协同”的端到端的技术架构,并通过将网络转发、存储、计算和智能化数据分析等工作放到边缘处理,降低响应时延、减轻云端压力、降低带宽成本,并提供全网调度、算力并发等云服务。

云边协同从云服务商和运营商角度分为以下 2 种模式。

a) 云服务商依托其公有云产品推出边缘计算产

品,将其云服务能力延伸到客户侧的边缘设备。

b) 电信运营商依托其 5G 通信云建设全面部署 MEC,将其全覆盖的边缘云资源向第三方 OTT 开放。

边缘计算作为云计算技术的一种补充和拓展,将云计算的能力延伸到靠近终端的网络边缘侧。两者之间的关系,是相辅相成,相互配合的,为了简化中心云和边缘云之间的协同管控,需要在边缘云和中心云之间采用统一架构、统一接口和统一管理,云边协同的能力与内涵涉及 IaaS、PaaS 和 SaaS 各层面的全面协同。

## 2 网络能力一体化架构

### 2.1 5G 网络能力全景图

根据 5G 网络可对外封装提供的能力,从提供网络能力的实体角度区分,如图 2 所示,主要分为语音及消息能力、云核心网类能力、边缘计算能力、网络切片能力等。

不同网络实体提供不同层面的能力调用功能,具体能力介绍如下。

a) 5G 核心网能力的提供依赖于 5G 核心网 SBA 网络及能力开放架构。

b) 5G 语音主要基于 IMS 基础网络提供,由多媒体电话业务语音平台实现语音、视频类业务的能力开放,具体可包括一号多终端、企业语音等。

c) 5G 消息能力主要基于 IMS 基础网络提供,由融合通信/消息平台实现消息类业务的能力开放,具体包括 5G 消息中心(RCS)和 MaaP 子系统等。

d) 边缘计算能力主要基于边缘计算网络(MEC 平台、UPF、AMF 等)提供,由 MEC 能力开放平台实现,具体可包括位置定位、流量分流等。

e) 5G 网络切片能力主要基于切片管理网元、通信服务管理网元、网络服务管理网元等提供,由切片能力开放平台实现,具体可包括切片签约、切片编排、切片定制等。

### 2.2 能力协同调用分析

#### 2.2.1 切片与 5GC 能力协同

从能力协同的角度,5GC 与切片系统可进行能力协同调用。基于 5G 核心网 NEF 网元的切片能力调用及开放方案,主要包括以下内容。

a) 切片内部能力开放:如图 3 所示,一般情况下,NEF 基于 5GC 内部进行 5GC 公用网络能力开放,例如实现切片租户创建 QoS 会话,进行 QoS 保障/限制或者

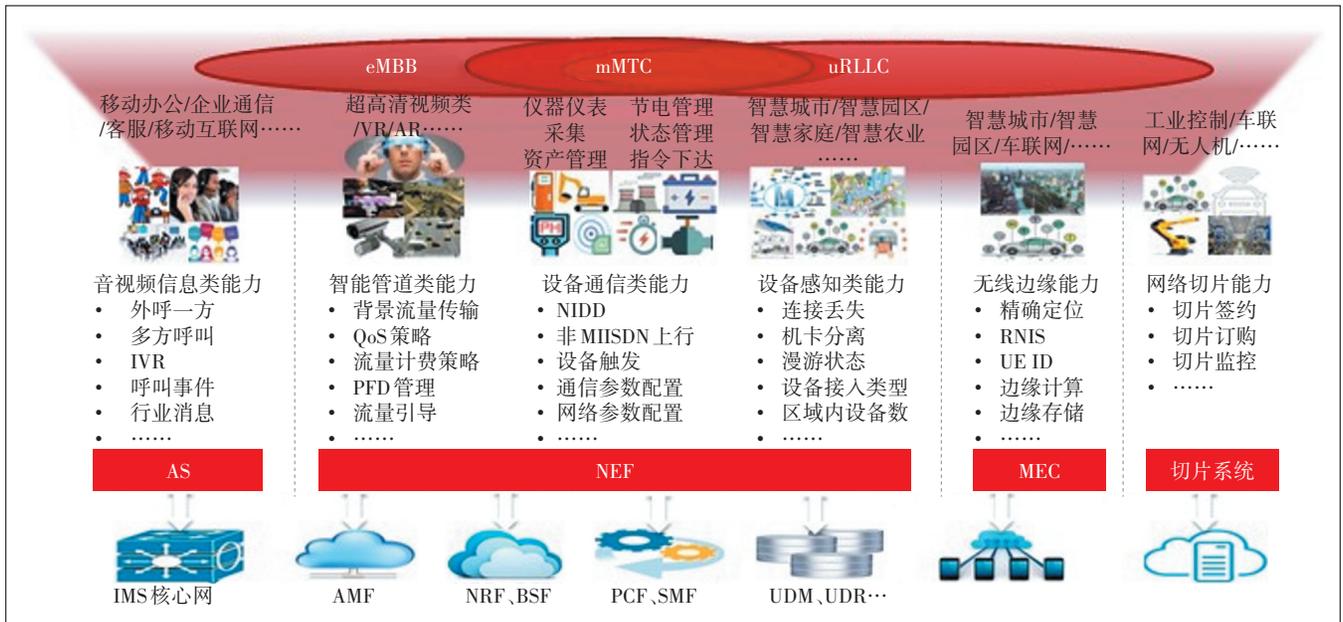


图2 5G网络能力全景图

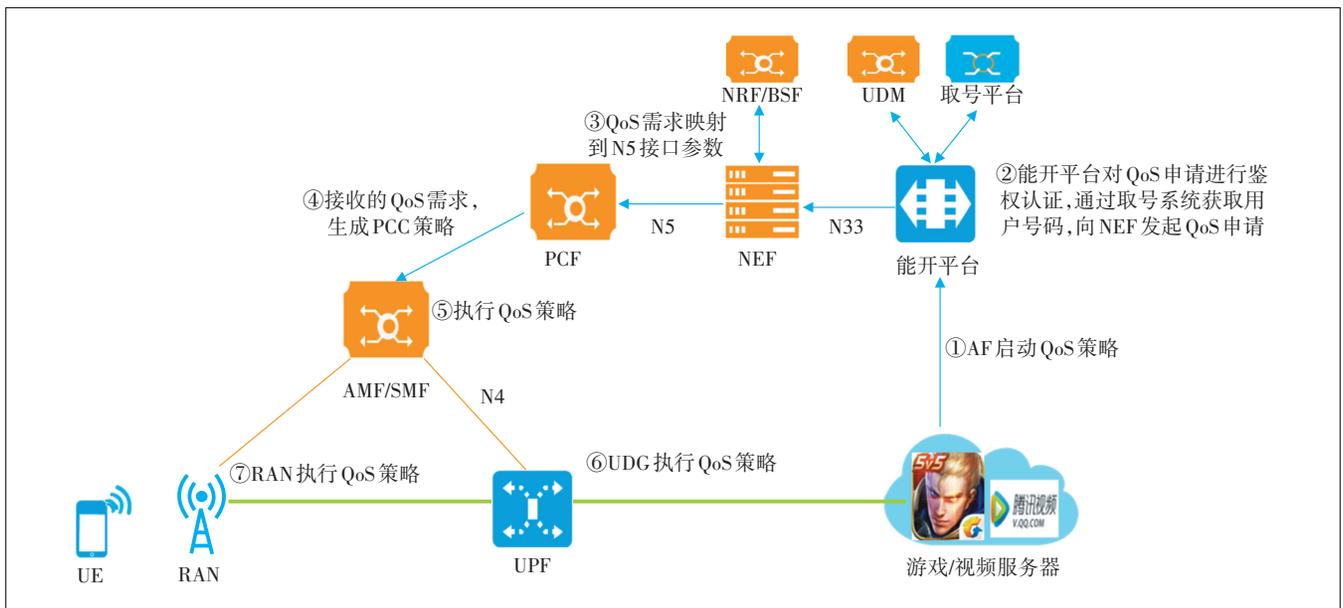


图3 切片内部租户QoS能力开放流程图

进行QoS质量监控。

b) 跨切片选择能力开放:如图4所示,NEF基于PCF的USRP策略进行跨切片选择,来实现基于切片实时动态选择用户切片(存在多个同类切片场景),具体包括切片级QoE评估和开放。但该方案目前不具备5GC切片选择流程,终端支持情况需开发验证。

### 2.2.2 边缘计算与5GC能力协同

5GC与边缘计算(MEC)系统关系紧密,在控制面和用户面上存在以下2个主要交互接口。

a) Nnef接口:MEC作为AF通过Nnef接口,调用NEF相关的5G网络内部能力。

b) N6接口:作为UPF的数据分流接口,将流量卸载至边缘节点,UPF是交汇点。

从能力协同的角度,MEC与5GC核心网通过业务感知与优化进行能力协同调用,具体如下。

a) NEF将感知的UE和业务流相关测量信息,如UE实时位置、无线链路质量、漫游状态等传递给MEC服务器,MEC服务器基于上述测量信息通过智能分析

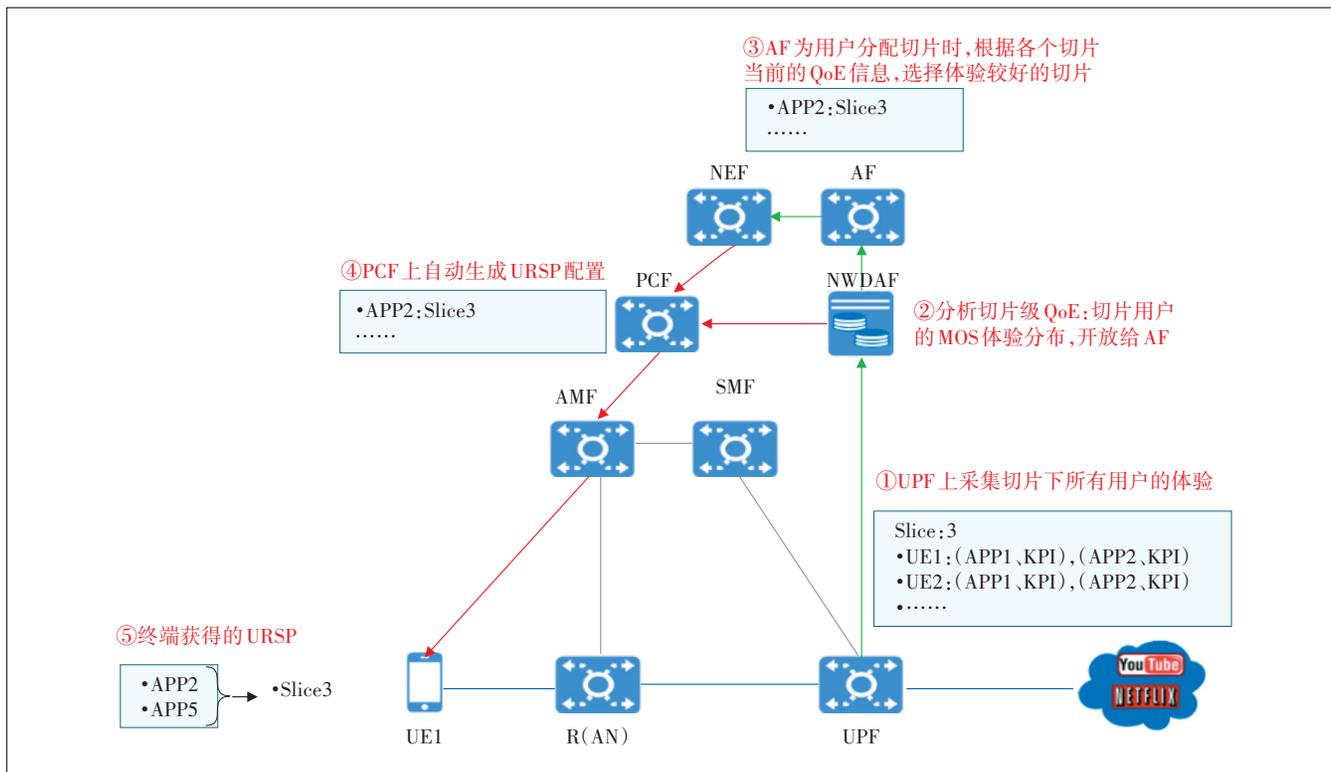


图4 切片间选择能力开放流程图

和抽象,对应用的业务性能进行优化(如调整视频播放码率),进而提升服务质量。

b) NEF 将感知的应用服务相关信息,如业务时长、业务周期、移动模式等传递给网络,网络感知分析应用提供的信息,进一步优化其 UE 资源配置(如为 VIP 用户分配合适的带宽资源)与会话管理。

从网络调用管理层面来看,依据本地/大区/全国情况,网络能力调用区域可以分为以下 2 种方式。

a) 用户通过本地节点访问的能力调用:MEC 用户通过调用 5GC 开放能力,操纵控制面对单个用户或用户组在指定的边缘站点将业务流量分流到指定 APP。

b) 用户通过全国或者大区中心节点访问的能力调用:MEC 用户通过边缘调用全国或大区节点中心网络能力,感知用户位置、无线状态等信息,执行 QoS 策略等。

### 2.2.3 云边协同要求

5G 网络的三大业务场景主要满足超低时延、超高可靠性、大带宽和海量连接等需求,采取远程集中计算的传统云计算模式无法满足上述需求,以 MEC 为代表的边缘计算技术成为 5G 系统解决上述问题的关键技术。

5G 边缘场景的业务部署通常会同时涉及到对云

和边资源的调用,边缘云计算是构建于边缘基础设施之上的云计算平台,在大多数场景下云计算和边缘计算 2 种模式将同时存在,中心与边缘之间需要相互协同。

云边协同实现以下 2 类功能迁移。

a) 从中心到边缘下沉:实时性或数据处理类功能下沉,提高业务响应能力或降低数据传输规模。

b) 从终端到边缘上移:将硬件要求高的功能上移,以便降低终端的性能要求,从而降低成本,提高设备续航时间。

云边协同通过以下 2 段式部署实现业务。

a) 中心云:部署业务后端,主要负责完成管理、存储和策略控制等全局性的非实时任务。

b) 边缘云:部署业务前端,主要负责提供业务访问、实时控制、游戏渲染和数据归约等实时功能。

### 2.3 网络能力一体化架构建议

网络能力一体化主要包括网络架构协同和传输承载资源保障 2 个层面。

a) 网络架构层面:保证云核心网、网络切片、边缘计算三者架构、系统间接口和调用管理等协同一致,组成联动有机体。

b) 承载保障层面:保证云网边资源池内外统一管

控,有助于打通不同专业的壁垒。

在网络架构层面,如图5所示,5G云核心网、网络切片、边缘计算能力等是有机的一体,架构上整体上

可划为三横三纵架构,三横整体上可分层解耦,三纵可独立体系进行单系统能力运作,对于行业等复杂的差异化需求可整体拉通联动进行一体化能力提供。

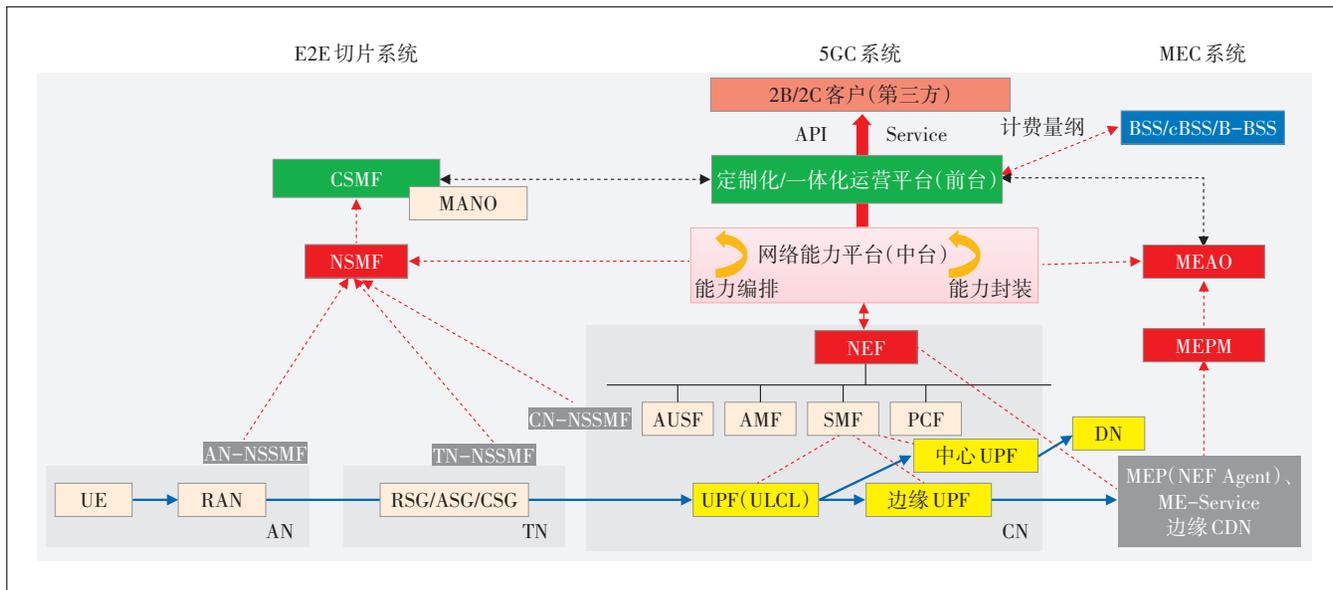


图5 5G网络能力一体化架构图

a) 能力应用层:构建面向2B/2C客户的定制化运营平台(包含边缘计算运营、切片运营CSMF、5GC能力运营等)、一体化运营平台对接B侧系统,实现业务开通、计费等功能。

b) 能力封装层:构建一体化网络能力中台,对接各网络能力的能力封装系统,实现能力编排、封装,包括边缘计算系统MEAO、切片系统NSMF、5GC系统(含NEF)等。

c) 能力提供层(后端):后端作为基础能力提供层面,提供切片系统AN-NSSMF、TN-NSSMF、CN-NSSMF、MEC系统MEP、边缘CDN、5GC核心网系统等。

在承载保障层面,如图6所示,在云云、云边和边边之间,运营商或者第三方客户可通过统一的业务协同编排器实现对云、网、边资源的统一管控,有助于打通运营商不同专业的壁垒,整合其优势资源,同时简化用户业务部署流程。

云网边协同管控架构设计上,需要通过门户、协同编排器、控制器等功能组件构建云网边协同编排。

a) 门户:客户或管理员来进行业务资源订购或退订。

b) 协同编排器:根据业务部署请求进行业务编排和资源协同。

c) 控制器:对现网的云、网、边等资源进行管理配置。

(a) 边缘控制器:各级边缘数据中心。

(b) 网络控制器:IPRAN(智能城域网)+ CUUI。

(c) 云控制器:业务云内资源控制,包括运营商IDC和第三方业务云。

运营商通过实现对云网边端的协同管控,提供差异化的网络服务质量保证。

a) 有助于业务的快速、灵活部署:与云计算业务相比,边缘业务在运营过程中可能会根据网络质量或用户信息来动态调整部署位置。

b) 提供差异化的网络服务质量:对云边、边边和边端之间业务流量进行更细粒度的服务质量管控,利用运营商全覆盖的、分层、分类的云边资源,可以提供差异化的时延保证。

### 3 结束语

本文以5G网络能力开放为突破点讨论云核心网、边缘计算和网络切片协同部署的关系和一体化目标架构,同时从网和云的角度出发,提出云网协同的一体化策略,满足未来一体化的网络能力开放研发、运营和支撑体系发展需求。

随着5G网络逐渐商用成熟,为满足云网协同未来

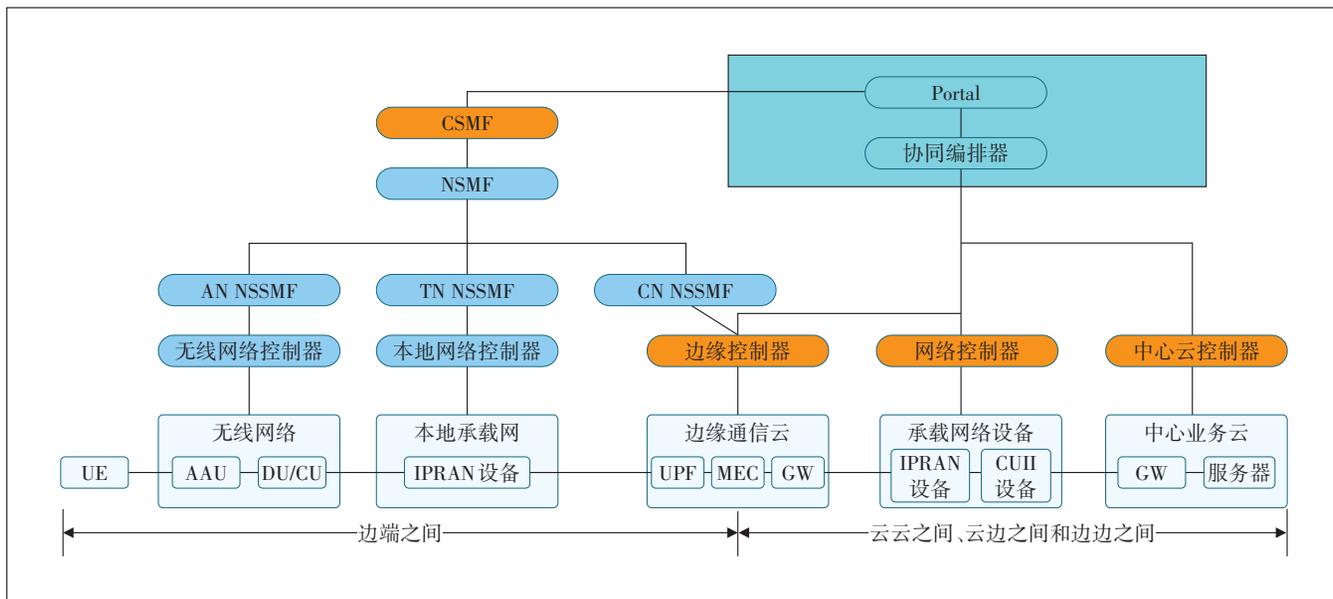


图6 云网边协同管控架构图

发展需求,笔者建议后续在以下2个方面继续开展研究探索。

a) 完善5G网络能力一体化架构设计,推进5G典型应用及业务方案落地。

(a) 标准新增功能持续验证评估:伴随R16成熟商用和R17新增功能增加(如R16对切片管理特性进行增强,并具备uRLLC能力,在R17定义mMTC能力),持续开展R16/R17能力研究及评估验证,推进并引导业务的标准化、产业化发展。

(b) 一体化架构及方案深入探索:以5G两类典型应用边缘计算和网络切片为基础,进一步完善数字化网络一体化架构,探索研究边缘网络及平台应用、切片选择、云边网协同方案。

b) 开展云网协同承载专项研究,内外合力推动云网一体化的应用及部署。

(a) 云网边协同管控方案研究:实现运营商自有云/边缘云以及云内外资源管控能力的设计,进一步改善和细化云网边协同方案。

(b) 云网边协同控制架构开发:研究标准化“云网边协同的跨域协同(编排)器”的业务流程和接口(南北向)规范,和云网边各域控制器对接接口的定义,推动该产品研发、实验室验证及应用落地。

#### 参考文献:

[1] 3GPP. Radio interface protocol architecture: 3GPP TS 25.301 [S/OL]. [2022-02-25]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).

[2] 3GPP. Procedures for the 5G system: 3GPP TS 23.502 [S/OL]. [2022-02-25]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).

[3] 3GPP. 5G system; network exposure function northbound APIs; stage 3: 3GPP TS 29.522 [S/OL]. [2022-02-25]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).

[4] 3GPP. T8 reference point for northbound APIs: 3GPP TS 29.122 [S/OL]. [2022-02-25]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).

[5] 3GPP. Common API framework for 3GPP northbound APIs: 3GPP TS 29.222 [S/OL]. [2022-02-25]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).

[6] 3GPP. IP multimedia subsystem (IMS); Stage 2: 3GPP TS 23.228 [S/OL]. [2022-02-25]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).

[7] 3GPP. System architecture for the 5G system (5GS): 3GPP TS 23.501 [S/OL]. [2022-02-25]. [ftp://ftp.3gpp.org/Specs/](http://ftp.3gpp.org/Specs/).

[8] 梁柏青, 陆钢, 李慧云, 等. 运营商能力开放架构研究及发展思路探讨[J]. 电信科学, 2011, 27(4): 7-11.

[9] 任驰, 马瑞涛. 网络切片: 构建可定制化的5G网络[J]. 中兴通讯技术, 2018, 24(1): 26-30.

[10] 《中国信息安全》编辑部. 《大数据安全标准化白皮书(2017)》摘编[J]. 中国信息安全, 2017(5): 76-79.

[11] 徐恩庆, 董恩然. 云计算与边缘计算协同发展的探索与实践[J]. 通信世界, 2019(9): 46-47.

[12] 杨鑫, 赵慧玲. MEC的云边协同分析[J]. 中兴通讯技术, 2020, 26(3): 27-30.

#### 作者简介:

朱斌, 毕业于北京邮电大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络能力开放、天地一体化新技术跟踪及创新业务产品研究工作; 林琳, 毕业于北京邮电大学, 工程师, 硕士, 主要从事网络能力开放、边缘计算及网络切片等相关的研究工作; 王光全, 毕业于南京邮电大学, 教授级高级工程师, 硕士, 主要从事光通信、量子加密通信等领域研究工作; 马瑞涛, 毕业于北京邮电大学, 高级工程师, 硕士, 主要从事网络总体架构研究及新技术跟踪工作; 王泽林, 高级工程师, 硕士, 主要从事IP网络相关技术研究及咨询工作。