



专题：智能边缘计算

5G 边缘计算共享研究与展望

孟令彬, 李娟, 薛楠, 邹勇
(中国铁塔股份有限公司, 北京 100142)

摘要: 5G 三大应用场景对网络的时延、带宽、连接、安全等方面提出了更高的要求, 驱动着 5G 将网络、计算、存储、应用等核心能力下沉至网络边缘, 而更靠近终端/用户的 5G 站址具有完备的机房、电力、运维等配套资源, 将是 5G 边缘计算部署的最佳选择。基于点多面广的 5G 站址资源, 结合边缘计算部署的体系架构, 深入研究了多运营商 5G 边缘计算共享部署的可行性, 提出了机房基础设施共享、IaaS 设施共享、PaaS 平台共享 3 种可行的共建共享方案。通过统筹 5G 边缘计算发展需求, 实现边缘计算的共建共享, 可以大幅降低边缘计算的建设成本及运营成本, 实现边缘计算的快速规模化发展, 打造集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠的边缘计算体系。

关键词: 5G; 边缘计算; 基站; 共享

中图分类号: TP393

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2020171

Research and prospect of 5G edge computing sharing

MENG Lingbin, LI Juan, XUE Nan, ZOU Yong
China Tower Co., Ltd., Beijing 100142, China

Abstract: The three application scenarios of 5G make forward higher requirements for network delay, bandwidth, connection and security, which drive 5G to sink the core capabilities of network, computing, storage and application to the edge of the network. The 5G base station which is closer to the terminal/user and has complete resources such as base station power, operation and maintenance will be the best choice for 5G edge computing deployment. Based on the multi-point 5G base station site resource and the architecture of edge computing deployment, the feasibility of multi-operator 5G edge computing shared deployment was studied, three feasible co-building and sharing schemes, such as base station infrastructure sharing, IaaS facility sharing and PaaS platform sharing were proposed. By coordinating the development needs of 5G edge computing and realizing the co-construction and sharing of edge computing, the construction cost and operation cost of edge computing can be greatly reduced, and the rapid scale development of edge computing can be realized, to build an intensive and efficient, economic and applicable, intelligent green, safe and reliable edge computing system.

Key words: 5G, edge computing, base station, sharing

1 引言

2014年,欧洲电信标准化协会(ETSI)启动了基于LTE的边缘计算标准项目——移动边缘计算(mobile edge computing, MEC),并开展标准化工作,其最初的目的主要是降低网络时延、缓解网络拥塞。随着业务的不断丰富、研究的不断深入,移动边缘计算的含义进一步扩展为多接入边缘计算(multi-access edge computing),能力得到进一步增强,接入技术也不仅局限于LTE,还包含5G、Wi-Fi、固网等多种接入技术。

5G提出了三大应用场景:增强移动宽带(eMBB)、超低时延高可靠(uRLLC)、大规模MTC终端连接(mMTC),除了满足人们日益丰富的业务需求,更重要的是驱动传统领域数字化、网络化和智能化升级,赋能社会千行百业。与人的业务不同,垂直行业应用更加多样化,对时延、带宽、连接、安全等方面也提出了更高要求,这些极致要求驱动着5G将网络、计算、存储、应用等核心能力下沉至网络边缘,边缘计算成为

5G的重要技术基础,也是5G服务垂直行业的重要利器。

本文从5G边缘计算的网络架构和部署位置入手,结合5G业务及边缘计算发展趋势,基于我国广泛分布的基站站址资源,由浅入深提出了3种5G边缘计算共享方案,以更加经济、高效地服务5G边缘计算发展。

2 面向5G的边缘计算总体架构

2.1 5G边缘计算网络架构

5G边缘计算主要由5G UPF(user plane function)和边缘计算平台系统两大部分共同构成,网络架构如图1所示。

(1) 5G UPF

5G核心网采用控制面与用户面分离的架构,UPF是5G核心网中的用户面网元,主要实现业务数据的路由和转发、数据和业务识别、策略执行等功能,直接受控制面网元SMF(会话管理功能)的控制和管理,并依据SMF下发的策略执行业务流的处理。UPF可以灵活地部署到网络边缘,

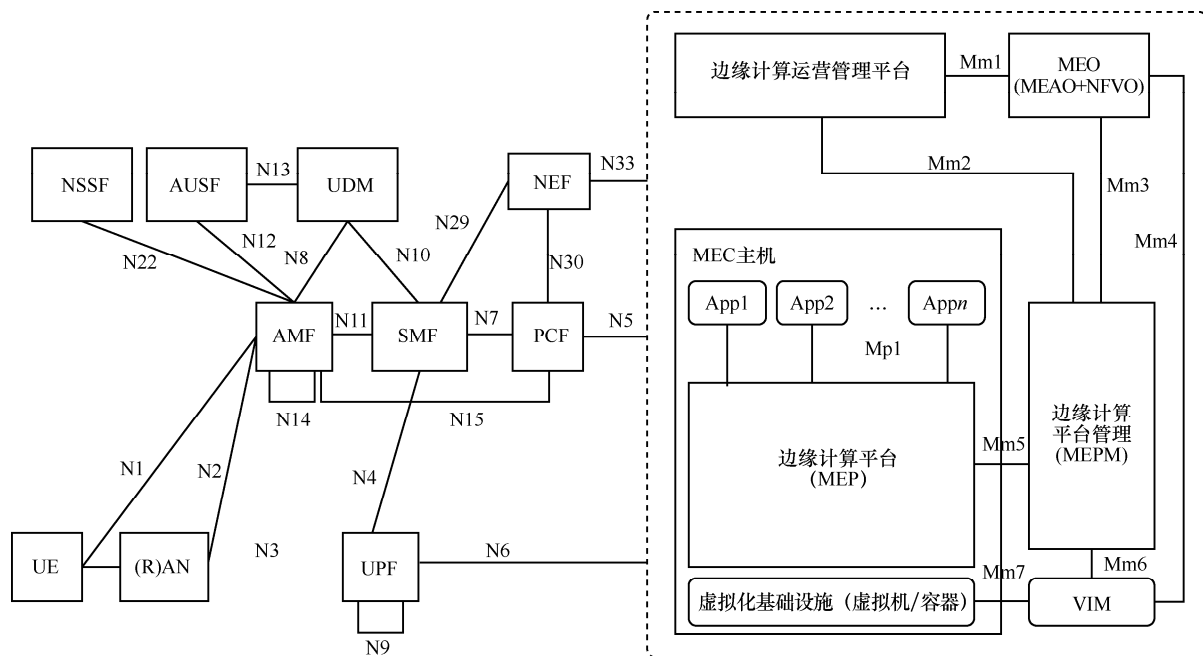


图1 5G边缘计算网络架构



而 SMF 等控制面网元通常在网络云端集中部署；在边缘计算业务场景下，SMF 选择靠近用户的 UPF 提供服务，实现本地路由建立和数据分流。

(2) 边缘计算平台系统

边缘计算平台系统由 MEC 主机和边缘计算管理系统组成。

- MEC 主机：包括边缘计算平台（MEP）（提供 App 运行环境和调用边缘计算服务：负载均衡、安全功能、流量管理、用户计量等）、虚拟化基础设施（提供运行边缘计算应用所需的计算、存储、网络资源）以及上面运行的各种边缘计算应用和服务（边缘计算 App）等。
- 边缘计算管理系统：包含主机级管理和系统级管理。主机级管理主要包括边缘计算平台管理（MEPM）、虚拟化基础设施管理（VIM）等；系统级管理主要包括边缘计算运营管理平台、边缘编排器（MEO）、运营管理子系统（BSS）和运维管理子系统（OSS）等。

2.2 5G 边缘计算部署体系架构

边缘计算的整体部署由底层到上层主要包括机房基础设施、IaaS 设施、PaaS 平台及 SaaS 应用，如图 2 所示。

机房基础设施主要包括安装边缘计算设备所需的机房、机柜、电源、传输、环境监控等配套



图2 边缘计算部署体系架构

资源；IaaS 设施包括服务器、网络设备、加速器在内的硬件物理资源和虚拟资源，是用来部署和运行边缘计算业务和相关网元功能的云化基础设施；PaaS 平台是边缘计算全栈中的关键赋能模块，为上层 SaaS 应用提供平台能力、网络能力，包含运营商基础 PaaS 平台和第三方 PaaS 平台；SaaS 应用层包含基于 PaaS 层面向各行各业开发运行的各类应用程序。

3 5G 边缘计算部署位置

3.1 业务驱动边缘计算往更边缘不断下沉

5G 边缘计算可部署在地市核心机房、传输汇聚机房、综合接入机房、基站机房等不同位置，“边缘”离用户越近，时延越短，业务体验越好，如图 3 所示。

随着 5G 网络的不断拓展，越来越多的业务需要在边缘侧分析、处理与存储，如自动驾驶、远程驾驶、工业互联网、移动医疗等时延在毫秒级

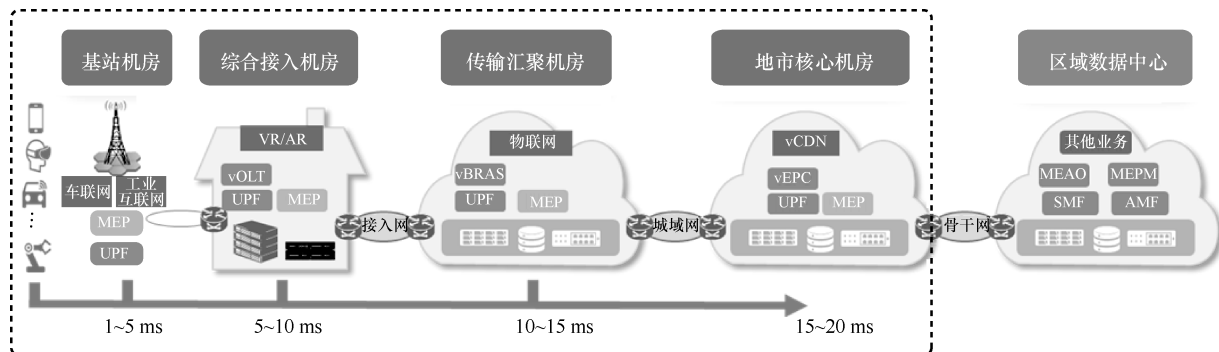


图3 5G 边缘计算部署位置

的业务要求尽可能靠近用户部署,以减少传输和转发带来的网络时延;智慧工厂、智慧港口、智慧电网和智慧园区等业务要求保证数据的安全、隐私,需在本地部署;4K/8K视频、3D视频、AR/VR等大流量业务需要靠近本地用户分流,以降低无线回传对网络造成的巨大压力。根据GSMA的预测,到2025年年末,5G人口覆盖率将超过70%,5G基站规模的增加、更好的业务体验、更低时延的业务发展将会驱动边缘计算不断往更边缘下沉,部署规模会不断提升,边缘计算将成为主流。

3.2 更靠近用户/终端的基站是边缘计算规模化部署的最佳选择

(1) 能够提供更低的时延、更安全的业务体验、更高效的网络运营

基站站址(室外站、室内站)更靠近用户/终端,UPF和边缘计算设施部署在基站机房,可以突破承载网的时延抖动、带宽等技术难点,大量业务在本地分析、计算、处理,时延可以降至1~5 ms,能够提升5G网络运营效率,可以满足目前的5G业务及将来更低时延业务的要求,实现垂直行业用户对业务数据实时、智能、安全保护等方面的关键目标。

(2) 点多面广的站址资源能够覆盖5G边缘计算全场景业务

据统计,我国有超过200万的室外及室内站址资源,城区每个室外基站覆盖半径150~200 m范围且大型楼宇都有室分资源,能够实现对各业务场景的全面覆盖。以上海、武汉及重庆3个城市的站址资源为例,工业园区场景占比约16%,景区、校园占比约13%,商业商务区场景占10%,住宅场景占61%,且各级道路、高铁、地铁、交通枢纽等场景均有室内站,能够满足各行各业的全场景边缘计算应用需求。

(3) 良好的站址资源有利于边缘计算设施的部署

基站站址具有完备的机房、电力、运维等配

套资源,可以为边缘计算设施的部署提供有利条件,解决新建边缘计算机房面临的选址、实施、维护等难题。边缘计算部署在基站机房,与UPF、5G基站共址部署,也可以节约一定的传输网络资源。

综上所述,基站位置更靠近终端/用户,且站址资源点多面广,具备边缘计算部署所需的完备配套设施,将是边缘计算下沉部署的最佳选择。但也要看到,5G业务的不断发展及垂直行业的应用需求将推动边缘计算更加广泛地部署,这意味着海量的投资和巨大的运营成本,对任意一个运营商来讲都将是巨大的压力和挑战。因此,边缘计算作为新型数字基础设施建设的重要部分,需要各方统筹需求,加强顶层设计,充分利用广泛的基站站址资源,通过共建共享进一步降低边缘计算的建设成本及运营成本,实现边缘计算的快速规模化部署,打造集约高效、经济适用、智能绿色、安全可靠的边缘计算体系。

4 5G边缘计算共享的意义

4.1 节约规模部署的投资成本和运营成本

随着5G网络的部署,超过200万的存量站址都将成为5G基站;同时,5G网络的发展也会促进新业务的不断培育和发展,新建5G基站站址的需求也会不断增加,5G站址数量将会更加庞大;业界普遍认为,5G基站数量将是4G基站的1.5倍,达到3 000 000~4 000 000个。边缘计算作为实现5G愿景的关键技术基础,如各运营商分别部署,将达到百万级别甚至千万级别的规模,而且需求的叠加会产生机房、电力、空调等配套设施改造成本,总投资将达千亿元甚至万亿数量级。同时,广泛部署的边缘计算作为微型数据中心,需要大量的专业化的维护人员提供运维服务,人力成本、电力成本、设备维护费用等长期运营成本也会非常高昂;投资成本和运营成本的巨大压力会拖慢边缘计算的部署进程,限制边



缘计算的广泛应用。

从统筹边缘计算部署需求着手，各运营商共同推动边缘计算设施的共享共建，共享使用边缘计算资源，一方面通过共享可以提升资源利用率，降低边缘计算硬件、软件需求，节省边缘计算设施对机房空间、电力、空调等配套要求，降低边缘计算设施和配套设施的投资；另一方面通过共享可降低设备功耗，既能节约运行电费，又能实现边缘计算的统一维护，从而大幅降低运营维护成本，实现各方共赢。

4.2 提升边缘计算部署效率

(1) 基站机房类型、空间、电力引入、空调配置等有所不同，各运营商分别部署多套边缘计算系统的需求叠加可能会导致部分机房空间、电力、空调等配套资源需要改造，尤其是涉及机房、外市电引入的改造实施难度大、周期长，会使边缘计算部署滞后，影响业务的开展。采用共享边缘计算部署，统一规划、统一协调、统一实施，可降低对配套设施的需求，部分机房可直接满足需求或经过简单改造实现边缘计算的快速部署，缩短边缘计算部署周期。

(2) 在边缘计算配套设施、IaaS 设施共享的基础上，进一步实现 PaaS 平台共享，部署统一平台，统一开放服务能力，共享全部资源，可实现各类新业务的快速开通，各运营商能够将更多的人、财、物聚焦业务拓展、市场经营，有利于快速营造边缘计算的良好生态。

5 5G 边缘计算共享方案

5.1 机房基础设施共享

从全国的站址分布及资源条件来看，全国约 43% 的基站分布在城区，每平方千米面积约 5~10 个站，超过 40% 的站址具备 15~30 m² 的机房，市电引入容量为 15~30 kW，配置柜式空调或挂式空调，除去通信网络设备占用的资源外，经过改造既能够为边缘计算设施的部署提供较好的条

件；绝大多数郊区农村的基站都具备 20~30 m² 的机房，市电引入容量为 20~30 kW，部分站址能够直接满足边缘计算设施的部署需求。

以 20 m² 的机房为例，如图 4 所示，各运营商的边缘计算设施共用 1 个或多个机架，共享机房电力、后备电池、空调、环境监控、紧急发电等全部配套设施，各方分摊配套设施改造费用，共享配套设施维护能力，能够大幅减轻各自投资压力。

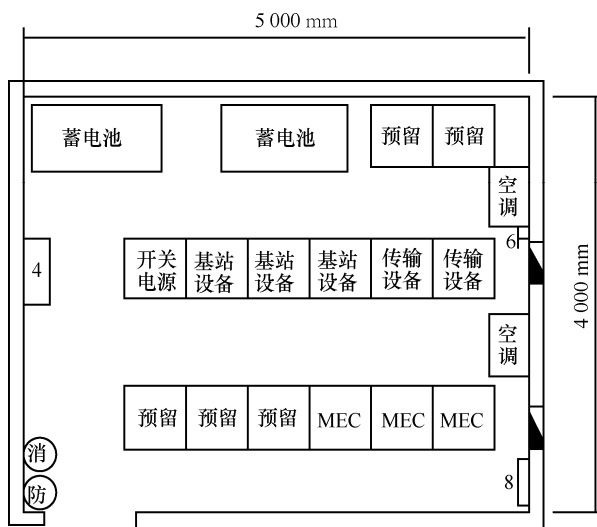


图 4 边缘计算共享机房设施

5.2 IaaS 设施共享

基站机房为边缘计算共享提供了良好的运行环境，而虚拟化基础设施是承载边缘计算平台的实体，可进一步为各运营商共享提供载体。因此，运营商可基于通用服务器架构，共享一套物理基础设施实体，并通过 NFV 技术满足各自部署边缘计算业务和相关网元功能的需求，包括边缘计算 App、边缘计算 PaaS 平台、UPF、无线设备（如 5G CU）、CDN 设备等。虚拟化基础设施服务提供商可按照各运营商的需求划分虚拟的计算、网络、存储资源，互相隔离，分别进行统一管理，满足运营商的灵活弹性的使用需求。同时，虚拟化基础设施服务提供商需建设虚拟化基础设施管理平台，提供资源管理、运维管理、计费管理、

性能管理、用户管理等。各运营商共享 IaaS 硬件资源和虚拟化基础设施，可以减少公共组件的开销，能够进一步降低下沉到边缘的硬件成本。IaaS 设施共享如图 5 所示。

多运营商部署在同一 IaaS 层时，如图 5 所示，需要保证运营商之间的安全隔离，以区分各运营商的业务、运维和安全管理，避免各运营商间数据和用户隐私泄露。同时，在资源规划方面，也需要协同考虑多家运营商未来的业务发展，统筹规划硬件资源建设和扩容，对于资源进行合理规划。

5.3 PaaS 平台共享

基于 IaaS 共享方案，如图 6 所示，各运营商分别部署各自的 MEP，存在资源上的浪费，特别是共性功能的多次、重复开发，将会大幅增加总的开发成本。因此，在 IaaS 共享基础上，进一步实

现 PaaS 共享，各运营商共享统一的融合边缘计算平台，统一开放服务能力，通过 API 提供给第三方企业应用，包括无线网络信息、位置信息等多种服务，提升用户体验，实现网络 and 业务的深度融合。在建设硬件成本方面，多家 MEP 融合部署在统一平台上，能够提升资源利用率，降低硬件资源的总体消耗；从应用部署的角度来看，通过共享 PaaS，只需要对边缘计算平台进行一次适配开发，多家运营商即可共享应用服务，使程序开发和部署变得简单且经济高效，降低开发、部署周期和成本。

基于 PaaS 平台共享方案，在工程实施方面，各运营商需要和共享边缘计算平台做好核心网/传输网络的对接；在运维方面，涉及多家运营商，需要建立分权分域的管理界面、端到端的定位定

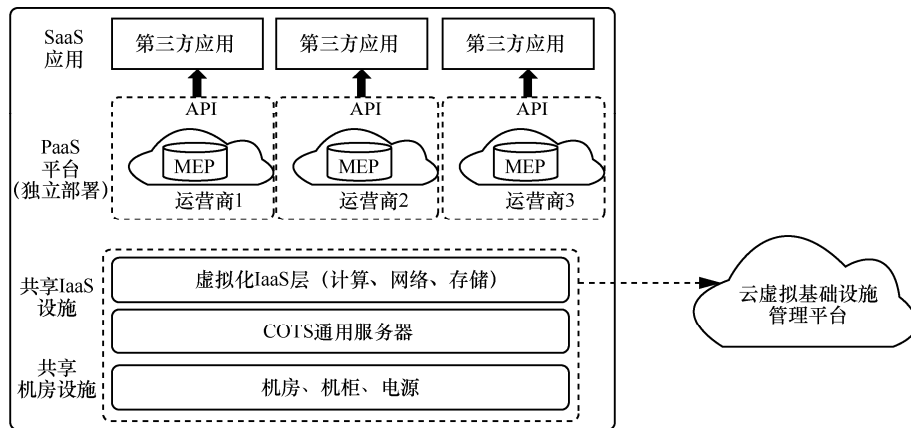


图 5 IaaS 设施共享

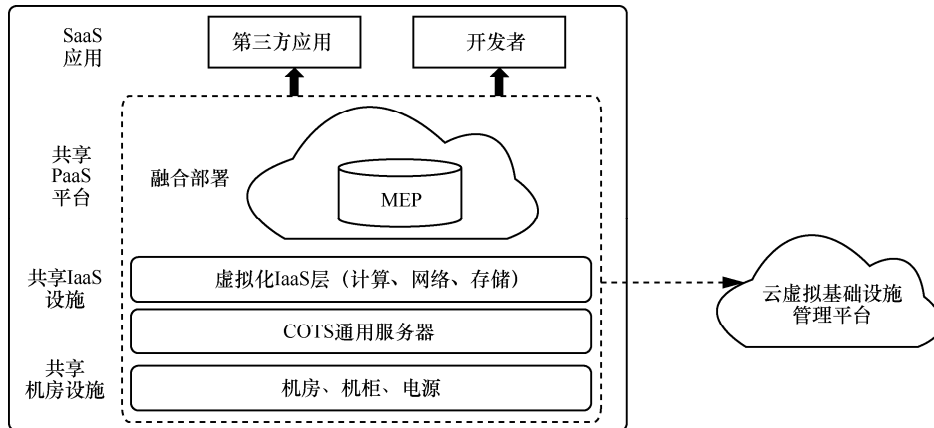


图 6 PaaS 平台共享



界流程；在资源规划和调度方面、考虑到 5G 切片业务的实现，需要各运营商间沟通协同切片业务资源的分配和调度机制。

6 结束语

5G 是推动绝大多数边缘计算应用的网络接入技术，5G 网络的不断发展以及更低时延、更高带宽的 5G 业务将推动边缘计算的部署更边缘、更大规模，这需要大量的投资、消耗大量的能源。通过 5G 边缘计算的共享部署，实现配套设施、IaaS 设施及 PaaS 平台的全部共享或部分共享，将大幅降低各运营商的投资及运营成本；同时，产业链、生态圈对设备规格、接口、互通、安全、云边协同、标准 API 等设备应用的开放化、标准化的持续推动也会不断为 5G 边缘计算共享铺平道路；这都会为边缘计算的发展、5G 的发展创造更加良好的条件，使得 5G 边缘计算为千行百业提供更好的服务。

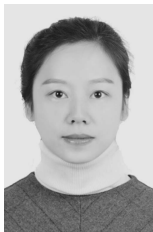
参考文献：

- [1] 朱友康, 乐光学, 杨晓慧. 边缘计算迁移研究综述[J]. 电信科学, 2019, 35(4): 80-100.
ZHU Y K, YUE G X, YANG X H. A survey on edge computing offloading[J]. Telecommunications Science, 2019, 35(4): 80-100.
- [2] 毛斌宏, 阳志明. NFV PaaS 平台架构设计[J]. 电信科学, 2018, 34(12): 144-151.
MAO B H, YANG Z M. Architecture design of NFV PaaS platform[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(12): 144-151.
- [3] GSMA. 5G 时代的边缘计算: 中国的技术和市场发展[R]. 2020
GSMA. Edge computing in 5G: China's technology and market development[R]. 2020
- [4] 中国联合网络通信有限公司. 中国联通 5G 边缘计算边缘云平台架构及商用实践白皮书[R]. 2020.
China United Network Communication Co., Ltd. China Unicom 5G MEC edge cloud platform architecture and business practice white paper[R]. 2020.
- [5] 中国移动边缘计算开放实验室. 中国移动边缘计算技术白皮书[R]. 2018.
China Mobile Edge Computing Open Lab. China Mobile edge computing technology white paper[R]. 2018.
- [6] 卜向红, 杨爱喜, 古家军. 边缘计算 5G 时代的商业变革与重构[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2019.
PU X H, YANG A X, GU J J. Business transformation and reconstruction in 5G era of edge computing[M]. Beijing: People's Posts & Telecom Press, 2019.
- [7] 张建敏, 杨峰义, 武洲云, 等. 多接入边缘计算(边缘计算)及关键技术[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2019.
ZHANG J M, YANG F Y, WU Z Y, et al. Multi-access edge computing and key technologies[M]. Beijing: People's Posts & Telecom Press, 2019.
- [8] 谢人超, 黄韬, 杨帆, 等. 边缘计算原理与实践[M]. 北京: 人民邮电出版社, 2019.
XIE R C, HUANG T, YANG F, et al. Edge computing principles and practice[M]. Beijing: People's Posts & Telecom Press, 2019.

[作者简介]



孟令彬 (1983—), 男, 中国铁塔股份有限公司高级工程师, 主要研究方向为 5G 网络技术、边缘计算、多制式共享产品创新与标准制定。



李娟 (1985—), 女, 现就职于中国铁塔股份有限公司, 主要研究方向为室分技术、小基站产品研发、边缘计算业务与产品创新。



薛楠 (1981—), 男, 现就职于中国铁塔股份有限公司, 主要研究方向为 5G 网络、边缘计算、物联网、工业互联网等。



邹勇 (1980—), 男, 中国铁塔股份有限公司无线技术总监、高级工程师, 主要研究方向为 5G 网络技术、边缘计算、多制式共享产品创新与标准制定。