



高性能 4K 直播在 5G 网络中的应用

丁亦志, 肖子玉, 李邵平, 吕红卫, 牛瑛霞

(中国移动通信集团设计院有限公司, 北京 100080)

摘要: 为了加速 5G 产业化、商用化进程, 促进 5G 与各行各业的融合创新发展, 运营商启动了 5G 业务应用示范工程。首先分析了 5G 网络下典型的业务场景, 描述了系统的总体架构, 然后从 4K 采集设备、云直播平台 and 播放终端等方面给出了硬件方案, 从直播管理、直播云快编、4K 转码、CDN 分发和网络切片等方面给出了软件方案。

关键词: 5G; 4K 直播; 转码; CDN; 网络切片

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

doi: 10.11959/j.issn.1000-0801.2019166

Application of high-performance 4K live broadcast service in 5G network

DING Yizhi, XIAO Ziyu, LI Shaoping, LV Hongwei, NIU Yingxia

China Mobile Group Design Institute Co., Ltd., Beijing 100080, China

Abstract: In order to accelerate the industrialization and commercialization of 5G and promote the integration and innovation development of 5G with various industries, the operators launched the demonstration project of 5G business application. The typical business scenarios under 5G network was firstly analyzed, the architecture of system was described, then hardware scheme was given including 4K collector, cloud platform and broadcast terminal. Then software solutions were proposed including management platform, cloud fast encoding system, 4K transcoding platform, CDN and network slicing.

Key words: 5G, 4K live broadcast, transcoding, CDN, network slicing

1 引言

为应对未来爆炸性的移动数据流量增长、海量的设备连接、不断涌现的各类新业务和应用场景, 5G 移动通信技术应运而生。为了加速我国 5G 产业化、商用化进程, 促进 5G 与各行各业的融合创新发展, 进一步提升信息通信产业支撑社会经

济发展的能力, 运营商启动了 5G 规模组网建设及应用示范工程。

本文结合 5G 高速率、大带宽、低时延等特性, 基于稳定高带宽的 5G 网络, 构建智能化直播业务管理平台以及便捷高效的录像后期处理云平台, 结合现场专业化 4K 高清视频采集设备, 通过 5G 网络通道传输, 实现 5G 网络下的高性能 4K 直播。

在保证大型直播活动专业化拍摄、传输的同时,通过强大的视频云非编平台和专业的运营措施,增强4K直播活动的可运营性,可有效推动直播行业的运营服务层次以及活动的可推广性^[1]。

2 5G网络下典型业务场景

2.1 5G业务需求

5G时代的主要业务需求划分为以下3类场景:

- 增强移动宽带(eMBB)场景,聚焦对带宽有极高要求的业务,提供Gbit/s级的高传输速率,如4K直播、VR/AR等;
- 低时延高可靠(uRLLC)场景,聚焦辅助驾驶/自动驾驶、工业控制、远程手术、无人机控制等对时延极其敏感的业务,提供<1ms的极低时延;
- 低功耗大连接(mMTC)场景,覆盖智慧城市、智慧农业、抄表业务等具有高连接密度的场景,提供每平方千米百万连接,助力物联网加速发展。

在充分了解相关行业的需求后,我国针对相关场景开展技术及产品研发,在5G网络环境下开展业务展示与应用示范,从而集中展现我国推动5G发展的最新进展,提升国际影响力,引领全球5G产业发展。

2.2 4K直播典型业务场景

2.2.1 部署场景

部署场景为医疗类、教育类、演艺赛事类、会议类等大中小型4K超高清网络直播。结合大型直播事件(如体育活动、音乐会、大型会议及展会等)进行4K直播及录像呈现示范展示。

2.2.2 业务描述及特点

基于高带宽低时延的5G网络,构建智能化直播管理平台以及便捷高效的录像后期处理云平台,结合现场专业化4K高清视频采集设备,通过5G网络通道传输,实现高性能4K直播。在保证大型直播活动专业化拍摄和传输的同时,通过强

大的视频云非编平台和专业的运营措施,增强4K直播活动的可运营性,可有效推动直播行业的运营服务层次以及活动的可推广性。

同时,HDR功能为画面呈现提供更多的动态范围和图像细节,使画面色彩更饱和,亮度更丰满,更好地反映真实环境中的视觉效果,给观众带来身临其境的最佳感受。

3 系统总体架构

3.1 4K直播系统架构

本系统由现场4K采集设备、5G传输通道、云直播平台和播放终端组成,如图1所示。

(1)4K采集设备主要包括4K广播级讯道摄像机、导播台、编码器、CPE和4K镜头及电影镜头等,完成4K HDR拍摄端的拍摄工作。

(2)5G传输通道,通过5G NR空口实现上行大带宽业务,采用5G边缘计算的本地分流能力,降低直播业务的端到端时延,采用5G网络切片技术实现大流量的资源保障,网络侧保证了从直播现场到CDN边缘节点、CDN边缘节点到演示现场的数据传输。CDN边缘节点到云直播平台之间的传输链路由CDN保证^[2]。

(3)云直播平台主要包括直播管理平台、直播云快编系统和4K转码平台,将原始直播视频内容生成流畅、标清、高清、超清等码率以满足不同观众的要求。

(4)播放终端由4K电视及配套4K机顶盒、全高清电视及配套高清机顶盒组成,完成视频内容的播放和演示。

3.2 相关业务流程

本系统端到端的业务流程如下所示。

(1)由前端技术拍摄人员使用4K广播级摄像机采集4路超高清原始信号至导播台,导播台进行视频节目制作,输出1路视频内容给视频编码器,视频编码器对内容进行编码,完成后通过Wi-Fi传送给CPE设备。

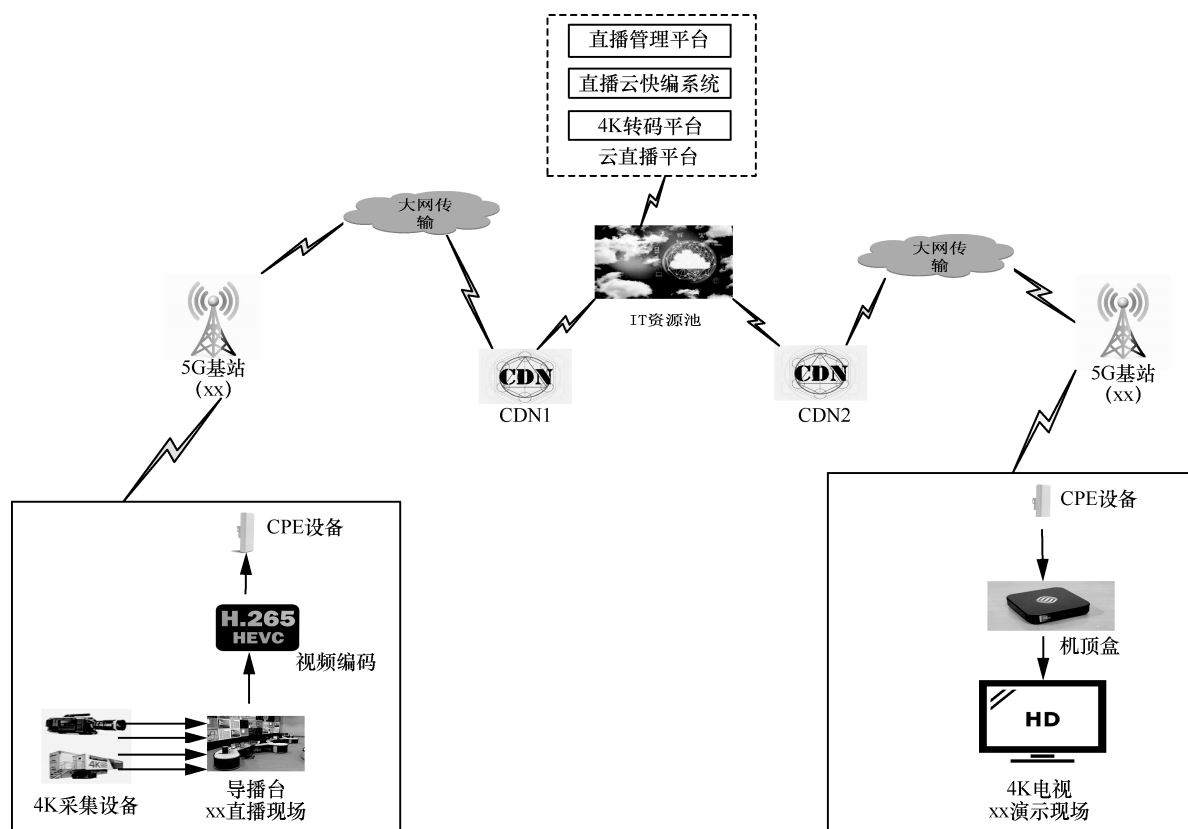


图1 4K直播系统架构

(2) CPE设备将Wi-Fi信号转换成5G信号，接入附近的5G基站，通过5G切片网络传输至CDN边缘节点。

(3)直播云服务平台通过接入该CDN边缘节点，并通过拉流的方式将视频内容拉回中心处理平台。直播云服务平台首先将收到的直播视频内容接入高质量转码平台，生成流畅、标清、高清、超清等码率以满足不同观众的不同需求，之后通过直播云快编服务（拆条、收录、快编）对转码内容进行加工，处理后的直播流内容再通过CDN推送到位于距离测试展示地点最近的CDN边缘节点。

(4)之后通过5G切片网络接入测试展示地点的CPE设备，并通过CPE设备将5G信号转换为Wi-Fi信号，进一步传送给智能机顶盒设备和4K电视播放设备进行视频展示。

3.3 4K HDR 实现

4K HDR 视频制作流程如图2所示。

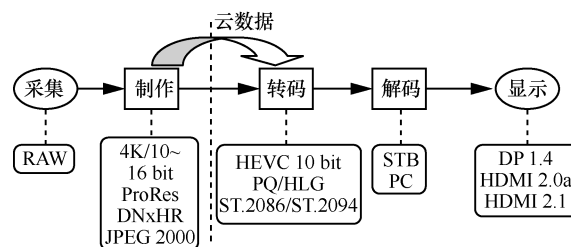


图2 4K HDR 视频制作流程

(1) 4K HDR 拍摄端

要求成像器件支持大动态范围，根据摄像机厂商制定相应的OETF标准，如Sony S-log3曲线、Panasonic V-log曲线。硬件设备也需兼容支持主流的HLG及HDR10（PQ）标准。

(2) 制作端

采用主流的支持HDR的编辑及制作软件的

先进技术,并集成到高质量转码平台以及录像后期处理平台,针对采集的4K HDR点/直源完成高品质加工。

(3) 直播及点播编转码分发

直播编码器的输入源包括SDI和IP两种方式,因此需针对直播的场景实现不同方式的直播流采集。SDI输入方式主要在事件性直播中使用,比如演唱会、比赛等现场活动,直接给编码器提供采集源;IP输入方式主要使用在现场回传的直播或者卫星信号等,需要编/转码器可以识别信号或者文件等输入源的HDR信息,同时编/转码器需要支持4K、HEVC、50/60帧、BT.2020、10 bit、HLG/HDR10(PQ)/动态HDR,支持多种HDR规范的相互转换及HDR与SDR之间的相互转换,以满足不同终端的适配要求。

(4) 解码端和显示端

在STB、电视、PC以及手机播放器上支持相应的HDR亮度曲线及色域空间的解析和映射能力,且兼容SDR,从而实现4K HDR直播的全终

端覆盖。

4 相关建设方案

本节从硬件和软件两方面详细介绍5G网络下的高性能4K直播建设方案。

4.1 硬件方案

4.1.1 4K采集设备

需要配置4K广播级信道摄像机、4K镜头及电影镜头、导播台、现场编码推流设备和CPE等,完成4K HDR拍摄端的拍摄工作。具体配置见表1。

初期现场编码设备、电视(机顶盒)尚不支持5G模组,建议配置CPE(将5G信号转换为Wi-Fi信号)设备。上行CPE部署于视频内容采集制作间,将从编码器发出的Wi-Fi信号转换为5G信号后,直接接入附近的5G基站;下行的CPE部署在用户侧,接入电视机和机顶盒。

后期随着5G终端产业成熟,可通过在视频编解码器和电视(机顶盒)等设备中集成5G模组/5G数据卡方案实现。

表1 4K采集设备配置

序号	名称	设备能力要求	功能描述
1	4K广播级信道摄像机	支持B4广播级镜头卡口,支持分辨率3 840×2 160像素(Ultra HD)及1 920×1 080像素等,帧率支持23.98 f/s、24 f/s、25 f/s、29.97 f/s、30 f/s、50 f/s、59.94 f/s及60 f/s	直播视频源采集
2	4K镜头及电影镜头	4K广播级B4卡口镜头	直播视频源采集
3	4K导播台	支持最少8路4K(3 840×2 160像素 Ultra HD)信号接入,自带多画面分割器、帧同步,TALLY,至少4个特效键	切换台监视不同摄像机信号
4	4K现场编码推流设备	硬件配置:高性能编码处理器;4通道3G-SDI或者1通道12G-SDI采集卡;64 GB DIMM ECC DDR4;双电源;GBE×6;200 GB SSD。 软件配置:编转码平台操作系统;接入协议许可(UDP、HTTP、RTMP、SDI);视频解码许可(MPEG2、H.264、H.265、AVS+、AVS2);音频解码许可(AAC、MP2、MP3、AC3、DD+);输出协议许可(UDP、RTP、HLS、RTMP、HTTP、MS smooth streaming);视频编码许可(H.264、H.265);音频编码许可(AAC、MP2、MP3、AC3、DD+);一进多出编转码任务许可;HLG/HDR10 HDR曲线处理许可;HDR与HDR互转处理许可。SDR与HDR互转处理许可;播放预览许可;内容编辑许可;图文包装许可;直播控制许可;收录许可;网络管理与负载均衡单元;用户权限管理单元;日志告警管理单元;时间时区管理单元;任务控制单元;预设管理单元;素材管理单元。单机性能参考:1路4K/H.265 50帧直播编码能力或8路全高清25帧H.265直播编码能力或16路720P 25帧H.265直播编码能力;支持Wi-Fi信号	实现对SDI信号的编码并以流协议推送至目标网络
5	CPE	具备Wi-Fi到5G信号转换能力,1个用于采集端上行,1个用于展示端下行,1个备用	将5G信号转换为Wi-Fi信号



表 2 具体配置

设备名	硬件配置
全高清电视	分辨率为 1080P；支持 HDMI2.0；支持无线/网线网络连接
全高清机顶盒	支持 HDMI2.0；配备了 SD 卡接口；支持 1080P 高清视频播放
4K 电视	分辨率为超高清 4K HDR（3 840×2 160 像素）；OLED 屏；亮度 1 000 流明以上；支持 2160P 格式；支持 HDMI2.0；支持无线/网线网络连接
4K 机顶盒	支持 HDMI2.0；配备了 SD 卡接口；支持 4K HDR 超清视频播放；支持 P60 的解码能力；配备 2 GB 内存和 8 GB 闪存；支持 1 个 PCIe2.0 接口

4.1.2 播放终端设备

播放终端由 4K 电视及配套 4K 机顶盒、全高清电视及配套高清机顶盒组成，具体见表 2。

4.1.3 其他大网设备

对 5G 基站等大网设备网络指标的需求见表 3。

表 3 对网络指标的需求

主要网络指标	单位	数量	备注
上行速率	Mbit/s	40	
下行速率	Mbit/s	40	
单小区并发终端数	个	100	
上行网络时延	ms	<100	
下行网络时延	ms	<100	
可靠性		99.999%	
是否单独划分切片			是
是否需要连续覆盖			是
是否需要边缘计算			否

4.2 软件方案

软件系统主要由直播管理平台、直播云快播系统、4K 转码平台以及低时延 CDN 分发系统组成。

4.2.1 直播管理平台

直播管理平台为 5G 试验网重新搭建一套演示系统，包括直播平台管理系统、管理直播频道、统计平台和直播平台门户等。

- 直播平台管理系统，切换直播源，增加直播转码频道。
- 管理直播频道，便于用户增加、删除频道。

- 统计平台，按用户统计带宽资源与计算资源使用情况。
- 直播平台门户，用于 Web 用户访问，包括用户登录、创建直播频道、删除直播频道、配置直播频道、发布直播频道、请求频道直播地址和播放器定制等服务。

4.2.2 直播云快编系统

直播云快编系统用于收录直播流进行实时快编、剪辑等一系列视频加工操作，制作完整可发布的视频节目，并通过接口能力将节目注入媒资平台，进入内容发布流程。该系统功能包括内容收录、视频快编、流媒体服务、系统参数配置、内容输出、任务分配、权限控制、统计报表、系统预警九大组件。

性能要求如下：

- 低码率直播流输出到拆条客户端与采集直播流实时进度误差不能超过 60 s；
- 视频拆条效率可达到 6 倍实时以上速度（一个 1 h 的节目视频在播出完毕后到最终输出到媒资，消耗时间小于 10 min）；
- 每个快编客户端可以同时处理 3 个任务以上（即一个拆条人员在一台工作站可以同时处理 3 档节目）。

4.2.3 4K 转码平台

4K 转码平台包括 4K 离线转码和 4K 在线转码。

系统支持分布式切片转码，启动一个转码任务后，系统会根据视频源的时长、系统的配置等判断分片信息，确定后将任务分片到多台服务器

进行转码,最终合成为用户所需的目标文件。切片转码能集中多台设备的计算能力处理一个任务,使任务能够在最短时间内生产完成,提供整体业务的响应效率。

4.2.4 低时延 CDN 分发

低时延 CDN 系统作为满足低延时直播、互动直播需求而建设的细分行业 CDN,整体架构上与传统 CDN 常见的树形架构不同,多呈现网状结构。因此,在系统功能上应具备多中心的源站服务能力、多边缘的直播下行服务能力、统一的全平台直播管理能力、可配置的直播服务智能调度能力以及可供采集分析的日志输出能力。

低时延 CDN 逻辑框图如图 3 所示。

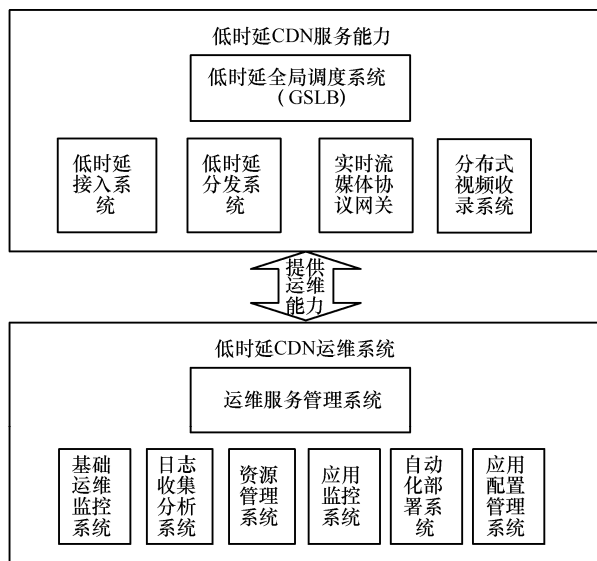


图3 低时延 CDN 逻辑框图

(1) 低时延 CDN 服务系统

主要提供 RTMP 直播流接入及收录服务,具备流中断、查询、防盗链验证能力。同时为流管理平台提供截图能力、流状态信息汇总能力。相关配置文件灵活,日志格式可根据配置定义输出格式。具备自动重启功能,满足 7×24 h 不间断服务。整体架构方案需提供系统内时延承诺并说明依据,并满足不少于 1 TB 全网流量的服务能力。主要包括低时延接入系统、低时延分发系统、

实时流媒体协议网关和分布式视频收录系统。

(2) 低时延 CDN 运维系统

为满足 CDN 可运维的要求,CDN 系统中应包含运维子系统。运维子系统是一套完整的、独立的、易操作的运维管理界面,包括运维服务管理、基础运维监控系统、日志收集分析系统、资源管理系统、应用监控系统、自动化部署系统和应用配置管理系统等功能。

(3) 低时延 CDN 分发处理流程

CDN 边缘节点与移动网络紧密结合,节点部署位置下沉,更加贴近视频采集地点与展示平台地点,请求在边缘直接响应。多 CDN 互联,多个 CDN 之间通过开放的互联接口连接,形成对业务逻辑统一的广域 CDN 系统,有效拓展自身转发能力,为保证视频的高质量分发。CDN 将承担本工程的视频分发任务。

4.3 5G 网络关键技术方案

通过 5G 网络切片技术,普通用户上网的业务流和直播业务流跑在不同的切片通道里面,上网业务流出现拥塞时,不会影响到直播用户的业务体验:通过 5G 边缘计算技术实现直播流程的本地分流,降低端到端网络时延^[3]。端到端切片业务隔离和保障如图 4 所示。

(1) 5G 核心网基于 NFV 虚拟化/容器技术实现直播转发面和其他业务的转发面隔离,实现核心网转发的 QoS 保障。

(2) 无线接入网基于切片化的资源管理和调度实现无线侧的直播业务 QoS 保障^[4]。

(3) 传输网当前可以通过专线方式实现业务 QoS 保障,未来可以基于 SDN 增强的传输技术实现按需的传输切片。

(4) 5G 网络通过在直播现场设置边缘网关 UPF 和边缘计算平台,降低直播业务的端到端网络时延。

此外,网络切片管理层还提供端到端切片管理运维和闭环控制。

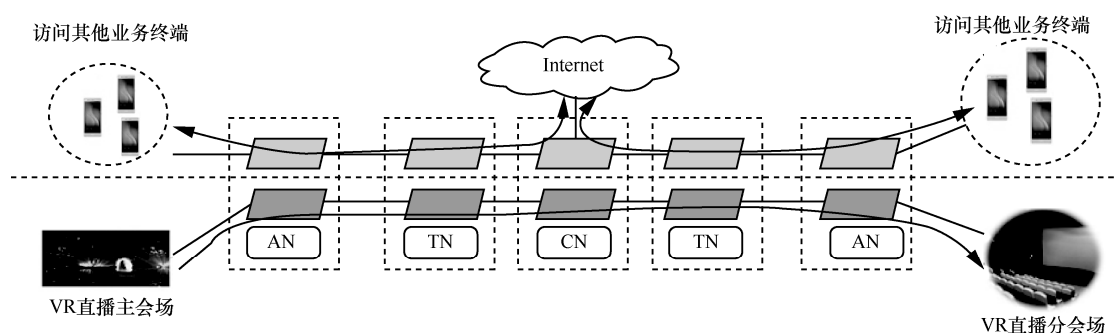


图4 端到端切片业务隔离和保障

(1) 切片管理层可以获取业务的端到端和每个子域的时延和带宽，从而评估直播业务体验的质量。

(2) 在业务体验出现或将来出现下降时实现闭环控制，比如随着直播用户数量的增加，流量超出初期的设计容量，切片管理中心可以按需地对直播切片转发面进行伸缩管理。

5 结束语

此方案已经运用在 5G 规模组网建设及应用示范工程中，待 5G 试验网上线运行后，就能为用户带来身临其境的用户体验。当前，5G 正处于技术标准形成和产业化培育的关键时期，全球各国在国家数字化战略中均把 5G 作为优先发展领域，强化产业布局，塑造竞争新优势。随着 5G 技术的逐渐成熟，后续超高清、3D 和沉浸式视频的业务需求将可能是后续业务的发展重点。

参考文献：

- [1] 3GPP. Service requirements for machine-type communications (MTC) stage1 (Release13): TS 22.368V13.1.0[S]. 2016.
- [2] 肖子玉. 面向 5G 网络运营转型思路[J]. 电信工程技术与标准化, 2016(3): 1-5.
XIAO Z Y. Challenge and transformation to meet 5G technology[J]. Telecom Engineering Technics and Standardization, 2016(3): 1-5.
- [3] 钱昭. 浅谈 5G 移动网络切片技术及关键问题研究[J]. 网络安全技术与应用, 2017(12).
QIAN Z. Research on network slicing and key problems of 5G

mobile network[J]. Network Security Technology & Application, 2017(12).

- [4] 程日涛, 张海涛, 王乐. 5G 无线网部署策略[J]. 电信科学, 2018, 34(Z1): 1-8.
CHENG R T, ZHANG H T, WANG L. Deployment strategy of 5G wireless network[J]. Telecommunications Science, 2018, 34(Z1): 1-8.

[作者简介]



丁亦志（1979—），男，中国移动通信集团设计院有限公司高级工程师，主要从事数据业务网、IT 支撑网及信息安全方面的工程咨询、设计和研究工作。

肖子玉（1969—），女，中国移动通信集团设计院有限公司网络所总工程师、教授级高级工程师，中国通信学会信息网络专业委员会委员，美国北卡罗来纳州立大学访问学者，主持完成 IMS 核心网、国际通信网、NFV、5G 等多项重点工程研究、咨询和设计项目。

李邵平（1985—），男，中国移动通信集团设计院有限公司工程师，主要从事数据业务网方面的工程咨询与设计工作。

吕红卫（1968—），女，中国移动通信集团设计院有限公司网络所所长、教授级高级工程师，享受国务院政府特殊津贴。长期从事通信工程咨询设计工作。

牛瑛霞（1971—），女，中国移动通信集团设计院有限公司教授级高级工程师，主要从事数据通信业务网和 IP 网方面的工程咨询与设计工作。



国之重器出版工程

网络强国建设



多接入边缘计算 (MEC) 及关键技术

Multi-access Edge
Computing (MEC) and
Key Technologies

张建敏 杨峰义 武洲云 张郑锟 王煜炜 编著

人民邮电出版社

书号: ISBN 987-7-115-50235-3

定价: 128.00元

出版时间: 2019年1月

内容简介

本书结合未来5G网络演进趋势全面讨论了5G多接入边缘计算(MEC)及关键技术,内容涵盖5G网络需求及架构、MEC概念应用场景及需求分析、MEC系统架构及部署组网策略以及MEC系列关键技术,包括本地分流技术、缓存加速、网络能力开放、移动性管理、固移融合、计算卸载等不同层面。

本书可供具有一定移动通信技术基础的专业技术人员或管理人员阅读,也可作为高等院校相关专业师生的参考读物。

ISSN 1000-0801



邮发代号: 2-397 国外代号: M841 定价: 68.00元