

# 面向虚拟CDN的 5G与MEC融合平台设计与实现

## Design and Implementation of 5G and MEC Convergence Platform for Virtual CDNs

邓贤洪<sup>1</sup>,赵朕宇<sup>1</sup>,黄蓉<sup>2</sup>,张天魁<sup>1</sup>,朱禹涛<sup>3</sup>(1.北京邮电大学,北京100876;2.中国联通研究院,北京100048;3.金砖国家未来网络研究院中国分院,广东深圳518045)

Deng Xianhong<sup>1</sup>,Zhao Zhenyu<sup>1</sup>,Huang Rong<sup>2</sup>,Zhang Tiankui<sup>1</sup>,Zhu Yutao<sup>3</sup>(1. Beijing University of Posts and Telecommunications, Beijing 100876, China; 2. China Unicom Research Institute, Beijing 100048, China; 3. China Branch of BRICS Institute of Future Networks, Shenzhen 518045, China)

### 摘要:

随着元宇宙等概念的提出,视频流应用对网络带宽和时延的要求越来越苛刻。针对传统CDN容易出现节点内设备负载不均衡造成时延过长的问題,提出了一个面向虚拟CDN的5G和MEC融合平台设计方案,并依照设计方案完成了平台的搭建。最后,通过高并发推拉流实验证明了该融合平台拓展了虚拟CDN的高并发能力。

### 关键词:

虚拟CDN;5G网络;移动边缘计算

doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.02.009

文章编号:1007-3043(2024)02-0045-05

中图分类号:TN929.5

文献标识码:A

开放科学(资源服务)标识码(OSID):



### Abstract:

With the introduction of concepts such as metaverse, video streaming applications have become increasingly demanding in terms of network bandwidth and latency. In response to the problem of excessive latency caused by unbalance device load within nodes in traditional CDNs, a design scheme of 5G and MEC convergence platform for virtual CDN is proposed, and the platform is built according to the design scheme. Finally, the converged platform extends the high concurrency capabilities of the virtual CDN as demonstrated by high concurrency push and pull streaming experiments.

### Keywords:

Virtual CDN;5G Networks;Mobile edge computing

引用格式:邓贤洪,赵朕宇,黄蓉,等.面向虚拟CDN的5G与MEC融合平台设计与实现[J].邮电设计技术,2024(2):45-49.

## 0 引言

随着超高清(ultra high definition,UHD)视频、虚拟现实(virtual reality,VR)、增强现实(augmented reality,AR)等新兴业务的爆发,内容分发网络(content delivery network,CDN)节点向网络边缘迁移成为CDN未来架构的演进趋势<sup>[1]</sup>。

移动边缘计算(Mobile Edge Computing,MEC)已经逐渐成为5G通信技术发展过程中的关键技术之一。MEC技术使应用程序服务器能够靠近终端设备,从而消除网络拥塞并减少端到端延迟,有利于许多具

有低延迟或/和高带宽需求的应用(例如:VR、AR和V2X)<sup>[2]</sup>。MEC向用户提供了许多服务,如计算资源、存储资源、网络资源、用户流量管理和网络带宽管理等<sup>[3]</sup>。MEC还将虚拟化资源和核心网络资源进行结合,提供共有与私有相结合的一体化服务。MEC技术的目的是对云计算进行迁移,并接入网络边缘,同时增加存储、计算以及数据管理、通信等诸多功能,从而为移动终端用户提供更优质的数据服务与功能,带宽更高,能够有效减少网络负荷,满足业务及数据对网络带宽的实际需求<sup>[4]</sup>。

传统CDN受存储资源、存储位置等条件的约束,容易导致节点内设备负载不均衡以及服务时延过长的问題,严重影响用户的业务体验。且CDN受制于各

收稿日期:2024-01-09

种物理资源的隔离导致不易满足多元化业务的加速需求,无法实现业务的快速部署。vCDN的出现很好地弥补了传统CDN的缺陷。vCDN是一种使用虚拟化技术的内容交付网络,能够根据供应商的需求以动态和可扩展的方式分配虚拟存储、虚拟机和网络资源,可作为第三方虚拟应用程序部署在任何数据中心的服务器上,也可部署在任何支持网络功能虚拟化(Network Functions Virtualization, NFV)或软件定义网络(Software Defined Network, SDN)功能的设备的虚拟机上。而MEC-vCDN边缘业务平台在本地的部署,使其覆盖范围内的相关云计算处理均可以在本地直接完成,无需将业务流上传至汇聚层,再绕经核心网在Internet集中云端完成,因此可以大幅度降低大视频业务流对核心网和城域网的冲击,同时降低业务处理时延,提升用户的视频业务体验<sup>[5]</sup>。5G作为新一代无线移动通信网络,主要用于满足2020年以后的移动通信需求<sup>[6]</sup>,具有低时延和高带宽的特点。在5G标准中,3GPP SA2下一代网络构架研究(3GPP TS 23.799)以及5G系统架构(3GPP TS 23.501)对MEC给予了支持<sup>[7]</sup>,能够进一步助力MEC优化CDN平台服务。

综上,为了实现高同步、高带宽、低时延的视频流业务,改善传统CDN服务的不足,本文提出了面向虚

拟CDN的5G和MEC融合平台设计方案。

## 1 方案设计

为了实现面向虚拟CDN的5G和MEC融合平台设计方案,本文分别对5G平台和MEC-vCDN平台进行设计,技术架构如图1所示。

a) MEC-vCDN平台设计。MEC-vCDN平台设计架构中主要包括MEC管理控制节点和MEC边缘工作节点,管理控制节点通过API控制具体工作的部署。具体来说,需要在一个边缘工作节点上部署CDN源缓存服务和CDN网络代理服务,在其他的边缘工作节点上部署多个CDN流分发服务。其中,每个节点都包含一个MEC网络管理服务,外界需要通过MEC网络管理服务进行负载均衡等操作,最后将请求转发给目标节点的对应服务进行处理。

b) 5G平台设计。部署包括AMF、SMF、UPF、NRF、UDM、AUSF、PCF、UDR、NSSF、N3IWF等网元,核心网通过UPF实现内容转发,UPF可以在MEC-vCDN边缘侧部署,使终端流量更少地回到核心网绕行,大大降低网络应用访问时延;gNB通过N2接口与AMF对话连接至核心网,gNB附近用户与AMF对话发起注

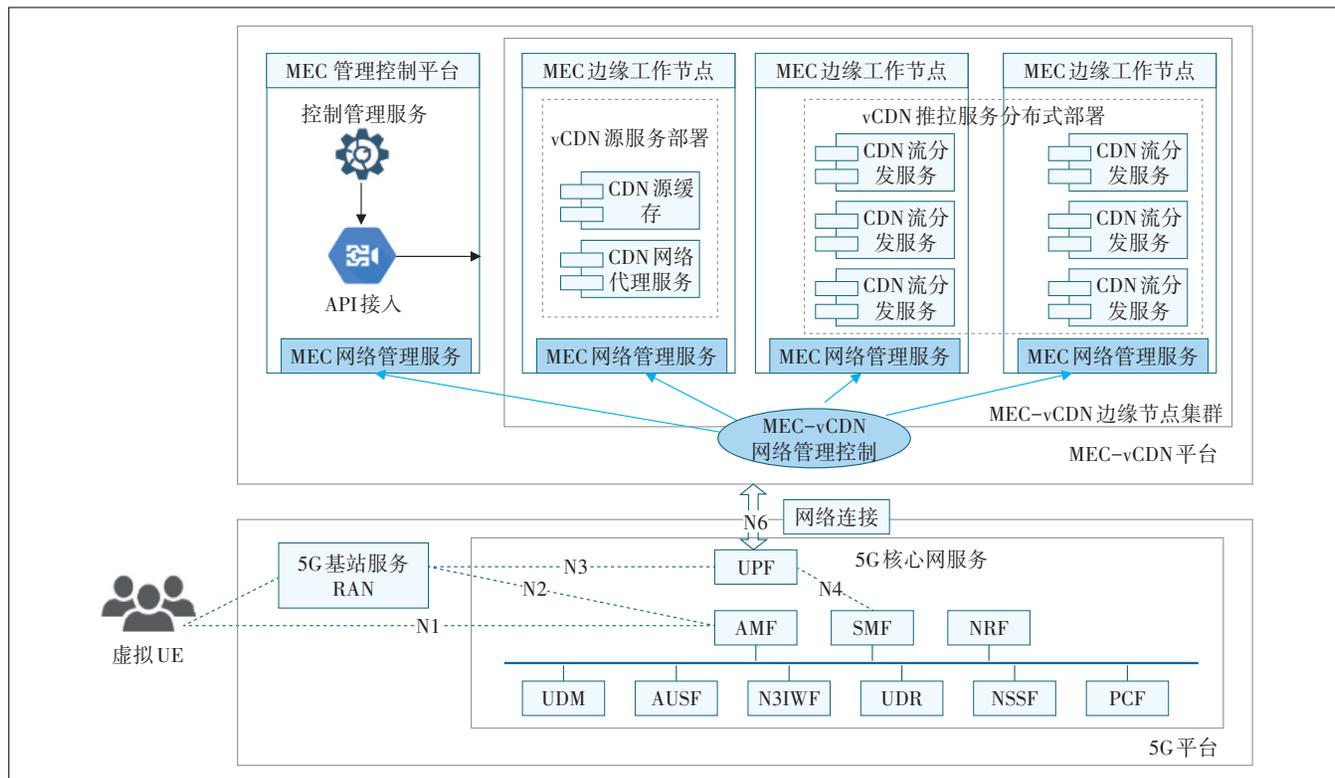


图1 5G-MEC-vCDN总体架构

册,SMF对用户完成注册后,用户接入核心网,边缘侧UPF通过N3接口将内容转发给距离最近的gNB,最终通过gNB将拉取的内容转发到各个用户。

## 2 实验平台实现方案

为了实现5G网络下的MEC-vCDN融合架构,需要分别搭建5G平台和MEC-vCDN。如图2和图3所示,MEC-vCDN平台和5G网络平台分别在服务器S04和S05上搭建,下面将具体介绍这2个平台。

### 2.1 5G架构部署实现

基于5G平台设计方案,实现了模拟5G核心网以及接入网和UE的搭建工作,实现了5G网络中的流量转发功能演示和性能验证。为了成功部署拥有各个网元功能模块的核心网,本项目选择使用开源项目Free5GC来部署核心网。本平台的接入网以及模拟UE使用openXG进行搭建。由于openXG自带rfsimulator,可以不使用USRP设备实现gNB与UE的连接,极大地方便了验证平台的调试。

在平台具体实现方面,首先在S05服务器上搭建了3台虚拟机(见图2),分别作为核心网、gNB以及

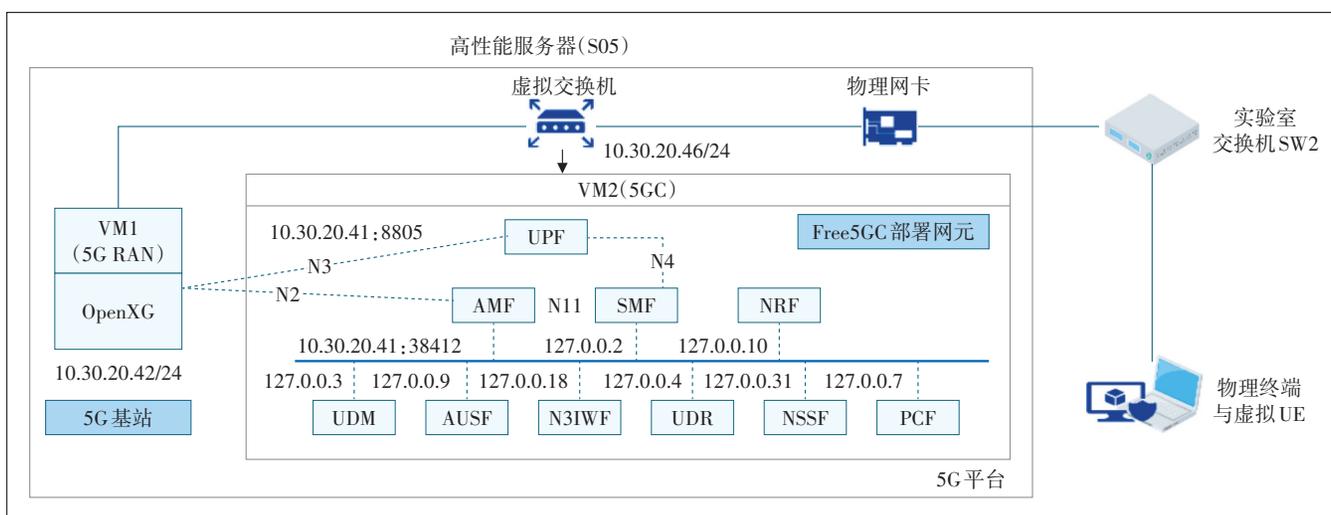


图2 功能架构部署图(5G平台)

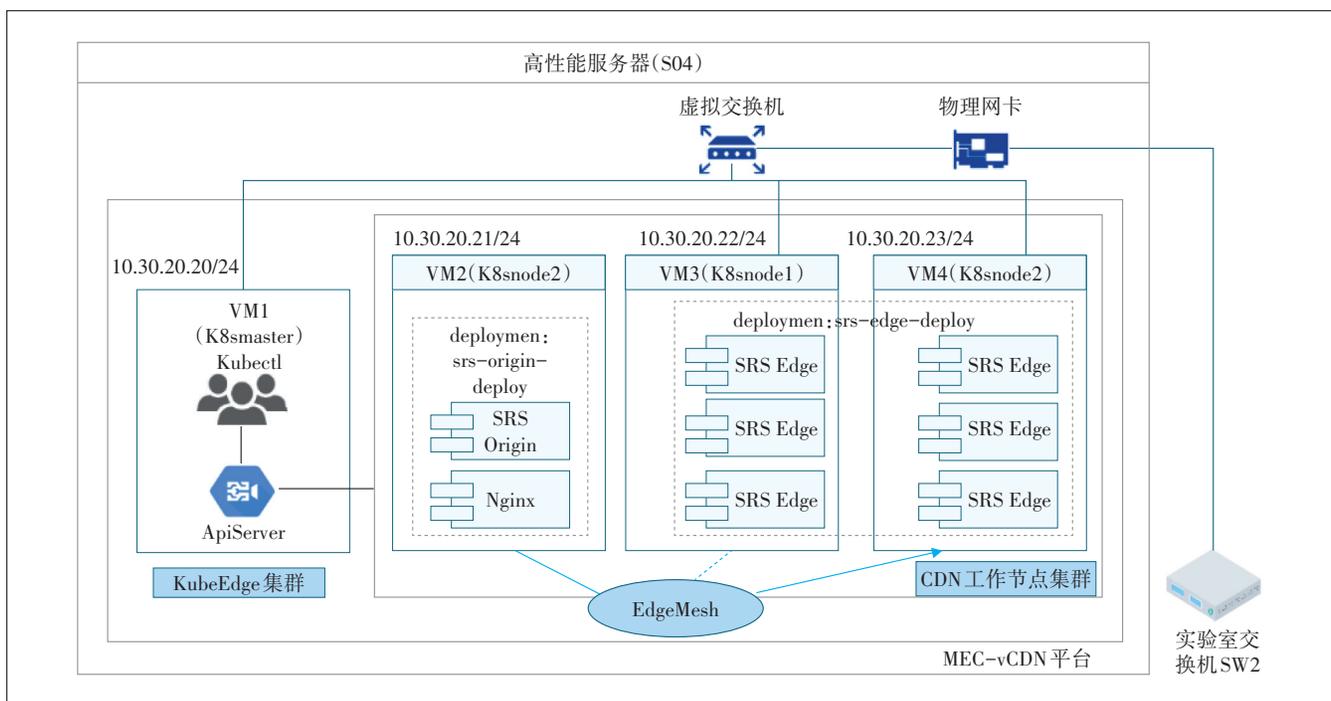


图3 功能架构部署图(MEC-vCDN平台)

UE1, 并使用虚拟网桥的方式为3台虚拟机分配静态IP。其次还在远端的笔记本电脑上安装了图形化界面的虚拟机UE2, UE2通过桥接模式连接至主机。

主机再通过交换机SW2连接至机房网络, 这样UE2便可连接至机房网络。具体的部署架构如图4所示。

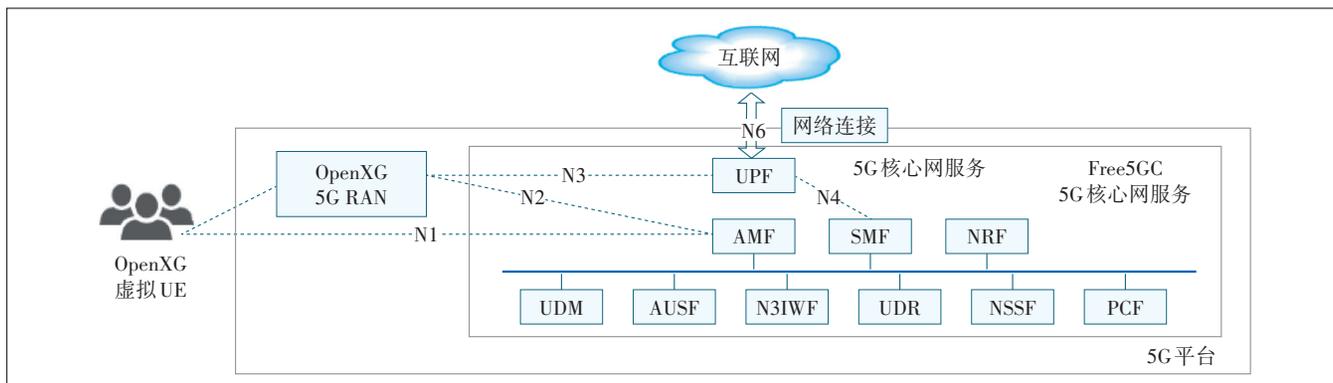


图4 5G平台架构部署

## 2.2 MEC-vCDN平台部署实现

在MEC-vCDN平台设计中, MEC的实现使用了KubeEdge, vCDN的实现则使用了简单实时服务器(Simple Realtime Server, SRS)。在MEC的实现上, KubeEdge构建于Kubernetes之上, 采用虚拟化技术, 可将本地容器化应用程序编排和设备管理扩展到边缘主机。在vCDN平台构建的选择上, 选用SRS流媒体服务器, 其支持RTMP/WebRTC/HLS/HTTP-FLV/SRT等协议转换的基本功能。

MEC-vCDN平台的功能框架如图5所示。平台提供的控制工具包括Web控制台、命令行控制工具以及API服务, 通过这些功能可以实现用户业务下发和状态信息的收集。

## 3 实验验证

基于上述设计与实现, 开展了融合平台的概念验

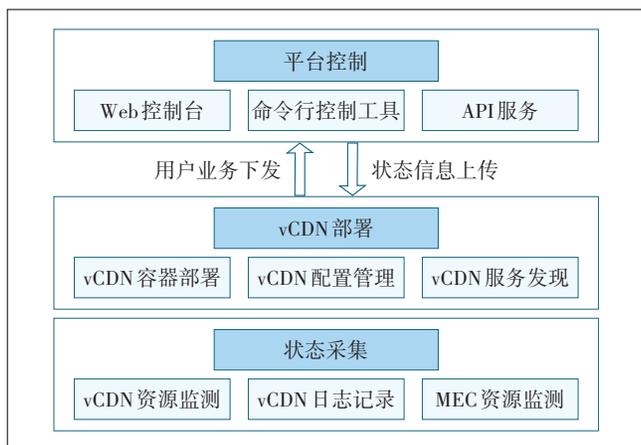


图5 MEC-vCDN平台功能框架

证与性能评估工作。融合平台的具体部署方式为: 在1台高性能服务器上划分4台虚拟机(见图3), 分别作为1个云端管理节点和3个边缘工作节点; 使用虚拟网桥的方式为4台虚拟机静态分配IP; 云端管理节点通过kubectl调用API服务器, 进而在工作节点上部署具体工作。实验内容包括视频业务服务(拉流与推流等)测试、云边运维管理以及负载均衡(高并发)测试。

### 3.1 视频播放器拉流测试

因为核心网服务器处于实验室网络下, 所以本实验中将笔记本直接连接实验室网络环境, 笔记本中的图形化界面虚拟机UE2使用桥接网络模式与主机连接, 连接至实验室网络, 最后UE2通过IP隧道连接至gNB, 实现网络连接。

以下是图形化界面拉流过程: UE2连接至核心网并测试转发情况; 在UE2端添加路由; 确认网络无误后使用VLC播放器拉流观看拉流效果。

拉流测试是在UE2上的VLC播放器上拉取视频流直接观看, 通过更改视频比特率并且观看拉流效果测试网络性能。测试了视频比特率为1 000 kbit/s的拉流观看效果, 效果非常流畅。

但是当视频比特率提升后, 会出现一些卡顿, 再提高比特率则会出现明显卡顿情况, 这是因为虚拟网卡性能不够且IP隧道的传输性能远远低于实际空口的传输性能。

### 3.2 云边运维管理

在集群的主节点上部署Kubernetes Dashboard后, 可以在浏览器中访问Web控制面板。在控制面板中, 操作人员可以清晰方便地查看多种KubeEdge资源的

使用和部署情况,同时对vCDN集群中的每个实时视频服务器进行全生命周期的监控及控制,当需要改变集群的资源配置时,也可以直接在控制台修改配置文件并下发更新。

### 3.3 负载均衡测试

为了测试融合平台的负载均衡能力,本文给出了多路流播放时集群状态以及节点和POD的资源利用情况,如图6所示(m表示为千分之一核心使用率, Mi为1 024×1 024 B)。

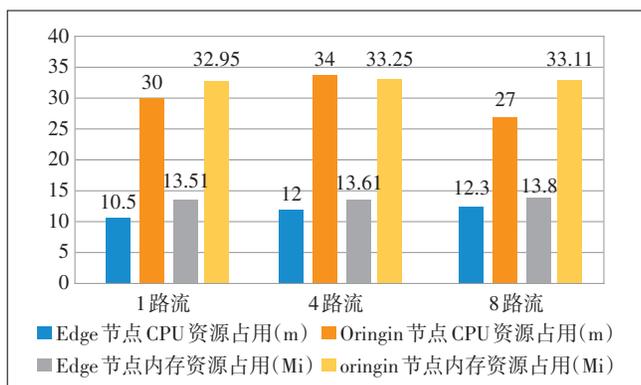


图6 节点资源占用变化

通过上述实验结果可以发现,不论是1路流还是8路流,SRS-Origin的资源占用并没有发生显著变化,也证实了Edge Cluster实现了合并回源,对于某一路流,不管有多少客户端播放,Edge Server都只会从Origin Server取1路流,这样可以通过扩展Edge Cluster来增加支持的播放能力,从而可以得出CDN网络具有高并发能力的结论。

## 4 结束语

为了改善传统CDN服务能力的不足,本文提出了面向虚拟CDN的5G与MEC融合平台设计方案,并且根据设计方案完成了平台搭建工作;最后,本文基于平台进行一系列功能验证与性能测试,实现了用户端的远程推拉流,证明了5G结合MEC可以拓展CDN的高并发能力。

### 参考文献:

[1] 沈云,杨鑫,时晓厚,等. 面向UHD-VR视频业务的MEC CDN技术[J]. 电信科学,2019,35(S2):44-53.  
[2] HUANG P H, HSIEH F C, HSIEH W J, et al. Prioritized traffic shaping for low-latency MEC flows in MEC-enabled cellular networks [C]//2022 IEEE 19th Annual Consumer Communications & Networking Conference (CCNC). Las Vegas: IEEE, 2022: 120-125.

[3] DASH S, KHAN A U, SWAIN S K, et al. Clustering based efficient MEC server placement and association in 5G networks [C]//2021 19th OITS International Conference on Information Technology (OCIT). Bhubaneswar: IEEE, 2021: 167-172.  
[4] 黄庆. MEC系统关键技术 在5G通信中的应用[J]. 信息技术与信息化, 2022(12): 167-169, 173.  
[5] 吕华章,王友祥,唐雄燕. 面向5G MEC边缘云的CDN下沉方案[J]. 移动通信, 2019, 43(1): 20-28.  
[6] 赵国锋,陈婧,韩远兵,等. 5G移动通信网络关键技术综述[J]. 重庆邮电大学学报(自然科学版), 2015, 27(4): 441-452.  
[7] 涂灿,王琛,吴志伟. 基于5G的MEC应用部署研究和政务园区实践[J]. 邮电设计技术, 2023(3): 76-82.  
[8] LOPES M, CORUJO D, DUARTE P, et al. Service assurance in 5G-based vCDN [C]//2022 International Balkan Conference on Communications and Networking (BalkanCom). Sarajevo, Bosnia and Herzegovina: IEEE, 2022: 178-182.  
[9] LV H Z, CHEN D, WANG Y X. Demonstration of vCDN scheme based on multi-access edge computing and 5G virtualization [C]//2018 IEEE 18th International Conference on Communication Technology (ICCT). Chongqing: IEEE, 2018: 215-221.  
[10] ITU-T. Distributed service networking content distribution functions: Y. 2084 [S/OL]. [2023-08-11]. <https://www.itu.int/rec/T-REC-Y.2084>.  
[11] BRIK B, FRANGOUDIS P A, KSENTINI A. Service-oriented MEC applications placement in a federated edge cloud architecture [C]// ICC 2020-2020 IEEE International Conference on Communications (ICC). Dublin: IEEE, 2020: 1-6.  
[12] ZHU H M, LIU J, LIN Y L, et al. MEC application slice and its collaboration with 5G network slice [C]//2022 IEEE International Symposium on Broadband Multimedia Systems and Broadcasting (BMSB). Bilbao: IEEE, 2022: 1-6.  
[13] ARTYCH R, BOCIANI K, CARLINET Y, et al. Security constraints for placement of latency sensitive 5G MEC applications [C]// 2022 9th International Conference on Future Internet of Things and Cloud (FiCloud). Rome: IEEE, 2022: 40-45.  
[14] MUSCAT N, DEBONO C J. A hybrid CDN-P2P architecture for live video streaming [C]//IEEE EUROCON 2021-19th International Conference on Smart Technologies. Lviv: IEEE, 2021: 312-316.  
[15] CHEN B H, CHEN G, SHEN B Y, et al. Architectural design and dynamic deployment scheme of edge computing based vCDN [C]//2023 9th International Conference on Mechatronics and Robotics Engineering (ICMRE). Shenzhen: IEEE, 2023: 235-239.

### 作者简介:

邓贤洪,北京邮电大学硕士研究生在读,主要从事移动边缘计算相关研究工作;赵朕宇,北京邮电大学博士研究生在读,主要从事算网融合关键技术研究工作;黄蓉,高级工程师,博士,主要从事无线移动通信相关技术研究及标准化工作;张天魁,教授,主要从事移动网络、算网融合等技术研究工作;朱禹涛,金砖国家未来网络研究院中国分院院长,高级工程师,博士,主要从事移动通信与网络技术研究工作。