

基于 4/5G 融合网络 QoS 差异化服务关键技术研究

朱佳琳¹, 张敏¹, 李凯¹, 刘心², 张丽伟²

(1. 中国电信股份有限公司研究院, 北京 102209; 2. 中国电信股份有限公司, 北京 100010)

摘要: 随着 5G 网络的部署和商用, 基于业务对网络能力的不同需求, 在现网中对不同用户进行差异化服务已成为行业研究热点。为此提出了一种实现 4/5G 网络 QoS 差异化服务融合部署和统一调用的方法。该方法包含了 4/5G 网络 QoS 差异化服务融合部署的网络架构、QoS 平台服务端对终端 4/5G 用户自动识别的方法以及 4/5G 融合的 QoS 业务端到端流程等。此方案的设计使得第三方不需要区分用户的 4/5G 形态, 使用全国统一的调度接口直接调用运营商的 QoS 能力, 充分发挥运营商的网络优势和价值。

关键词: 4/5G 网络; QoS; 融合部署; 统一调用

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.212211

中文引用格式: 朱佳琳, 张敏, 李凯, 等. 基于 4/5G 融合网络 QoS 差异化服务关键技术研究[J]. 电子技术应用, 2022, 48(6): 54-57, 63.

英文引用格式: Zhu Jialin, Zhang Min, Li Kai, et al. Design and implementation of QoS differential service scheme based on 4/5G converged network[J]. Application of Electronic Technique, 2022, 48(6): 54-57, 63.

Design and implementation of QoS differential service scheme based on 4/5G converged network

Zhu Jialin¹, Zhang Min¹, Li Kai¹, Liu Xin², Zhang Liwei²

(1. Research Institute of China Telecom Co., Ltd., Beijing 102209, China; 2. China Telecom Co., Ltd., Beijing 100010, China)

Abstract: With the deployment and commercialization of 5G networks, providing differentiated services for different users in the existing network has become a research hotspot in the industry based on the different needs of the business for network capabilities. Therefore, this paper proposes a method to realize the converged deployment and unified invocation of 4/5G network quality of service(QoS) differentiated services. This scheme includes the network architecture of 4/5G network QoS differentiated service fusion deployment, the method of QoS platform server to terminal 4/5G user automatic identification, and the end-to-end process of 4/5G converged QoS service. The design of this scheme enables the third party to directly call the QoS capability of the operator using the unified scheduling interface of the whole country without distinguishing the 4/5G form of the user, giving full play to the network advantages and value of the operator.

Key words: 4/5G network; QoS; converged deployment; unified invocation

0 引言

聚焦“十四五”规划,我国将以“新基建”的持续深化发展作为未来五年发展的主要目标之一,其中加快 5G 网络的建设和部署已成为工作重心。自 2019 年工信部宣布 5G 正式商用以来,四大运营商开始纷纷聚焦 5G 网络规模化部署,已累计建成基站 110 多万个,终端连接数超过 4 亿个。在现网移动通信过程中,考虑到通信现网存量状况以及未来网络发展趋势等因素,在 5G 部署不完善的情况下还需要长时间通过 4/5G 网络融合来保障用户具有连续的业务体验。4G 和 5G 融合网络的建设不但可以提升网络的运营能力,还可以进一步缩短 5G 网络的建设时间,为 5G 网络的普及打下坚实的基础。

随着 5G 网络技术的不断成熟,众多通信场景如增强移动带宽(eMBB)、海量机器类通信(mMTC)、超高可靠低时延通信(URLLC)等纷纷呈现定制化的网络需求^[1]。在现网部署和运营过程中,设计 4/5G 融合组网条件下 QoS 的差异化服务方案,以便为一些特定的用户群体、应用、垂直企业等提供差异化的网络保障能力已成为业内的聚焦点。一些运营商采用 AF 直接与 4G 的 PCRF 交互,然后通过 PCRF 与 PCF 的交互间接实现混合组网条件下 AF 与 PCF 交互,从而实现 QoS 服务。根据现有的协议和标准,上述技术方案是可行的。但考虑到 AF 作为给第三方提供网络能力的直接对接平台,需要具备主动识别用户接入形态的能力。同时 5G 用户通过 4G 的

PCRF 网元实现 QoS 的能力调用增加了 4/5G 网络网元间的耦合,不利于网络的长期演进。考虑到现存技术方案存在的不足,本文提出了一种实现 4/5G 网络 QoS 差异化服务融合部署和统一调用的方案,实现了全网根据业务按需部署、路由灵活调配、资源智能分配、能力开放调度等多样、个性化的网络能力。

1 移动通信网络中的 4/5G QoS 技术

QoS 即服务质量,是移动通信网络业务质量的综合体现,是用户对运营商提供服务满意度的一个重要指标。在网络中可以通过保证传输带宽、降低传送时延、降低数据丢包率以及及时延抖动等措施来提高服务质量。随着移动通信网络的发展和网络架构的更迭,自 3G 网络提供基于金银铜分级粗粒度的 QoS 差异化保障之后,4G、5G 网络也纷纷基于自身的网络架构提出了不同的 QoS 机制。

1.1 4G 网络中的 QoS 原理

4G 网络中的 QoS 架构基于扁平化的网络结构设计提供了端到端的 QoS 保障。区别于 3G 时代的 QoS,4G 中的 QoS 虽然保留了分层次、分区域的体系设计,但是上层 QoS 需求会被分解至下层 QoS,上层仅使用下层的业务而并不关心下层的实现细节。

基于 EPS 承载的 4G QoS 架构图如图 1 所示^[2]。其网络提供的差异化 QoS 能力由 UE(User Equipment)、eNodeB (Evolved Node B)、S-GW(Serving Gateway)、PGW(PDN Gateway) 共同保障,通过 QCI 来区分不同保障等级的 QoS 承载。根据处理范围,EPS 分为处理无线接入网相关技术的 LTE 部分和处理核心网相关技术的 EPC 部分;根据建立时间,可以分为默认承载与专用承载;根据业务类型

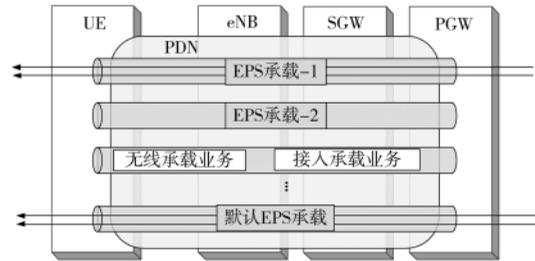


图 1 4G QoS 承载架构

分类,则可将 EPS 分类为保证比特率(Guaranteed Bit Rate, GBR)承载与 Non-GBR 承载^[3]。

1.2 5G 网络中的 QoS

5G 网络的 QoS 模型是以 QoS 流为基础,支持 GBR、non-GBR 以及 Delay Critical GBR。在非接入层(Non-Access-Stratum, NAS)层面, QoS 流在 PDU 会话内部通过一个封装在 NG-U 头部的参数 QoS Flow ID(即 QFI)来标识。与 4G 网络的 QCI 相似,5G 网络中使用 5QI 区分不同的 QoS 等级,其值代表标准的或者预设的 5G QoS 特性。

图 2 所示为 3GPP 标准定义的 5G QoS 端到端模型架构^[4-5]。对于每个 UE,5GC 可以建立一个或者多个 PDU 会话,对于每个 UE 的每个 PDU 会话,NG-RAN 建立一个或者多个 DRB,NG-RAN 能够将数据包映射到不同 PDU 会话的不同 DRB 上,NG-RAN 至少为每个 PDU 会话建立一个缺省 DRB。UE 和 5GC 中的 NAS 级的包过滤器都能把上下行数据包和特定的 QoS Flow 关联,UE 和 NG-RAN 中的 AS 应用级映射规则能够将上下行 QoS Flow 和 DRB 关联。NG-RAN 和 5G-C 通过将数据包映射到相关的 QoS Flow 和 DRB 来执行 QoS 配置,包含

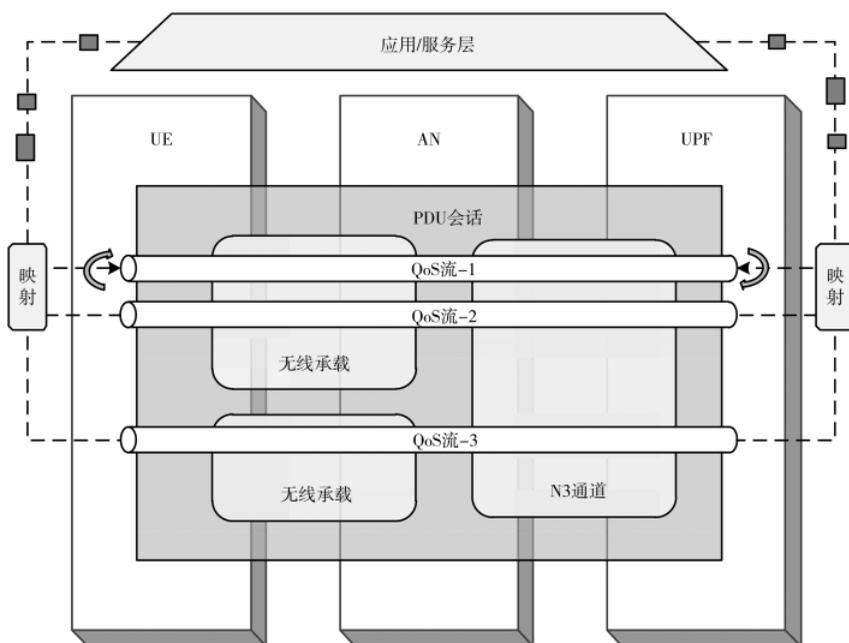


图 2 5G QoS 端到端模型架构

如下两个步骤^[4]:一是将 IP-Flow 映射到 QoS Flow,二是将 QoS Flow 映射到 DRB。

1.3 4/5G QoS 差异性分析

在现有的协议标准中,5G 网络相比于 4G 网络中的 QoS 存在很大的不同:(1)4G 中 EPS 承载和 DRB 是一一对应的,而 5G 中 QoS 流和 DRB 可以存在多对一的映射关系,降低了交互流程;(2)5G 中新引入了 Reflective QoS 机制,大大减少了信令开销;(3)在用户面隧道方面,4G 中 S1 口隧道基于每个 EPS 承载创建,而 5G 则基于每个会话建立隧道;(4)5G 中引入了新的 QoS 参数(RQA、Notification control)以及新的资源类型(delay critical GBR);(5)4G 使用一层映射实现 TFT 直接映射到 DRB 上,5G 由于模型特点采用两层映射,先根据 TFT 映射到 QoS 流,再根据 QoS 流 ID 映射到 RAN DRB。

从实际的差异化保障实现方式上看,4/5G 网络也有所区别。在 4G 移动网络中,QoS 平台(AF/SCEF)与核心网 PCRF 建立基于 Diameter 协议的 Rx 会话,通过 Rx 会话下发 QoS 策略到 EPC 核心网,进而触发建立对应 QoS 策略的专有承载,通过在无线侧执行核心网下发的 QoS 策略,从而实现 4G 网络的 QoS 差异化服务。而在 5G 移动网络中,QoS 平台(AF/NEF)与核心网 PCF 建立基于 HTTP2 协议的 N5 会话,通过 N5 会话下发 QoS 策略到 5GC 核心网,5GC 核心网触发建立对应策略的 QoS 流,在无线侧执行对应的 QoS 策略,从而实现 5G 网络的差异化服务。

1.4 4/5G 融合网络 QoS 技术关键研究问题

基于现阶段对 4/5G 融合网络建设的迫切需求,结合 4/5G 网络 QoS 机制的差异性,在研究 4/5G 融合的移动网络 QoS 能力开放架构和部署时应重点关注如下几个方面:

(1)自动识别用户网络状态:现有技术是已知 4G 或 5G 用户的条件下分别执行 QoS 策略的下发和能力调度,但在 4/5G 融合网络中考虑到终端用户可能是在无线侧通过 4G LTE 网络接入的 5G 用户,仅从无线侧无法判断用户真实的网络状态,即需要 QoS 平台具备主动

识别用户网络状态的能力,内部及时区分 4G、5G 网络用户并进行差异化处理。

(2)集约部署、统一调度:面对 4/5G 网络架构的差异性,应设计集约型的融合网络架构,使得在用户面可以屏蔽 4/5G 网络的差异享受无感知的定制化网络保障能力。同时应设计一套融合化接口供全网统一调度,达到全网体验一致的效果。

(3)4/5G 融合的网络数据感知功能:该功能可以实现数据的自动收集、智能分析网络状态、感知网络性能,进而辅助 QoS 平台对差异化网络保障能力做动态调整,实现网络资源的高效利用。

2 4/5G 网络差异化服务方案的设计

2.1 4/5G 融合的 QoS 组网架构

图 3 所示为本文设计的 4/5G 融合的 QoS 组网架构图,其充分体现了融合部署和集约部署的组网架构优势,解决了 QoS 业务对归属核心网网元的路由寻址问题。QoS 平台同时对接 4G 的 EPC 核心网和 5GC 核心网,对 4G 用户通过 UE 号码中的 H 码来寻址用户归属省份的 PCRF 网元,对 5G 用户通过大区 HNRf 来寻址和发现用户归属的 PCF 网元,不仅解决了平台 QoS 策略下发时的路由和网元寻址问题,还对外屏蔽了 4/5G 网络层接口协议,实现一套接口调用全国各省网元进行 QoS 差异化服务保障。

2.2 QoS 平台自动识别 4/5G 用户技术方案

在 4/5G 融合组网的建设部署中,QoS 能力开放平台需要具备主动识别用户是 4G 用户还是 5G 用户的能力,以便将信令消息传输到对应的核心网网元执行相应的 QoS 策略。由于 5G 用户可以是 4G 无线接入也可以是 5G 无线接入,故无法在无线侧识别用户形态。为此,本文设计当 QoS 保障请求报文经过 PGW 或 UPF 网元时,在用户业务 HTTP/HTTPS 报文中插入一个特有的标识,该标识随着 QoS 保障请求传递给 QoS 平台,从而使得 QoS 平台具有自动识别 4/5G 用户的能力。

2.3 4/5G 融合 QoS 端到端业务流程设计

基于图 3 所示的组网架构,当终端用户发起 QoS 保

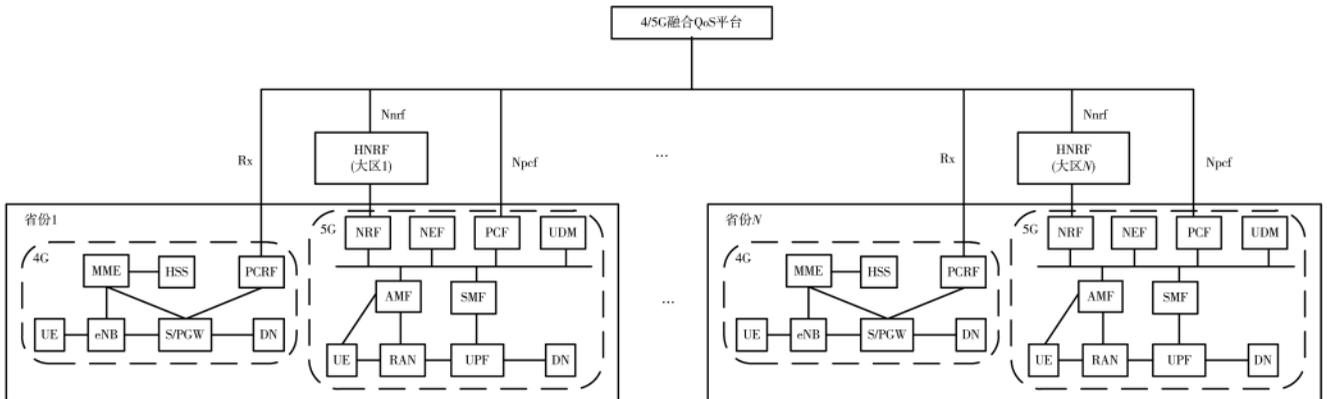


图 3 4/5G 融合的 QoS 组网架构

障请求时, QoS 平台通过鉴别是 4G 用户还是 5G 用户将请求消息传递给对应的核心网进而完成 QoS 保障业务。下面以用于户外直播或视频播放等场景的终端 APP 请求稳定带宽保障的 QoS 业务为例, 将流程设计如下^[6-8]:

(1) 终端 APP 向 QoS 平台请求 token;

(2) token 请求会经过核心网网关, 如果是 4G 用户, token 请求经过 PGW 网关, PGW 执行头增强插入 4G 网络标识; 如果是 5G 用户, token 请求会经过 UPF 网关, UPF 执行头增强插入 5G 网络标识;

(3) QoS 平台接收到 token 请求后, 生成 token, token 中携带用户 4/5G 网络标识等信息, 并将 token 加密发送给终端 APP;

(4) 终端 APP 发起 QoS 保障请求, 保障请求中携带前述步骤获得的 token 以及需要保障的 GBR 带宽等信息。

(5) QoS 平台收到保障请求后, 解密 token, 并根据 token 中携带的网络标识区分用户是 4G 还是 5G 用户, 若是 4G 用户执行步骤(6), 若是 5G 用户执行步骤(7);

(6) 若识别为 4G 用户, QoS 平台根据用户的 H 码路由用户归属的 PCRF 网元, 并向 PCRF 发起 AAR 保障请求, 建立 GBR 专有承载, 并向终端 APP 发送保障成功响应。

(7) 若识别为 5G 用户, QoS 平台向 H NRF 寻址用户的归属 PCF 网元, 向获取到的 PCF 发送 Npcf_PolicyAuthorization 服务请求, 建立 GBR 的 QoS Flow 流用于承载用户保障的业务, 并向终端 APP 发起保障成功的响应。

具体业务流程如图 4 所示, 通过上述的业务流程, 可以实现 4/5G 用户对不同网络能力需求的配置, 保障了 QoS 业务的施行, 对于运营商网络功能的扩展具有重要意义。

3 结论

本文创新性地提出 4/5G 网络中差异化服务融合部署和统一调用的方法, 填补了当前技术以及行业标准中的空白。该方法不仅为用户提供可靠的低时延、稳定的大带宽等 QoS 服务, 同时面向 ToB、ToC 市场打造行业级的全网个性化服务保障体验。基于本文提出的 QoS 架构, 未来可以结合网络切片、MEC、流量引导、通知控制等技术实现支持人联网、物联网等多场景下的能力开放, 这也必将为运营商的发展迎来新的契机和挑战。

参考文献

- [1] 马培勇, 吴伟, 张文强, 等. 5G 承载网关键技术及发展[J]. 电信科学, 2020, 36(9): 122-130.
- [2] 3GPP TS 23.401.V17.1.0: General packet radio service (GPRS) enhancements for evolved universal terrestrial radio access network (E-UTRAN) access; (release 17)[S]. 2021.
- [3] AMEIGEIRAS P, NAVARRO-ORTIZ J, ANDRES-MALDONADO P, et al. 3GPP QoS-based scheduling framework for LTE[J]. EURASIP Journal on Wireless Communications and Networking, 2016(1): 1-14.
- [4] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specifica-

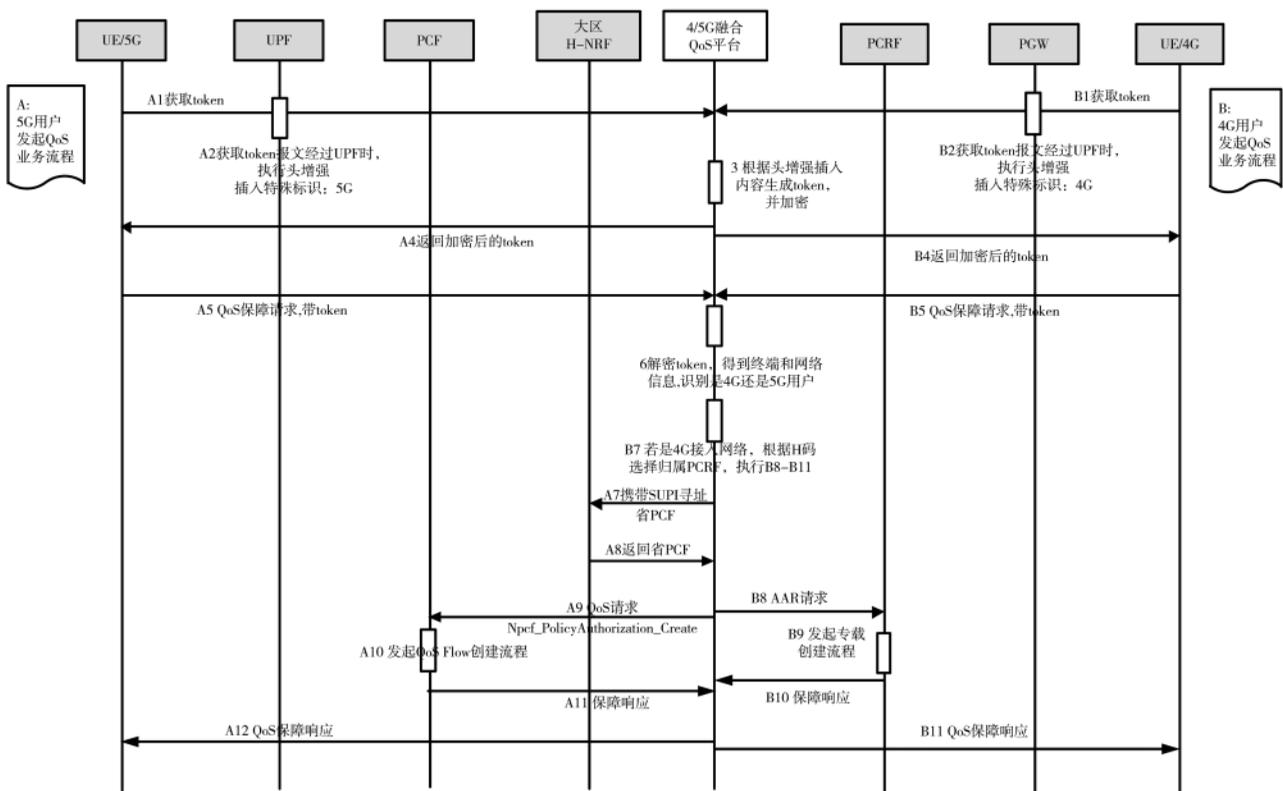


图 4 QoS 端到端业务流程图

(下转第 63 页)

户的复合码序列并依次拼接;最后利用梅西算法和相关运算估计各用户的长码和短码。仿真实验表明,本文算法能有效估计带残余频偏的 LSC-DS-CDMA 信号伪码,估计性能优于文献[4]的极值法,所提出的 SA-IWOA 算法的寻优性能优于 IWOA 和 CWOA。

参考文献

- [1] ANJUM I, SYED A A, RIZVI A A. Independent code division multiple access in DS-CDMA[J]. Wireless Personal Communications, 2021(8): 1-17.
- [2] QIU P Y, HUANG Z T, JIANG W L, et al. Blind multiuser spreading sequences estimation algorithm for the direct-sequence code division multiple access signals[J]. IET Signal Processing, 2010, 4(5): 465-478.
- [3] 周杨, 张天骐. 同/异步短码 DS-CDMA 信号伪码序列及信息序列盲估计[J]. 电子与信息学报, 2019, 41(7): 1540-1547.
- [4] 陈二阳, 袁姜红, 苗放, 等. 基于 Givens 旋转多用户多径 DS-CDMA 信号伪码盲估计[J]. 安徽大学学报(自然科学版), 2017, 41(1): 67-72.
- [5] 赵知劲, 尹辉, 强芳芳, 等. 利用张量分解的多天线长码直扩 CDMA 信号扩频码盲估计[J]. 通信学报, 2018, 39(10): 52-58.
- [6] 张天骐, 喻盛琪, 张天, 等. 基于张量分解和多项式库搜索的多天线 NPLC-DS-CDMA 伪码序列估计[J]. 电子与信息学报, 2020, 42(10): 2429-2436.
- [7] 张天骐, 李群, 梁先明, 等. 异步 LC-DS-CDMA 信号的盲解扩[J]. 系统工程与电子技术, 2019, 41(7): 1639-1645.
- [8] 赵知劲, 李森, 尚俊娜. 基于矩阵填充和三阶相关的长短码 DS-CDMA 信号多伪码盲估计[J]. 电子与信息学报, 2016, 38(7): 1788-1793.
- [9] ZHAO Z, GU X, QIANG F, et al. Blind estimation of PN codes in multi-user LSC-DSSS signals[J]. Journal of Communications, 2017, 12(1): 55-61.
- [10] Zhang Tianqi, Dai Shaosheng, Zhang Wei, et al. Blind esti-

mation of the PN sequence in lower SNR DS-SS signals with residual carrier[J]. Digital Signal Processing, 2012, 22(1): 106-113.

- [11] 沈斌, 王建新. 窄带干扰条件下含有未知载频的直扩信号的伪码序列估计[J]. 电子与信息学报, 2015, 37(7): 1556-1561.
- [12] 马超, 张立民. 无迹卡尔曼滤波的长码直扩信号载波频偏盲估计[J]. 火力与指挥控制, 2019, 44(4): 44-47.
- [13] 喻盛琪, 张天骐, 范聪聪, 等. 带残余载波的周期长码直扩信号 PN 码盲估计[J]. 信号处理, 2019, 35(10): 1661-1670.
- [14] 常芳丽. 基于 FastICA 的 DS-CDMA 盲多用户检测[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2019.
- [15] 马瑞琪. DS-CDMA 信号盲解扩关键技术研究[D]. 西安: 西安电子科技大学, 2011.
- [16] 李卫东. 应用多元统计分析[M]. 北京: 北京大学出版社, 2008.
- [17] 赵宇, 彭珍瑞. 混沌鲸鱼优化算法及其在有限元模型修正中的应用[J]. 兰州交通大学学报, 2021, 40(1): 39-45.
- [18] 喻盛琪, 张天骐, 赵健根, 等. 非周期长码直扩信号 PN 码盲估计[J]. 计算机工程与设计, 2020, 41(6): 1509-1515.
- [19] 潘微宇, 赵知劲, 岳克强. 基于 ICA 和梅西算法的 LSC-DS-CDMA 信号伪码估计[J]. 杭州电子科技大学学报(自然科学版), 2021, 41(3): 1-5.
- [20] 覃溪, 龙文. 基于随机差分变异的改进鲸鱼优化算法[J]. 中国科技论文, 2018, 13(8): 937-942.

(收稿日期: 2021-08-26)

作者简介:

潘微宇(1997-), 男, 硕士研究生, 主要研究方向: 直扩信号伪码盲估计。

赵知劲(1959-), 女, 博士, 教授, 博士生导师, 主要研究方向: 认知无线电、频谱感知、自适应信号处理等。



扫码下载电子文档

(上接第 57 页)

- tion group services and system aspects; system architecture for the 5G system(5GS); stage 2(release 17): TS23.501 V17.1.1[S]. 2021.
- [5] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specification group radio access network; NG-RAN; architecture description(release 16): TS 38.401 V16.6.0[S]. 2021.
 - [6] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specification group services and system aspects; procedures for the 5G system(5GS); stage 2(release 17): TS 23.502 V17.1.0[S]. 2021.
 - [7] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specification group services and system aspects; policy and charging control framework for the 5G system(5GS); stage 2(release 17):

TS 23.503 V17.1.0[S]. 2021.

- [8] 3GPP. 3rd generation partnership project; technical specification group services and system aspects; quality of service (QoS) concept and architecture(release 16): TS 23.107 V16.0.0[S]. 2020.

(收稿日期: 2021-10-08)

作者简介:

朱佳琳(1996-), 女, 硕士, 主要研究方向: 网络能力开放技术、5G 核心网关键技术等。

张敏(1984-), 男, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 移动通信网络、移动核心网等。

李凯(1976-), 男, 博士, 高级工程师, 主要研究方向: 工业互联网、通信网络能力开放等。



扫码下载电子文档

版权声明

经作者授权，本论文版权和信息网络传播权归属于《电子技术应用》杂志，凡未经本刊书面同意任何机构、组织和个人不得擅自复印、汇编、翻译和进行信息网络传播。未经本刊书面同意，禁止一切互联网论文资源平台非法上传、收录本论文。

截至目前，本论文已经授权被中国期刊全文数据库（CNKI）、万方数据知识服务平台、中文科技期刊数据库（维普网）、DOAJ、美国《乌利希期刊指南》、JST 日本科技技术振兴机构数据库等数据库全文收录。

对于违反上述禁止行为并违法使用本论文的机构、组织和个人，本刊将采取一切必要法律行动来维护正当权益。

特此声明！

《电子技术应用》编辑部

中国电子信息产业集团有限公司第六研究所