

5G 无线网络切片增强技术标准化进展研究*

董秋丽¹, 李 静¹, 韩 潇¹, 胡海燕²

(1. 中国联通网络技术研究院, 北京 100048; 2. 中国联通福建省分公司, 福建 厦门 361000)

摘 要: 2019 年 12 月, 3GPP 确定了针对 5G R17 版本的 20 多个研究和工作项目, 其中无线切片增强技术是赋能垂直行业的关键技术之一。分析 3GPP R15 版本中无线切片的关键技术成果, 结合现有技术的进展和存在问题, 从解决实际网络问题和使能更丰富应用为导向, 探讨了 R17 无线切片增强技术最新的研究方向。

关键词: 无线切片; 3GPP; 增强

中图分类号: TN929.5

文献标识码: A

DOI: 10.16157/j.issn.0258-7998.200466

中文引用格式: 董秋丽, 李静, 韩潇, 等. 5G 无线网络切片增强技术标准化进展研究[J]. 电子技术应用, 2020, 46(9): 19-22, 28.

英文引用格式: Dong Qiuli, Li Jing, Han Xiao, et al. Study standardization progress of 5G RAN slicing enhancement technology[J]. Application of Electronic Technique, 2020, 46(9): 19-22, 28.

Study standardization progress of 5G RAN slicing enhancement technology

Dong Qiuli¹, Li Jing¹, Han Xiao¹, Hu Haiyan²

(1. Network Technology Research Institute, China United Network Communications Corporation Limited, Beijing 100048, China;

2. Fujian Branch, China United Network Communications Corporation Limited, Xiamen 361000, China)

Abstract: December 2019, 3GPP determined more than 20 study and work items for 5G R17 version, of which RAN slicing enhancement technology is one of the key technologies enabling vertical industries. This article analyzes the key technical achievements of RAN slicing in the 3GPP R15 version, and combines the progress and existing problems of the existing technology. From the perspective of solving actual network problems and enabling richer applications, the latest study directions of R17 RAN slicing enhancement technology are discussed.

Key words: RAN slicing; 3GPP; enhancement

0 引言

网络切片是指提供特定的网络功能和网络特性的逻辑网络。通过在通用物理设备上提供多种网络服务并提供多层级的隔离来满足垂直行业的差异化需求。网络切片包含多个子切片: 核心网切片、传输切片和无线切片。每个子切片可以单独管理, 子切片不能提供单独的网络功能。3GPP 定义终端、无线网、核心网的切片规范, 承载网的切片规范由 IETF 定义。3GPP 协议主要定义了 eMBB、uRLLC、mMTC 三大业务场景, 切片标准进展分阶段实现: eMBB 类切片在 2018 年 6 月 3GPP R15 SA 架构基本完成定义, uRLLC 类切片在 2019 年 12 月 3GPP R16 中完成定义, mMTC 类切片预计将在 2020 年 3GPP R17 或以后版本定义。其中, 无线切片在 2018 年 8 月已完成 R15 版本的协议定义, 但随着 5G 全面商用的来临, 无论从技术层面还是从市场层面, 运营商都亟需无线切片技术能在标准层面进一步增强, 以满足垂直行业不同的业

务场景以及时延、可靠性、速率等性能方面的差异化需求^[1]。本文分阶段研究无线切片在标准化方面的进展, 通过总结 R15/R16 无线切片标准化成果来展示无线切片技术的关键原则, 通过分析 R17 阶段对无线切片增强技术的讨论, 介绍 3GPP 无线切片增强技术标准化的最新动态。

1 无线切片关键技术

1.1 概述

为支持 5G 端到端网络切片, 3GPP 在 R15 阶段重点完成无线切片的关键技术标准化定义。无线切片是网络切片的子切片, 无线切片可以被专享, 即一个无线切片对应于一个核心网切片; 也可以被共享, 即一个无线切片对应于多个核心网切片。核心网切片数量可以很多, 但是无线切片受限于资源等原因数量有限, 可以将具有类似无线特性的切片共享一个无线切片, 如图 1 所示。

1.2 关键技术

无线切片是一组配置规则和切片 ID 的映射, 通过调度和不同的 L1/L2 配置来完成切片所支持的网络服

* 基金项目: 新一代宽带无线移动通信网科技重大专项(2018ZX03001023)

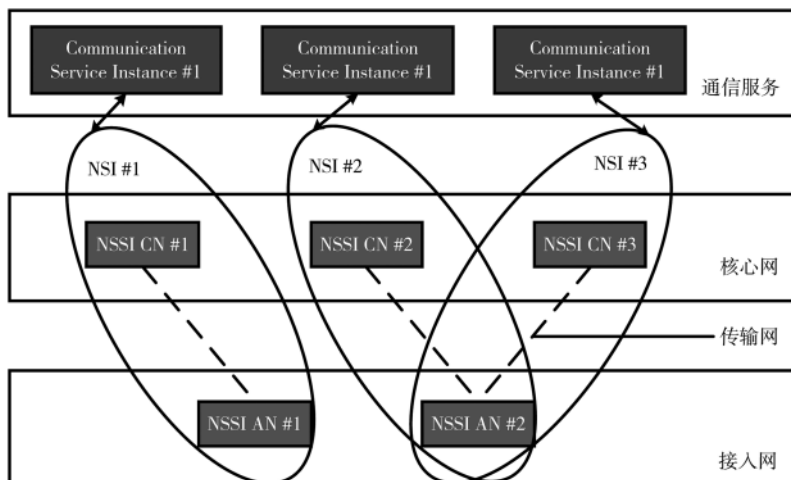


图1 无线切片及核心网切片的关系示意图

务。3GPP R15 定义了无线切片的关键技术点^[2]如下：

(1) 切片感知

目前 3GPP 标准定义 NSSAI 来标识网络切片。对于无线侧,通过识别和感知 NSSAI 来识别切片类型并提供服务。切片感知粒度是 PDU Session, UE 在初始注册和 PDU 建立时都需要携带 NSSAI。无线支持针对不同切片(不同功能和特性)采取针对不同业务的差异化处理方式。

(2) 资源管理和隔离

无线切片以动态或静态的方式根据配置规则共享无线资源和通信硬件(数字基带处理单元、模拟无线单元)。对于动态资源共享,每个切片应基于需求或者优先级获取使用资源。单个 RAN 节点可以支持多个切片,对于每个支持的切片,无线应该可以基于 SLA 自由地应用最佳的 RRM 策略。

无线切片支持根据 SLA 执行资源隔离。无线资源可通过 RRM 策略或者保护机制实现。这些策略和保护机制应避免其中一个切片因资源短缺而影响另一切片的 SLA。

(3) QoS 差异化

无线切片支持 QoS 差异化。QoS 是针对单个承载/Flow 的优先级,切片是针对一组承载/Flow 的资源保证。在同一切片的不同业务可以有不同的 QoS,按照 QoS 区分优先级。

(4) AMF 选择

RAN 基于 UE 提供的 Temp ID 或者 NSSAI 选择 AMF。在 Temp ID 不可用的情况下,RAN 使用 UE 在 RRC 连接建立时提供的 NSSAI 来选择适当的 AMF(该信息在随机接入过程的 MSG3 之后提供)。如果此类信息也不可,则 NG-RAN 将 UE 路由到配置的默认 AMF。

当使用 NSSAI 选择 AMF 时,RAN 使用先前在 NG 设置响应消息中接收的支持的 S-NSSAI 列表。也可以通过 AMF 配置更新消息更新该列表。

(5) 切片可用性

验证 UE 是否有权接入网络切片是核心网的职责。但是在接收初始上下文之前,基于 UE 请求访问的切片,无线可以应用一些暂定或本地的策略验证 UE 是否允许接入。在初始上下文建立时,将会通知无线具体最终选择的切片。某些切片可能仅在部分网络中可用,gNB 能够感知相邻 gNB 支持的切片有利于频间移动性。

无线应该处理在指定区域内有效或者无效的切片服务请求,一些通过如是否支持切片、资源是否可用、是否支持该服务请求等因素综合决定是否同意或者拒绝接入该切片。

(6) UE 同时关联多个切片

UE 关联多个网络切片的情况,一个 UE 可以同时属于多个切片。当 UE 同时配置了多个切片,仅有一个用于信令和同频小区重选,UE 总是选择最好的小区驻留。对于异频小区重选,可通过专用优先级用于小区驻留。

综上所述,R15 已完成的无线切片的关键技术标准化内容可概括为:通过接入过程的 AMF 选择和 PDU Session 建立/修改/删除携带的切片 ID^[3]来实现无线切片感知,获取切片 ID 后无线切片采取的资源管理、资源隔离、接入控制及可用性等大多数关键技术需要依赖非标准化的算法来实现。从产业链发展以及技术本身来看,仍然无法很好地满足各种不同的需求。随着端到端网络切片技术和生态链的逐步成熟,对无线切片增强技术的标准化需求越来越迫切。

2 无线切片增强技术研究进展

2019 年 12 月 3GPP 批准了 R17 无线切片增强立项,涉及灵活部署策略、基于切片覆盖保持业务连续性和终端快速接入指定切片等方向的研究^[4]。本节分析 R17 下无线切片增强技术重点的 4 个研究方向并思考进一步的优化工作^[5]。

2.1 灵活部署策略

R15 阶段 3GPP 对切片的有效区域进行了限制:即切片在 UE 的注册区(Registration Area, RA)内可用性不变。该规则制约了运营商对于 RAN 切片的部署^[6]。

RA 是 TA(Tracking Area, TA)上层的一个概念,由一个或多个 TA 组成。TA 由 1 个或多个小区组成。基于 TA 绑定的切片在一定程度上限制了无线切片部署的灵活性。无线管理的粒度为小区,而切片的管理粒度为 RA,不同管理粒度主要带来两方面问题:一方面,从属于同一 TA 的所有小区需要支持相同的切片列表;另一方面,即使是两个相邻小区,因为要支持不同的切片,仍需要为其配置到不同的 RA。虽然通过配置较小的 TA 区域可以解决部分问题,但是这会增加信令开销。图 2 示意了 UE 在不同注册区下允许接入的网络切片的场景:用

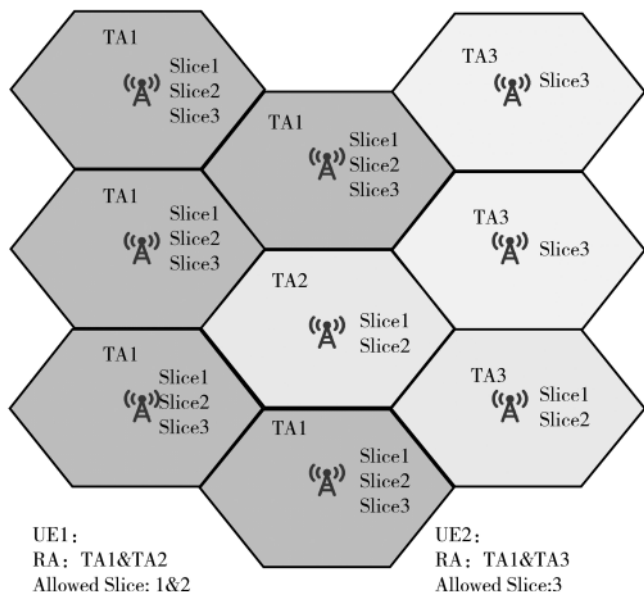


图2 切片与TA关系示意图

颜色标识TA区。UE1的RA为TA1和TA2,则UE1允许使用的切片列表为TA1和TA2的交集,即切片1和切片2;UE2的RA为TA1和TA3,则UE2允许使用的切片列表为TA1和TA3的交集,即切片3。相邻两个gNB之间因切片支持情况的不同需要配置不同的TA区。并且通常TA范围较大,不利于按照业务类型对切片进行部署。如工业切片仅部署于某几个小区,而游戏类切片可能需要部署在全网。

该研究目标是放开R15下对网络切片部署的限制,在R17能实现无线切片按需部署或动态部署,能动态划分不同网络切片;研究无线在TA级部署切片外,是否可以支持更小的切片部署粒度,不过放开TA级的限制需要重点考虑后向兼容性的问题。

2.2 业务连续性策略

网络切片是基于SLA定制的逻辑网络,需要无线完成指定的业务目标。基于以上目的,业务连续性策略主要考虑两方面的内容^[7]:

(1)考虑无线资源是否可以满足SLA的目标,当业务的SLA目标不能满足时,考虑通过切片需求降级的方式避免业务中断。如在网络拥塞场景下QoS需要未满足导致的GBR服务拒绝或者释放,通过QoS降级来避免出现业务中断。同样地,考虑当不能保证指定切片的指标时,一方面通过采取相似的降级机制,定义最低可容忍的SLA满足基本业务需求;另一方面通过切片子域之间的协调部署,如各子域上报业务目标完成情况和负载,通过切片管理模块重新协调各个子域的策略或QoS参数等。

(2)考虑移动过程中的连续性。在UE移动过程中,减少因目标基站不支持切片导致的部分或者全部的业务拒绝。此场景主要考虑系统内和系统间切换两种类

型:对于系统内切片,根据R15的规范要求,为了支持移动状态下的切片感知,将切片ID S-NSSAI携带在移动信令传送期间的PDU会话信息中,目标gNB根据该信息对不支持的切片拒绝其PDU会话的建立;对于系统间切换,是基于5G现行组网的方式考虑,在前期选择非独立组网方案,后期逐步过渡至独立组网方案。从长远来看,5G系统与4G系统将长期共存,两者协同组网是5G时代的必然选择。所以在未来需要考虑系统间移动中网络切片的解决方案,研究NSA网络不支持切片的情况^[8]下如何保障业务的连续性问题。

该研究方向的目标是保证业务的连续性。通过协调部署或者SLA降级策略保证网络拥塞场景的业务连续性。通过研究切片间的重映射、回落或数据转发等解决移动过程中目标网络不支持切片造成业务中断的解决方案,重点需要考虑对高优先级业务的重映射策略。

2.3 接入控制策略

接入控制是针对R15的无线切片感知技术进行的增强。R15阶段,UE初始接入过程并不能感知无线侧支持的切片情况,UE无法基于无线支持切片的情况进行接入的选择。这可能会给以下场景带来问题^[7]:

(1)其一为UE接入选择。运营商在同一区域可能因业务需求的不同部署多个频点/载波/切片。当UE进入该区域时,考虑到UE可同时支持多个切片,且UE不能感知网络侧支持的切片情况,按照R15规范,UE将会在驻留小区触发任何切片的业务,当接入的网络不支持UE的业务需求时,仅能通过切换或者重定向的方式选择接入的小区,这样会造成接入时延。典型场景如图3所示,运营商在2.1 GHz部署uRLLC切片,在3.5 GHz部署eMBB切片,当空闲态UE驻留在3.5 GHz载波,但是UE触发uRLLC服务时,UE只能先接入到3.6 GHz载波,然后根据切换或者重定向到2.1 GHz。为了解决上述问题,R17将研究UE快速接入到可用的RAN节点的机制,对于空闲态UE,如果UE允许驻留或停留在支持UE切片的小区,可以减少不必要的重选,并且改善性能。对于连接态UE,网络侧感知UE切片选择,帮助网络侧切换或者重定向UE到可用切片的小区。

(2)另一种情况是RAN侧在接入过程中无法感知网

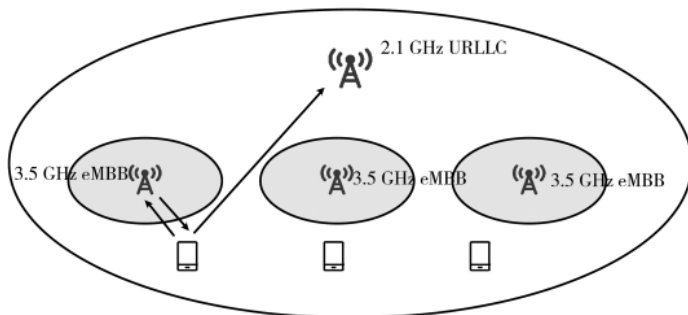


图3 切片部署在不同载波的场景示意图

络切片并进行灵活处理。例如在网络拥塞时希望对高优先级用户优先保障接入、抢险救灾等场景下对特殊群体的优先保障接入技术。通过配置不同切片的优先级, RACH 参数切片化, 不同的网络切片按照不同的无线资源配置需求, 基于“切片定制”的重配等策略提前帮助 UE 加速接入和连接建立。

该研究方向的目标是实现指定切片的连接管理和控制: 包括 UE 根据感知 RAN 支持的网络切片进行切片选择, 以及 UE 快速接入到指定的 RAN 节点。同时, 引入切片的优先级可实现在资源有限的前提下保证高优先级的业务, 实现对高需求及重要业务的特殊保障需求。

2.4 CU/DU 策略

为了更好地满足各场景和应用需求, 5G RAN 架构考虑采用中央单元(CU)和分布单元(DU)独立部署的方式, 并进一步将 CU 划分为 CU-CP 和 CU-UP。该定义有利于 RAN 基于虚拟化实现网络切片。R17 应在 CU-DU 架构下考虑网络切片及其接口的进一步增强^[7]。

在现有 R15 标准中, 对 CU-UP 的选择策略尚未明确定义。首先, UE 在 RRCSetupComplete 消息中携带网络切片辅助信息, 即 NSSAI 并发送给 RAN 侧。该信息仅用

于 CU-CP 选择为 UE 服务的 AMF。之后, PDU 会话和 S-NSSAI 之间的映射关系通过 AMF 发送给 gNB-CU-CP, 并确定与 gNB-CU-UP 之间的逻辑关系, 具体流程如图 4 所示。尽管 3GPP 规范中提到 CU-CP 可基于 UE 的服务请求选择合适的 CU-UP, 但是在 E1 接口中还没有明确的选择过程细节。

另外, 由于 CU-DU 架构引起的多个 DRB 与 PDU 会话的映射关系, 经 SDAP 层映射后, 可能会出现 1 个 PDU 会话的 QoS Flow 映射到不同 DU 的不同 DRB 上。对于 DU 而言, 仅可以获得切片下的部分 QoS 指标, 而无法获得整个切片的 QoS 指标以及多个 DU 之间相互关系。为了解决这个问题, 对同一切片下一个 CU 连接多个 DU 的场景需要考虑整个切片的 QoS 指标, 这将有利于 DU 间协同从而共同改善系统性能。

该研究方向的目标是针对 RAN 网络架构的切片增强。考虑 CU-DU 分离后基于网络切片信息选择合适的网元, 以更好地在 RAN 侧实现基于切片的虚拟化。

3 结论

为了适应未来广泛灵活的网络业务需求^[9], 网络切片要求无线接入侧也应该以无线资源管理为核心内容

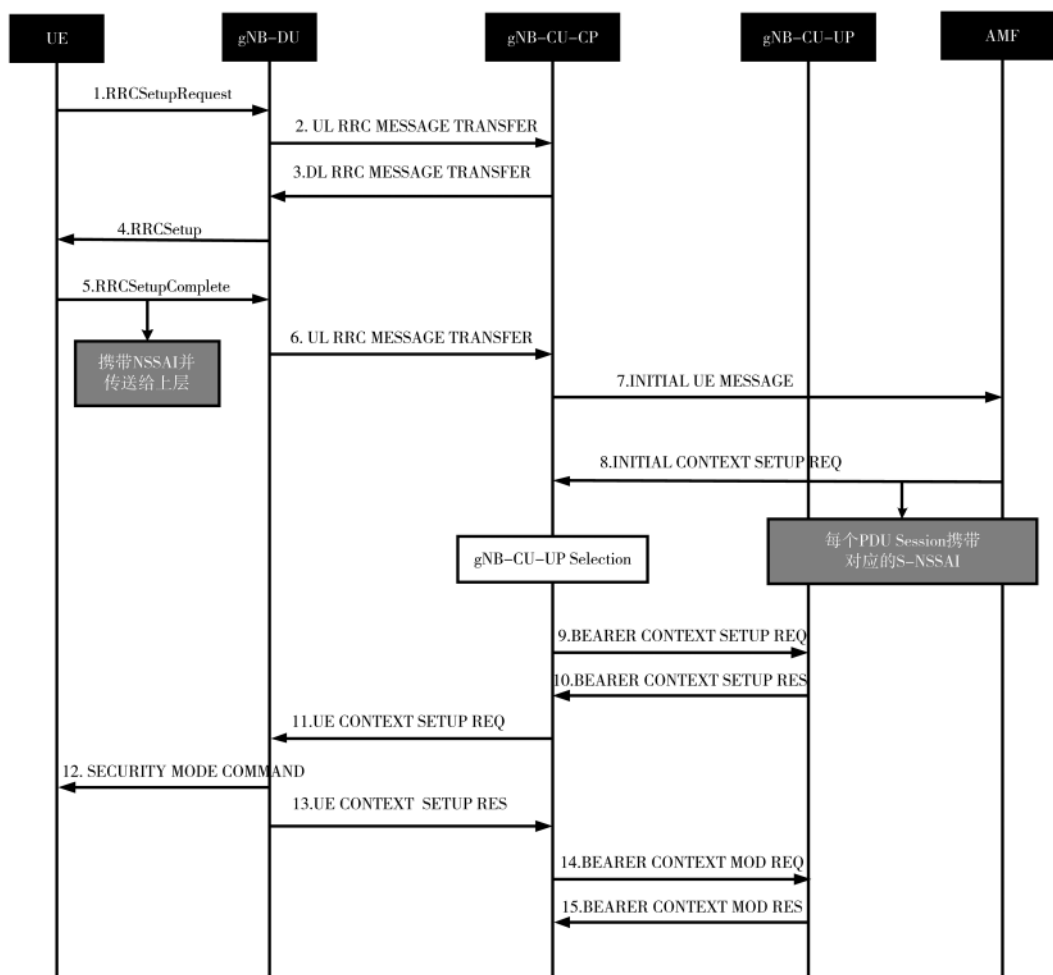


图 4 切片部署在不同载波的场景示意图

(下转第 28 页)

4 结论

本文针对 2.1 GHz DSS 场景下的网络建设和上行物理资源分配问题,对 FDD 频段上行 20 MHz 对应的 LTE/NR 时频资源及配置方法进行了对照和梳理,综合考虑当前 LTE 现网负载状况与 5G 部署路线,给出了 DSS 上行物理信道和参考信号配置方案,并对方案的使用方法及配置选项进行了说明。根据各运营商 5G 战略规划,4G/5G 业务分布具备较强的区域性和阶段性,而完全动态的配置对网络和终端的灵敏度要求较高。为避免配置延迟造成的无效传输及过高的能量损耗,建议运营商根据网络建设阶段和区域用网情况,选择一种或两种配置结合的 DSS 上行方案以适应多样和变化的 4G/5G 业务比例。

参考文献

[1] 3GPP TS 38.211. Physical channels and modulation(Release 16)[S]. 3GPP, 2019.

(上接第 18 页)

参考文献

- [1] 3GPP. 3GPP TS 23.501; System architecture for the 5G system V15.2.0[S]. 2018.
- [2] 蔡博文, 张化, 郭瀚, 等. 5G 网络演进与双模 5G 基站[J]. 移动通信, 2020, 44(4): 45-49.
- [3] 肖子玉. 多模共存的 5G 网络部署关键问题探讨[J]. 电信工程技术与标准化, 2019, 32(11): 37-41.
- [4] 任驰. 4G 与 5G 融合组网及互操作技术研究[J]. 移动通信, 2018, 42(1): 87-90, 96.
- [5] 刘湘梅, 熊力, 段潇君, 等. 4G/5G 多网协同与互操作研究[J]. 移动通信, 2019, 43(12): 42-47.

(上接第 22 页)

的无线设计做出相应调整,以满足自顶向下的业务切片化部署要求。但是,考虑到空口侧无线资源受频率、地理、人群和业务的影响,无线切片设计已经成为一个极具挑战性的任务,在进行 R17 无线切片增强技术的设计时,需着重考虑真实部署、用户移动性、用户接入控制及新技术兼容等方向的技术突破^[10]。

参考文献

- [1] 3GPP RP-191332, Motivation for SI on enhancement of RAN support of network slicing[R]. 2019.
- [2] 3GPP TS 38.300, Technical specification group radio access network; NR; NR and NG-RAN overall description; stage 2 release 15[S]. 2019.
- [3] 3GPP TS 38.331, Technical specification group radio access network; NR; radio resource control(RRC) protocol specification; release 15[S]. 2019.
- [4] 3GPP RP-191209, Motivation for study on enhancement of RAN slicing[R]. 2019.
- [5] 3GPP RP-191210, New SI proposal; study on enhancement

of RAN slicing[R]. 2019.

- [2] 赛西亚, 陶菲克, 贝科. LTE: UMTS 长期演进理论与实践[M]. 马霓, 邬钢, 张晓博, 等, 译. 北京: 人民邮电出版社, 2009.
- [3] 3GPP TS 38.213. Physical layer procedures for control(Relase 16)[S]. 3GPP, 2019.

(收稿日期: 2020-07-11)

作者简介:

侯佳(1996-), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 5G、认知无线网络、频谱资源高效管理方法和技术。

胡春雷(1978-), 男, 本科, 工程师, 主要研究方向: 5G 无线网络关键技术、动态频谱共享等。

谢伟良(1976-), 男, 博士, 教授级高工, 主要研究方向: 无线通信及移动网络新技术及技术测试等。

- [6] 3GPP. 3GPP TS 37.340; Evolved universal terrestrial radio access(E-UTRA) and NR V15.7.0(release 15)[S]. 2019.
- [7] 3GPP. 3GPP TS 37.340; Evolved universal terrestrial radio access(E-UTRA) and NR V16.1.0(release 16)[S]. 2020.

(收稿日期: 2020-07-11)

作者简介:

郭瀚(1994-), 男, 硕士, 主要研究方向: 5G 标准和无线接入新技术等。

赵晓垠(1981-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 无线通信、行业信息化。

谢伟良(1976-), 男, 博士, 教授级高工, 主要研究方向: 无线通信及移动网络新技术及技术测试等。

- [6] 3GPP RP-191778, Email discussion for R17 proposals on slicing[R]. 2019.
- [7] 3GPP RP-192599, Second round email discussion for R17 proposals on slicing[R]. 2019.
- [8] 3GPP RP-191333, New SI proposal; study on enhancement of RAN support of network slicing[R]. 2019.
- [9] 3GPP RP-192601, Motivation for new SI; study on enhancement of RAN slicing[R]. 2019.
- [10] MARSCH P, BULAKCI O, QUESETH O, et al. 5G system design; architectural and functional considerations and long term research[M]. John Wiley & Sons, 2018.

(收稿日期: 2020-06-09)

作者简介:

董秋丽(1986-), 女, 硕士, 工程师, 主要研究方向: 移动通信无线技术、语音解决方案等。

李静(1983-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 移动通信无线技术、网络切片技术等。

韩潇(1986-), 女, 硕士, 高级工程师, 主要研究方向: 5G 的标准化和无线接入关键技术。

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