

5G 无线标准演进综述及新技术

Overview of 5G Wireless Standard Evolution and
Suggestions for Introducing New Technology

引入建议

张 斌¹, 张 鹏², 龙青良², 张小红¹ (1. 中讯邮电咨询设计院有限公司郑州分公司, 河南 郑州 450007; 2. 中国联合网络通信集团有限公司, 北京 100033)

Zhang Bin¹, Zhang Peng², Long Qingliang², Zhang Xiaohong¹ (1. China Information Technology Designing & Consulting Institute Co., Ltd. Zhengzhou Branch, Zhengzhou 450007, China; 2. China United Network Communications Group Co., Ltd., Beijing 100033, China)

摘 要:

随着经济和社会的发展, 5G 业务越来越丰富多彩, 1080P 高清视频、裸眼 3D、网联汽车、云手机等新业务、新终端对网络的要求也越来越高, 另一方面, 5G 标准持续演进, 在 MIMO、载波聚合、移动性管理、uRLLC、切片、定位等方面不断增强。首先对 3GPP R16/R17 版本提出的无线新技术进行研究, 然后对这些技术的应用场景和引入价值进行分析, 最后根据产业链进展及业务需求给出新技术的引入建议。

关键词:

无线新技术; MIMO 增强; CA 增强; uRLLC 增强
doi: 10.12045/j.issn.1007-3043.2024.03.010
文章编号: 1007-3043(2024)03-0048-05
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 development of the economy and society, 5G services are becoming more and more diverse. The new services and terminals such as 1080P high-definition video, naked eye 3D, connected vehicles, and cloud phones put forward higher and higher demands for networks. On the other hand, 5G standards continue to evolve, with continuous enhancements in MIMO, carrier aggregation, mobility management, uRLLC, slicing, positioning, and other aspects. It first studies the new wireless technologies proposed in the 3GPP R16/R17 version, analyzes the application scenarios and introduction value of these technologies, and finally provides suggestions for the introduction of new technologies based on the progress of the industry chain and business needs.

Keywords:

New wireless technologies; MIMO enhancement; CA enhancement; uRLLC enhancement

引用格式: 张斌, 张鹏, 龙青良, 等. 5G 无线标准演进综述及新技术引入建议[J]. 邮电设计技术, 2024(3): 48-52.

1 概述

随着经济和社会的发展, 人们对移动网络的依赖度越来越高, 业务越来越丰富多彩, 1080P 高清视频、裸眼 3D、网联汽车、云手机等新业务和新终端不断涌现, 对移动通信网络提出了更高要求。更高的速率、更低的时延、更海量的连接、更智能化成为 5G 网络的演进方向。另一方面, 5G 应用正加速融入千行百业,

5G 网络与垂直行业正在深度融合, 对网络能力需求也逐步多样化, RedCap、工业控制级高可靠低时延、端到端硬切片、高精度定位成为行业用户关注的焦点。

同时, 5G 标准也在持续演进, R15 是 5G 标准的首个版本, 定义了 5G 的 eMBB、uRLLC、mMTC 三大场景, 并成为 5G 商业化应用的基础; R16 版本在 2020 年 7 月冻结, 对 5G 的三大场景进行了完善; R17 版本在 2022 年 6 月冻结, R17 在 R16 的基础上继续完善增强三大场景, 并在 mMTC 场景正式引入 RedCap; R18 开始进入 5G-Advanced 阶段, 目前 R18 正在被制定中, 重点聚焦

收稿日期: 2024-01-16

了RedCap、宽带实时交互、确定性网络、通感融合、空地一体化等关键技术,R18预计将在2024年冻结。

本文首先对3GPP R16/R17版本提出的无线新技术进行研究,然后对这些技术的应用场景和引入价值进行分析,最后根据产业链进展及业务需求给出新技术的引入建议。

2 5G无线标准演进方向

2.1 面向2C网络的无线标准演进

为了持续提升5G网络能力,改善用户的业务体验,3GPP在R16、R17版本中提出了面向2C网络的MIMO增强、CA增强、移动性增强、UE节能、SON、MDT、1024QAM、多播组播等技术,由于篇幅限制,本文重点对MIMO增强、CA增强、移动性增强、UE节能等几项关键技术进行讨论。

2.1.1 MIMO增强

R16引入Multi-TRP、Type II码本增强、上行满功率发送等技术进行MIMO增强。Multi-TRP技术针对eMBB场景,在2个TRP通过1个DCI调度1个PDSCH TB块用于增强下行速率或者通过2个DCI调度2个PDSCH TB块,以提升边缘用户速率;针对uRLLC场景,在多个TRP通过一个DCI调度多个相同PDSCH TB块,可提升uRLLC业务的可靠性。上行满功率发送(见图1)主要解决R15的非相干码本使得UE在2port发送1 layer时发送功率损失一半的问题,R16对此进行了改进和增强,改善了上行性能和覆盖。Type II码本增强,用于FDD MIMO,对高精度反馈的开销进行压缩,将高精度CSI反馈扩展到更高阶传输。

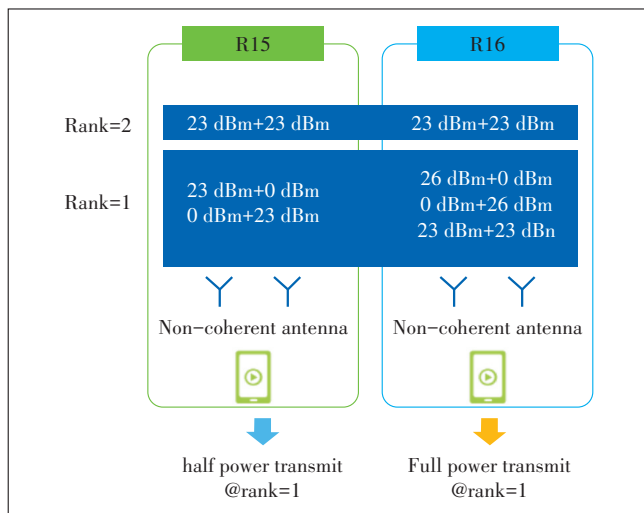


图1 上行满功率发送

R17继续对MIMO功能进行增强,引入Multi-TRP增强、TDD SRS容量扩展等技术。R16的Multi-TRP主要针对PDSCH信道,R17进一步将Multi-TRP扩展到PDCCH/PUCCH/PUSCH信道,2个重复的PDCCH在不同的TRP上发送;PUCCH/PUSCH通过一个DCI时域多点重复发送。TDD SRS容量扩展主要包括更灵活地调度非周期SRS,在高容量场景下,缓解由于SRS调度导致的PDCCH拥塞;SRS重传因子扩展,通过SRS重复得到时间分集增益;Partial SRS提升SRS容量;支持6Rx/8Rx天线端口选择等。

2.1.2 CA增强

R16定义了各种频段的CA组合,如3.5 GHz双载波/三载波、3.5 GHz+2.1 GHz、3.5 GHz+2.6 GHz、3.5 GHz+900 MHz等;引入了终端上行发送转换,支持上行CA两载波时分发射方式,通过上行发送转换功能(见图2)实现发送通道的切换,保证TDD的上行双流能力,提升用户上行速率。此外,R16还引入辅载波快速激活功能,在RRC配置辅载波的同时,直接激活辅载波,降低辅载波激活时延。与R15相比,该方案不依赖UE的测量报告来决定CA的建立,能够显著节省时间,但适用场景特定,比如某些UE静止或不移动的场景。

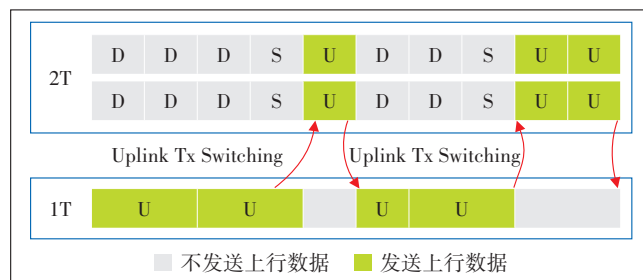


图2 R16上行发送转换

R17继续对CA进行增强,引入了上行发送转换增强功能,支持适用3个载波场景或双载波终端双发,支持2Tx-2Tx的转换;进一步辅载波快速激活,在SCell激活期间发送TRS,UE通过测量TRS完成SCell激活过程。

2.1.3 移动性增强

在R16中,移动性增强主要包括双活动协议栈切换(DAPS HO)和条件切换(CHO)2项技术。DAPS HO类似于软切换(见图3),源小区在给UE下发切换命令后并不断开跟UE之间的数据传输,目标小区RACH接入完成后UE将上行数据传输切换到目标小区,目标

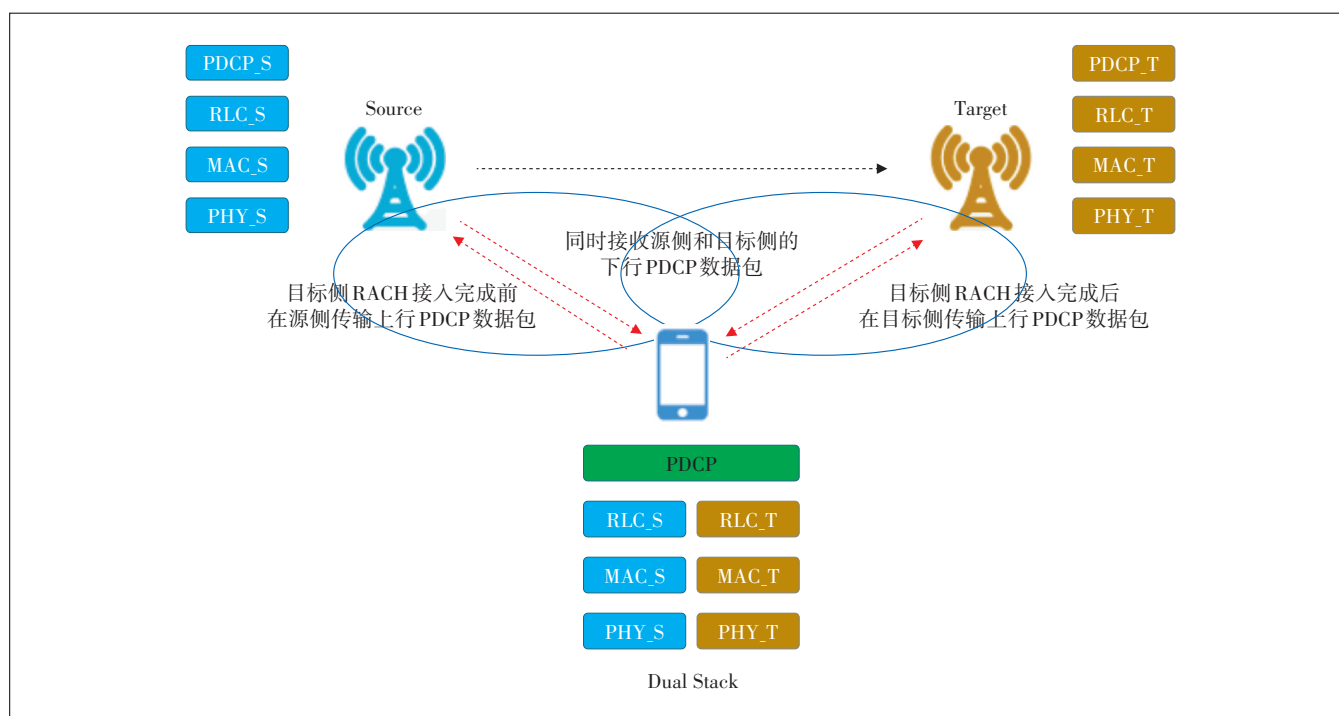


图3 DAPS切换示意

小区通知源小区切换成功后源小区才会停止下行数据传输。这种技术主要用于uRLLC场景,针对一些高保障业务实现切换过程用户面时延零中断。

CHO主要用于高铁、高速场景,以减少切换时延,提高切换成功率。在源小区链路尚好的情况下,网络侧提前在多个候选小区分配资源做好切换准备,把切换命令和条件提前下发给UE,UE根据切换条件自主判决何时以及向哪个目标小区发起切换。当真正需要切换的时候,UE不需要再向网络侧发送测量报告等待网络侧的切换命令,从而降低切换失败率。

2.1.4 UE节能

R16定义的UE节能包括DRX自适应、跨时隙调度、MIMO层数自适应、UE辅助节能信息上报等技术。DRX自适应功能,新增DCI 2_6用于唤醒(wakeup)指示,指示UE在下一个DRX期间是否启动DRX定时器。跨时隙调度通过DCI指示终端在 $k_0=0$ 和 $k_0>0$ 之间做快速切换,让UE提前知道是否缓存PDSCH,从而关闭射频资源,达到节能效果。MIMO层数自适应支持下行BWP级别的最大MIMO层数限制,UE根据不同的BWP限制最大的层数,并且根据业务或者缓存的状态快速地切换。UE可上报辅助节能信息(连接态UE上报倾向载波数、CA辅小区数、最大BWP、MIMO层数、请求释放连接等),基站根据这些信息调整相关

配置。

R17在R16的基础上进一步增强UE节能功能,支持增强方案,引入子组(Sub-grouping),通过PEI来通知子组中的UE是否需要检测SSB和序号,从而减少终端能耗;支持IDLE/INACTIVE UE配置TRS/CSI-RS,让空闲或非激活态的终端可以接收周期性TRS,即使在信号质量不太好时,终端也无需多次醒来去接收多个SSBs完成时频同步;支持PDCCH skipping动态配置,通过动态指示UE跳过一段时间的PDCCH监听,降低终端功耗。

2.2 面向2B网络的无线标准演进

针对2B网络,为了满足行业专网多样化的需求,3GPP在R16/R17引入的增强技术包括uRLLC增强、切片增强、5G定位、RedCap、NPN、上行覆盖增强、小包传输(SDT)等,由于篇幅限制,本文重点对uRLLC增强、切片增强、5G定位、RedCap等几项关键技术进行讨论。

2.2.1 uRLLC增强

为支持垂直行业应用,降低空口时延提升可靠性,R16对uRLLC进行了增强,将R15时隙级的技术增强为符号级,主要的技术包括上行资源复用、上行配置授权、上行重复传输、PDCP数据包复制增强等。

上行资源复用主要引入上行抢占机制,被抢占的

上行资源被禁止发送,低优先级业务UE检测UL CI信息,并判断UL CI内指示的取消资源是否与自身上行传输资源重叠,如果重叠则取消在对应重叠资源上的传输。上行配置授权引入了多个激活配置授权Type1/Type2,每个授权都可以配置自己的重复参数,针对不同的业务类型,可缩短帧对齐时延,降低抖动时延,同时提高可靠性。R16支持Mini Slot级别的PUSCH重复,同时增加了PUSCH重复类型B,DCI或RRC消息指示第一重复资源。PDCP数据包复制增强技术在RAN侧通过在4个RLC实例(单向,分别承载在不同载波)上传输相同的RLC PDU,从而规避干扰等所导致的解包失败,提升数据流的可靠性。

R17主要引入了非授权频段来解决系统干扰问题,并进一步增强精确时间同步技术等,主要包括HARQ-ACK增强、CSI增强、NR-U增强、传播时延补偿增强等。

2.2.2 切片增强

切片技术是5G最重要的创新,可以在同一网络中满足多种业务场景服务的差异化需求,R15定义了基本的切片功能,R16进一步明确了基于切片组的RRM策略,5G基站可以为不同的切片组分配不同的PRB资源份额,基站调度器根据分配的份额进行资源的调度,保证一个切片组的资源紧缺不会影响另外一个切片组的业务质量,从而达到一定的资源隔离度。

针对终端在接入过程中无法获取基站切片支持情况的问题,R17定义基于切片的随机接入、基于切片的小区重选、基于切片的重定向,让UE通过根据基站对切片的支持情况选择合适的驻留小区。

2.2.3 5G定位技术

R16协议首次将定位能力引入到5G网络标准,要求5G定位能力达到室内3 m@80%以及室外10 m@80%的精度,以满足普通商用场景米级定位的需求。R16引入了新参考信号——定位参考信号(PRS),用来供UE对每个基站的PRS执行下行链路参考信号时间差(DL-RSTD)测量;增强了信道探测参考信号(SRS),以允许每个基站测量上行链路相对到达时间(UL-RTOA);对DL-ECID、DL-TDOA、DL-AOD、UL-ECID、UL-TDOA、UL-AOA、Multi-RTT等多种定位技术的测量和流程进行了定义。

R17主要对定位精度和定位时延进行了优化提升,主要技术包括收发时间误差消除、UL AoA定位精度增强、DL AoD定位精度增强、减少定位时延、

RRC_INACTIVE的UE定位等。

2.2.4 RedCap技术

RedCap技术可有效降低5G终端成本与功耗,同时可兼具5G垂直行业新特性,充分满足千行百业的中高速、低时延、高可靠、低功耗的需求,是产业公认的R17最先商用、最具市场发展前景的新特性。

RedCap也称轻量化5G,通过减少终端带宽、收发天线数量、降低调制阶数等方式降低终端成本和功耗(见图4)。RedCap速率性能介于LPWA(如LTE-MTC/NB-IoT)和5G eMBB之间,与4G Cat.4基本持平;通过叠加5G相关节能技术,可实现比4G Cat.4更低的功耗。同时,RedCap基于5G系统可以按需实现与5G切片、5G LAN、高精度授时、uRLLC等5G增强功能结合,满足5G行业应用不同领域的增强需求。

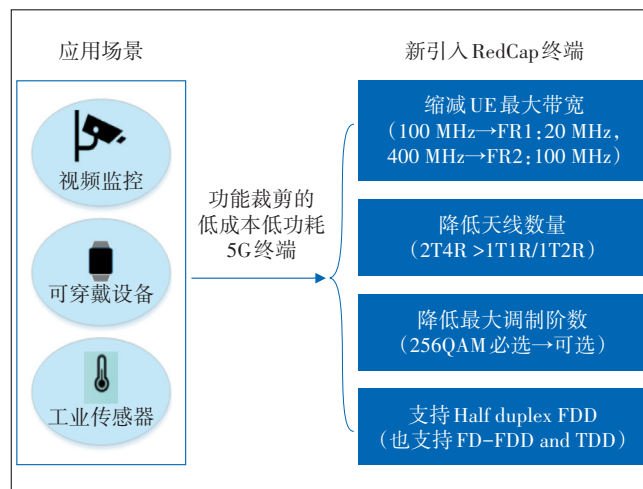


图4 RedCap关键技术及应用场景

3 无线新技术的引入建议

3.1 2C无线新技术产业链进展及引入建议

在MIMO增强方面,上行满功率适用于TDD小区中、远场景,提高终端发射功率可提升上行覆盖,部分厂家的设备支持该功能,部分R16终端支持该功能,可考虑在全网开通该功能;低PAPR参考信号可降低峰均比,提升用户上下行速率,部分厂家的设备支持该功能,部分R16终端支持该功能,可考虑对该功能进行试点应用;Type II码本增强适用于FDD MIMO场景,能够提升FDD波束赋形准度,目前仅个别厂家设备支持该功能,暂无终端支持该功能,需加强产业引导;Multi-TRP可改善小区边缘用户的速率和可靠性,暂无终端支持,设备成熟度低,需加强产业引导。

在CA增强方面,各频段CA组合设备支持率高,高端终端支持率相对高,可根据多载波部署情况、TDD+FDD部署节奏考虑开通3.5 GHz双/三载波CA,3.5 GHz+低频CA等,可给用户带来极致的速率体验;1Tx-2Tx上行转换可提升近、中点用户上行速率,特别适用大上行场景,设备支持率高,部分R16终端支持该功能,开通TDD+FDD CA的可考虑同步开通1Tx-2Tx上行转换。

在移动性增强方面,DAPS技术主要用于uRLLC场景,可以针对一些高保障业务实现切换过程用户面时延零中断,但暂无终端支持且uRLLC产业链发展滞后,可暂不考虑引入;CHO技术主要用于高铁、高速等切换关系固定的场景,可减少切换时延,提高切换成功率,但暂无终端支持,需加强产业引导。

在UE节能方面,DRX自适应及终端辅助信息上报能够实现UE节能且对业务无明显影响,目前部分厂家的设备支持该功能,部分R16终端支持该功能,可考虑在全网开通;MIMO层数自适应对于小包业务终端有节能收益,但可能带来大包业务性能的下降,目前部分厂家的设备支持该功能,部分R16终端支持该功能,不建议开通;R17定义的UE节能技术目前产业链成熟度较低,需持续跟踪产业链的进展。

3.2 2B无线新技术产业链进展及引入建议

在uRLLC增强方面,目前uRLLC产业链成熟度较低,目前仅个别厂家设备支持R16的uRLLC增强功能,终端皆不支持,R17的uRLLC feature设备和终端皆不支持,需要根据业务需求进行产业引导。

在切片增强方面,基于切片组的无线资源分配可以为用户提供差异化的业务保障,目前设备侧已支持,R16终端支持,可以根据现网业务需求按需部署;R17定义的基于切片的移动性管理功能,有助于UE在接入、重选、重定向过程中根据切片选择合适的频点及小区,避免了终端在发起业务之前不知道基站的切片支持情况的问题,目前设备及终端都不支持该功能,需加强产业引导。

在定位技术方面,UL-TDOA、UL-AOA、E-CID等定位技术不受终端制约,可以应用在无北斗/GPS的场景,提供米级的定位精度,目前设备成熟度较高,可按需进行部署;Multi-RTT定位精度较高,但需要R16终端支持,设备成熟度低,需进行产业引导;DL-AoD/DL-TDOA依赖R16定义的定位参考信号(PRS信号),只有R16终端支持,目前产业链成熟度较低。

在RedCap方面,RedCap主要通过降低终端复杂度和终端能力来满足中高速率场景的物联网需求,未来可广泛应用于工业无线传感器、视频监控、可穿戴设备等场景,目前产业链各方都在积极推动其发展,2023年设备侧陆续成熟,目前ASR、展锐、MTK芯片已支持,2024年可按需开启5G RedCap功能,催熟产业生态。

4 结束语

持续增强网络能力,提升用户感知一直是运营商的目标,3GPP从标准层面也在不断演进,为5G网络的后续演进指明了方向,本文对R16/R17提出的无线方面的关键技术进行了梳理分析,并给出了引入建议。目前,5G网络已经从规模建设阶段过渡到优化增强阶段,需要通过新技术引入、网络升级等手段不断增强网络能力,提供更高的速率、更低的时延、更为密集的连接、更强的智能化水平,让5G网络能够更好满足智慧生产、智慧生活的需要,最终实现5G改变社会的美好愿景。

参考文献:

- [1] 3GPP. 5G; NR and NG-RAN Overall Description; 3GPP TS 38.300. [2023-06-30]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [2] 3GPP. 5G; User Equipment (UE) procedures in Idle mode and RRC Inactive state; 3GPP TS 38.304. [2023-07-01]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [3] 3GPP. 5G; Stage 2 functional specification of User Equipment (UE) positioning in NG-RAN; 3GPP TS 38.305. [2023-06-30]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [4] 3GPP. 5G; User Equipment (UE) radio access capabilities; 3GPP TS 38.306. [2023-07-01]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [5] 3GPP. 5G; Radio Resource Control (RRC) protocol specification; 3GPP TS 38.304. [2023-07-01]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [6] 3GPP. 5G; NR Positioning Protocol A (NRPPa); 3GPP TS 38.455. [2023-06-29]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [7] 薛松岩, 庞继勇, 汪少波, 等. 5G-Advanced: 面向未来的持续技术演进[J]. 邮电设计技术, 2022(8): 17-22.
- [8] 穆佳, 王勇, 马瑞涛, 等. 面向3GPP R16的5G核心网演进策略研究[J]. 邮电设计技术, 2022(2): 1-8.

作者简介:

张斌, 高级工程师, 主要从事无线新技术研究、无线网络规划设计工作; 张鹏, 高级工程师, 主要从事移动网络规划、移动通信新技术研究等工作; 龙青良, 高级工程师, 主要从事无线新技术研究、网络评估与优化技术研究及5G共建共享工作; 张小红, 工程师, 主要从事无线新技术研究、标准跟踪等工作。