

RedCap 部署策略建议

RedCap Deployment Strategy Recommendations

曹恒¹,尚海波¹,平军磊¹,张鹏²(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)

Cao Heng¹,Shang Haibo¹,Ping Junlei¹,Zhang Peng²(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:

RedCap 作为轻量级 5G 技术,是蜂窝物联网的重要演进方向,它可有效兼顾行业对技术性能和部署成本的双重需求,有助于加速 5G 技术融入千行百业。分析了 RedCap 关键特性、基本通信功能要求、产业生态及应用场景等,提出 RedCap 部署策略及网络、业务规划建议,推动蜂窝物联网持续向端网协同方向发展 and 演进。

关键词:

RedCap;物联网;部署策略;切片;网络规划
doi:10.12045/j.issn.1007-3043.2024.01.001
文章编号:1007-3043(2024)01-0001-05
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:

As a lightweight 5G technology, RedCap is an important evolution direction for cellular IoT, which can effectively take into account the industry's dual demand for technical performance and deployment cost, and help accelerate the integration of 5G technology into thousands of industries. It analyzes RedCap's key features, basic communication function requirements, industrial ecology and application scenarios, and proposes RedCap deployment strategies and network and service planning recommendations to promote the continued development and evolution of cellular IoT in the direction of end-network synergy.

Keywords:

RedCap; IoT; Deployment strategy; Slice; Network planning

引用格式:曹恒,尚海波,平军磊,等. RedCap 部署策略建议[J]. 邮电设计技术,2024(1):1-5.

1 概述

5G 主要面向三大类应用场景,即增强移动宽带(eMBB)、超高可靠低时延通信(uRLLC)和海量机器类通信(mMTC)。3GPP 通过 3 个版本的标准完成 5G 第 1 阶段的技术演进,Rel-15 是现网商用版本,重点满足增强移动宽带(eMBB)和基础的低时延、高可靠(uRLLC)应用需求;Rel-16 主要聚焦于 eMBB 的增强以及低时延、高可靠能力的完善,关注垂直行业应用及整体系统性能的提升;Rel-17 对 5G 基础能力和垂

直行业技术进行增强,并引入了许多全新的特性和技术,如 RedCap 等。

RedCap 技术是在确保应用需求和性能的前提下,通过削减设备的能力,降低终端设备的复杂度,达到降低成本和功耗、延长使用寿命等目的。同时继承了 5G 原生能力,可支持 5G LAN、uRLLC、切片等垂直行业增强特性,满足行业用户的增强需求,是 5G 物联网最核心的标准技术。

2 RedCap 关键特性与能力

RedCap 作为“轻量化”5G 技术,相对于 Rel-15/Rel-16 的 eMBB 和 uRLLC 设备,RedCap 设备具备低复

收稿日期:2023-12-10

杂度和成本,设备尺寸满足紧凑型设计要求,可以在NR全频带内部署,并支持FDD和TDD模式,其关键特性及效果如表1所示。

移动物联网重点面向4类应用场景需求:采用NB-IoT满足大部分低速率场景需求,采用4G Cat.1、5G RedCap(R18)满足中等速率物联需求和语音需求,采用4G Cat.4、5G RedCap(R17)满足中高速率场景需求,采用5G NR技术满足更高速率、低时延联网需求。

RedCap终端在最大工作带宽、调制阶数、数据速率等方面与4G Cat.4终端相当,可以通过支持uRLLC、节能、覆盖增强、切片、SUL、5G LAN等技术实现能力的组合增强,更好地满足垂直行业的需求,RedCap综合能力将超越现有的4G Cat.4终端。随着标准继续演进,预计在2024年的Rel-18标准中,RedCap将对标4G Cat.1/1bis,通过缩减业务带宽至5M、降低峰值速率等进一步降低终端复杂度。

表1 RedCap“轻量化”关键特性及效果

类别	关键特性	RedCap 特性描述	增益分析
成本	降低UE带宽	支持的频谱带宽更窄,在FR1频段最大20MHz带宽,FR2带宽降至100MHz	降16%~33%
	降低UE天线数	减少了发射和接收天线的数量,2T4R降低为1T2R或1T1R	降26%~46%
	降低MIMO层数	减少了MMO层数,降低了基带处理模块的能力要求,FR1 FDD层数降为1层,FR1 TDD层数降为2或1层,FR2 TDD层数降为1层	降11%~17%
	HD-FDD	半双工TypeA方案	降7%
	降低调制阶数	裁剪了必选的最高阶调制方式到64QAM,但终端可以在承担一定的设计复杂度和成本提高的情况下,根据需要灵活支持上下行256QAM,以满足不同行业的上下行峰值速率需求	降6%
能耗	eDRX	针对业务周期较大的终端,减少终端能耗	降能耗
	RRM放松	针对静止UE的降低能耗	降能耗

物联网业务分类和技术特点对比如表2所示。

表2 蜂窝物联网连接分类及业务技术特点

连接业务分类	低速率业务(NB-IoT)	中速率业务(LTE Cat.1/1bis)	高速率业务		超高速率业务(NR)
			LTE Cat.4	NR RedCap	
主要业务及需求	低成本、低功耗、广覆盖,文本业务为主	实时性、语音通话,兼顾速率	大带宽、低时延		超大带宽
频谱	FDD	FDD/TDD	FDD/TDD	NR FR1/FR2	NR FR1/FR2
信道带宽	200 kHz	5/10/15/20 MHz	5/10/15/20 MHz	FR1 20 MHz; FR2 100 MHz	FR1 100 MHz; FR2 800 MHz
峰值速率	下行:105 kbit/s 上行:158 kbit/s	下行:10 Mbit/s 上行:5 Mbit/s	下行:150 Mbit/s 上行:50 Mbit/s	FR1:下行170 Mbit/s/ 上行90 Mbit/s	FR1:下行1.5 Gbit/s 上行380 Mbit/s
覆盖	扩展20 dB	常规	常规	常规	常规
时延	秒级	100 ms	100 ms	10 ms	10~40 ms
移动性	120 km/h	350 km/h	350 km/h	500 km/h	500 km/h
功耗	极低,10年寿命	低	中	低(需网络配合)	高
模组成本	小于15元	约30元	约60元	商用初期,预计200元左右	400元左右
网络需求	升级	小改动	无改动	升级	无改动
语音	不支持	支持	支持	支持	支持
切片	不支持	不支持	不支持	支持	支持

3 RedCap 应用场景及产业生态

3.1 RedCap 行业需求及应用方向

在3GPP标准化工作中,产业界划分出适用于RedCap的典型应用场景包括工业无线传感器、视频监控和可穿戴设备。受政策、产业、市场等多方面因素影响,国内在配电自动化、车联网领域也有广泛的应用空间。

a) 工业无线传感器通过内置5G模组或外接5G终端设备采集运行数据,产品形态主要包括DTU、

CPE、工业网关等。工信部《5G全连接工厂建设指南》提出十四五期间推动万家企业开展5G全连接工厂建设,工业数据采集逐渐成为实现企业数字化转型的基础环节,未来连接规模可达百万级。

b) 视频监控应用广泛,中国每年销售超过1.2亿只摄像头,目前摄像头无线化比例低于3%。但据公安部门统计,城市安防的有线传输摄像头在线率为70%~90%,离线的原因主要是光纤不可达、传输损坏等,摄像头无线化是刚性需求。标准5G主要用于移动性及速率时延要求较高场景,Cat.1/4主要用于移动性

要求不高的场景。RedCap可满足中高端视频监控业务中存在高清、低功耗需求和有政策+成本驱动的典型场景,如政法公安高清执法、行业作业 AR 摄像头等。

c) 随着人们对大健康的关注度逐步提升,智能手表、智能手环、慢病监测设备、医疗监控设备等实现了大规模普及。这些业务普遍要求设备体积小、功耗低。其典型业务需求包括下行参考速率为5~50 Mbit/s、上行参考速率为2~5 Mbit/s;下行峰值速率为150 Mbit/s、上行峰值速率为50 Mbit/s;电池的理想工作续航为数天甚至1~2周。智能穿戴产品在迭代的过程中,亟需更强的网络连接能力、更低的功率消耗、更小的设备体积以及更丰富的软件功能。LTE Cat.1在承接2G网络换代之后,逐步扩大应用场景。同时也为5G RedCap在可穿戴领域奠定良好的基础。

d) 国家能源局发布《能源领域5G应用实施方案》等一系列政策,明确在电力行业的发电、输电、变电、配电、用电等环节开展5G应用场景和解决方案的创新试点工作。其中在配电环节中的应用主要是数据采集和远程控制,其具有终端数量多、覆盖面广、场景复杂、可靠性及时延要求高等特点,由于需要规模连接,对成本较敏感,RedCap终端将有效降低5G电力终端及模组的成本,助力电力行业5G应用规模推广。

e) 目前随着智能网联汽车技术持续推进,C-V2X量产前装已经成为车企共识。《智能网联汽车技术路线图2.0》规划中提到2025年部分自动驾驶(PA)、有条件自动驾驶(CA)级智能网联汽车渗透率持续增加,预计到2025年达50%,2030年超过70%,2025年C-V2X终端的新车装配率达50%,2030年基本普及。当前量产车市场正处于4G/5G迭代窗口期,量产汽车的5G发展可能直接转向5G高品质路线。根据细分场景分析,重点关注自动驾驶领域的RedCap示范应用,在乘用车领域密切跟踪车企需求。

3.2 RedCap产业及生态进展

自从Rel-17 RedCap标准冻结后,RedCap产业生态不断提速。2022年完成了应用场景与关键技术研究、关键技术测试规范制定、开展关键技术测试。2023年,高通、MTK、紫光展锐等芯片厂商加速RedCap芯片商用进程;联通雁飞、美格、广和通等厂商的6款RedCap模组陆续问世;联通数传网关、南瑞配网自动化终端、中移物联企业网关、中微普业工业网关等RedCap终端相继推出至21款模组。在RedCap模组商

用初期,其预计售价在200元左右,随着商用节奏加速、市场规模发展,预计其售价可降至百元,最终能与现阶段4G Cat.4模组价格持平。

运营商也积极推动RedCap发展,相继发布产业及技术白皮书,开展面向行业的外场测试,聚焦5G RedCap在2B场景应用试点和场景验证,推动网络、终端产品及应用部署落地。

4 RedCap网络部署策略

4.1 RedCap网络部署区域

RedCap部署区域与终端、业务应用成熟度紧密关联。回顾Cat.1的发展历史,技术优势转化为商业化优势,需具备完善网络覆盖(4G基站已成为国内的覆盖范围最大、最完善的蜂窝网络,4G基站均支持LTE Cat.1网络能力,无需额外投入)、明显的成本优势(在国产化后,LTE Cat.1芯片通信模组和智能终端的成本逐步降低,Cat.1模组价格只需20~30元,相比Cat.4与5G有明显优势)、政策及场景应用契合(2G/3G网络升级促进存量迁移)等特点。

经过4年的5G网络建设,截至2023年7月末,5G基站总数达305.5万个,占移动基站总数的26.9%,虽然取得长足发展,但5G网络覆盖仍需持续完善。且现有5G网络需升级才能支持RedCap功能,对运营商而言存量基站的升级投入巨大,需紧跟业务需求适时逐步升级。另一方面目前RedCap终端仍需至少支持SA/LTE双模,成本不具有明显优势。所以,在RedCap商用初期,面对已经成熟的4G物联网应用,RedCap应结合自有特点,聚焦5G原生能力、5G专网应用(only 5G)等场景实现突破。RedCap首批应用市场将在保证满足行业功能、性能需求的同时,显著降低2B行业应用5G的端侧成本,例如工业传感器、配电自动化、园区视频监控等行业应用,初期网络升级以局域为主;随着模组成本降低,车联网、智能穿戴等广域应用也将逐步采用RedCap替代原有的4G物联技术。

4.2 RedCap网络升级规划

4.2.1 RedCap核心网升级

为避免全网改造带来的投资浪费,建议充分发挥5G切片技术优势,核心网基于RedCap独立切片方式进行部署。

以国内某运营商为例,现网5GC按照大区集约化部署,2B、2C两网分设,2C AMF为Default AMF。建议基于2B网络升级支持RedCap业务,每大区升级2套

UDM、PCF、AMF、SMF、UPF 支持 RedCap 功能,并为各网元规划配置 RedCap 专用切片(见图 1)。具体业务实现方案如下。

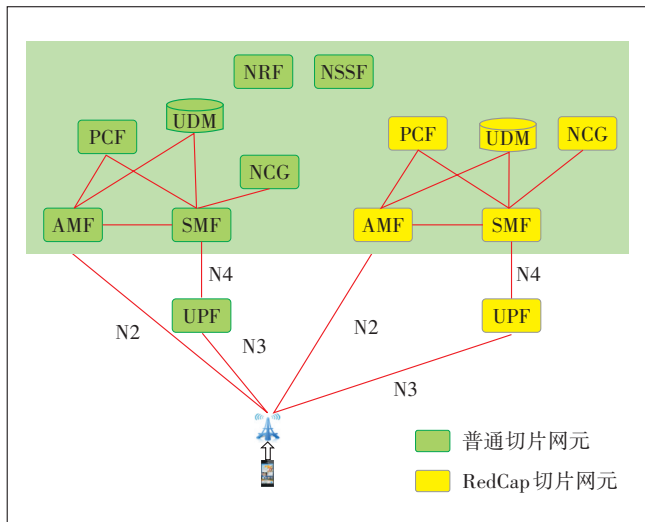


图 1 核心网部署方案

a) 终端注册选网方案。为 RedCap 用户签约专用切片,当 RedCap 用户接入 5G 网络发起注册时(以初始注册为例),5G 基站将注册请求发送给 2C AMF,2C AMF 向用户归属 UDM 查询用户签约数据,发现无法为用户签约的切片提供服务,进而向 NSSF 查询可为用户切片提供服务的目标 AMF,查询完成后向目标 AMF 发起 AMF 重定向流程,最后由目标 AMF 继续完成终端注册流程。

b) 终端会话建立方案。终端完成注册流程后,AMF 基于终端签约的切片+DNN+TAC 为终端选择 SMF 建立会话,由支持 RedCap 切片的专用 SMF 为终端建立会话。

基于该方案,未来根据 RedCap 业务细分场景对 5G 网络 SLA 的不同需求,可以为 RedCap 业务规划更为丰富的切片,以满足不同客户的差异化需求。

RedCap 核心网软件特性升级如表 3 所示。

4.2.2 RedCap 无线网升级

5G 基站硬件无需更换,通过软件升级即可支持 RedCap 功能。基站侧需要支持 RedCap 类型终端特性的功能,包括带宽、天线数、调制阶数、BWP 配置、RedCap 终端识别等功能(见表 4)。

a) RedCap 频率配置。商用初期针对 2B 领域的工业数采、配电自动化、视频监控等按需局部开启 2.6/3.5 GHz 中频频段的 RedCap 功能。后期根据业务规模

表 3 核心网 RedCap 关键特性升级

设备	功能描述
AMF	AMF 支持在 5G NR 的 RAT type 基础上增加子 RAT type 为 RedCap 类型;AMF 支持 eDRX 功能
SMF	SMF 支持处理接入类型为 5G NR,子 RAT type 为 RedCap 的会话。SMF 支持 eDRX 功能
UPF	UPF 支持 eDRX 功能,支持接收 SMF 通知消息对下行数据进行缓存,包括缓存时长和缓存包数
UDM	支持 5G 模式下的 eDRX 签约功能
PCF	PCF 支持对 RedCap 类型会话下发策略控制
NCG	NCG 支持对 RedCap 类型会话单独计费,并生成 RedCap 话单

表 4 无线网 RedCap 关键特性升级

设备	功能描述
RedCap 接入控制	支持通过 SIB1/SIB4 上的信令来指示是否允许 RedCap 用户选择(重选)到同频小区/异频小区
RedCap 用户识别	支持基于 4-Step RACH 的 Msg1 和 Msg3 的 RedCap UE 识别;支持基于 UE Capability 上报识别
独立初始 BWP	①支持为 RedCap 用户配置独立的初始 BWP,独立的初始 UL/DL BWP 小于 RedCap 用户支持的最大带宽;②支持普通 5G 用户和 RedCap 用户共享 ≤ 20 MHz 的初始 BWP;③禁用初始 UL BWP 上配置独立 common PUCCH 传输的跳频
激活 BWP	①支持为 RedCap 配置独立专用 DL/UL BWP,专用 BWP 小于 RedCap 支持的最大带宽;②支持为 RedCap 用户配置独立的专用 DL BWP 包含 CD-SSB 或 NCD-SSB

发展、终端/模组数量占比和智能穿戴、车联网等业务对网络广域覆盖需求,适时按需升级 700/800/900 MHz 等低频网络,支持 RedCap 功能。

b) 初始 BWP 功能配置。针对 RedCap UE 的初始 BWP,有 2 种配置方式。方式 1 为 RedCap UE 和 non-RedCap UE 共享相同的初始上下行 BWP。此方案无需新增 BWP 配置,SIB1 消息短,适用于 FDD 20 MHz 小区等小带宽网络。方式 2 为 RedCap UE 配置独立初始 BWP,RedCap BWP 的频域位置对普通 NR 终端的体验会产生影响。其影响主要体现在 RedCap BWP 上独立配置的 PUCCH/PRACH 等控制信道资源会截断普通 NR 终端的 PUSCH 数据信道,导致 PUSCH 可用的连续 RB 下降。对于不支持上行非连续调度的普通 NR 终端,这会导致其上行速率显著降低。为了降低其对普通 NR 终端的上行体验的影响,建议将 RedCap 小带宽 BWP 优先配置在小区频域位置的两端,降低普通 NR 终端的 PUSCH 资源的碎片化。此方案适用于 TDD 100 MHz 大带宽网络(见图 2)。

c) 激活 BWP 功能配置。对于 RedCap UE 激活 BWP 的部署建议,期望根据网络中 RedCap 用户规模、业务量等因素按需增加或减少专用 BWP 的数量。当

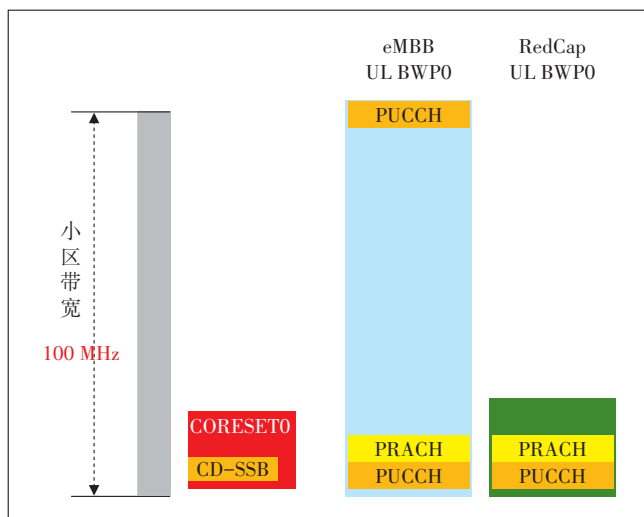


图2 RedCap UE与non-RedCap UE上行资源示意

RedCap UE数较少、业务量较低的情况下,建议RedCap的专用BWP包含CD-SSB。当RedCap UE数较多或业务量较高,建议配置1个包含CD-SSB的专用BWP和1个或多个包含NCD-SSB的专用BWP。

d) RedCap覆盖与容量评估。通过对n1、n78频段的链路预算对比分析,在覆盖方面,FDD频段相对于TDD频段在上行覆盖上更具优势,即使在小区边缘位置,FDD频段RedCap UE仍可基本满足视频监控和可穿戴设备的速率需求。在TDD覆盖较弱的区域,可通过覆盖增强手段提高覆盖,R17为上行物理信道的传输引入了多个覆盖增强特性,包括增加PUSCH和PUCCH信道的重复传输次数,PUSCH/PUCCH信道的多时隙的联合信道估计等;或通过参数配置使RedCap终端提前选至FDD频段或LTE频段,通过参数优化等方式,保障RedCap终端的体验。

3GPP TR 38.875分析了在城区TDD系统引入RedCap UE的影响,在容量方面,在网络负载较轻时,引入RedCap终端对网络容量和频谱效率的影响较小。在RedCap终端规模引入的中远期,可通过载波或频率扩容或负载均衡的方式平衡网络负荷。

5 结束语

基于蜂窝移动物联网发展特点,RedCap网络部署应先局域后广域,初期聚焦优选重点行业及场景,端网业协同发展,推进RedCap从标准走向应用。RedCap未来将面向3GPP Rel-18阶段持续演进,进一步降低终端带宽和峰值速率,从而进一步降低终端成本,扩展5G的应用空间。

参考文献:

- [1] 3GPP. Study on support of reduced capability NR devices: 3GPP TR 38.875 V17.0.0[S/OL]. [2023-05-21]. <ftp://ftp.3gpp.org/Specs/>.
- [2] 3GPP. New SID on support of reduced capability NR devices: RP-193238 [R/OL]. [2023-05-21]. https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_86/Docs.
- [3] 3GPP. Revised WID on support of reduced capability NR devices: RP-210918 [R/OL]. [2023-05-21]. https://www.3gpp.org/ftp/tsg_ran/TSG_RAN/TSGR_91e/Docs.
- [4] 中国联通. 中国联通5G RedCap白皮书(2022年)[EB/OL]. [2023-06-05]. <https://www.digitalelite.cn/h-nd-6489.html>.
- [5] 中国移动. 中国移动5G RedCap技术产业白皮书[EB/OL]. [2023-06-02]. <http://www.199it.com/archives/1600385.html>.
- [6] 中国电信. 中国电信5G RedCap产业白皮书[EB/OL]. [2023-06-02]. <https://www.doc88.com/p-27039239699865.html>.
- [7] 朱晨鸣. 5G RedCap技术发展与应用[J]. 通信世界, 2023(15): 10-11.
- [8] 王璐璐,曹亘,韩潇,等. 5G RedCap关键技术研究[J]. 邮电设计技术, 2023(3): 10-14.
- [9] 李宏辉,关成哲. NR RedCap覆盖能力分析与增强技术[J]. 通信世界, 2022(23): 43-45.
- [10] 李晗阳,翁玮文,李男,等. 5G NR RedCap关键技术研究[J]. 电信科学, 2022, 38(3): 93-101.
- [11] 魏鸿斌,徐舒. 5G NR RedCap技术简述及应用前景[J]. 数据通信, 2022(5): 50-51, 54.
- [12] 肖瑞雪,冯英伟,吕国,等. 面向5G移动通信的蜂窝物联网关键技术研究[J]. 现代电子技术, 2020, 43(9): 29-32.
- [13] 王鹏宇,杨缙峰. 5G蜂窝物联网的大规模接入技术分析[J]. 现代工业经济和信化, 2021, 11(11): 128-129, 136.
- [14] 徐霞艳. NR RedCap UE关键技术与标准化进展[J]. 移动通信, 2021, 45(3): 10-15.
- [15] 宋丹. R17 RedCap完善5G终端中速物联网场景支持能力[J]. 通信世界, 2022(12): 9.
- [16] 周晋,倪海峰,余燕. 5G算网融合与元宇宙趋势浅析[J]. 物联网技术, 2023, 13(2): 71-75.
- [17] 刘雅,翁玮文,陆松鹤,等. RedCap蓄势待发助力5G赋能千行百业[J]. 通信世界, 2022(23): 46-47.
- [18] 种璟,唐小勇,朱磊,等. 5G关键技术演进方向与行业发展趋势[J]. 电信科学, 2022, 38(5): 124-135.
- [19] 张翀,汪传武. 5G物联网技术标准演进研究[J]. 广播电视网络, 2022, 29(3): 54-56.

作者简介:

曹恒,高级工程师,学士,主要从事移动通信咨询设计工作;尚海波,高级工程师,学士,主要从事移动通信咨询设计工作;平军磊,高级工程师,硕士,主要从事移动通信咨询及5G专网研究工作;张鹏,高级工程师,硕士,主要从事移动网络规划、移动通信新技术研究等工作。