

中国电信 5G RedCap产业白皮书



CONTENTS

目录

01 RedCap概述

1.1 RedCap简介	01
1.2 RedCap应用场景	02

02 RedCap终端产业发展现状

2.1 RedCap标准概述	03
2.1.1 3GPP关于RedCap标准情况	03
2.1.2 CCSA关于RedCap标准情况	03
2.2 RedCap终端产业状况	04
2.2.1 RedCap芯片	04
2.2.2 RedCap模组	04
2.2.3 RedCap终端	04
2.3 RedCap终端发展趋势	05

03 5G RedCap关键技术特性

3.1 RedCap特性差异	06
3.2 RedCap关键技术要求	08
3.2.1 理论速率	08
3.2.2 时延	09
3.2.3 可靠性	09
3.2.4 功耗	09
3.2.5 5G其它原生特性	10

04 中国电信5G RedCap定制网与能力魔方

4.1 RedCap定制网模式及支持要求	11
4.1.1 三大服务模式	11
4.1.2 定制网服务模式支持要求	11

4.2 能力魔方	12
----------	----

05 5G RedCap模组产业需求分析

5.1 定制网模组能力	13
5.2 接口标准化	13
5.3 模组与平台连接	15
5.4 OpenCPU	15

06 5G RedCap终端产业需求分析

6.1 RedCap终端特定应用场景通信能力	16
6.1.1 定制网场景	16
6.1.1.1 工业传感器	17
6.1.1.2 智能电网	17
6.1.2 视联网场景	18
6.1.3 车联网场景	18
6.2 RedCap终端管理需求	19
6.2.1 分级分类	19
6.2.2 终端与自注册平台对接	19
6.2.3 天翼智能物联网开放平台	20
6.2.3.1 平台能力介绍	20
6.2.3.2 对接流程	21

07 5G RedCap行业应用

7.1 RedCap行业解决方案测试	22
7.1.1 实验室测试	22
7.1.2 现网测试	23
7.2 RedCap行业应用需求	23
7.2.1 基于5G定制网的行业应用需求	23
7.2.2 基于5G视联网的行业应用需求	24
7.2.3 基于车联网的行业应用需求	25

08 RedCap未来展望

095G RedCap未来展望

29

附图

图 1-1 RedCap的定位	01
图 1-2 全球工业传感器市场规模	02
图 1-3 视频监控领域应用方向	02
图 1-4 2021年可穿戴设备出货量	02
图 2-1 产业推进情况	05
图 6-1 天翼智能物联网开放平台（AIOT）功能架构	20
图 7-1 测试组网示意图	22
图 7-2 视频监控整体方案	25
图 7-3 信息娱乐服务	26
图 7-4 车路协同服务	26
图 8-1 RedCap产业推进路径	28

附表

表 3-1 不同制式相关技术对比	07
表 3-2 MIMO与调制要求	08
表 3-3 RedCap峰值速率要求	08
表 5-1 M.2封装推荐规格	14
表 5-2 LGA、LCC+LGA封装推荐规格	14
表 6-1 RedCap特定应用场景通信能力	16
表 6-2 工业传感器应用RedCap终端特性需求	17
表 6-3 智能电网应用RedCap终端特性需求	18
表 6-4 视频监控应用RedCap终端特性需求	18
表 6-5 车联网应用RedCap终端特性需求	19
表 7-1 基于5G定制网的行业应用主要典型终端特征和行业需求	24
表 7-2 视频监控RedCap需求	25
表 7-3 车联网需求	27

前 言

本白皮书由中国电信集团有限公司政企信息服务事业群牵头编制，修改和解释权属中国电信集团有限公司政企信息服务事业群，未经授权，任何单位或个人不得复制或拷贝本白皮书内容。

主编单位

中国电信股份有限公司政企信息服务事业群

参编人员：韩智泉 任勇强 曾祥宇

起草单位

天翼物联科技有限公司

参编人员：李喆 王志成 王雯 李峰 郭浩 左绘 罗丹 叶希

中国电信股份有限公司研究院

参编人员：李露文 刘兆元 陈嘉跃 肖海 陈平辉

参编单位（按拼音首字母）

翱捷科技股份有限公司；	北京智联安科技有限公司；	北京智芯微电子科技有限公司；
鼎桥通信技术有限公司；	高通无线半导体技术有限公司；	广州通则康威智能科技有限公司；
华为技术有限公司；	利尔达科技集团股份有限公司；	联发科技股份有限公司；
上海新基讯通信技术有限公司；	上海移芯通信科技有限公司；	上海移远通信技术股份有限公司；
深圳广和通无线股份有限公司；	深圳宏电技术股份有限公司；	深圳有方科技股份有限公司；
芯翼信息科技（上海）有限公司；	紫光展锐（上海）科技有限公司；	中兴通讯股份有限公司

参编人员（按参编单位）

李维成 徐健 王志军 安之平 李德建 赵旭 梁永谦 杨坤 张文涛 王伍 颜斌 林举 姚家伟 薛常春 田志禹
沈伟峰 冯晓飞 李碧瑞 范伟 姚广祥 袁友荣 谢永胜 张显达 谢相存 宁新林 丁靖 常仁杰 方荣 李剑 陈峰
赵思聪 张伟强 束裕 郝瑞晶



01

RedCap概述

1.1 RedCap简介

RedCap (Reduced Capability) 即缩减能力, 属于轻量化5G的重要组成部分。5G在Rel-15/Rel-16定义了增强型移动宽带 (eMBB), 海量机器类通信 (mMTC) 和超高可靠低时延通信 (URLLC) 三大典型应用场景。随着5G的不断部署和广泛应用, 中低端物联网方案对设备复杂度与成本降低、尺寸减小和功耗更低等出现了特定需求。

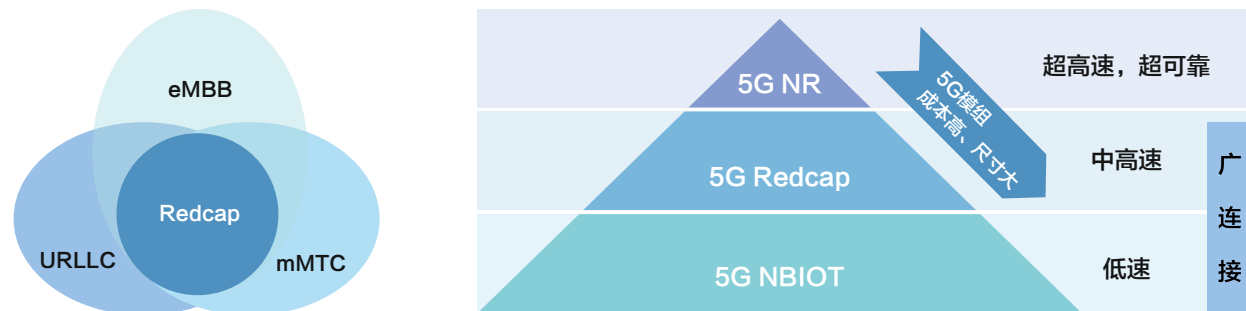


图 1-1 RedCap的定位

RedCap轻量化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, 降低终端的复杂度, 以达到降低成本、功耗以及小型化的目标, 使5G终端可以以更低的成本提供介于在eMBB, mMTC和URLLC场景之间的应用需求和服务。RedCap除了低成本有助于进一步扩大5G终端的渗透率, 能力裁减后也有助于小型化和能耗降低, 让5G更适用于穿戴等5G新应用场景, 使5G终端和方案得到更加广泛的应用。

经过裁剪, 1T2R的5G RedCap终端和4G Cat4双天线终端的能力接近。但是, RedCap继承了5G NR在带宽、时延、可靠、切片等方面的特性, 具备了Cat4没有的网络能力。同时更多的5G节能特性进一步达到比Cat4的更低的功耗表现。

1.2 RedCap应用场景

现阶段, 3GPP主要定义了工业无线传感器、视频监控和可穿戴三大场景及其需求。

在工业无线传感领域, 工业传感器主要包括压力、液位、温度、光电、编码器、超声波、流量、视觉/图像和振动等。根据MarketsandMarkets数据显示, 全球工业传感器市场规模预计将从2021年的206亿美元增长到2026年的319亿美元, 从2021年到2026年期间, 该市场预计将以9.1%的复合年增长率增长。推动这一市场增长的关键因素包括工业4.0和工业互联网在制造业中的采用率不断提高, 以及工业传感器技术的进步等。其中, 大量的工业无线传感器对带宽要求不高, 但对可靠性、功耗和特殊环境工作 (例如高温、严寒、高湿、粉尘和电磁干扰等) 有一定要求。根据工业无线传感器用例, RedCap可以满足其应用场景需求。

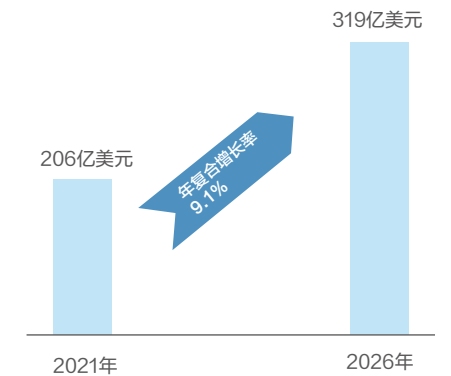


图 1-2 全球工业传感器市场规模

在视频监控领域, RedCap应用主要涉及三大方向: 视频安防、工业场景和车载摄像头。在视频安防领域, 安防视频业务进入智联时代, 从传统的“看得清”向“看得懂”过渡, 从“看视频”向“用视频”扩展, 从非智能、孤立的监控单元向智能、互联系统转变, 5G为视频监控的发展提供了基础。在“十四五”期间, 安防市场年均增长率达到7%左右, 2025年全行业市场总额达到1万亿元以上。按照视频监控占比55%计算, 2025年视频监控的市场将达到5500亿。在工业领域, 部分工业场景的视频监控也可以使用RedCap模组。在车载领域, 摄像头是智能网联汽车实现众多预警、识别类功能的基础。根据ICV数据, 2023年车载摄像头全球市场将价值152亿美元, 到2027年能够达到256亿美元。

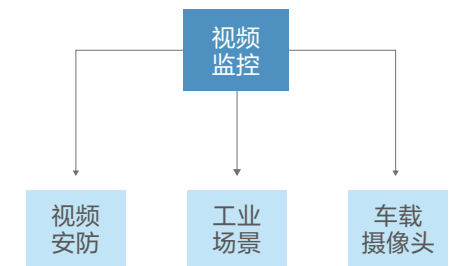


图 1-3 视频监控领域应用方向

在可穿戴领域, 根据IDC统计, 我国2021年耳戴设备市场出货量保持在较高水平, 约为7898万台; 手表市场出货量为3956万台, 其中, 成人手表2013万台, 儿童手表1943万台; 手环市场出货量为1910万台。预计2022年我国可穿戴设备出货量将达1.6亿台。当前, 基于可穿戴设备小体积和低功耗等需求, RedCap成为可穿戴设备使用5G的重要突破口。

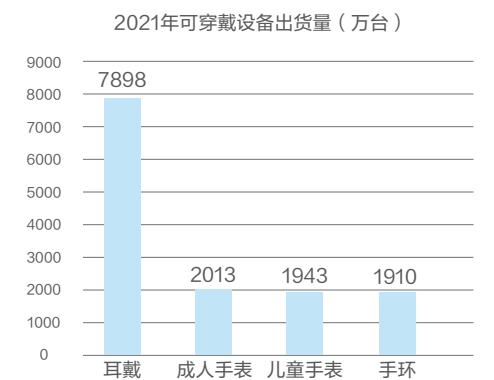


图 1-4 2021年可穿戴设备出货量



02

5G RedCap 终端产业发展现状

2.1 RedCap标准概述

2.1.1 3GPP关于RedCap标准情况

3GPP标准组织从 2019 年开始RedCap技术研究，目前完成两个阶段的工作，即3GPP R17 RedCap SI阶段和3GPP R17 RedCap WI 阶段。

3GPP R17 RedCap SI阶段（2020.6–2020.12），输出研究报告 3GPP TR 38.875，内容主要包括终端复杂度降低及成本评估、对覆盖的影响、能耗分析评估等，并为后续 WI 阶段开展标准化提出各项建议。

3GPP R17 RedCap WI 阶段（2020.12–2022 Q2），标准化工作主要涵盖以下内容：终端复杂度降低、驻留与接入控制、移动性、终端识别、BWP配置以及功耗等。在2021年第4季度完成了物理层核心规范，在2022年6月结束WI阶段并对R17标准正式冻结。

目前，3GPP R18 仍处于研究过程中，预期 R18 将持续对RedCap终端的峰值速率、带宽等性能进行裁剪。2022年9月，3GPP公布了TR38.865技术报告第一版本，其中指出R18版本中的RedCap终端等级介于R17 RedCap终端和LPWA终端（如NB-IoT终端）之间，进一步支持中速率物联网场景。该版本的标准预计2024年Q1结项，最早于2025年进入商用。

2.1.2 CCSA关于RedCap标准情况

国内CCSA标准化组织于2021年3月启动了RedCap的相关研究和立项工作。在TC5WG9#113会议通过了RedCap关键技术的研究立项，并联合产业界在TC5WG9#118会议上通过了征求意见稿，为相关行业标准制定奠定了基础。

2021年7月，工业和信息化部发布了《5G应用“扬帆”行动计划（2021—2023年）》。在该行动计划里指出：按照5G国际标准不同版本阶段性特性，分阶段推动技术、产业的发展。行动计划中还提出了 5G+信息消费、5G+工业互联网、5G+智慧城市等15个垂直行业分类，以及列举了智能安防监控、新型穿戴设备、远程操控设备、高清视频监控等众多应用领域。

同时，IMT-2020(5G)推进组也对RedCap寄予厚望，于2022年完成应用场景与关键技术与测试规范制定，并联合产业开展关键技术试验验证。推进组计划2023年面向商用需求，制定终端和系统设备的技术规范以及相应的测试规范，进一步开展端到端测试和互操作测试工作。

2.2 RedCap终端产业状况

2.2.1 RedCap芯片

2022年，翱捷科技（以下简称ASR）、紫光展锐等基于芯片的RedCap测试终端参加了IMT-2020(5G)试验工作组（以下简称5G推进组）组织的RedCap实验室关键技术功能和外场性能测试，必博科技、vivo基于RedCap终端原型验证平台参加了关键技术功能测试。另外，北京智联安科技有限公司（以下简称智联安）于2022年中发布支持RedCap的高精度定位芯片MK8510，该芯片支持R17休眠特性实现低功耗能力，并已按照RedCap接入流程和基站打通，配合网络定位算法可实现室内亚米级低功耗定位能力。上海新基讯通信技术有限公司（以下简称新基讯）联合是德科技在仪表上基于芯片设计原型系统完成了RedCap关键技术验证。

2023年，高通、ASR、紫光展锐、MTK、智联安、移芯、新基讯等芯片厂商计划陆续使用RedCap商用制程的流片参加5G推进组组织的端网协同技术试验、运营商组织的多厂家设备商用网络下的功能和性能测试验证；高通推出了全球首个5G RedCap调制解调器及射频系统，将于2023年下半年出样。预计年底还有更多厂家有小批量产品投入重点行业的小规模试点商用阶段。另外，芯翼等厂家也有望在年底推出RedCap的芯片。

2024年及以后，芯翼等公司的第一代RedCap商用芯片也将量产发布。RedCap的商用推广，一方面可以发挥5G统一空口的优势，提供相比LTE更优的连接性能和演进能力；另一方面可以支持5G统一空口下的增强和行业定制化能力要求，如切片、5G LAN、高精度授时、高精度定位等特性以满足智能电网、视频监控、工业传感器等行业应用市场需求。

2.2.2 RedCap模组

2023年，移远、广和通、鼎桥、利尔达等模组厂商将结合RedCap芯片推进情况，开展M.2和Mini-PCIE封装为主的产品研发，并陆续增加LGA、LCC封装的产品以丰富模组硬件规格。模组产品将结合5G推进组端网协同技术、运营商的网络功能和性能测试的时间，参加相应的验证工作，并协同运营商加速RedCap模组的试商用推进。

2024年，预计有方等模组厂家也将推出RedCap商用模组，满足工业控制、电力、视频监控、车联网、工业传感器、网络摄像机、可穿戴设备等终端模组和设备应用需求。

2.2.3 RedCap终端

2023年RedCap终端类型逐步完善，广州通则康威、宏电、鼎桥、中微普业、利尔达将推出数传类终端产品，大华、海康将推出RedCap摄像头产品，南瑞、智芯将推出RedCap电力通信仓产品，将大幅降低5G终端价格，加速5G终端在垂直行业的规模上量。此外，在RedCap基础上，支持5G定位的终端也将上市，利尔达、码石将推出首款支持5G定位的终端。

预计2024年及之后，随着RedCap网络覆盖增强，将有更多的行业应用，以工业无线数据终端、工业传感器、监控/检测设备、网络摄像机为主的行业终端类型越来越丰富，以可穿戴设备、车载Tbox为代表的消费类终端实现首商用，支持5G高精度定位的终端类型大幅增加，满足行业对人、机、料等不同生产要素的定位监控需求。

2.3 RedCap终端发展趋势

根据前述调研所得的RedCap终端产业状况，对RedCap终端涉及到的芯片、模组和终端情况进行小结，如下图所示：

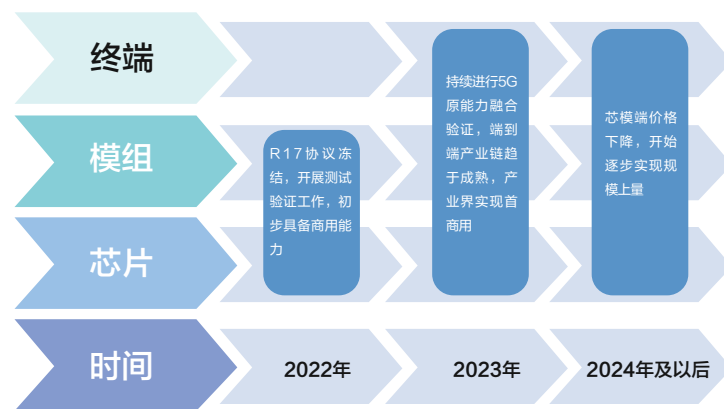


图 2-1 产业推进情况

2022年是RedCap技术成熟之年。6月份R17协议冻结，5G推进组组织华为、中兴、中国信科、爱立信、诺基亚5家系统厂商升级5G商用基站软件，完成了5G基站支持RedCap的关键技术功能和外场性能测试。翱捷、紫光展锐等厂商基于芯片的RedCap测试终端参加了关键技术功能和外场性能测试，必博科技、vivo基于RedCap终端原型验证平台参加了关键技术功能测试；10月底已基本完成对各芯片厂商和系统厂商的测试，验证了RedCap各项关键技术以及RedCap测试终端与系统配合正常工作的能力。参与测试的各方共同验证了包括接入控制与RedCap UE识别、独立初始BWP、激活BWP、RRM测量及切换、峰值速率、等RedCap关键技术以及芯片相关业务能力，结果表明RedCap系统和芯片技术已经具备商用能力。

2023年是RedCap端到端产业链成熟的首商用年。5G推进组将组织RedCap二阶段互联互通测试，围绕RedCap和切片/5GLAN组网/高精度授时/低时延高可靠性等5G原生能力开展融合验证，加速产业链完善RedCap功能和性能。2023年，高通推出全球首个5G RedCap调制解调器及射频系统，还将有多家芯片实现商用，模组和终端品类和数量逐步增加，芯模组网将实现端到端首商用，各方将围绕电力、安防、工业等先行行业，打造规模应用样板，形成商业闭环。

2024年是RedCap规模上量之年。国内外主要芯片企业都将商用RedCap芯片，预计芯模组价格大幅下降，商用终端类型突破百款，在电力、安防、工业、车联、穿戴的应用规模分别突破百万级。



03 5G RedCap 关键技术特性

3.1 RedCap特性差异

作为“轻量级”5G技术，RedCap是一种介于5G eMBB与LTE Cat1/1bis之间，在成本与功能特性上取得平衡的技术。

相较于5G eMBB，RedCap进行了多项功能特性裁减，如：

- ◆ 带宽：RedCap要求支持的频谱带宽更窄，在FR1频段只要求最大20MHz带宽，远小于5GeMBB的100MHz。
- ◆ 天线：RedCap减少了发射和接收天线的数量，减少了MIMO层数，降低了终端RF收发器和基带处理模块的能力要求。
- ◆ 功耗：RedCap引入了多项省电措施，如e-DRX功能和更长的睡眠模式，使终端可以降低功耗并获得更高的续航能力。
- ◆ 调制：RedCap从标准上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，根据目标客户需要灵活支持上/下行256QAM，以满足不同行业的上下行峰值速率需求。
- ◆ 双工：RedCap从标准上定义了可采用半双工FDD的方案。不过经业界充分讨论，当前基本仍采用全双工FDD的端网部署方案。主要理由是支持半双工FDD方案时基站调度处理会比较复杂，同时由此降低终端峰值速率会更多地影响业务体验；此外经评估，半双工FDD的设计对终端成本降低也不够明显。

另外，根据3GPP协议，RedCap不需支持载波聚合（CA）、双连接（MR-DC）、双激活协议栈（DAPS）、条件主辅小区添加或改变机制（CPAC）、集成接入回传（IAB）的能力，进一步降低了终端的设计复杂度和成本。

相较于LTE，目前1T2R的5G RedCap产品与LTE Cat4双天线产品相比虽然理论速率能力接近，但是由于有效带宽的增加，在实际使用体验上会有大幅提高，并且RedCap具备5G NR接入能力，在时延、可靠性、覆盖增强、节能、切片、授时、5G LAN等方面具备特性优势。

目前R17标准冻结后的5G RedCap基本特性可对标LTE Cat4，而R18标准推进的5G RedCap将在峰值速率、带宽上进一步裁剪，可直接对标 LTE Cat1/Cat1 bis。

RedCap终端的规模化应用依赖于5G网络的大范围覆盖。鉴于5G商用网络覆盖尚未达到4G商用网络覆盖的广度和深度，因而在一段时间内终端支持4G、5G将成为主要的连接方式。由此，RedCap终端应支持5G+4G双模制式，以提高终端的连接能力。

下面从理论速率（可用单频最大带宽下）、时延、功耗、可靠性、个性化需求（切片、5G LAN）等维度对两个制式共5种版本不同等级的技术进行对比说明。

表 3-1 不同制式相关技术对比

技术指标		5G NR eMBB	5G RedCap（1T2R）	5G RedCap（1T1R）	Cat4	Cat1/Cat1bis
速率	FDD	UL：175Mbps DL：350Mbps @256QAM/2T4R/30M	UL：90Mbps DL：170Mbps @64QAM /1T2R/20M	UL：90Mbps DL：85Mbps @64QAM /1T1R/20M	UL：75Mbps DL：150Mbps @64QAM /1T2R/20M	UL：5Mbps DL：10Mbps UL:@16QAM vDL:@64QAM /1T1R/20M
	TDD	UL：250Mbps @64QAM DL：1.7Gbps @256QAM 以及2T4R/100M	UL：26Mbps DL：105Mbps @64QAM /1T2R/20M	UL：26Mbps DL：52Mbps @64QAM /1T1R/20M	UL：15Mbps DL：110Mbps @64QAM /1T2R/20M	UL：1Mbps DL：7.4Mbps UL:@16QAM DL:@64QAM /1T1R/20M
时延可靠性		1~3ms 支持URLLC	5~20ms@99.99% 支持URLLC	5~20ms@99.99% 支持URLLC	>100ms	>100ms
功耗		/	优于Cat4	优于Cat4	工作：120~160mA 待机：12~22mA	/
切片		支持	支持	支持	不支持	不支持
5G LAN		R16及以上版本支持	支持	支持	不支持	不支持
备注		1、5G eMBB/RedCap在TDD的下行、上行和特殊时隙配比为5:3:2，特殊时隙下行、GAP和上行符号的配比为10:2:2，帧结构为2.5ms双周期。 2、4G下行和上行的时隙配比为3:1，特殊时隙下行、GAP和上行符号的配比为10:2:2。				

在数据速率上，RedCap通过对5G的频谱带宽、调制方式、MIMO层数等方面裁剪，除了在5G性能方面保持优势外，以FDD为例在同等带宽下峰值速率相较LTE Cat4上行提升20%、下行提升13%。

在时延可靠性上，RedCap继承了5G NR的低时延高可靠特性，相比于LTE Cat4和Cat1/1bis，在低时延特性上可提升近80%，及复杂工业场景下RedCap可保持最高99.99%的可靠性。

在功耗电流上，LTE Cat4工作情况下为120~160(mA)、待机情况下为12~22(mA)。RedCap通过支持节电特性，对标LTE Cat4可进一步降低功耗。

在5G原生特性方面，RedCap相比LTE Cat4与Cat1 / 1bis拥有切片、5G LAN等新增特性，为特定业务的专用链路、专用局域网等需求提供保障。

3.2 RedCap关键技术要求

3.2.1 理论速率

在3GPP标准中，RedCap在20MHz的总频宽下根据业务需求可选择采用不同的调制方式、MIMO、BWP等技术 and 配置来实现不同的速率。

表 3-2 MIMO与调制要求

技术	类型
调制方式	64QAM、256QAM
MIMO	1T2R、1T1R
BWP带宽	5M、10M、15M、20M等

理论峰值速率方面，RedCap还可通过5G NR部分技术的保留而获得相应调整。如在1T2R天线规格下调整FDD半双工回全双工、调制方式64QAM回256QAM的RedCap可提供最高上行120Mbps、下行226Mbps的理论峰值速率。在1T1R天线规格和64QAM调制方式下TDD也可提供上行26Mbps、下行52Mbps的理论峰值速率，以保证各种业务场景的数据传输能力需求。

表 3-3 RedCap峰值速率要求

天线规格	双工方式	调制方式	峰值速率
1T2R	TDD	上行: 64/256 QAM	26/34Mbps
		下行: 64/256 QAM	105/140Mbps
	FDD	上行: 64/256 QAM	90/120Mbps
		下行: 64/256 QAM	170/226Mbps
1T1R	TDD	上行: 64/256 QAM	26/34Mbps
		下行: 64/256 QAM	52/70Mbps
	FDD	上行: 64/256 QAM	90/120Mbps
		下行: 64/256 QAM	85/113Mbps
备注	在TDD的下行、上行和特殊时隙配比为5:3:2，特殊时隙下行、GAP和上行符号的配比为10:2:2，帧结构为2.5ms双周期。		

3.2.2 时延

时延作为物联网场景中重要的特性，在工业无线传感器、智能电网等应用场景中要求较为严格。RedCap可以结合URLLC能力，通过低成本方案实现低时延或超低时延的终端网络接入。为实现低时延特性，RedCap引入以下几个方面技术：

RedCap可采用上行免调度传输，PDSCH传输采用低码率MCS表格、PDSCH/PUSCH时隙级重复发送等技术支持URLLC相关增强功能。同时上下行非时隙（non-slot）调度、PDCCH高聚合等级等也可作为额外可选的技术要求。

为确保网络侧快速识别RedCap终端类型，实现终端高效接入网络，RedCap提出终端识别要求，包括基于Msg1和Msg3的提前识别功能。此外2步随机接入过程中，还包括基于MsgA PRACH和MsgA PUSCH的提前识别机制。

由于RedCap频谱带宽能力的限制、避免受资源碎片化的影响以及资源拥塞，RedCap提供了多种BWP功能特性。初始上行 BWP可禁用RedCap设备的 PUCCH跳频，以及配置独立的公共PUCCH资源来缓解资源碎片化问题。同时RRC配置独立的上/下行专用BWP，为下行专用BWP配置NCD-SSB进行服务小区的测量等。

3.2.3 可靠性

3GPP对可靠性的定义是一定时间内传输X bytes的成功概率，其应包含如下几个特征：

- ◆ 重复发送获得合并增益，PDSCH/PUSCH 时隙级的重复发送。
- ◆ 采用低码率的SE-Low MCS表格，解调门限更低。
- ◆ PDCCH采用紧凑型的DCI格式，降低DCI比特数，从而变相降低码率，解调门限更低。

因而可靠性同样列为RedCap应用场景中的一个重要需求。在面对无人值守的工业场景，要求终端的连接可靠性要求较高，实现设备的远程升级和维护。

3.2.4 功耗

针对部分RedCap产品兼顾低成本、低功耗、长待机的性能需求，RedCap定义了多项降低功耗的技术标准。RedCap首先延续了R15/R16阶段一系列5G终端节能技术，包括降低对PDCCH控制信道监听的连接态下非连续接收（C-DRX）、唤醒信号Wake Up Signal（WUS）等。

同时在R17标准中进一步定义新的节能特性，进一步降低终端功耗。3GPP R17针对RedCap新增的节能特性包括：RRC_IDLE和RRC_INACTIVE状态下e-DRX相关功能，RRM测量放松功能等。

SDT（小数据包传输）功能也属于减低功耗的相关特性之一，定义了RRC_INACTIVE状态下的小数据包传输方式，减少终端在日常使用中的连接态占比。

3.2.5 5G其它原生特性

作为5G标准协议的组成部分，RedCap继承了5G的相关原生特性，例如RedCap支持覆盖增强，支持切片、5G授时、5G LAN、VoNR语音、SUL补充上行等5G优势技术，从而实现对行业的高效赋能。

实际组网中，小区边缘面临着来自其他小区的较大程度的干扰，会对小区边缘用户接入成功率、频谱效率和用户体验造成影响。为了实现用户设备可控的上下行无缝覆盖，在覆盖增强方面，R17 RedCap技术增强特性包括基于PUSCH时隙级重复发送，PUCCH信道增强以及Msg3覆盖增强等。

网络切片是5G的关键特征，切片技术可以提供隔离的网络环境，使得不同业务场景根据自身的需求进行网络定制化选择，提高了网络资源的利用率。5G端到端切片技术可在智能制造、远程控制等多领域部署，保障生产过程安全可靠。而RedCap保留了这一关键特性，包括网络切片选择、切片接入、切片内PDU会话建立等操作流程。其中网络切片S-NSSAI，包含SST（Slice/Service type）和SD（Slice Differentiator），可根据预置或网络下发的URSP选择合适的网络切片。

5G高精度授时在智能电网、5G机械控制、交通等多终端协同中有迫切需求的行业里有重要应用，例如电力配网差动保护、工业远程控制等均需精准时间同步。因而RedCap保留了支持获取R16定义的SIB9高精度时钟信号的特性，对外提供时钟接口以及可支持PTP协议等高精度授时技术，确保实现工业设备间高效运行。

5G LAN是由3GPP R16定义的终端组网特性，基于5G网络私有移动LAN服务与5G终端接入能力，提供终端互联互通或终端分隔等灵活的通讯服务。5G LAN内能够适用基于IP或Ethernet的点对点、点对多点传输的通信模式，打通工业IT与OT融合发展的隔阂，使得工业场景下的组网更加灵活简便。RedCap继承了该项特性，以及支持基于5G LAN-type PDU session的二次鉴权认证流程，确保5G LAN网络的高安全性。此外，根据URSP规则，RedCap可携带DNN、S-NSSAI信息以发起基于IP或Ethernet的5G LAN 服务，实现运营商网络与企业网络解耦，为构建工业互联网一体化提供帮助。

- ◆ 设备驻留与接入控制方面，RedCap UE可驻留于支持 RedCap UE 的小区，并根据系统消息确定是否驻留。
- ◆ 支持面向 1Rx/2Rx 的 RedCap UE 的接入允许或拒接设置。

RedCap支持VoNR语音能力，满足面向可穿戴、融合终端及视频监控能等实时语音通信需求，享有语音通话质量好、接续时延低、数据与语音业务并发等特点。另外RedCap针对可穿戴设备等有移动性需求的业务应用也做出相应支持，包括提供RedCap空闲或非激活状态下小区选择与重选，连接态下小区切换。同时支持空闲态和连接态下RedCap 到LTE或从LTE 到RedCap 的异系统移动性，确保设备移动期间在不同网络环境下的高可靠性。



04

中国电信5G RedCap 定制网与能力魔方

4.1 RedCap定制网模式及支持要求

针对5G客户不同的业务需求，中国电信5G定制网面向广域优先型行业客户、时延敏感型区域政企客户及安全敏感型区域政企客户，分别提供“致远”、“比邻”、“如翼”三类服务模式。

4.1.1 三大服务模式

◇ 致远模式

致远模式是中国电信面向广域优先型行业客户提供的定制网服务模式。该模式基于中国电信的5G网络资源，通过QoS、DNN定制和切片等技术，为行业客户提供端到端差异化保障的网络连接、行业应用等服务。

◇ 比邻模式

比邻模式是中国电信面向时延敏感型政企客户提供的定制网服务模式。该模式通过多频协同、载波聚合、超级上行、边缘节点、QoS增强、无线资源预留、DNN、切片等技术的灵活定制，为企业客户提供一张带宽增强、低时延、数据本地卸载的专有网络，配合MEC、天翼云，最大化发挥云边协同优势，为企业客户的数字化应用赋能。

◇ 如翼模式

如翼模式是中国电信面向安全敏感型政企客户提供的定制网服务模式。该模式充分利用超级上行、干扰规避、5G网络切片和边缘计算等技术，按需定制专用基站、专用频率或专用5GC等，为企业客户提供一张隔离的、端到端高性能的专用接入网络，同时可以按需定制MEC、云、行业能力、行业应用、服务等关键组件，为行业客户提供端到端的、定制化的专属解决方案。

4.1.2 定制网服务模式支持要求

5G定制网是RedCap的重要应用场景，因此RedCap可根据具体的中高速定制网场景需求匹配相应的服务模式。此外，通过端管云网各层级设备所具备的功能与性能，协同配合以提供各种中高速场景下的公网或非公网专属解决方案，最终满足不同行业客户数字化转型过程中对终端、网络、边缘、云、应用等的差异化需求。

4.2 能力魔方

为了满足行业对于5G网络定制化程度高、性能差异大的业务需求，进一步释放5G应用规模发展的潜能，中国电信发布了5G能力魔方，通过拉通5G定制网项目六个业务维度，实现行业应用可视、性能需求可读、技术方案可译、商务模式可解的灵活组合业务方案能力；同时，基于600余个项目的实践经验，5G能力魔方归纳提炼远程控制、工业视觉、智能巡检等行业应用场景需求解析模型40余个，电子制造、港口、急救等行业及通用场景能力模型10余个，以及网络容量、覆盖模型等业务经验模型，可面向5G全连接工厂、智能交通、卫健医疗、智慧教育等行业提供更灵活的5G定制网项目售前服务和可推广的优秀案例经验，有力的展现出“百案千面”的规模效应。同时，5G能力魔方积极推进5G与行业系统及装备的融合应用能力构建，形成5G+AGV、5G+AR/VR、5G双域专网等5G融合应用、网络及终端的产品方案体系，促进5G在实体经济和民生服务领域中更广范围、更深层次、更高水平的深度融合。

5G能力魔方包括业务需求面、技术参数面、原子能力面、标准产品面、业务方案面和商业模式面。通过六维积木式组合，实现场景精准适配、能力多维构建以及方案快捷交付，规模复制。RedCap作为中高速5G物联网的重要拼图，将成为5G能力魔方的关键组成部分之一。



05

5G RedCap 模组产业需求分析

随着模组的产业化发展和功能需求趋于稳定，NB-IoT、4G模组和5G模组产品已出现出如下一些趋势：

◇ 硬件尺寸小型化

模组小型化一方面来源于终端小型化市场需求的推动，另外一方面得益于芯片的集成度提高，包括PMIC、PA、GNSS等集成。

✧ 接口功能和布局趋同

经过几年的市场选择，不同厂商和型号模组的关键接口和Pin脚布局出现了趋同化发展的趋势，基于此2022年中国电信提出了NB-IoT模组和Cat1模组接口标准化方案。

✧ OpenCPU方案支持率明显提高

由于芯片层面对OpenCPU能力的支持和OpenCPU本身潜在的市场价值，模组对OpenCPU功能的支持明显提高，但能力获得市场的广泛认可尚待破局。

✧ 通信制式与应用定位日趋清晰

业界按照低速小数据、中速、高速、超高速的业务需求选取NB-IoT、4G Cat1/Cat1 bis、4G Cat4、5G eMBB等模组通信接入技术。同时对5G RedCap弥补5G eMBB设计复杂、成本高、功耗大等不足，而又具备5G关键特性（如切片、时延可靠性、5G LAN等）的特点，5G RedCap得到业界的广泛关注。

✧ 模组标准化是产品规模化发展的基石

不同行业、不同业务应用终端对模组规格存在一定的差异，包括尺寸、封装、接口类型和数量、管脚定义，以及业务能力，因此通用型模组需要在求同存异的基础上，最大化地提炼共性需求，形成标准化模组方案。这对于5G RedCap模组规模化发展和产业部署同样具有参考价值。

下一步将结合在NB-IoT、4G、5G模组产品积累和应用情况，重点开展5G RedCap模组标准化、OpenCPU、AIoT平台能力终端嵌入等方面的研发探索工作。

5.1 定制网模组能力

满足“致远”、“比邻”、“如翼”三类服务模式业务的发展，RedCap模组需具备与服务模式相匹配的业务能力。

将5G QoS功能、业务隔离（专用DNN、切片及鉴权认证、终端路由选择策略、VPDN）、边缘定制（LADN、Multi-homing、服务区域限制、非时隙调度、上行免调度）、专网专用（5G LAN、接入控制、非公共网、专用频段）等能力融入到与“致远”、“比邻”、“如翼”三类服务模式相对应的模组定制中。

同时，RedCap定制网下提供不同服务模式的终端在集成模组能力时，在终端层面实现5G定制网能力的功能化。

5.2 接口标准化

模组标准化涉及模组尺寸、模组封装、模组物理接口、管脚分布、电气特性，以及AT指令软件接口等。

目前5GeMBB模组普遍采用M.2接口封装，尺寸普遍采用30mm(宽)*52mm(长)的规格，但LGA封装是目前通信模组的主流封装之一，其具有稳固性好、体积小、接口丰富、成本低等优势。建议5G RedCap初期(规模不足的情

况下)模组封装采用M.2，暂定后续推荐采用LGA、LGA+LCC；并将结合5G高频信号对LGA、LCC封装的影响开展深入研究。

模组尺寸方面，兼顾5G和4G模组主流尺寸的承接，并结合小型化的趋势。

■ 5G RedCap模组M.2推荐采用如下规格

表 5-1 M.2封装推荐规格

尺寸款型	尺寸
TYPE 3052-B	宽度(W)为30.0±0.15mm； 长度(L)为52.0±0.15mm； 单面布放器件的厚度(H)不超过2.7mm或双面布放器件的厚度(H)不超过4.0mm。
TYPE 3042-B	宽度(W)为30.0±0.15mm； 长度(L)为42.0±0.15mm； 单面布放器件的厚度(H)不超过2.7mm或双面布放器件的厚度(H)不超过4.0mm。

■ 5G RedCap模组LGA、LCC+LGA 封装方式推荐采用如下规格：

表 5-2 LGA、LCC+LGA封装推荐规格

尺寸款型	尺寸
WL4144	宽度(W)为41.0±0.15mm； 长度(L)为44.0±0.15mm； 厚度(H)不超过2.9mm。
WL3041	宽度(W)为30.0±0.15mm； 长度(L)为41.0±0.15mm； 厚度(H)不超过2.9mm。
WL2932	宽度(W)为29.0±0.15mm； 长度(L)为32.0±0.15mm； 厚度(H)不超过2.9mm。

结合5G RedCap的通信能力要求和业务应用需求，建议提供如下接口配置：

- ✧ USIM卡接口
- ✧ UART通信接口：2个及以上
- ✧ USB通信接口：USB2.0及以上
- ✧ I2C接口
- ✧ 接口数字音频（PCM）接口

- ◆ SDIO接口
- ◆ SGMII/RGMII接口
- ◆ ADC接口
- ◆ 5G、4G、GNSS天线口等

5.3 模组与平台连接

5G RedCap模组提供与中国电信物联网平台AloT的连接功能，实现终端设备管理和维护，包括：

- 1) 模组支持通过MQTT、HTTP和TCP等协议接入中国电信物联网开放平台（AloT），模组与平台间的接口要求参见《中国电信天翼智能物联网开放平台（AloT）通用组件服务对接技术规范》；
- 2) 模组具备上电后自动连接AloT平台功能，并能将模组型号、模组软件版本号、IMEI、IMSI、ICCID、CellId（NCGI或ECGI）、RSRP、SINR等信息自动上报到AloT平台。

5G RedCap模组提供数据域自注册功能，具体要求参见《中国电信移动终端需求白皮书-数据自注册功能分册》。

5.4 OpenCPU

通信模组按照应用处理能力的差异分为两大类，即基础版模组（也称为数传版）和功能版模组，OpenCPU能力是功能板模组的主要特征。

模组的OpenCPU能力具有精简硬件结构设计、减低终端PCB硬件设计复杂度，快捷开发嵌入式应用、缩短产品开发周期，无需增加处理器和存储器、减小终端产品的尺寸，以及降低硬件成本、降低产品功耗等诸多优势，满足物联网终端产品低成本、小型化、高集成度的市场需求，因此在NB-IoT、4G、5G等众多物联网专用芯片上得到广泛的支持。

作为一项趋势性产品技术，OpenCPU能力应用仍然处于尝试阶段，为了促进OpenCPU能力产业化应用，协同开展适用于RedCap模组的OpenCPU环境研究，包括：

- （1）硬件配置：CPU处理能力要求、存储空间、运行空间需求等；
- （2）运行环境：适用于业务应用的OpenCPU操作系统环境；
- （3）开发环境：软件平台、SDK，以及模组开发板等；
- （4）接口连接：接口驱动和接口板等。



06 5G RedCap 终端产业需求分析

6.1 RedCap终端特定应用场景通信能力

工业无线传感器、视频监控、车联网以及智能电网等将是RedCap终端重要的潜在应用场景。同时，RedCap终端也需充分融入中国电信的5G能力魔方，支持定制网相应能力，提供行业客户所需的相关业务。

针对RedCap特定应用场景通信能力要求如下：

表 6-1 RedCap特定应用场景通信能力

调制方式	数据速率	端到端时延	可靠性
工业无线传感器	< 2Mbps	< 100ms 安全相关的传感器5-10ms	99.99%
视频监控	低码率视频 2-4Mbps	< 500ms	99%-99.9%
	高码率视频 7.5-25Mbps		
智能电网	用电信息采集 上行<2Mbps 下行<1Mbps	< 3s	>99.99%
	精准负荷控制 上行 < 256Kbps	≤50ms	>99.999%
	配网差动保护 上行<10Mbps	≤10ms	>99.999%
	移动巡检 根据场景不同， 要求可持续稳定的 保障4~100Mbps	<100~200ms	>99.99%
	多站融合 传输带宽100Mbps~1G	5~20ms	/

从上表可见，除了上下行速率保障外，RedCap终端同时需根据终端所属应用场景类别支持特定增强能力要求。

6.1.1 定制网场景

5G定制网包括工业传感器和智能电网应用，这两个行业是目前5G行业终端点位上线数量最多的行业。

6.1.1.1 工业传感器

工业传感器作为工业数据信息的采集器，为构建工业互联网提供了基础的数据支撑。大部分工业传感器终端对网络的传输速率要求不高，但对可靠性要求较高。部分传感器还对时延和特殊环境下的工作有一定要求，因此RedCap终端在满足带宽速率要求的同时，可以根据实际场景嵌入授时、低时延、切片等5G增强特性。为确保工业传感器的高可靠性，功耗方面要求电池续航至少几年。

具体的典型应用场景下特性需求如下：

表 6-2工业传感器应用RedCap终端特性需求

终端应用场景	切片	5G LAN	上行大带宽	高精度授时	高精度定位
工业AR	√	/	/	/	/
工业云化AGV	√	/	/	√	√
工业机器视觉	√	√	√	/	/
工业远程控制	√	√	√	√	/
高清视频监控	√	√	√	/	/
备注：“√”表示亟需；“/”表示需求不明显。					

6.1.1.2 智能电网

电力行业是RedCap技术应用的重点行业之一，应用于智能电网的终端对低时延、高可靠性要求较高，以目前4G网络能力与电力专网无法进行匹配。RedCap终端可在发电、输电、配电、变电、用电、储电等多个智能电网场景下应用。针对不同的应用场景5G专网可以发挥其优势能力，RedCap终端应在带宽、时延、授时、切片等增强能力上进行支持，同时可配合5G LAN技术实现局域组网。

5G在电力行业主要有四大应用场景，分别为控制类业务、采集类业务、移动应用类业务、以及以多站融合为代表的电网新型业务。在控制类业务中，5G技术将优化能源配置，避免大面积停电以影响企业和居民用电，同时也将满足配电网实时动态数据的在线监测应用。在采集类业务中，5G将推动收集和提供整个系统的原始用电信息。在移动应用类业务中，5G预防安全事故和环境污染，减少人工巡检工作量，在未来可进行简单的带电操作。在多站融合业务中，5G 技术将推进平台型、共享型企业建设。

具体的典型应用场景下特性需求如下：

表6-3智能电网应用RedCap终端特性需求

终端应用场景	上行大带宽	切片	5G LAN	低时延	高可靠性	高精度授时
移动巡检类	√	√	/	/	√	/
用电信息采集	/	√	/	/	√	/
精准负荷控制	/	√	√	√	√	√
配网差动保护	/	√	√	√	√	√
多站融合	√	√	√	√	/	/
备注：“√”表示亟需；“/”表示需求不明显。						

6.1.2 视联网场景

视频监控的RedCap终端主要设计用于视频安防、工业场景和车载摄像头等领域。此类终端对传输速率、时延以及可靠性的要求较低，4G Cat4大多都可以满足用户需求。但是当一个区域内有多终端的业务并发需求时，4G带宽无法满足，而RedCap技术则可利用5G网络的百兆带宽从而保证满足此需求。RedCap终端还能根据不同码率的视频监控场景要求，做到上行速率以及成本方面的调整。

具体的典型应用场景下特性需求如下：

表 6-4 视频监控应用RedCap终端特性需求

终端应用场景	短信	VoNR	上行增强	5G LAN	上行大带宽
公共车辆监控	√	√	/	/	/
重点地区无人巡检	√	/	/	/	√
社区安防	√	/	√	√	/
道路安全监控	√	/	√	√	/
街面巡防	√	√	√	√	/
备注：“√”表示亟需；“/”表示需求不明显。					

6.1.3 车联网场景

车联网的RedCap终端主要设计用于智能汽车的自动驾驶的感知、决策和执行，以及提供更加丰富的信息娱乐应用。当前车联网的前装和后装市场已经存量存在数亿级别的4G物联网终端市场，面向未来更多业务的叠加演进，4G Cat4 大多都可以满足用户需求，但多个用户并发时，4G带宽无法满足，而RedCap技术则可利用5G网络的百

兆带宽从而保证满足此需求。同时车企对于成本严格控制，RedCap技术可以很好的平衡成本与性能。

具体的车联网典型应用场景下特性需求如下：

表 6-5 车联网应用RedCap终端特性需求

终端应用场景	切片	上行大带宽	低时延	高精度定位	高精度授时
信息娱乐	✓	/	/	/	/
高清导航	✓	/	/	✓	/
OTA升级	✓	/	/	✓	/
智能驾驶	✓	✓	✓	✓	✓
备注：“✓”表示亟需；“/”表示需求不明显。					

6.2 RedCap终端管理需求

6.2.1 分级分类

终端分类可按照终端形态分类（如车载终端、数据卡、上网本、平板电脑等类型），可按照通信技术制式分类（如LTE FDD、TD-LTE、5G NR等），但作为产业数字化终端，由于各行业在功能、环境等方面存在不同的诉求，所以为更好地支持产业数字化业务发展、实现精细化终端类别管理，建议采取行业类加终端形态类的矩阵分类方式。

即该矩阵分类由横向分类（即行业）和纵向分类（终端形态）组成，分别用UETYPE和UETYPEX字段标识。具体要求参见《中国电信移动终端需求白皮书-数据自注册功能分册》。

参考5G应用产业方阵的分类说明，并结合中国电信泛智能终端产品细分管理方式，行业板块的终端产品横向分类和纵向分类及各赋值标示如“附件1行业终端分类表”。

通过UETYPE和UETYPEX两字段对终端类型的标识，结合满足具体应用场景定义的终端功能（通信/业务/平台连接等）、性能（数据速率/时延/可靠性/功耗等）、用户卡兼容性、端口数量与类型、高低温、电磁兼容性、各种防护等级等等要求（具体参见终端需求白皮书），实现行业终端（含RedCap制式等级信息）品类的精细化管理。

6.2.2 终端与自注册平台对接

RedCap终端嵌入中国电信自注册平台接入和管理能力，同时为更好地区分和遴选RedCap终端，其在信息上报平台时遵循UETYPE和UETYPEX字段的填报要求。亦即5G RedCap终端提供数据域自注册功能，具体要求参见《中国电信移动终端需求白皮书-数据自注册功能分册》。

6.2.3 天翼智能物联网开放平台

6.2.3.1 平台能力介绍

RedCap终端支持对接天翼智能物联网开放平台（AIOT）。

天翼物联网平台（AIoT）是中国电信倾力打造的智能终端汇聚、应用开发运行服务和轻量级应用提供的物联网平台，旨在降低物联网应用开发的准入门槛，降低智能硬件的接入门槛，提供端到端的解决方案，服务于终端开发商、个人极客开发者、能力提供商、应用开发商以及集团内部各生态圈。

在终端接入和管理方面，基于MQTT、TCP、HTTP、TR-069、LwM2M、Modbus、UDP、JT/T808等标准管理协议，使能多厂商终端共管。支持产品管理、设备管理、物模型管理，OTA升级管理等核心功能，实现海量设备接入及协同管理，以及物联感知设备的统一管控。提供设备管理、在线查询，实现设备运行状态监测、设备消亡等环节的生命周期管理。

在应用接入和管理方面，支持HTTP和MQ两种推送方式；通过消息订阅，配置接收消息的应用侧URL地址，接收HTTP消息；提供开发包，支持应用侧开发应用程序主动消费MQ消息。能力网关提供完整的API服务能力，实现将能力、服务、数据以API的形式开放给应用。

在安全认证方面，支持多种安全认证方式：TLS、DTLS、特征串、支持国密算法SM1/2/3/4/9、SM9身份认证、SIMID身份认证、一型一密、一机一密。物联网设备接入从设备侧安全、传输侧安全、云端侧安全、应用侧安全四个方面进行安全防范。



图 6-1 天翼智能物联网开放平台（AIOT）功能架构

6.2.3.2 对接流程

终端接入天翼智能物联网开放平台主要分为3个步骤：

- （1）第一步平台入驻，包括注册用户账号，实名认证，开通服务。
- （2）第二步为创建产品，包括产品信息的填写以及产品的生成；
- （3）第三步为终端适配，包括设备添加、设备线下开发以及设备与平台对接调测（设备登录、数据交互、设备登出）。

设备携带平台提供的设备ID、特征串等信息，通过标准报文格式要求向平台发起登录请求。

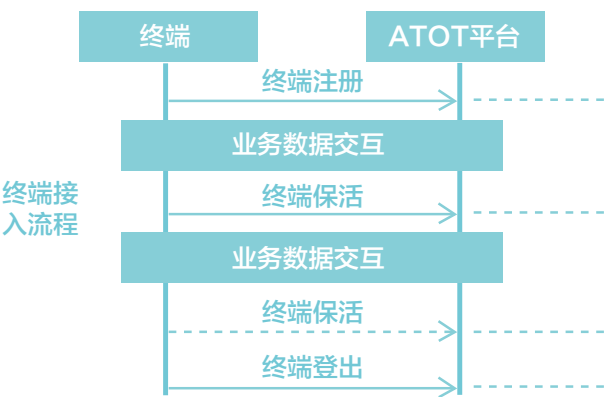


图 6-2 天翼智能物联网开放平台（AIOT）终端接入流程

登录到天翼智能物联网开放平台激活后，可进行业务数据交互。

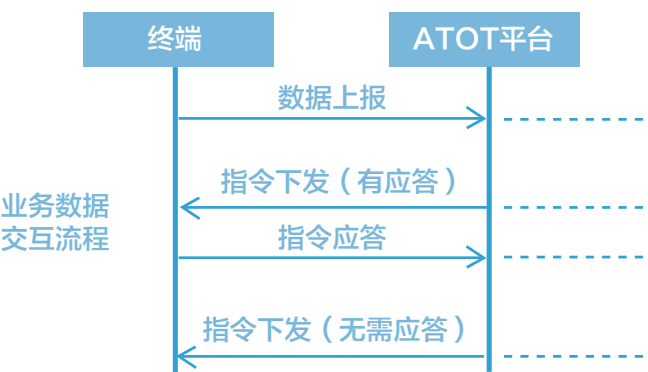


图 6-3 天翼智能物联网开放平台（AIOT）业务数据交互流程



07

5G RedCap
行业应用

7.1 RedCap行业解决方案测试

在R17冻结之前，中国电信就已经积极开展预研和产业对接工作，以挖掘行业需求、进行技术评估和推动产业生态。在标准环节，中国电信积极推动制定RedCap测试规范，为规模应用奠定了基础；在芯片模组和终端环节，联合生态合作伙伴，积极推动RedCap技术的实验室和现网验证；在网络环节，为生态伙伴落实专网验证环境，为现网测试提供技术和环境基础。特别是在行业应用环节，中国电信基于优质的5G定制网项目，深入挖掘RedCap需求和应用场景，为芯模端的场景化测试提供真实环境，以便于后续的模式复制。

中国电信已经联合生态伙伴完成了RedCap技术相关的实验室测试验证和全球首个基于5G专网的测试验证。在5G专网测试验证中，融合了现网的实际性能要求和场景需求，充分验证了RedCap赋能生产核心场景的能力，为未来5G RedCap行业解决方案的模式复制奠定了基础。

7.1.1 实验室测试

中国电信物联网开放实验室与华为共同完成了5G RedCap实验室技术验证。

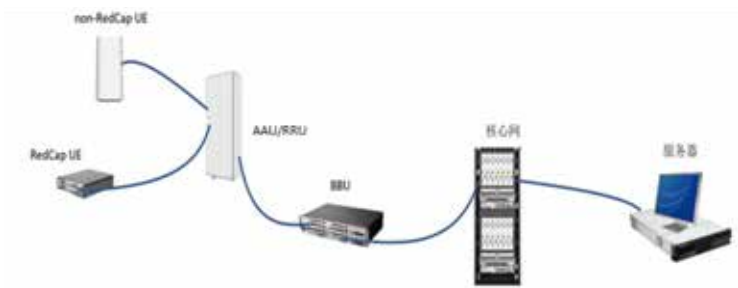


图 7-1测试组网示意图

此次技术验证，为RedCap的规模商用奠定了坚实基础，有助于打造RedCap行业终端生态认证体系，加速孵化RedCap终端模组应用，丰富RedCap芯模端产业生态。RedCap联合测试能力开放实验室，将为产业界RedCap商用产品的联创提供优质的研发环境和赋能支撑，加速RedCap产业链从标准到商用的进程，助力万物互联迈向万物智联。

7.1.2 现网测试

镇江港作为中国25个对外开放一类口岸和全国43个主枢纽港之一，是全国最大的硫磺进口港和元明粉出口港，是长江12.5米深水航道海进江开普船靠泊终点港，主要港口业务覆盖江海直达、铁水联运、水陆换装、多式联运等干散件杂货中转装卸服务，已与50个国家和地区的128个港口建立了货物运输往来业务，培植了铁矿石、煤炭、元明粉、硫磺、化肥等一批品牌货种。因货物结构复杂、形态多样、运输分散和货运质量要求高等因素，制约了智慧港口进程的发展。中国电信、镇江港务集团和华为在镇江共同打造5G+MEC专网，使能数据采集、远程控制、无人操作、智能运营四大类业务场景应用。RedCap能够进一步降低行业用5G的门槛，为5G赋能智慧港口注入新动能，加速推动散杂货港口数字化转型。此次RedCap技术在港区5G专网环境内成功测试上线，对后续进一步丰富智慧港口的应用场景提供了技术实践，也对关键场景的规模化应用起到了极大的促进作用。

本次测试基于中国电信集团发布的5G港口定制专网解决方案，使用3.5GH（TDD）商用频谱，验证了RedCap在智慧港口场景的基本功能等关键内容，测试结果表明RedCap能够满足无人下料斗、远程堆取料、智能理货、垛位识别等业务应用的需求，将有利推进RedCap技术在5G智慧港口场景应用。本次专网测试不同于实验室内场测试，而是融合了现网的实际性能要求和场景需求，充分验证了RedCap赋能生产核心场景的能力，为未来5GRed-Cap行业解决方案的规模复制奠定了基础。

当前现网实验主要基于网络侧的基本性能进行测试，后续还将在此次镇江港现网测试的基础上，积极展开其他重点场景RedCap的5G原生特性现网测试，为RedCap端到端方案在重点场景的落地开拓道路。

7.2 RedCap行业应用需求

7.2.1 基于5G定制网的行业应用需求

5G定制网主要面向矿山、电力、制造、港口、化工等行业，经历三年多的规模试点在各个行业已经形成较大规模的终端应用。当前各行业终端的类型主要有内置模组的专用终端和通用网关两类，2022年发货达40万以上，成本、功耗、尺寸、可靠性是行业厂家重点关注的问题。RedCap模组在能力精简后，成本、尺寸、功耗上实现较大优化，在单体量较大的定制网行业领域如电力、制造等领域有广泛的应用前景，这类场景主要是数据采集及远程控

制，带宽需求≤10Mbps，面向的典型UC主要是电力行业的配电自动化三遥、负荷控制、分布式能源；制造行业的传感器数据采集类、生产数字化等业务。

RedCap面向5G定制网将率先用于对于5G网络原生能力有需求的UC，面向行业提供5G关键价值，包括：单bit的成本降低、生产数据不出园区、端到端超高可靠低时延、精准定位和高精度授时等。总结来看，基于5G定制网的行业应用主要的典型终端特征和行业需求如下：

表 7-1基于5G定制网的行业应用主要典型终端特征和行业需求

典型行业	终端类别	典型业务	网络需求	特性需求
电力	内置5G模组/终端的配网设备	配网自动化三遥、差动保护、自愈等	带宽：≤2Mbps 时延：≤80ms@99.99%	授时、切片、5G LAN
制造、钢铁、矿山、化工	数采DTU	数据采集、AGV、生产数字化	带宽：≤3Mbps 时延：≤100ms@99.99%	防爆、低功耗、定位等
制造	扫码枪、关键枪具等工具	生产数字化	带宽：≤1Mbps 时延：≤500ms@99.9%	低功耗、小尺寸、切片

7.2.2 基于5G视联网的行业应用需求

视联网的场景主要包含两个部分，一个场景是广域的城市视频监控，如公安治安视频，交警交通视频监控等等；另一个是制造领域的视频类应用场景，如工业质检，车间视频监控，人员行为监控等等。

广域的城市视频监控是RedCap的最重要面向的市场之一。用于城市视频监控的摄像头规模在亿级，5G IPC（IP Camera网络摄像头）中模组的成本占比达30%以上，为主要成本部件。RedCap模组的引入可以有效降低5G IPC的成本，提升市场竞争力。

城市视频监控主要分为固定视频监控场景和移动视频监控场景。固定视频监控场景主要是指公共安全和政府监督执法通过安装5G+AI摄像头，对安全生产、公共安全、超速车辆、违规作业智能监控以及人脸识别、车辆识别等通过高清视频实时监控，控制中心可通过高清视频监控及时准确掌握现场动态，实时预警，提前干预，避免安全事故。减少工作人员巡检，提高效率并避免安全生产事故。移动视频场景是指公共安全行业使用无人机、无人车等装备搭载网络摄像头、5G CPE等设备，实现移动场景下的视频监控、立体巡防。运营车辆在车内装备摄像头等设备，实现移动场景下的视频监控、立体巡防。

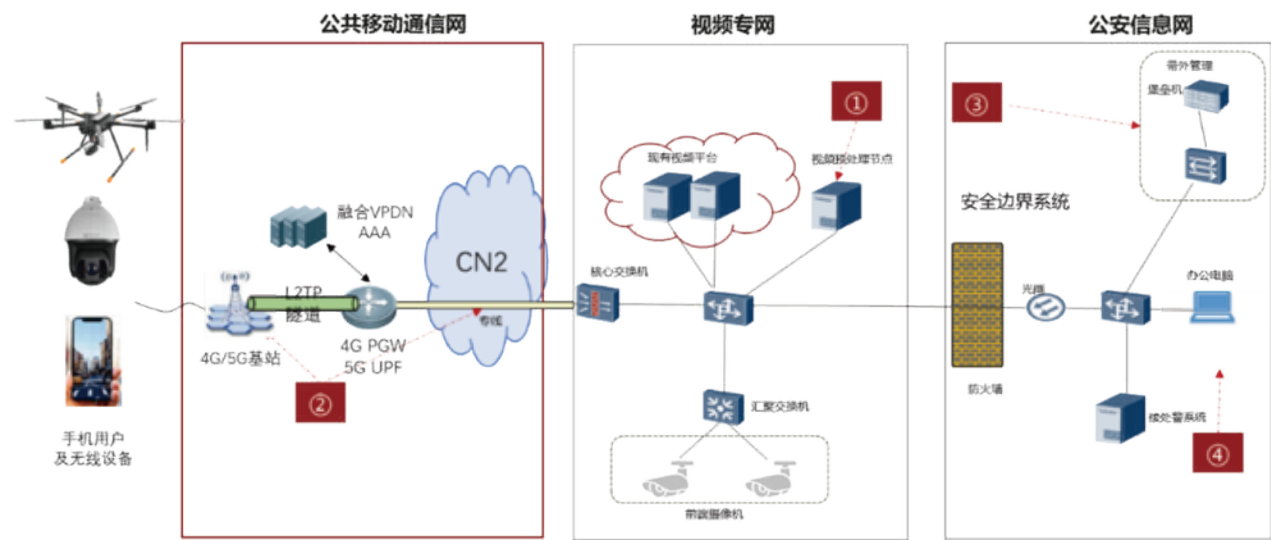


图 7-2 视频监控整体方案

在制造领域视频类应用也有广泛应用，主要可以分为采用IPC摄像头的环境巡检、车间监控、人员检测类应用和采用工业相机的工业质检类应用。这两类的视频通常经过编码压缩，对带宽的需求 $\leq 20\text{Mbps}$ ，集成方式可以采用传统IPC摄像头对接5G终端和摄像头内置5G模组两种方式。

RedCap面向视联网的主要终端为IPC，相关的带宽、时延要求与视频的分辨率、帧率相关，分辨率即摄像机的像素，典型的分辨率有720P、1080P、2K、4K、8K等。各种分辨率和视频帧率下的带宽需求如下表所示：

表 7-2 视频监控RedCap需求

分辨率	编码方式	典型帧率	带宽	可靠性	时延
720P	H264/H265	25	1-3Mbps	99.9%	1s
1080P	H264/H265	25	2-8Mbps	99.9%	1s
2K	H264/H265	25	4-10Mbps	99.9%	1s
4K	H264/H265	30	6-12Mbps	99.9%	1s

7.2.3 基于车联网的行业应用需求

汽车行业“新三化”正在开启新一轮革命，电动化改变汽车结构、能源及驱动；智能化通过更多传感器实现自动驾驶感知、决策、执行，智能硬件+软件，提升人车交互体验；网联化使得云端和汽车紧密联系，提供更丰富的服务，车、路、人和环境交互，降低车辆成本；

随着智能网联汽车的发展，车联网服务的内涵也从娱乐信息服务，发展到车路协同服务：

1.信息娱乐服务

信息娱乐服务场景包含车载娱乐信息、远程升级、差分数据服务等，如下图所示。



图 7-3 信息娱乐服务

信息娱乐类服务通常都属于对网络有大带宽需求的场景，实时性要求相对较低。

2.车路协同服务

车路协同主要是通过建立车与周边的基础设施、车辆、行人等道路环境建立连接，获取道路实时数字化信息，服务智慧交通、辅助驾驶和自动驾驶，提升出行安全，改善出行效率。

通过与周边环境的连接，车路协同可以给车辆提供弱势交通参与者预警、交叉路口通行预警等安全预警服务。

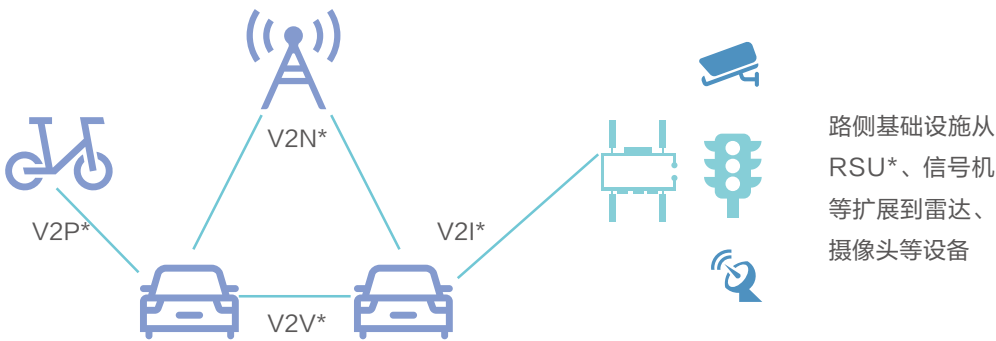


图 7-4 车路协同服务

安全驾驶类场景，路侧下发的预警信息通常为处理之后的结构化数据，数据量较小，但是时延可靠性要求高。

公开数据显示，2022年全球网联车辆出货量突破1600万台，网联车保有量接近1亿量。国内市场，根据佐思汽研监测数据显示，当前新车前装搭载的车联网功能，仍以4G为主，占比超过90%。

RedCap凭借其较均衡的价格成本和性能，在5G+车联网的部署初期，可以有效替代4G模组实现车联网主要业务需求，实现5G第一跳。

车联网的相关业务对于RedCap的需求如下表：

表 7-3 车联网需求

应用场景	子业务	带宽	时延	可靠性	备注
车联网	信息娱乐	10-20Mbps	1s	99.9%	
	导航	5-10Mbps	1s	99.9%	定位
	OTA升级	10-20Mbps	1s	99.9%	



08

中国电信5G RedCap 产业推进路径

RedCap的产业推进将以场景方案为牵引，以生态建设为基础。RedCap将作为5G方案的重要组成部分，以满足场景客户的多样化需求。通过场景方案的牵引，RedCap可实现快速落地和规模复制，进而推动产业链加速成熟。RedCap场景方案的规模应用需要产业界通力合作，产业链环节缺一不可，否则将无法形成全栈式解决方案。通过生态建设的夯实，RedCap可实现芯模端网全栈式协同发展，助力场景方案规模落地。可以看到，场景方案和生态建设相互促进，共同推进产业不断演进。

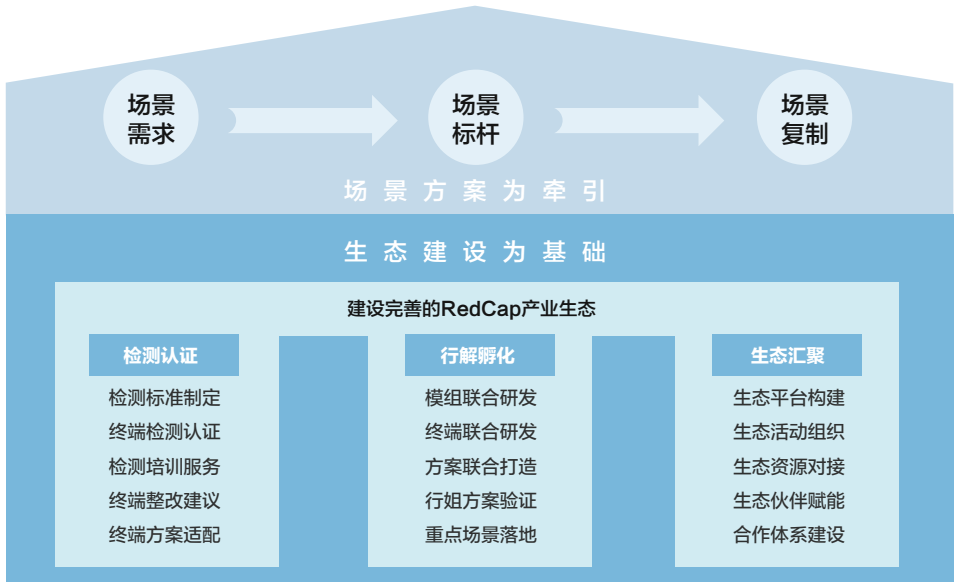


图 8-1 RedCap产业推进路径

首先，在场景方案上，形成从场景需求挖掘到场景标杆打造，再到场景规模复制的发展路线，不断推动基于RedCap的端到端解决方案与场景应用深度结合。具体而言，在5G数字化转型项目的基础上识别和挖掘RedCap需求，基于需求在重点场景打造标杆，深度淬炼RedCap解决方案，将终端、连接和平台形成标准化产品体系。依托重点场景的标杆效应和方案积累，快速形成规模复制能力，并持续拓展应用场景，将RedCap更加广泛地融入到千行百业的5G数字化转型项目建设中。后续，中国电信将在第六章所描述的测试和行业基础上，继续扩展。

其次，在生态建设上，以检测认证、行解孵化和生态汇聚为抓手，促进产品优化和加强各方深入合作，打造双赢局面。

- ◆ 对于检测认证，积极制定RedCap模组及终端检测标准，按需发布与滚动更新规范，并依托标准组织各方开展多个实网环境下试商用模组和终端的端网兼容性测试，以及围绕重点行业应用场景开展相应终端产品的重要功能、性能试点测试和入库测试认证。同时针对RedCap检测展开培训和整改服务，根据测试过程中发现的问题制定终端侧优化解决方案（包括并不限于产品的标准化、产品的性能）和网络侧优化解决方案，推动RedCap终端与平台和解决方案的适配。针对端侧认证入库测试，携手仪表和网络设备商搭建RedCap芯片认证和模组/终端入库测试实验室环境及勘测现网测试路线。
- ◆ 对于行解孵化，联合生态伙伴进行模组和终端研发以及解决方案打造，形成针对重点行业的全栈RedCap解决方案。同时，依托场景客户需求和5G数字化转型项目，通过实验室、现网的测试和方案验证，支撑RedCap在重点场景的应用落地。
- ◆ 对于生态汇聚，通过RedCap生态平台搭建和活动组织充分为生态伙伴提供交流空间，为产业界的共同发声和方向引导提供支持；通过资源对接和RedCap能力输出为合作伙伴提供赋能；通过生态合作体系的构建，为集团与RedCap生态伙伴的合作打通渠道。



09

5G RedCap 未来展望

在未来，5G将作为数字经济的重要基础设施不断被夯实，以充分赋能千行百业。RedCap将成为5G端到端方案中的重要组成部分，承担5G中高速物联业务，提升5G赋能千行百业方案的全面性和精准性。

首先，随着数字中国建设目标的深入推进，5G将得到快速发展，并与各类应用深度融合。根据信通院《中国数字经济发展报告（2022）》披露，2021年我国数字经济取得了新突破，规模达到45.5万亿元人民币，占GDP比重为39.8%。其中，产业数字化规模为37.18万亿元人民币，数字产业化规模为8.35万亿元人民币。而5G是推动数字经济发展的重要基础设施，在《数字经济“十四五”规划》中明确提出要加快建设信息网络基础设施，推动5G商用部署和规模应用。在《信息通信业“十四五”规划》中提出，到2025年5G虚拟专网数达5000个。根据工信部统计数据，截止2022年底，5G基站为231.2万个，全年新建5G基站88.7万个，占移动基站总数的21.3%，占比较上年末提升7个百分点。可见，数字经济正在蓬勃发展，而5G的赋能价值已经得到逐步体现，基于5G的数字化转型项目也快速涌现。据《5G应用创新发展白皮书》披露，2022年的“绽放杯”比赛中，已经近4000个项目实现了“解决方案可复制”，与去年的1874个可复制项目相比增长了113%，增长势头迅猛。

其次，随着5G与各类应用的深度融合，为深入赋能千行百业的数字化转型，5G需要更加全面和精准的端到端全栈式解决方案，其中低速、中高速和超高速物联网全面覆盖的全域感知是重要基础。RedCap依托能力裁剪和5G原生特性的保留，成为5G时代中高速物联网的重要拼图，形成了5G低速、中高速和超高速物联网场景的全面覆盖，提升了5G端到端解决方案的全面性和精准性。在未来，随着RedCap终端成本的逐步降低，5G端到端解决方案将更加广泛地应用于数字经济的各个环节，促进项目持续“规模复制”，有力推动数字中国建设。并且，在5G原生特性的加持下，基于RedCap终端和方案的各类创新技术和创新模式也将蓬勃涌现，为数字经济增添活力。RedCap的广泛应用促进产业链快速成熟，产业链的成熟又推动RedCap应用深入，两者相互带动，将形成融合发展的产业闭环。

中国电信将围绕5G演进，持续加强技术创新、不断完善解决方案、积极聚拢行业生态，推动数字化转型扎实落地。

附件1行业终端分类表

[illegible]