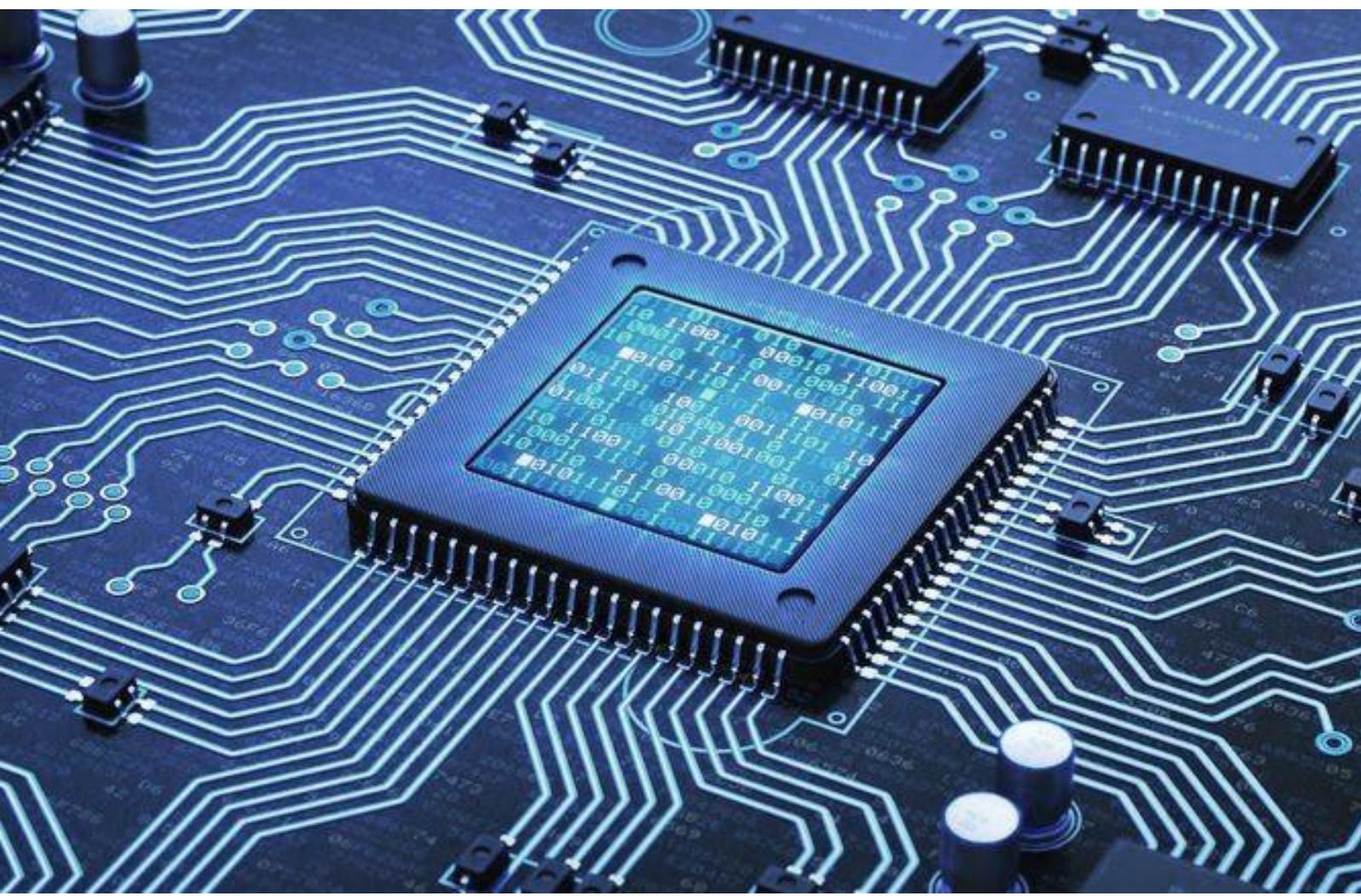


2021 年 终端芯片新需求报告

中国移动通信有限公司研究院



目 录

| | |
|------------------------|----|
| 目 录..... | 1 |
| 1. 前言 | 3 |
| 2. 5G 终端芯片产业进展..... | 4 |
| 3. 面向消费终端的芯片特性需求 | 5 |
| 3.1. 终端切片 | 6 |
| 3.2. 终端节电 | 8 |
| 3.3. SON/MDT | 10 |
| 3.4. 测量增强 | 12 |
| 3.5. VoNR | 13 |
| 3.6. MIMO 增强..... | 16 |
| 3.7. 高铁性能增强 | 18 |
| 3.8. 移动性增强 | 20 |
| 3.9. CA/DC/SUL | 21 |
| 3.10. 5G 定位 | 23 |
| 3.11. 终端高功率 | 24 |
| 3.12. 终端能力上报增强 | 25 |
| 4. 面向行业终端的芯片特性需求 | 25 |
| 4.1. URLLC/IIoT..... | 26 |
| 4.2. 灵活帧结构 | 32 |
| 4.3. NPN/CAG | 33 |
| 4.4. 二次认证及鉴权 | 35 |
| 4.5. 层二测量 | 35 |
| 4.6. 终端切片 | 36 |

| | |
|-----------------------|----|
| 4.7. 终端节电 | 36 |
| 4.8. VoNR | 36 |
| 4.9. MIMO 增强 | 36 |
| 4.10. 载波聚合和 SUL | 36 |
| 4.11. 5G 定位 | 36 |
| 4.12. 终端高功率 | 37 |
| 4.13. 终端能力上报增强 | 37 |
| 5. 总结与展望 | 37 |
| 参考文献 | 44 |

1. 前言

新一代移动通信技术 (5G) 作为新基建的核心,正在逐步渗透到人们社会生活的方方面面,为科技创新、经济发展和社会进步注入新活力,带来新机遇。2019 年是全球 5G 商用元年,2019 年 6 月我国工信部发放 5G 商用牌照,全球 5G 发展全面进入商用部署阶段,并在 2020 年迎来了 5G 加速发展的关键阶段。

5G 第一版国际标准 (3GPP NR R15 版本)于 2018 年 9 月正式冻结,可满足 5G 愿景中移动增强宽带、超高可靠低时延和海量连接的基础指标要求,因而成为了当前全球 5G 网络部署的基础版本。但为了能够提供更高质量的服务,满足与垂直行业的深度融合,5G 标准和技术还在进一步的增强演进。NR R16 版本被称为 5G 第二阶段,在 R15 版本的基础上进行了全面增强,包括对传统 eMBB 业务增强和垂直行业扩展,该版本于 2020 年 6 月正式冻结,即刻成为业界广泛关注和讨论的热点。

本报告旨在从运营商角度,着眼于未来 1-2 年面向消费类 (ToC) 和行业类 (ToB) 场景发布 5G 终端芯片的新功能需求及技术演进的关键特性,引导 5G 芯片及终端技术持续发展。本报告第二章主要介绍了 5G 芯片产业发展历程及产业现状,第三章着重介绍了面向消费类市场智能终端芯片引入的新需求,第四章重点介绍了面向垂直行业终端的芯片关键特性需求,最后进行总结与展望。对于本报告中提出的新需求和关键特性,后续会进行相应的芯片功能和性能评估,形成完整闭环以持续推进 5G 芯片及终端产业成熟,满足 5G 商用需求。

本报告主要针对 Sub-6GHz 频段,在 R15 基本功能要求基础上重点介绍面向演进的新功能需求。本文中使用“基本需求”、“增强需求”和“可选需求”等词汇来描述需求等级,其中:

- “基本需求”是指面向 R16 版本商用,终端芯片必须支持的功能;
- “增强需求”是指面向 R16 版本商用有重要作用,后续可能会使用,推荐终端芯片支持的功能;
- “可选需求”是指面向 R16 版本商用未作硬性要求,终端芯片可选择提供的功能。

本报告由中国移动研究院撰写，得到了华为、高通、联发科技、紫光展锐、海思、三星半导体等行业领军企业的大力支持，在此表示感谢。

2. 5G 终端芯片产业进展

在 5G 端到端产业链中，成熟的 5G 终端芯片是其中重要一环。面向 5G 商用，从 2017 年至今，5G 终端芯片研发先后经历了终端原型机、基带芯片、SoC 芯片三个发展阶段，产品成熟度不断提升，满足 5G 商用过程中对于系统验证、网络部署、产品研发等的需求。

2017 年，高通、联发科技、展讯、英特尔等芯片厂商研发了基于 FPGA 的 5G 终端原型机，包括：基带、射频芯片、射频前端、天线等模块，支持 3GPP 标准定义的新空口层 1 架构，实现新型信道编码、高阶调制方案、低延迟帧结构等 NR 特性，并能够达到单用户 1Gbps 以上的传输速率，支持 5G 端到端关键技术验证和系统验证，为后续 5G 芯片及终端研发奠定了良好的理论基础。

2018 年第四季度起，终端芯片厂商陆续发布了 5G 终端 Modem 芯片，支持 3GPP R15 协议版本的 5G 通信能力。其中，除 2018 年推出的两款 Modem 芯片仅支持 5G 非独立组网模式外，从 2019 年起至今推出的所有 Modem 芯片(包括：华为 Balong 5000、联发科技 Helio M70、紫光展锐春藤 510、高通 X55/X60)全部支持 5G 非独立组网和 5G 独立组网两种模式，有力保障了 5G 终端在多样网络部署环境下的应用灵活性。

2019 年 9 月起至今，终端芯片厂商陆续推出了 SoC 芯片。这类芯片在 Modem 芯片基础上集成 AP(应用处理器)，通过提升芯片硬件集成度(目前多数采用 7nm 工艺)，达到降低终端功耗和成本的目的，提升 5G 用户体验，可以更好地满足 5G 终端商用需要。截至 2021 年 1 月，终端芯片厂商已推出 SoC 芯片近 20 款，如图 2-1，包括：高通骁龙 765/765G、690、888，华为麒麟 990/820/985，联发科技天玑 1000/1000L/1000+、800/820、720、1200/1100，紫光展锐虎贲 T7520，三星 E980/E990/E880 和 E1080，目前已有大量基于 SoC 芯片的 5G 终端产品上市。

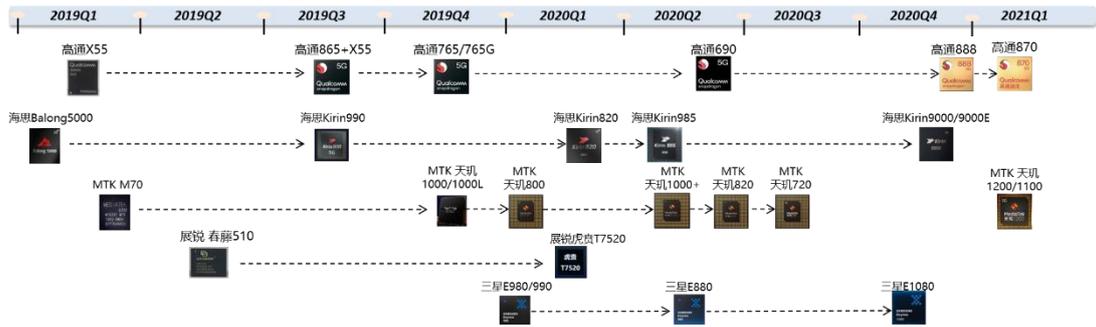


图 2-1 5G 终端芯片产品路标

以上芯片产品中，包含海思、联发科技、高通、三星、展锐在内的主流芯片厂家参与了中国移动组织的实验室和多城市外场规模试验，有效验证了 5G 芯片 SA 和 NSA 的功能与性能。在基本功能方面，所有芯片对接入、移动性、互操作、语音回落到 EPS 功能支持情况良好，VoNR 功能已有四款芯片参与测试，部分芯片仍需进一步测试验证。在关键特性方面，所有芯片均已支持 Power Class 2、上行双发、上行 type 0 非连续调度；在吞吐量性能方面，n41 频段外场下行峰值速率最高可达到 1.8Gbps，上行峰值速率最高可达到 240Mbps，n79 频段外场 2.5ms 双周期-7D3U 帧结构下行峰值速率最高可达到 1.55Gbps，上行峰值速率最高可达到 370-375Mbps，2.5ms 单周期-1D3U 帧结构下行峰值速率最高可达到 730Mbps，上行峰值速率最高可达到 739Mbps，不同芯片的外场峰值速率存在一定差异。

目前，芯片已经可以支持 5G 终端实现 R15 多项基本功能，包括：2.6GHz、4.9GHz、700MHz 等 5G 主力频段，支持 SA/NSA 双模、两发四收、上行高功率、上/下行 256QAM、灵活帧结构、终端节电等 5G 关键特性，部分芯片具备了支持上/下行 2CC 载波聚合的处理能力。

3. 面向消费终端的芯片特性需求

当前我国 5G 网络建设进入关键时期，面向消费类的 5G 智能终端成为了首批发力的商用终端。从 2019 年 9 月起，各终端厂商陆续推出了基于 SoC 芯片架构的第二代商用终端。2021 年 1 月，国内市场 5G 手机出货量 2727.8 万部，占同期手机出货量的 68%；上市新机型 23 款，占同期手机上市新机型数量的

57.5%^[1]。随着各品牌不同款式的 5G 终端的陆续发布并上市，消费类智能终端成为 5G 生态链中表现最积极的环节之一。

面向后续 5G 技术演进，消费类智能终端依然面临更高的传输速率、更低的终端功耗、更优的业务体验等多维度的增强需求。目前，终端芯片厂商已经开始规划并研发基于 3GPP R16 协议版本的 5G 终端芯片产品，预计 R16 新特性的技术验证在 2021 年 Q2 会陆续展开，2021 年下半年多家芯片厂商将陆续推出商用产品，2021 年 Q4 起 R16 版本智能终端将上市。本章节主要介绍中国移动重点推动的面向消费终端的芯片新特性需求，文中所述 R16 技术要求需支持 2020 年 9 月及以上版本。

3.1. 终端切片

网络切片技术作为 5G 区别于 4G 的新技术之一，以其可以满足不同业务需求的网络特点，被认为是满足 5G 多样化业务需求的关键。随着网络切片技术的引入，运营商将能够为不同用户提供不同功能特点的网络能力，为不同业务需求的用户提供“专属”的网络，保障优质化的服务水平，满足差异化的业务需求。

网络切片是一种端到端的流程，而在网络切片发展过程中，终端作为切片服务的入口和起点，切片特性的引入对终端自身的业务应用、操作系统、通信芯片等方面也带来广泛而显著的影响。针对 5G 智能终端的芯片特性需求如下：

- NSSAI 相关功能要求

NSSAI 是用于选择和使用切片服务的标识信息，也是贯穿切片端到端流程的连接纽带。5G 智能终端采用 S-NSSAI 来标识切片服务使用者所将占用的传输网、无线网和核心网等网络资源。因此，终端首先需要支持对来自于网络侧的 NSSAIs (包括 Configured NSSAI/Allowed NSSAI/Rejected NSSAI) 信息进行接收、存储和更新；并在后续与网络进行交互的 RRC、NAS 信令消息中携带网络切片的标识 (S-NSSAI) 并传递给网络，用以建立切片连接及 PDN 会话。

对于切片的系统间互操作，当 5G 终端通过 4G 网络接入并建立 PDN 连接时，终端应支持从 PCO 中读取每个会话对应的 S-NSSAI 信息。

需求等级：基本需求

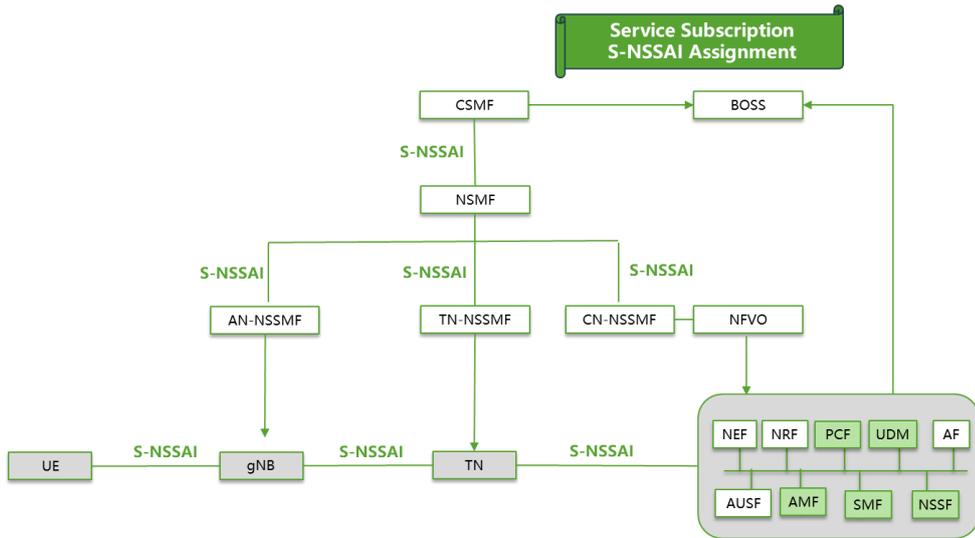


图 3-1 端到端流程中的 S-NSSAI 标识

● URSP 相关功能要求

URSP 是对终端进行切片配置与管理的核心规则。URSP 在切片订购开通过程中生成，在切片业务流程中作用于终端，用于指导终端根据业务特征 TD 将业务数据放到相应的切片上承载。

3GPP 规范中定义了 URSP 用于描述来自业务应用的业务流与切片的关联关系。因此，终端需要支持由网络下发 URSP 配置规则的接收、保存和更新；并根据 URSP 规则，提供业务应用的 Traffic Description (APPID、IP3 元组、FQDN、DNN、ConnectionCapability) 等业务属性信息；再将选取的 Traffic Descriptor 与对应的 S-NSSAI 进行映射绑定。

需求等级：基本需求

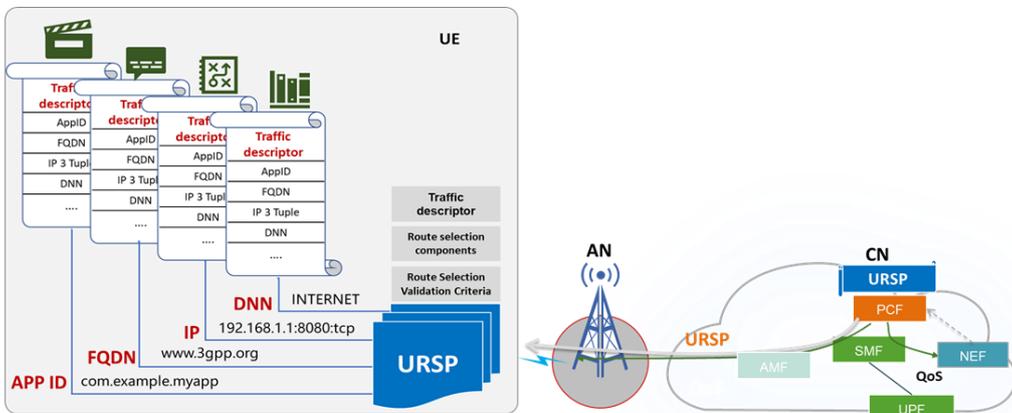


图 3-2 终端 URSP 的接收与配置

● Traffic Descriptor 相关功能要求

Traffic Descriptor (简称 TD) 是实现切片服务多样化、定制化的关键属性。TD 为使用者提供了不同业务颗粒度，可根据多样化的业务需求，灵活选择合适的 TD。因此，终端应具备获取业务应用的 APPID、IP3 元组、FQDN、DNN、ConnectionCapability 等 Traffic Descriptor 属性的能力，其中对于 DNN，终端应具备对定制化 DNN 参数的设置、传递和使用。

需求等级：基本需求

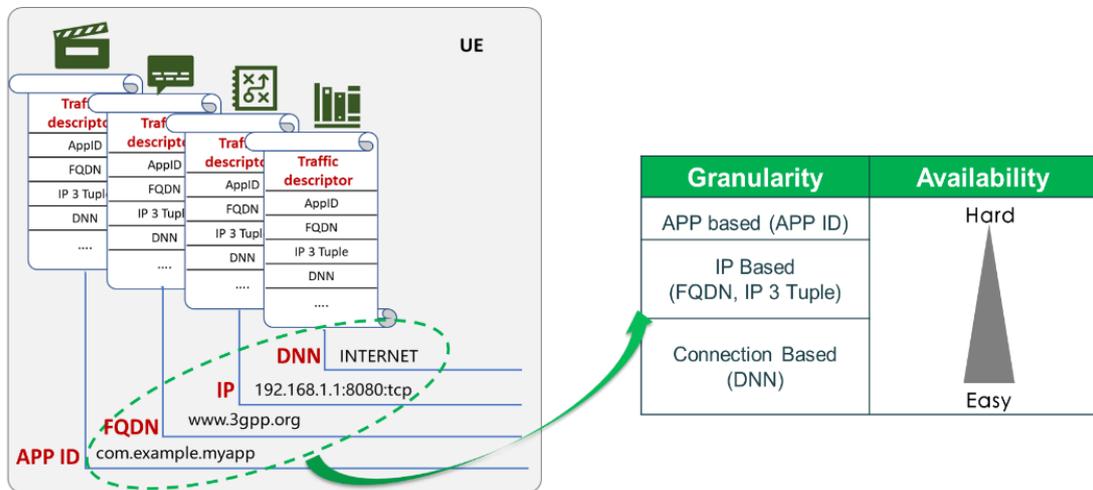


图 3-3 TD 特征示例

3.2. 终端节电

续航能力是 5G 终端的一个关键性能指标，相比 4G，大带宽、多天线、双连接等特性对 5G 终端功耗带来很大的挑战。目前，中国移动已全网开启 C-DRX、BWP 等节电特性，部分终端的架构从商用初期的拼片方案向 SoC 芯片过渡，主流芯片工艺也从 7nm 提升至 5nm。根据评估结果分析，5G 终端续航可基本满足用户使用一天的需求，5G 终端功耗较商用初期已有大幅改善。为了持续提升用户体验，提升 5G 终端功耗性能，R16 在网络侧引入了终端节能信号、跨时隙调度、不同 BWP 最大 MIMO 层数限制等特性，相关特性需求如下：

- 终端节能信号指示

连接态终端需要在每个 DRX 周期内唤醒检测 PDCCH，但不是所有 DRX 周期都有数据调度，PDCCH 检测会带来额外能耗。R16 节能信号指示可以通知终端是否在下一个 DRX 周期开启 on duration timer (检测 PDCCH)。R15 终端只能在 DRX 激活期内进行 CSI 测量上报。R16 引入了 DRX 节能信号后，同时引入了 CSI 测量上报与节能信号解耦，终端在 DRX 非激活期也可以 CSI 测量上报，保证基站可以在每个 DRX 周期都获得终端的 CSI 测量上报结果，维持链路性能和频谱效率。

需求等级：基本需求

- 跨时隙调度

下行传输可分解为 PDCCH 接收、PDCCH 解调、PDSCH 接收，其中， k_0 是 PDCCH 下行调度到 PDSCH 数据发送的间隔时间。跨时隙调度主要节省无数据传输子帧的 PDCCH 解调部分的功耗。R16 引入动态跨时隙调度指示，网络侧通过调度 DCI 指示终端应用的最小 PDSCH/PUSCH 调度时隙。根据业务模型的不同，可取得 13% - 28% 的空口节能增益，对连续传输的数据业务无节能增益。适用于时延非敏感的 UE，有明显增益的典型场景是类似于 Wechat/QQ 这类稀疏小包业务。

需求等级：基本需求

- Dormant BWP

在 CA 场景下，Scell 的业务量要比 Pcell 更加稀疏，DRX 节能信号仅可以配置在 Pcell 上，Scell 无法实现 DRX 唤醒功能，R16 引入 dormant DL BWP，终端在该状态下无需检测 PDCCH，仅需要做一些测量操作以维持链路性能，可以最大程度降低 Scell 的能耗。

需求等级：基本需求

- 不同 BWP 最大 MIMO 层数限制

R15 在所有 BWP 上配置相同的最大下行 MIMO 流数，终端根据小区级别的最大 MIMO 流数实现接收天线配置 (接收天线数 \geq MIMO 流数)。小区中心点的

终端在接收小包业务时,2Rx 的性能相比于 4Rx 的性能差别不大,但是可以节省一半的射频能耗开销。R16 通过在每个 BWP 配置不同的下行最大 MIMO 流数,基站通过 BWP 切换实现终端的下行最大 MIMO 流数调整。根据不同的业务模型,可取得 3%-30% 的空口节能增益。

需求等级：增强需求

- UE 辅助信息上报

UE 辅助信息上报是一种准确有效的让基站获取终端需求的方法,终端可以根据自身需求上报辅助信息。R15 中主要引入过热保护,UE 希望网络通过降低 CC 数、最大带宽和最大 MIMO layer 等来规避过热;R16 引入了 UE 期望的 RRC 状态、DRX、MIMO layer 等 UE 节能特性的期望参数,基站根据这些辅助信息对终端的参数进行重配置。

需求等级：增强需求

- RRM 测量放松

R16 引入了网络侧控制的空闲态/非激活态终端的邻区 RRM 测量放松,针对低移动性、非小区边缘用户两种场景,网络侧通过系统消息通知终端 RRM 测量放松的触发条件,终端在满足触发条件下进行邻小区的测量放松。

需求等级：可选需求

终端节能特性在商用过程中仍有一些协同问题需要解决,3GPP 标准也在推出更多的终端节能特性,希望芯片和终端厂家针对网络已引入策略做好终端功耗优化工作,预计在 2021 年 Q3 可以进行针对 R16 终端节能特性的评估验证,持续提升 5G 终端功耗性能,为用户提供体验更好的 5G 服务。

3.3. SON/MDT

相比 4G,5G 新需求、新场景和新特性对 5G 网络的部署和运营维护带来了前所未有的挑战,运营商和网络厂商急需更加自动化和智能化的手段来降低 5G 网络的部署和运维成本,提升用户体验。3GPP 定义了 SON(自组织网络)/MDT(最小化路测)技术,网络能够自动、自主进行智能化操作,最小化对人工的依赖,通过智能化的网络自配置与自优化方案,降低网络运维成本,提升网络性能

和用户体验。在 SON/MDT 技术中，对终端有较强需求、依赖于终端测量上报的功能主要是自动邻区关系优化功能、最小化路测功能和层二测量的上行数据包发送时延功能。

- ANR 功能

自动邻区关系优化 (ANR) 是 3GPP R15 版本定义的功能，指网络侧借助 UE 对周围邻区 PCI 和 CGI (小区唯一标识) 的测量和上报功能，可以自动完成邻区关系表的配置和优化，包含相邻小区的自动添加和删除。同时，如果某小区与目标小区建立邻区关系后，还可以帮助该小区所属基站与相邻小区基站建立 X2/Xn 逻辑接口。ANR 可解决现网中邻区规划工作量大，易出现人工邻区漏配情况等问题。终端需支持 SA 组网下的 ANR 功能，在 5G SA 网络下上报 5G、4G 邻区 ID。

需求等级：基本需求

- MDT 功能

最小化路测 (MDT) 技术是 3GPP R16 版本引入的功能，主要通过移动终端上报测量报告或者基站侧收集测量结果的方式来获取网络优化所需要的相关参数，以达到降低运营商网络优化和维护成本的目的。

(1) Immediate MDT/连接态 MDT：UE 处于连接态时进行测量和上报。

需求等级：基本需求

(2) Logged MDT/空闲态 MDT：UE 处于空闲态时进行测量并将数据存储在本地，进入连接态时上报空闲态采集的数据。

需求等级：基本需求

(3) 异常事件上报：RLF Report/无线链路失败报告功能，当 UE 发生无线链路失败 (RLF) 时，进行相关测量数据采集和记录，并可以包含随机接入失败相关信息，UE 成功接入网络时把采集的 RLF 信息进行上报；RCEF Report /RRC 连接建立失败报告功能，是指当 UE 发生 RRC 连接建立失败时，进行数据采集记录和记录，UE 成功接入网络时把采集的记录进行上报。

需求等级：基本需求

(4) 终端需支持 GPS 等位置信息功能支持能力的上报及相应位置信息的上报。

需求等级：基本需求

- 层二测量的上行数据包发送时延功能

基于核心网 QoS 监控 (QoS monitoring) 需求，推荐终端支持网络触发测量 UL PDCP Packet Average Delay by UE 的配置、测量及结果上报，用于获取高层数据包到达 PDCP 层到终端得到传输该数据包 UL grant 的时延。

需求等级：增强需求

- 移动鲁棒性优化 (MRO)

在移动网络中，切换参数不合理设置会造成终端切换时机不当，直接影响系统性能及用户体验，最严重可导致用户掉话。MRO 功能主要通过对异常切换场景检测和移动性参数的优化，减少异常切换，达到提高切换成功率和网络性能的目的。MRO 功能需要终端支持无线链路失败报告 (RLF Report) 的上报。

需求等级：增强需求

- 随机接入优化 (RACH 优化)

随机接入优化 (RACH 优化) 是对 RACH 参数进行优化，一方面通过对随机接入资源、功率参数的合理分配和优化，提高随机接入的成功率；另一方面，减小随机接入的冲突概率缩短用户接入延迟，提高用户体验。RACH 优化功能需要终端支持随机接入报告 (RACH report) 的上报。

需求等级：增强需求

2020 年下半年已有 2 家芯片支持了 SA ANR 功能，并与两家网络完成实验室互通测试，预计 2021 年将开展外场试点，并且将有更多芯片支持 SA ANR 功能。我们后续将以高优先级来推进 MDT 的落地，同时也希望产业能够尽早的支持 MDT 功能，从而支撑网络自优化和智能化的各类应用，打造良好生态。预计 2021 年 Q3 R16 版本终端芯片将陆续支持 MDT 功能。

3.4. 测量增强

3GPP R16 版本引入多项终端测量相关的增强功能，通过缩短测量时延，减

少资源开销、提升用户业务体验，以及新增测量量上报，更准确地反馈信道质量用于网络优化，提升网络运维效率。

- 基于 CSI-RS 的 RRM L3 测量

5G 系统定义的 CSI-RS 参考信号，可以更全面反映数据信道状态信息、实现波束级别的移动性测量。3GPP R15 中已对 CSI-RS 的 L1 测量内容进行了规定，在 R16 协议版本中更新了 CSI-RS 具体的测量指标要求。终端需满足 CSI-RS RRM L3 服务小区的测量要求，并规定支持至少 32 个 CSI-RS 端口的测量。该功能的引入，既解决了 SSB 无法灵活反馈网络负荷的问题，同时，相较于 CSI-RS L1 测量，CSI-RS L3 测量还可以提高系统稳定性、减少空口开销。终端通过对 CSI-RSRP、CSI-RSRQ、CSI-SINR 等指标的测量上报，可以更加准确有效地反馈信道质量，实现基于 RRM 测量的要求。

需求等级：基本需求

- 新增 NR Gap pattern

3GPP R16 扩展了 gap pattern，支持终端测量持续时长（gap 时长）为 3ms，测量周期可以是 40ms 或 80ms，有助于降低终端测量开销，降低网络侧处理复杂度。

需求等级：基本需求

- 异频 no gap 增强

3GPP R15 定义在测量异频邻区时需配置测量 GAP，在此期间服务小区无法进行业务传输，存在业务中断的问题。R16 协议引入了 SSB 异频测量增强，即待测量 SSB 位置与服务小区不同，但均位于终端激活 BWP 内时，无需为终端配置测量 GAP。同时，R16 协议还引入了无 GAP 异频测量增强，如果终端上报支持该能力，则在测量异频时，基站不配置测量 GAP，依然可以保持服务小区传输数据。异频 no gap 测量可以降低和避免因测量 GAP 引起的终端业务中断问题。

需求等级：增强需求

3.5. VoNR

语音业务是 5G 不可或缺的基本业务能力，多数运营商 SA 初期语音方案采

用从 5G 回落到 4G 网络的方案 (EPS Fallback) , 但伴随而来会有接续时延的增加、通话时数据业务无法驻留 5G 网络、流程碰撞概率增加带来业务受损等问题 , 因此随着 5G 站点覆盖范围逐步扩大实现连续覆盖 , 以及终端/产业链成熟后语音方案要逐步从 EPS Fallback 演进到采用 VoNR 提供 5G 语音 , 作为 SA 阶段语音的目标建设方案。

VoNR 语音方案基于 5G 网络提供语音业务 , 终端驻留 5G 时语音业务和数据业务都承载在 5G 网络 , 当终端移动到非 5G 覆盖区时 VoNR 业务切换为 VoLTE 业务 , 由 LTE 网络为其服务。

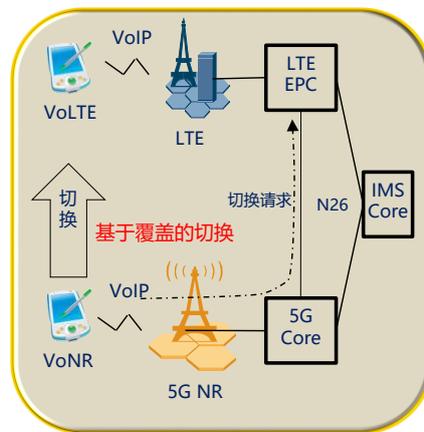


图 3-4 VoNR 语音方案

- VoNR 语音通话业务

芯片支持在 5G 承载建立语音业务(VoNR) , 并可通过终端能力指示区分 EPS Fallback 和 VoNR 能力 , 以及 VoNR 与 VoLTE 之间的语音通话切换。5G 语音终端应支持 AMR-NB、AMR-WB、EVS 音频编解码 , 包括 :AMR-NB 的 12.2kbps、10.2kbps、7.95kbps、7.40kbps、6.70kbps、5.90kbps、5.15kbps、4.75kbps 八种编解码类型 , AMR-WB 的 23.85kbps、23.05kbps、19.85kbps、18.25kbps、15.85kbps、14.25kbps、12.65 kbps、8.85kbps、6.6kbps 九种编解码类型 , 和 EVS 13.2kbps、24.4kbps 两种编解码类型。

需求等级 : 基本需求

- ViNR 视频通话业务

芯片支持在 5G 承载建立视频业务 (ViNR) , 并支持 ViNR 与 ViLTE 之间的

视频通话切换。5G 语音终端应支持 H.264、H.265 视频编解码,包括 3GPP R13 TS 26.114 的 5.2.2 节中的规范的 ITU-T H.264 CHP 级别 3.1 或支持 H.265 Main Profile, Main Tier, 级别 3.1。

需求等级：增强需求

- 5G RAN 特性

- (1) 头压缩

VoIP 业务是基于 IP 网络传输的语音业务,包头开销占整个数据包的比例较大,为了节省传输资源,业界提出了一种 IP 包头压缩方法——RoHC,该功能可降低包头开销。经过 RoHC 压缩后,开销占比降为 12.5%~18.8%,对语音业务信道覆盖和容量有明显增益。

需求等级：基本需求

- (2) C-DRX

UE 进入连接态后,在没有进行上下行数据传输时,UE 仍然一直监听 PDCCH,对终端功耗有较大影响。开启 C-DRX,UE 在连接态时周期性监听 PDCCH,达到省电的目的。C-DRX 功能不仅适用于数据业务,对 VoNR 语音业务也同样适用。由于 VoNR 语音包的实时性要求较高,网络一般会区分于数据业务,配置一套不同的 C-DRX 参数。

需求等级：基本需求

- (3) Slot aggregation

受限于终端的发射功率,当用户在小区边缘时可能发射功率不足,丢包率增加,造成过多的 HARQ 重传,导致延迟增加影响用户体验。使用 slot aggregation,两个连续子帧中的立刻重传,能增大传输成功率,提高接收成功率。

需求等级：增强需求

- (4) SPS 半持续调度

基站的半持续调度,即终端申请一次资源后,在之后的一段时间内分配给该用户。由于 IP 语音数据包比较小、包的大小比较固定、到达间隔比较固定,有严格时延要求的特点,因此适合使用半持续调度传输。

需求等级：增强需求

目前，五家芯片均已支持 VoNR 功能，其中较多芯片已在 2020 年与若干网络完成了实验室互通测试和外场测试验证，预计在 2021 年将全面开展面向商用的测试验证。

3.6. MIMO 增强

相较于 3GPP R15 标准定义 NR MIMO 要求的基本功能及协议流程，R16 阶段重点增强了波束管理和 CSI 反馈，支持多个传输点 (multi-TRP) 到单个 UE 的传输，以及多个 UE 天线在上行链路的全功率传输和降低 PAPR，这些增强功能可提升速率，提升边缘覆盖，减少开销和提升链路可靠性。

● 上行满功率发送

在 R16 阶段，针对上行两天线非相干发送的终端，定义新的 UE capability 和新的码本以及 Tx mode，其中 Mode 1 (配置新码本) 和 Mode 2 (修改功率控制和端口资源配置) 这两种传输方案，可以使得上行双发的终端在小区边缘可以上行满功率 (26dBm) 发送，相比 R15 部分终端因协议限制采用 23dBm 单发情况可提升上行覆盖 2~3dB。该功能主要影响上行双发终端的软件修改，能够保证上行双发终端满功率发射上行信号，保证覆盖，是 R16 阶段终端必选支持的关键技术之一。

需求等级：基本需求

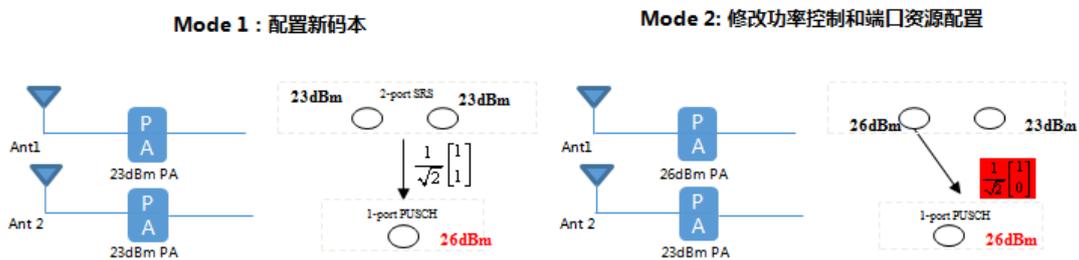


图 3-5 上行满功率发送方案

● Low PAPR DMRS

在 R15 阶段，DMRS 符号的 PAPR 高于 PUSCH 符号，终端 PA 会进行限幅

处理,导致 UE 的传输功率降低,影响上行发射功率,影响网络覆盖和边缘速率。3GPP R16 引入 Low PAPR DMRS 特性,重点解决上行传输时 DMRS 峰均比高的问题,通过引入低 PAPR 序列用于生成 UL 新的 DMRS 序列、SRS 和 PUCCH 格式 0 和 1 调制符号,预期可以降低 DMRS 符号的 PAPR 约 1~4dB。

需求等级：基本需求

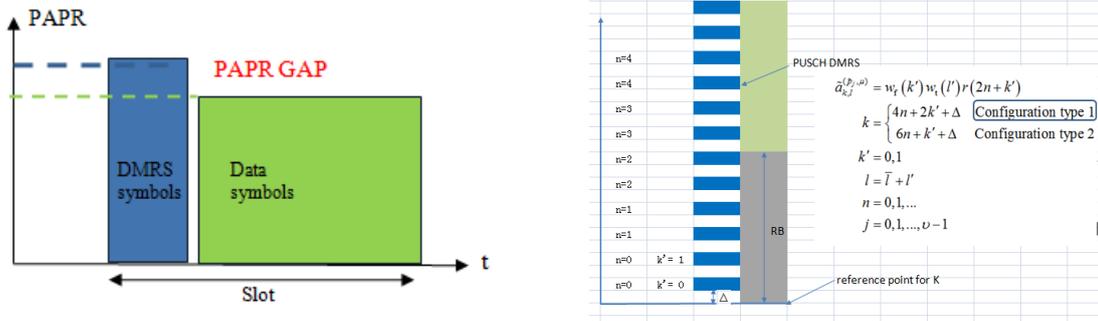


图 3-6 Low PAPR DMRS 方案

● Multi-Beam

R15 的路损参考信号配置都是基于 RRC 信令,比如以 SSB 为路损参考信号,会导致切换波束后的 PL 不匹配,并且 SSB 测量的 RSRP 对于网络指标的规划也存在不准确的问题。R16 协议版本通过 MAC CE 更新 PUSCH 和 SRS 的路损参考信号,采用 RRC 配置+MAC-CE 激活/更新机制,在开环功控时有利于 UE 更好评估链路质量,避免频繁 RRC 重新配置和冗余信令,降低时延,提高效率。对于 PUSCH,可以通过 MAC-CE 消息激活对应于 SRI 域取值的路径损耗参考信号。在非周期和半持续性 SRS 资源集,可通过 RRC 信令配置多个路径损耗参考信号,用 MAC-CE 来激活其中的一个。

需求等级：增强需求

● TypeII 码本增强

在 R16 阶段,TypeII 码本扩展至最高 4 层传输(3-4 流扩展, MU MIMO),并引入新的空频压缩码本(1-2 流, MU MIMO)方案,与 R15 CSI-RS Type II 性能相同的前提下可以大幅减少开销并提升性能。

需求等级：增强需求

- Multi-TRP

Multi-TRP 功能，可以允许每个 TRP 采用不同的 DCI 调度不同的传输块，利用不同 TRP 的空间信道差异来提升用户数据速率，适用于 eMBB 场景；也可以允许不同 TRP 传输一个 DCI 调度的同一个传输块，利用空分、时分、频分等方式提升数据可靠性，适用于 eMBB 和 URLLC 场景。

需求等级：增强需求

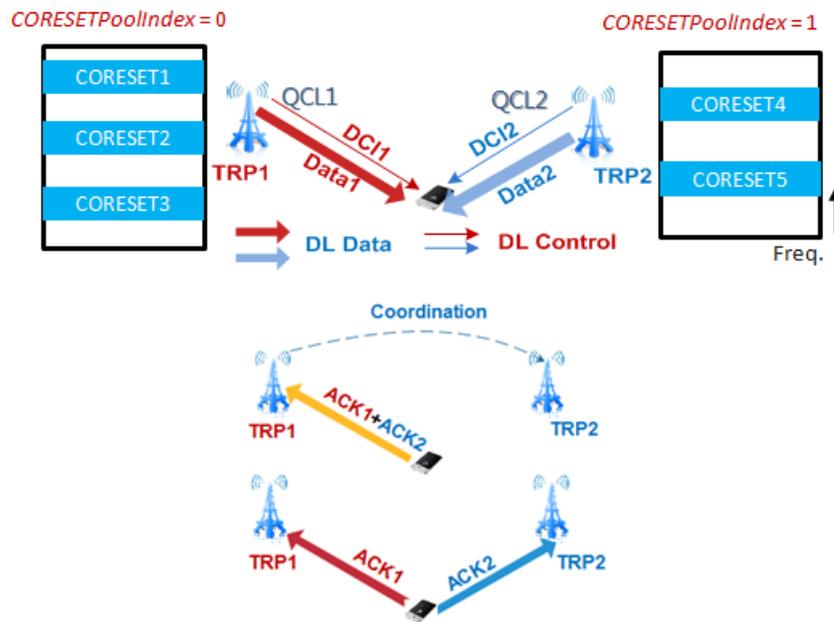


图 3-7 Multi-TRP 方案示意图

R16 阶段 MIMO 增强特性，可以对 R15 阶段起到极大地补充作用，解决了 R15 阶段遗留的问题，进一步提高了终端效率及用户体验。计划于 2021 年 Q3 升级 MIMO 增强的高优先级特性，并启动实验室互通和外场测试。

3.7. 高铁性能增强

高铁场景是 5G 终端的一个重要应用场景，运营商在所有高铁沿线均部署了 5G 设备为高铁用户提供 5G 服务。相比 4G，5G 新特性大带宽、更复杂的参考信号、上行双发对 5G 高铁终端提出很多挑战，通过 5G 终端高铁场景的测试，发现高铁终端存在性能低、掉话、切换失败等问题严重影响用户感知。为了进一步提升 5G 高铁用户感知需求，如下特性需要终端考虑支持：

- R16 高铁标识

5G 公网与 5G 高铁专网同频组网，高铁终端在空闲态状态会重选到非高铁专网，在高速的情况下，终端会出现接入失败等现象，R16 标准引入专用的高铁标识可以支撑终端对高铁场景的判别，提升终端在高铁场景下的解调性能。

需求等级：基本需求

| HighSpeedConfig information element | |
|---|--|
| <pre> -- ASN1START -- TAG-HIGHSPEEDCONFIG-START HighSpeedConfig-r16 ::= SEQUENCE { highSpeedMeasFlag-r16 ENUMERATED {true} OPTIONAL, -- Need R highSpeedDemodFlag-r16 ENUMERATED {true} OPTIONAL, -- Need R ... } -- TAG-HIGHSPEEDCONFIG-STOP -- ASN1STOP </pre> | |
| HighSpeedConfig field descriptions | |
| highSpeedMeasFlag-r16 | If the field is present, the UE shall apply the enhanced RRM requirements to support high speed up to 500 km/h as specified in TS 38.133 [14]. |
| highSpeedDemodFlag-r16 | If the field is present, the UE shall apply the enhanced demodulation processing for HST-SFN joint transmission scheme with velocity up to 500km/h as specified in TS 38.101-4 [59]. |

图 3-8 R16 高铁标识

- R16 高铁 500km/h 下的性能指标要求

现网中，上海磁悬浮列车的时速高于 350km/h 的速度，最快接近 500km/h，该线路也部署了 5G 覆盖，满足高铁列车用户体验，因此对终端有对 500km/h 下的性能指标要求。

需求等级：增强需求

- 高铁终端 TRS 的提前测量

目前 5G 高铁网络侧的部署是 DPS 方案，该方案的特点是同一小区下，存在多个 RRH，每个 RRH 下配置不同的 TRS 配置。然而每个 RRH 的覆盖范围较小，在高铁场景下 RRH 的切换数量较多，每次 RRH 切换都会变更 TRS 配置，严重影响 5G 高铁用户性能。通过测试验证发现，终端提前测量小区内所有的 TRS 配置，网络侧下发 TRS 配置切换的时候，可以大幅提升用户体验。

需求等级：增强需求



图 3-9 高铁网络部署方案

对于高铁场景终端芯片增强特性可以在 2021 年 Q4 安排真实测试，网络侧可以给予支持。

3.8. 移动性增强

为降低切换失败率、增强可靠性，3GPP 在 R16 阶段引入了移动性增强，主要功能包含条件切换（Conditional Handover，CHO）以及双协议栈切换（Dual Active Protocol Handover，DAPS HO）。

● 条件切换

条件切换指的是当切换条件满足时由终端执行切换。基站根据 UE 所处位置的覆盖情况，预先配置若干小区作为 UE 切换的目标小区；UE 执行测量，检测到切换触发条件满足时直接向目标小区发起接入，完成条件切换。条件切换能够避免在终端和源基站进行信令交互、以及源基站和目标基站进行信令交互的时间内，由于无线链路状态变化导致的 UE 切换失败的情况发生，提高切换成功率。该功能适用于高速场景，节省传统切换“事件触发-MR 上报-切换命令”的时间，属于 R16 版本芯片高优先级引入的新需求。

需求等级：基本需求

● 双协议栈切换

双协议栈切换允许移动终端在切换时始终保持与源小区连接，直到与目标小区开始进行收发数据为止。即在切换过程这段极短的时间里，移动终端同时从源小区和目标小区接收和发送数据，通过这种方式，DAPS 切换下理论上用户面中断时延为 0ms。但终端支持双协议栈需要硬件升级以支持两路收发，包括两套

L1、L2、射频链路，复杂度和成本较高。

需求等级：增强需求

3.9. CA/DC/SUL

载波聚合特性 (CA) 最早在 LTE-A 标准中引入，5G 标准沿用了该特性以满足 5G 移动数据流量增长对高传输速率的需求。3GPP R15 标准定义 NR CA 的基本功能及协议流程，并引入了下行载波聚合的载波间 SRS 轮发等功能；R16 标准在此基础上进一步增强，一方面是提升载波聚合的性能，如进一步提高上/下行数据传输速率、缩短载波聚合的建立时延，另一方面则是增强载波聚合的网络部署灵活性以适应多种多样的频段组合和部署场景的需求。

- CA 及 SUL 频段组合

载波聚合方面，目前部署场景主要面向上/下行 2CC 的频段组合，其中，下行 CA 要求必选支持 n41(100M+60M)带内连续 CA、n41(100M)+n28(30M)和 n41(100M)+n79(100M)带间 CA；上行 CA 要求必选支持 n41(100M+60M)带内连续 CA 且每载波两流，推荐支持 n41(100M)+n28(30M)和 n41(100M)+n79(100M)带间 CA。推荐芯片可支持 n41(100M+100M, 40MHz 资源重叠)带内连续 CA。

SUL 作为增强需求，n41+n83 (SUL CC) 频段组合具有较高优先级，其他频段组合例如 n41/n79 作为 NR CC 与 2.3GHz/ 1.8GHz/ 900MHz/ 2.0GHz/ 1.9GHz 作为 SUL CC 的组合，在未来也存在部署的可能。

- 下行载波聚合载波间 SRS 轮发

针对下行载波聚合 (DL CA)，下行载波数大于上行载波数，TDD 频段的下行辅载波 Scell 没有对应频段的上行载波发送上行探测参考信号 (SRS, Sounding Reference Signal)，导致无法利用 TDD 频段的上/下行信道互异性进行下行信道质量的评估，从而影响下行信道的传输性能。3GPP R15 标准版本针对 NR 下行载波聚合进行了改进，引入载波间 SRS 轮发功能，使得 TDD 频段的辅载波也可以获得发送 SRS 参考信号的机会，可以更准确地评估辅载波的下行信道质量。目前外场验证结果显示采用载波间 SRS 轮发相比 PMI 方式辅载波的下行数据速率可提升约 30%。

需求等级：基本需求

- 带间载波聚合帧头不对齐

R15 协议版本要求带间 CA 不同载波间的系统帧和时隙边界需要对齐，对网络部署有较为严格的要求。R16 引入 NR inter-band CA 帧头不对齐的功能，不同载波保持时隙的边界对齐，但载波间帧头最多可以偏移 $\pm 2.5\text{ms}$ ，以子载波间隔为 30kHz 为例，载波间帧头最多可以偏移 ± 5 个时隙。该功能的引入，为 NR 带间载波聚合的部署带来极大的便利和灵活性，同时也为错开带间 CA 的两个频段的发送时隙、最大化上行 CA 的传输速率提供了前提条件。

需求等级：基本需求

- 1Tx-2Tx 上行轮发 (Tx switching)

上行载波聚合 (UL CA) 为最大化上行传输速率，可以考虑不同载波间采用 TDM 轮发方式。R16 标准版本针对载波间 TDM 轮发定义了 1Tx 与 2Tx 间的上行通道切换，适用于上行载波聚合或 SUL 的场景，切换时延包括 35us、140us、210us。由于在上行通道切换过程中网络不能进行上行数据调度，因此需要终端根据自身实现情况将所支持的切换时延上报给网络。而在此前的 R15 标准版本中针对上行载波聚合只定义了各载波采用 1Tx 的并发场景。上行载波聚合轮发结合带间载波聚合帧头不对齐方案，相比 R15 的上行 CA 上行速率提升可以在 50% 以上。

需求等级：基本需求

- Dormant BWP

为进一步缩短辅小区 SCell 激活时延，载波聚合增强特性在 SCell 激活态和去激活态的基础上引入 SCell 休眠态 (Scell dormancy)。该功能在一个 SCell 中配置一个下行休眠 BWP (dormant BWP)，UE 在下行休眠 BWP 上不监测上/下行数据传输调度的 PDCCH，但继续进行 CSI-RS 的测量和结果上报；休眠 BWP 和非休眠 BWP 之间的切换通过 DCI 信令指示。引入休眠 BWP，一方面，终端不进行 PDCCH 监听可降低耗电；另一方面，持续进行 CSI 测量和上报，并通过 L1 信令指示状态转换，可使终端更迅速进入 SCell 激活态，对数据传输影响更小。

需求等级：基本需求

- Option4 (NE-DC)

Option4 在 SA (Option2) 基础上，增加与 4G 双连接。5G NR 是主锚点，基站间引入 Xn 接口以支持 4G 与 5G 间控制面与数据面传输，4G 仅作为数据通道。在 5G NR 无线覆盖大于或等于 4G LTE 覆盖的情况下，由 5G NR 负责基础覆盖，4G 作为辅助流量补充。

需求等级：基本需求

- 其他功能点

CA/DC 增强特性中的空闲态提早测量 (Early Measurement) 和 RRC Resume 中保存 SCell 配置信息的功能，可以节省终端进入连接态之后再测量配置、执行和上报带来的时延。

需求等级：增强需求

2020 年下半年，已有三家芯片与多家主设备完成下行 CA n41 带内连续和 n41(100M)+n79(100M)带间 CA 的实验室互通测试以及多个城市的外场性能验证。基于 R16 的上/下行载波聚合预计 2021 年 Q3 开始相关测试。

3.10. 5G 定位

3GPP R16 标准完成了基于 NR 信号进行高精度 UE 定位的第一个标准版本，引入了上/下行定位参考信号及 RAT 定位方法，包括：DL-TDOA、DL-AoD、UL-TDOA、UL-AoA、Multi-RTT、NR E-CID。5G NR 具备更大带宽的技术优势，结合多天线技术，使得 5G NR 系统相比于 LTE 具备更丰富的定位手段，为满足高精度位置服务需求提供了保障。基于 5G NR 无线蜂窝通信网络提供高精度 UE 定位服务，可以为普通用户和垂直行业提供统一的更具规模的增益业务服务。

- 定位技术

- (1) 上行定位参考信号 SRS for positioning

终端需支持上行定位参考信号 SRS for positioning 相关的网络配置及发送，以满足 5G 定位技术 (例如，UL-TDOA 等) 的测量需求。

需求等级：基本需求

(2) 下行定位参考信号及相关定位技术

推荐终端支持下行定位参考信号 PRS , 以及 Mutil-RTT、DL-TDOA 等 5G 定位技术相关的信号测量和测量结果上报。

需求等级 : 增强需求

● 协议流程

终端需要支持 LPP 协议和 SUPL 协议 , 用于支持 3GPP 定义的网络架构和本地侧定位方案中辅助定位信息的发送以及终端测量量的上报。

需求等级 : 基本需求

目前 , 已有芯片厂家与网络系统厂家开始 5G NR 定位技术的实验室 IoT 互通测试 , 预计外场测试将于 2021 年 Q2 开始。

3.11. 终端高功率

高频段信号路径损耗更高 , 其上行受限短板明显 , 上/下行覆盖的差距明显 , 导致运营商建网成本较高 ; 并且高频段室内深度覆盖能力较弱 , 室内上行业务速率较低 , 影响用户体验。

● PC1.5 (+29 dBm)

由于 5G 频段普遍较高 , 为了进一步改善上行覆盖情况 , 在 n41 频段下 , 引入 PC1.5 终端 , 总发射功率为 +29 dBm , 误差 2/-3 dB , 相比 PC2 提高 3dB。由于目前网络部署需求还不明确 , 且对终端射频器件要求及功耗存在较大挑战 , 芯片可根据后续需求考虑支持该功能。

需求等级 : 增强需求

● EN-DC 高功率 (PC2)

为了改善 5G 链路上/下行覆盖的差距 , R16 针对 EN-DC (1 LTE TDD band + 1 NR TDD band / 1 LTE FDD band + 1 NR TDD band) 引入 Power Class 2 , 即终端支持高功率发射 , 如下图所示。使用高功率终端后可有效提升上行业务覆盖半径约 2dB , 且能显著改善室内等弱覆盖场景下的上行速率 , 以及 VoLTE、VoNR 语音质量 , 显著降低弱覆盖下的单比特耗电量。PC2 EN-DC 终端能够支持 +26dBm 总发射功率。

需求等级：可选需求

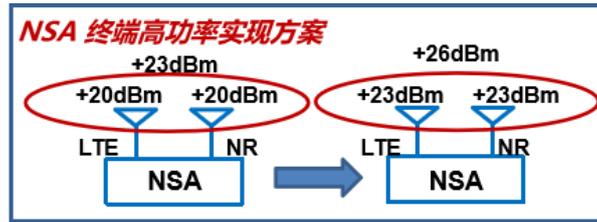


图 3-10 EN-DC 终端高功率示意图

目前我公司的 EN-DC TDD-TDD 和 EN-DC FDD-TDD 的主要频段均已在 RAN4 及 RAN5 完成指标定义及测试标准定义，并且已经基本完成相关仪器测试例开发，预计 2021 年 Q2 可以开展测试。

3.12. 终端能力上报增强

针对 UE 能力上报在某些场景下可能超过 RRC 消息上限的问题，例如引入载波聚合后的 UE 能力消息过长，3GPP R16 引入 UE 能力上报优化机制，当 UE 能力消息超过 9KB 时，终端可拆分成多个独立的短 RRC 消息进行发送。

需求等级：增强需求

4. 面向行业终端的芯片特性需求

当前，垂直行业 URLLC 业务主要存在两大类型，小包控制类 URLLC 业务和大上行视频类 URLLC 业务。小包控制类业务的主要特点是数据量较小，但对时延、可靠性要求较高；视频类业务的主要特点是数据量较大，同时下行控制信令对时延、可靠性要求较高。因此，现有垂直行业应用对低时延高可靠和高数据传输的业务场景均有需求。

当前，5G 基带芯片价格高是导致 5G 模组产品售价较高的因素之一。为了推动 5G 模组在垂直行业的广泛普及和应用，迫切需要实现基带芯片的低成本化，需要思考如何针对行业需求引入至简功能、采用至高性价比工艺。从 URLLC/IIoT 特性芯片产品的市场需求量和研发风险角度来看，在产业发展初期芯片厂家可能采用 eMBB 和 URLLC 芯片共硬件平台的设计方案，借助市场规模

效应降低成本、提高产品的综合竞争力。而随着垂直行业市场规模逐步扩大、业务需求不断细化，针对不同行业客户需求推出针对性更强的、定制化的 URLLC 芯片产品，将有助于进一步降低产品成本，使面向行业终端的芯片产品更具竞争优势。

URLLC/IIoT、NPN/CAG、多种帧结构及二次鉴权等特性用于满足行业类终端对性能和行业网部署场景的专用需求。但对于 5G 多数基本特性，在芯片实现层面的技术要求基本可以保持一致，例如：终端切片、终端节电、VoNR、MIMO 增强、载波聚合/SUL、5G 定位、终端高功率等。下文所述 R16 技术要求需支持 2020 年 9 月及以上版本。

4.1. URLLC/IIoT

垂直行业很多应用场景，例如智能电网、AR/VR、智能无人机、工业自动化，都对时延和可靠性提出了极高的性能要求。R15 标准以使能 1ms 空口时延和 99.999% 可靠性为目标，R16 标准更是以 0.5ms~1ms 空口时延和 99.9999% 可靠性为目标进行增强，引入多种 URLLC/IIoT 技术，通过不同技术的组合，可以灵活满足不同场景的性能要求。

- 短时隙调度 (Mini-slot)

- (1) 时域资源分配 Type B

NR 系统除支持 Mapping typeA (14 个符号) 调度之外，还支持了 Mapping typeB，即调度颗粒度缩短至符号级 (2/4/7 个符号)，mini-slot 可以开始于 slot 内的任意一个符号。采用更小的时间调度粒度，可以缩短传输时延。

需求等级：基本需求

- (2) PDCCH 监听能力

NR 系统通过提升设备能力，支持在一个 slot 的多个监听时刻接收 PDCCH、检测 DCI。此外，NR 系统也支持在一个 slot 中接收多个单播的 PDSCH 或 PUSCH。

需求等级：增强需求

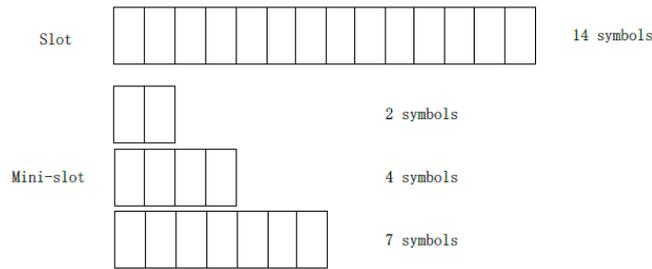


图 4-1 mini-slot 调度示意图

● 增强的设备处理能力 (Capability2)

NR 系统通过提高设备处理能力，将设备的处理时延 (PDSCH 处理时延 N_1 与 PUSCH 准备时延 N_2) 降低到符号级别，从而缩短用户面时延。这种增强的设备处理能力被称为 Capability2 ,而基础的终端能力被称为 Capability1 ,如表 4-1 所示。以 30kHz 子载波为例，PDSCH 解码时延从 10 个符号降为 4.5 个符号、PUSCH 编码时延从 12 个符号降到 5.5 个符号。

需求等级：增强需求

表 4-1 增强的设备处理能力

| μ | Capability1: PDSCH decoding time N_1 [symbols] | |
|-------|--|---------------------------------------|
| | <i>dmrs-AdditionalPosition</i> = pos0 | <i>dmrs-AdditionalPosition</i> ≠ pos0 |
| 0 | 8 | 13/14 |
| 1 | 10 | 13 |
| 2 | 17 | 20 |
| 3 | 20 | 24 |
| μ | Capability2: PDSCH decoding time N_1 [symbols] | |
| | <i>dmrs-AdditionalPosition</i> = pos0 | |
| 0 | 3 | |
| 1 | 4.5 | |
| 2 | 9 for frequency range 1 | |

| μ | Capability1: PUSCH preparation time N_2 [symbols] |
|-------|---|
| 0 | 10 |
| 1 | 12 |
| 2 | 23 |
| 3 | 36 |
| μ | Capability2: PUSCH preparation time N_2 [symbols] |
| 0 | 5 |
| 1 | 5.5 |
| 2 | 11 for frequency range 1 |

● 上行免调度传输 (UL grant-free)

基站预先为用户配置周期性的可用资源 ,用户有上行数据包达到时直接在配置的资源上进行传输，从而减少上行资源请求时延。NR R15 在每个带宽部分 BWP 中可以激活一个免调度配置 ;R16 进一步增强，支持同一个 BWP 激活多个免调度配置，有效降低时延并提升可靠性。

需求等级：基本需求

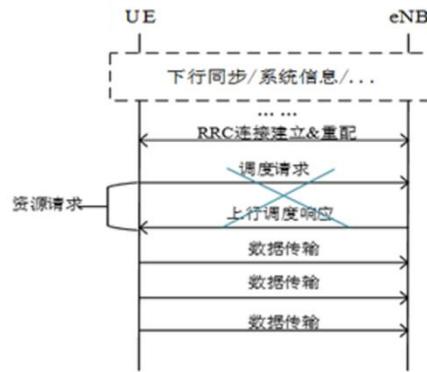


图 4-2 上行免调度传输流程示意图

● 低码率 MCS/CQI 表格

NR 设计之初的 CQI/MCS 表格主要用于满足 eMBB 业务的需求，实现 10% BLER。而为了满足 URLLC 业务的高可靠需求，NR 系统设计了低码率 CQI/MCS 表格，用于提升数据信道传输可靠性。

需求等级：基本需求

表 4-2 低码率 MCS 表格

| MCS Index I_{MCS} | Modulation Order Q_m | Target code Rate $R \times [1024]$ | Spectral efficiency |
|------------------------|---------------------------|------------------------------------|---------------------|
| 0 | 2 | 30 | 0.0586 |
| 1 | 2 | 40 | 0.0781 |
| 2 | 2 | 50 | 0.0977 |
| 3 | 2 | 64 | 0.1250 |
| 4 | 2 | 78 | 0.1523 |
| 5 | 2 | 99 | 0.1934 |
| 6 | 2 | 120 | 0.2344 |
| 7 | 2 | 157 | 0.3066 |
| 8 | 2 | 193 | 0.3770 |
| 9 | 2 | 251 | 0.4902 |
| 10 | 2 | 308 | 0.6016 |
| 11 | 2 | 379 | 0.7402 |
| 12 | 2 | 449 | 0.8770 |
| 13 | 2 | 526 | 1.0273 |
| 14 | 2 | 602 | 1.1758 |
| 15 | 4 | 340 | 1.3281 |
| 16 | 4 | 378 | 1.4766 |
| 17 | 4 | 434 | 1.6953 |
| 18 | 4 | 490 | 1.9141 |
| 19 | 4 | 553 | 2.1602 |
| 20 | 4 | 616 | 2.4063 |
| 21 | 6 | 438 | 2.5664 |
| 22 | 6 | 466 | 2.7305 |
| 23 | 6 | 517 | 3.0293 |
| 24 | 6 | 567 | 3.3223 |
| 25 | 6 | 616 | 3.6094 |
| 26 | 6 | 666 | 3.9023 |
| 27 | 6 | 719 | 4.2129 |
| 28 | 6 | 772 | 4.5234 |
| 29 | 2 | reserved | |
| 30 | 4 | reserved | |
| 31 | 6 | reserved | |

表 4-3 低码率 CQI 表格

| CQI index | modulation | code rate x 1024 | efficiency |
|-----------|--------------|------------------|------------|
| 0 | out of range | | |
| 1 | QPSK | 30 | 0.0586 |
| 2 | QPSK | 50 | 0.0977 |
| 3 | QPSK | 78 | 0.1523 |
| 4 | QPSK | 120 | 0.2344 |
| 5 | QPSK | 193 | 0.3770 |
| 6 | QPSK | 308 | 0.6016 |
| 7 | QPSK | 449 | 0.8770 |
| 8 | QPSK | 602 | 1.1758 |
| 9 | 16QAM | 378 | 1.4766 |
| 10 | 16QAM | 490 | 1.9141 |
| 11 | 16QAM | 616 | 2.4063 |
| 12 | 64QAM | 466 | 2.7305 |
| 13 | 64QAM | 567 | 3.3223 |
| 14 | 64QAM | 666 | 3.9023 |
| 15 | 64QAM | 772 | 4.5234 |

- 重复传输 (PUSCH/PDSCH repetition)

为满足 URLLC 业务 99.999% 甚至 99.9999% 的可靠性目标, 重复传输是其中一种重要手段。重复传输通过为数据包分配更多的传输资源, 降低码率, 从而提高可靠性。NR R15 对 PUSCH 和 PDSCH 支持了 Slot 级别的重复传输, 最大重复次数为 8 次, 每次传输可使用不同的冗余版本, 以提高软合并的性能。

需求等级: 基本需求

- PDCP 冗余传输 (PDCP Duplication)

基于 CA 和 DC 场景, NR 系统通过 PDCP 冗余传输方式提升数据传输可靠性, 例如 NR R15 支持 2 条冗余链路, 对应到 2 个 RLC 实体, 提高空口传输的可靠性; NR R16 则进一步增强为最多 4 条冗余链路。

需求等级: R15 2 条冗余: 基本需求; R16 4 条冗余: 可选需求

- 控制信道增强

为了提高控制信道的可靠性, PDCCH 可采用更大的聚合等级 (如支持聚合等级 16), PUCCH 可支持长格式 (如 Format1), 通过更多的资源传输控制信息, 从而提升可靠性。

需求等级：基本需求

- URLLC 资源抢占

在 5G 应用中，存在不同业务终端共存在同一网络中的场景，如 eMBB UE 和 URLLC UE 在同一基站覆盖范围下。若基站在某个 slot 调度了 eMBB 传输，而随之 URLLC 业务到达，为了保证其时延需求，需要在同一个 slot 调度 URLLC 传输，需要避免 eMBB 业务对 URLLC 的干扰，保证 URLLC 数据可靠性。NR R16 引入上行取消指示 (ULCI , Uplink Cancellation Indication)，基站发送 PDCCH 通知 eMBB 终端取消其上行传输，避免对 URLLC 上行业务干扰，减少 URLLC 业务时延并保障可靠性。

需求等级：增强需求

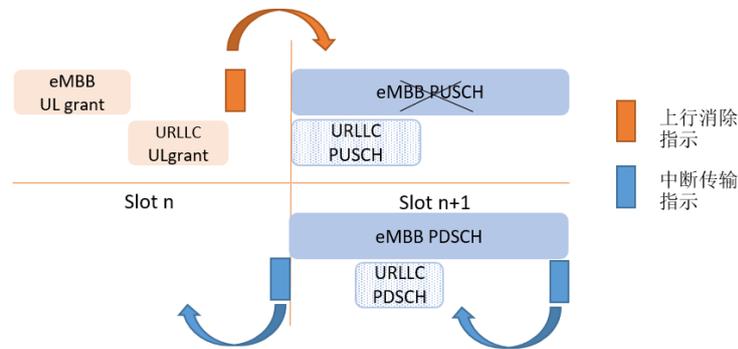


图 4-3 上行取消指示示意图

- 5G LAN

从 2G 到 4G，移动网络提供的是统一的接入和一致的终端管理。5G 时代到来，行业客户希望 5G 网络在提供大连接、高带宽、低时延的同时，也能像自建的局域网那样，自己实现对终端的灵活管理。例如行业客户指定终端的 IP 地址、要求终端只能与特定的终端通信、授权终端属于特定群组并动态加入和删除等。5G LAN 技术的出现，正是为了满足行业客户这一诉求。

5G LAN 技术首次在移动网络中引入终端组管理的概念，支持组内终端直接通信。5G LAN 通过为用户签约 5G VN 组 (Virtual Network)，支持组内用户间多种类型的路由和点对点的通信方式，为企业构建可灵活互通和便捷管理的私有专网，可满足数据不出厂、低时延等需求。5G LAN 同时支持层三 IP 会话和层

以太网 (Ethernet) 会话两种数据类型, 更好的支持各类行业应用。终端侧需要支持基于层三 IP 会话和层二以太网会话的 5G LAN 功能。

需求等级: 增强需求

- 其他功能点

为满足 URLLC 业务低时延高可靠性能需求, NR R16 标准还包含多项 URLLC/IIoT 增强技术, 例如,

- 面向低时延需求的子时隙的 HARQ-ACK 反馈、PDCCH 监听能力提升 (monitoring span)、一个 BWP 中多个 UL 免调度/ DL SPS 配置等;
- 面向高可靠性需求的 PDCCH compact DCI、不同业务独立 HARQ-ACK 反馈、mini-slot 级别 PUSCH 重复传输等;
- Intra-UE 场景下业务优先级识别和不同业务优先级间的上行信道复用和抢占技术;
- TSN (时延敏感型网络, Time Sensitive Networking), 利用 SIB9 实现高精度授时、时延敏感通信辅助信息 TSCAI、以太网头压缩等技术。

上述特性为进一步提升 URLLC 业务性能奠定了基础, 属于增强需求, 推荐终端芯片支持, 随着垂直行业需求的细化将逐步考虑引入。

在超低时延技术特性中, Mini-slot、增强的设备处理能力等计划于 2021 年上半年开始相关技术验证, 免调度、URLLC 资源抢占等特性的验证工作将于 2021 年下半年陆续展开。在提高可靠性的新特性需求中, 低码率 MCS/CQI 表格、重复传输、PDCP 复制等将从 2021 年上半年开始陆续展开技术验证。

4.2. 灵活帧结构

5G 系统引入的灵活帧结构配置, 也为满足低时延或高速率场景需求提供了可能。其中, 在行业网应用中部署需求高的帧结构, 包括:

- 2.5ms 单周期帧结构 (3U1D1S)

在垂直行业的典型业务中, 有一类是大上行视频类的 URLLC 业务, 典型场景有远程控制、智慧医疗中的远程手术等。该类业务主要特点是上行数据包较大, 对上行峰值速率、容量边缘都有较高要求。NR 网络灵活的帧结构配置, 可以按

行业用户需求采用上行时隙配比更多的帧结构。

以 30kHz 子载波间隔为例，2.5ms 单周期 3U1D1S 帧结构，10 个 slot 典型配置为：DSUUUDSUUU，其中 S 符号级为 DDDDDDDDDDDGGUU。与典型的公网帧结构相比，可显著提升网络的上行传输速率和上行容量，现网中实测的单载波上行峰值接近 750Mbps（上行 2 流、256QAM 调制方式）。

需求等级：基本需求

● 1ms 单周期帧结构

为降低 TDD 系统上下行转换周期较长对时延的影响，NR 可支持灵活的帧结构配置，降低反馈时延。例如，一种典型的 1ms 周期的帧结构配置为：DS，其中 S 符号级为 GGUUUUUUUUUUUU，如图 4-4。为更好的适应垂直行业业务需求，推荐芯片支持上/下行符号占比灵活可配。

需求等级：基本需求



图 4-4 1ms 周期帧结构示意图

目前，5G 主流芯片均已支持 2.5ms 单周期（3U1D）帧结构并在 2020 年下半年完成实验室互通和外场测试。1ms 单周期帧结构预计于 2021 年 Q4 开始相关验证。

4.3. NPN/CAG

5G 作为先进的通信技术手段，以其大带宽、低时延、高可靠、高连接、泛在网等诸多优势，在 5G 行业网发挥重要作用。针对不同的行业用户，需要结合具体的业务场景和业务需求，实现行业网的高可靠服务，差异化配置、隔离性服务能力。

从客户的需求来看，行业客户普遍需要能够对所使用的网络保持封闭的，隔离的网络需求，因此为了满足这样的行业客户需求，3GPP 在 R16 版本设计了 NPN (Non-public network) 来满足行业客户的网络进行隔离封闭式管理的需求，

分为公众网集成 NPN、独立专网 NPN 两种架构。

● 公众网集成 NPN (PNI-NPN , PLMN Integrated NPN)

在公网模式下 , 划分出企业专属无线覆盖区 , 无线网络在现有广播 PLMN ID 的基础上 , 新增 CAG 的标识 ; 整个网络基于 CAG 将无线覆盖划分成若干个独立区域 , 网络基于 CAG 进行不同终端在不同园区的准入管控。对于园区网络即需保证园区网络的封闭性 , 又需满足园区员工的普通手机 (2B2C) 终端的可接入性 , 适用于局域或者广域的网络覆盖。R16 版本终端芯片支持 CAG 功能 , 读取小区广播的 CAG ID 信息 , 在 CAG 许可的情况下 , 进行网络接入 ; 此外 , 终端支持通过预先配置或网络配置方式获得并保存更新 CAG 信息。

需求等级 : 基本需求

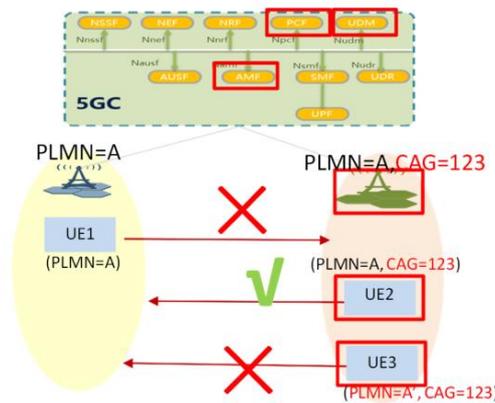


图 4-5 公众网集成 NPN 示意图

● 独立专网 NPN (SNPN , Standalone NPN)

SNPN 通过为行业用户建立独立 5GC 专用核心网 , 并通过无线网广播专用网络 ID 来进行终端接入控制。适用场景 : 1) 对于某些特定行业等迫切要求端到端网络均需自行管理的行业客户 , 可考虑部署 ; 2) 作为应对于非授权频段开放后 的企业专网网络的建设方案。R16 版本终端芯片推荐支持 SNPN 功能。

需求等级 : 可选需求

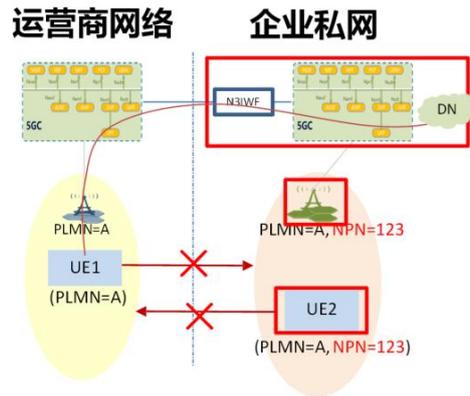


图 4-6 独立专网 NPN 示意图

4.4. 二次认证及鉴权

二次认证鉴权指用户需要访问业务建立会话时，网络侧向业务 AAA 发送二次鉴权请求或根据业务 AAA 的授权信息，以决定是否允许该会话建立。二次鉴权主要应用在企业客户自有鉴权服务器和鉴权系统，需对访问的企业业务的用户再次鉴权或授权的场景。

- 基于 PAP/CHAP 以及 EAP 的二次认证鉴权的算法及流程

终端在 PDU 会话建立阶段，可以根据设置来触发与业务侧平台之间的基于 PAP/CHAP 以及 EAP 算法的二次双向认证（包括二次认证重认证、二次认证撤销等）；二次认证由位于外部数据网络的认证服务器执行，并由 5G 网络承载和传递认证消息；终端根据认证结果控制决定是否建立接入该外部数据网络的 PDU 会话。

需求等级：基本需求

4.5. 层二测量

垂直行业 URLLC 业务对时延的要求较高，基于核心网 QoS 监控（QoS monitoring）需求，为了监控用户面数据时延，终端需支持网络触发测量 UL PDCP Packet Average Delay by UE 的配置、测量及结果上报，用于获取高层数据包到达 PDCP 层到终端得到传输该数据包 UL grant 的时延。

需求等级：基本要求

4.6. 终端切片

行业类终端的切片特性基本上与消费类终端中的特性需求相同，主要包括：NSSAI 配置与标识携带传递、业务特征 TD 的获取和传递、TD 与 NSSAI 的绑定和关联、URSP 配置与动态更新、多类型多切片并发等。相关特性需求，详见 3.1 节。

4.7. 终端节电

行业类终端支持终端节电特性，有助于终端性能优化和用户体验提升。相关特性需求与消费类终端基本相同，详见 3.2 节。

4.8. VoNR

考虑到行业终端同样存在语音业务需求，因此芯片同样需要支持 VoNR 的语音解决方案，相关特性需求，详见 3.5 节。

4.9. MIMO 增强

行业类终端与消费类终端相同，需要借助 MIMO 增强特性用于提升传输速率，提升边缘覆盖，减少信号开销和提升链路可靠性。相关特性需求与消费类终端基本相同，详见 3.6 节。

4.10. 载波聚合和 SUL

在垂直行业应用中同样存在大数据量传输的业务需求，除 4.2 节提到的灵活帧结构外，还可以通过上/下行载波聚合和 SUL 特性进行传输速率的进一步增强。相关特性需求与消费类终端基本相同，详见 3.9 节。

4.11. 5G 定位

垂直行业中广泛存在的资产、人员、车辆管理，人流量监控，导航服务等多样化业务场景，对定位特性需求迫切，针对不同场景的具体需求不同所适用的定位解决方案存在差异。但对于行业终端芯片来说，需要支持的 5G 定位技术和协议流程与消费类终端一致。相关特性需求，详见 3.10 节。

4.12. 终端高功率

行业网络部署可以通过终端高功率有效提升上行业务覆盖半径、改善数据传输速率，节约网络部署成本。行业终端支持高功率的特性需求与消费类终端基本相同，详见 3.11 节。

4.13. 终端能力上报增强

行业终端支持载波聚合等功能也可能会出现 UE 能力消息过长的情况，终端能力上报增强的特性需求与消费类终端基本相同，详见 3.12 节。

5. 总结与展望

本报告对未来 1-2 年消费类 (ToC) 和行业类 (ToB) 场景下的 5G 终端芯片面向演进的关键特性明确了需求，引导 5G 芯片及终端技术持续发展。对于本报告中提出的新需求和关键特性，后续将开展相应的终端芯片测试评估并计划在 2021 年底发布测评结果，形成“需求-测评-分析”完整闭环以持续推进 5G 芯片及终端产业成熟，满足 5G 技术演进需求。

本报告提出的面向消费类及行业类终端芯片的新特性需求汇总，如表 5-1 和表 5-2 所示。其中，基本需求的新特性计划在 2021 年 Q3-Q4 陆续开始实验室/外场测试；增强需求的新特性的测试时间计划待后续评估确认。

表 5-1 消费类终端芯片新特性需求 (ToC 场景)

| 特性需求 | 功能点 | 需求等级 |
|------|-----------------------|------|
| 终端切片 | NSSAI 功能 | 基本需求 |
| | URSP 功能 | 基本需求 |
| | Traffic Descriptor 功能 | 基本需求 |
| 终端节电 | 终端节能信号指示 | 基本需求 |
| | 跨时隙调度 | 基本需求 |

| | | |
|----------------|---|------|
| | Dormant BWP | 基本需求 |
| | 不同 BWP 最大 MIMO 层数限制 | 增强需求 |
| | UE 辅助信息上报 | 增强需求 |
| | 邻区 RRM 测量放松 | 可选需求 |
| SON/MDT | ANR 功能 | 基本需求 |
| | MDT 功能 : Immediate MDT、Logged MDT、异常事件上报、位置信息上报 | 基本需求 |
| | 层二测量 :UL PDCP Packet Average Delay | 增强需求 |
| | 移动鲁棒性优化 (MRO) | 增强需求 |
| | 随机接入优化 (RACH 优化) | 增强需求 |
| 测量增强 | CSI-RS RRM L3 服务小区测量 | 基本需求 |
| | 新增 NR Gap pattern : 3ms | 基本需求 |
| | 异频 no gap 测量 | 增强需求 |
| VoNR | VoNR 语音通话业务及音频编解码 | 基本需求 |
| | ViNR 视频通话业务及视频编解码 | 增强需求 |
| | 5G RAN 特性 : ROHC 头压缩、C-DRX、RLC 分段 | 基本需求 |
| | 5G RAN 特性 :下行 SPS、上行 Configured Grant、Slot aggregation、MAC CE 触发终端发起语音编码 codec 调整 | 增强需求 |

| | | |
|------------------|-------------------------------|------|
| MIMO 增强 | 上行满功率发送 | 基本需求 |
| | Low PAPR DMRS | 基本需求 |
| | Multi-Beam | 增强需求 |
| | TypeII 码本增强 | 增强需求 |
| | Multi-TRP | 增强需求 |
| 高铁性能增强 | R16 高铁标识 | 基本需求 |
| | R16 高铁 500km/h 下的性能指标要求 | 增强需求 |
| | TRS 的提前测量 | 增强需求 |
| 移动性增强 | 条件切换 (CHO) | 基本需求 |
| | 双协议栈切换 | 增强需求 |
| CA/DC/SUL | 下行载波聚合载波间 SRS 轮发 | 基本需求 |
| | 带间载波聚合帧头不对齐 | 基本需求 |
| | 1Tx-2Tx 上行轮发 (Tx switching) | 基本需求 |
| | Option4 (NE-DC) | 基本需求 |
| | 空闲态提早测量 (Early Measurement) | 增强需求 |
| | RRC Resume (快速激活辅载波) | 增强需求 |
| 5G 定位 | SRS for positioning 发送 | 基本需求 |
| | PRS 的接收、测量及测量结果上报 | 增强需求 |
| | Mutil-RTT、DL-TDOA 定位技术 | 增强需求 |
| | LPP 协议、SUPL 协议 | 基本需求 |

| | | |
|-----------------|-----------------------|------|
| 终端高功率 | PC1.5 (+29 dBm) | 增强需求 |
| | EN-DC 高功率 (PC2) | 可选需求 |
| 终端能力上报增强 | 对超过 9KB 的 UE 能力消息进行拆分 | 增强需求 |

表 5-2 行业类终端芯片新特性需求 (ToB 场景)

| 特性需求 | 功能点 | 需求等级 |
|-------------------|---------------------------------------|------|
| URLLC/IIoT | 短时隙调度 (Mini-slot) | 基本需求 |
| | 增强的设备处理能力 (Capability2) | 增强需求 |
| | 上行免调度传输 (UL grant-free) | 基本需求 |
| | 低码率 MCS/CQI 表格 | 基本需求 |
| | Slot 级重复传输 (PUSCH/PDSCH repetition) | 基本需求 |
| | PDCP Duplication (2 条冗余链路) | 基本需求 |
| | PDCP Duplication (4 条冗余链路) | 可选需求 |
| | 控制信道增强 : PDCCH 聚合等级 16、PUCCH Format1 | 基本需求 |
| | Inter-UE URLLC 资源抢占 | 增强需求 |
| | 子时隙的 HARQ-ACK 反馈 | 增强需求 |
| | PDCCH 监听能力提升 (monitoring span) | 增强需求 |
| | 多个 UL 免调度/DL SPS 配置 | 增强需求 |
| | PDCCH compact DCI | 增强需求 |

| | | |
|---------|------------------------------------|------|
| | 不同业务独立 HARQ-ACK 反馈 | 增强需求 |
| | mini-slot 级别 PUSCH 重复传输 | 增强需求 |
| | Intra-UE URLLC 与 eMBB 业务共存 | 增强需求 |
| | 基于 SIB9 精准授时 | 增强需求 |
| | 5G LAN | 增强需求 |
| 灵活帧结构 | 2.5ms 单周期帧结构 (3U1D1S) | 基本需求 |
| | 1ms 单周期帧结构 | 基本需求 |
| NPN/CAG | 公众网集成 NPN (PNI-NPN) | 基本需求 |
| | 独立专网 NPN (SNPN) | 可选需求 |
| 二次认证及鉴权 | 基于 PAP/CHAP 以及 EAP 的二次认证鉴权的算法及流程 | 基本需求 |
| 层二测量 | 层二测量 :UL PDCP Packet Average Delay | 基本需求 |
| 终端切片 | NSSAI 功能 | 基本需求 |
| | URSP 功能 | 基本需求 |
| | Traffic Descriptor 功能 | 基本需求 |
| 终端节电 | 终端节能信号指示 | 基本需求 |
| | 跨时隙调度 | 基本需求 |
| | Dormant BWP | 增强需求 |
| | 不同 BWP 最大 MIMO 层数限制 | 增强需求 |
| | UE 辅助信息上报 | 增强需求 |

| | | |
|------------------|---|------|
| | 邻区 RRM 测量放松 | 可选需求 |
| VoNR | VoNR 语音通话业务及音频编解码 | 基本需求 |
| | ViNR 视频通话业务及视频编解码 | 增强需求 |
| | 5G RAN 特性 : ROHC 头压缩、C-DRX、RLC 分段 | 基本需求 |
| | 5G RAN 特性 :下行 SPS、上行 Configured Grant、Slot aggregation、MAC CE 触发终端发起语音编码 codec 调整 | 增强需求 |
| MIMO 增强 | 上行满功率发送 | 基本需求 |
| | Low PAPR DMRS | 基本需求 |
| | Multi-Beam | 增强需求 |
| | TypeII 码本增强 | 增强需求 |
| | Multi-TRP | 增强需求 |
| CA/DC/SUL | 下行载波聚合载波间 SRS 轮发 | 基本需求 |
| | 带间载波聚合帧头不对齐 | 基本需求 |
| | 1Tx-2Tx 上行轮发 (Tx switching) | 基本需求 |
| | Option4 (NE-DC) | 基本需求 |
| | 空闲态提早测量 (Early Measurement) | 增强需求 |
| | RRC Resume (快速激活辅载波) | 增强需求 |
| 5G 定位 | SRS for positioning 发送 | 基本需求 |

| | | |
|----------|------------------------|------|
| | PRS 的接收、测量及测量结果上报 | 增强需求 |
| | Mutil-RTT、DL-TDOA 定位技术 | 增强需求 |
| | LPP 协议、SUPL 协议 | 基本需求 |
| 终端高功率 | PC1.5 (+29 dBm) | 增强需求 |
| | EN-DC 高功率 (PC2) | 可选需求 |
| 终端能力上报增强 | 对超过 9KB 的 UE 能力消息进行拆分 | 增强需求 |

在消费类终端芯片方面，终端切片、NR SON/MDT、基于 CSI-RS 的 RRM 层三测量、5G 定位技术等特性网络部署需求强烈，芯片厂家需加大力度推进产品研发。在行业终端芯片方面，URLLC/IIoT 中的 mini-slot、Capability2、重复传输、PDCP 重复以及 NPN/CAG 等特性对保障行业类终端性能和行业网部署至关重要，芯片厂家需加快研发进度并支持相关测试。

随着 ToC 和 ToB 业务需求的进一步细化以及新兴业务领域的不断丰富和拓展，部分推荐支持的新特性需求也将会逐步引入网络部署中。同时，目前正在进行的 R17 的标准化中，对于 NR MIMO、URLLC/IIoT、5G 定位技术、网络切片、SON/MDT、NR 覆盖增强、非公共网络、RedCap UE、终端节电等特性还在进行持续的研究与优化。中国移动将持续关注并分析有助于提升终端性能及优化网络部署的新特性和新技术并考虑适时引入，以不断推进终端技术演进与用户体验提升。

参考文献

- [1] 中国信通院泰尔终端实验室《2021 年 1 月国内手机市场运行分析报告》
- [2] 中国移动研究院，《5G 终端、芯片及测试产业报告》，2020.
- [3] 刘晓峰等，5G 无线增强涉及与国际标准，2020.
- [4] 中国移动研究院，《面向 URLLC 场景的无线网络能力白皮书》，2020.
- [5] 中国移动，《5G 应用场景白皮书》，2019.
- [6] 3GPP, TS 38.300, NR and NG-RAN Overall Description; Stage 2, 2020-12.
- [7] 3GPP, TS 38.331, NR; Radio Resource Control (RRC) protocol specification, 2020-12.
- [8] 3GPP, TS 38.211, NR; Physical channels and modulation, 2020-12.
- [9] 3GPP, TS 38.212, NR; Multiplexing and channel coding, 2020-12.
- [10] 3GPP, TS 38.213, NR; Physical layer procedures for control, 2020-12.
- [11] 3GPP, TS 38.214, NR; Physical layer procedures for data, 2020-12.