

3rd Generation Partnership Project;

无线接入网技术规范组;

NR;

**媒体接入控制（MAC）协议规范** (Release 15)

关键字：3GPP，新空口，NG-RAN



## 版权声明

本文档英文原版出自 3GPP 官方，由 5G 哥 原创翻译。  
只能在公众号 5G 通信 发布，除非 5G 哥 授权，否则不得在任何公开媒体传播，分享到朋友圈不需要授权。

©2018, 翻译：5G 哥（微信私号：iam5gge 获取授权请联系），版权所有。



扫码关注“5G通信”

随时跟进5G产业和  
技术，不落伍！

我是5G哥

私人微信：iam5gge

# 内容目录

## 前言 6

|           |              |    |
|-----------|--------------|----|
| 1         | 范围           | 7  |
| 2         | 参考           | 7  |
| 3         | 定义，符号和缩写     | 7  |
| 3.1       | 定义           | 7  |
| 3.2       | 缩略语          | 8  |
| 4         | 一般性描述        | 9  |
| 4.1       | 介绍           | 9  |
| 4.2       | MAC 架构       | 9  |
| 4.2.1     | 一般性描述        | 9  |
| 4.2.2     | MAC 实体       | 9  |
| 4.3       | 服务           | 10 |
| 4.3.1     | 向上层提供的服务     | 10 |
| 4.3.2     | 物理层预期的服务     | 11 |
| 4.4       | 功能           | 11 |
| 4.5       | 信道结构         | 11 |
| 4.5.1     | 一般性描述        | 11 |
| 4.5.2     | 传输信道         | 11 |
| 4.5.3     | 逻辑信道         | 12 |
| 4.5.4     | 将传输信道映射到逻辑信道 | 12 |
| 4.5.4.1   | 一般性描述        | 12 |
| 4.5.4.2   | 上行映射         | 12 |
| 4.5.4.3   | 下行链路映射       | 12 |
| 5         | MAC 流程       | 13 |
| 5.1       | 随机接入流程       | 13 |
| 5.1.1     | 随机接入流程初始化    | 13 |
| 5.1.2     | 随机接入资源选择     | 15 |
| 5.1.3     | 随机接入前导码传输    | 17 |
| 5.1.4     | 随机接入响应接收     | 18 |
| 5.1.5     | 争用解决方案       | 20 |
| 5.1.6     | 完成随机接入流程     | 21 |
| 5.2       | 维护上行链路时间同步   | 22 |
| 5.3       | DL-SCH 数据传输  | 23 |
| 5.3.1     | DL 分配接收      | 23 |
| 5.3.2     | HARQ 操作      | 24 |
| 5.3.2.1   | HARQ 实体      | 24 |
| 5.3.2.2   | HARQ 过程      | 25 |
| 5.3.3     | 复用与解复用       | 26 |
| 5.4       | UL-SCH 数据传输  | 26 |
| 5.4.1     | UL Grant 接收  | 26 |
| 5.4.2     | HARQ 操作      | 27 |
| 5.4.2.1   | HARQ 实体      | 27 |
| 5.4.2.2   | HARQ 过程      | 29 |
| 5.4.3     | 多路复用和合成      | 29 |
| 5.4.3.1   | 逻辑信道优先级      | 29 |
| 5.4.3.1.1 | 一般性描述        | 29 |
| 5.4.3.1.2 | 选择逻辑信道       | 30 |
| 5.4.3.1.3 | 资源分配         | 30 |

|          |  |    |
|----------|--|----|
| 5.4.3.2  | MAC 控制单元和 MAC SDU 的复用.....                         | 31 |
| 5.4.4    | 调度请求.....  | 31 |
| 5.4.5    | 缓冲状态报告.....  | 33 |
| 5.4.6    | 功率余量报告.....  | 34 |
| 5.5      | PCH 接收.....  | 36 |
| 5.6      | BCH 接收.....  | 37 |
| 5.7      | 不连续接收 (DRX) .....                                  | 37 |
| 5.8      | 无动态调度的传输和接收.....                                   | 39 |
| 5.8.1    | 下行.....  | 39 |
| 5.8.2    | 上行.....  | 39 |
| 5.9      | SCell 的激活/去激活.....                                 | 41 |
| 5.10     | 激活/停用 PDCP 备用.....                                 | 42 |
| 5.11     | MAC 重新配置.....                                      | 42 |
| 5.12     | MAC 重置.....  | 42 |
| 5.13     | 处理未知, 不可预见和错误的协议数据.....                            | 43 |
| 5.14     | 处理测量间隙.....  | 43 |
| 5.15     | 带宽部分 (BWP) 操作.....                                 | 43 |
| 5.16     | SUL 操作.....  | 46 |
| 5.17     | 波束故障检测和恢复流程.....                                   | 46 |
| 5.18     | 处理 MAC CE.....                                     | 47 |
| 5.18.1   | 一般性描述.....   | 47 |
| 5.18.2   | 半持久 CSI-RS / CSI-IM 资源集的激活/去激活.....                | 47 |
| 5.18.3   | 非周期 CSI 触发状态子选择.....                               | 47 |
| 5.18.4   | 激活/去激活 UE 特定的 PDSCH TCI 状态.....                    | 48 |
| 5.18.5   | 指示针对 UE 特定的 PDCCH 的 TCI 状态.....                    | 48 |
| 5.18.6   | 在 PUCCH 上激活/去激活半持久 CSI 报告.....                     | 48 |
| 5.18.7   | 半持久性 SRS 的激活/去激活.....                              | 48 |
| 5.18.8   | 激活/去激活 PUCCH 资源的空间限制关系.....                        | 48 |
| 5.18.9   | 半持久性 ZP CSI-RS 资源集的激活/去激活.....                     | 49 |
| 5.18.10  | 推荐比特率.....   | 49 |
| 6        | 协议数据单元, 格式和参数.....                                 | 50 |
| 6.1      | 协议数据单元.....  | 50 |
| 6.1.1    | 一般性描述.....   | 50 |
| 6.1.2    | MAC PDU (除透明 MAC 和随机接入响应之外的 DL-SCH 和 UL-SCH) ..... | 50 |
| 6.1.3    | MAC 控制单元 (CE) .....                                | 51 |
| 6.1.3.1  | 缓冲状态报告 MAC CE.....                                 | 51 |
| 6.1.3.2  | C-RNTI MAC CE.....                                 | 55 |
| 6.1.3.3  | UE 争用解决标识 MAC CE.....                              | 55 |
| 6.1.3.4  | 定时提前命令 MAC CE.....                                 | 55 |
| 6.1.3.5  | DRX 命令 MAC CE.....                                 | 56 |
| 6.1.3.6  | 长 DRX 命令 MAC CE.....                               | 56 |
| 6.1.3.7  | 配置的授权确认 MAC CE.....                                | 56 |
| 6.1.3.8  | 单入口 PHR MAC CE.....                                | 56 |
| 6.1.3.9  | 多入口 PHR MAC CE.....                                | 57 |
| 6.1.3.10 | SCell 激活/去激活 MAC CE.....                           | 59 |
| 6.1.3.11 | 备用激活/去激活 MAC CE.....                               | 60 |
| 6.1.3.12 | SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE.....           | 60 |
| 6.1.3.13 | 非周期性 CSI 触发状态子选择 MAC CE.....                       | 61 |
| 6.1.3.14 | TCI 状态针对 UE 特定的 PDSCH MAC CE 的激活/去激活.....          | 62 |
| 6.1.3.15 | 针对 UE 特定的 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示.....             | 62 |
| 6.1.3.16 | SP CSI 报告 PUCCH 激活/去激活 MAC CE.....                 | 63 |
| 6.1.3.17 | SP SRS 激活/停用 MAC CE.....                           | 63 |
| 6.1.3.18 | PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE.....                     | 65 |
| 6.1.3.19 | SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活 MAC CE.....                 | 66 |

|               |                                  |    |
|---------------|----------------------------------|----|
| 6.1.3.20      | 建议的比特率 MAC CE.....               | 66 |
| 6.1.4         | MAC PDU (透明 MAC) .....           | 67 |
| 6.1.5         | MAC PDU (随机接入响应) .....           | 67 |
| 6.2           | 格式和参数.....                       | 68 |
| 6.2.1         | 用于 DL-SCH 和 UL-SCH 的 MAC 子头..... | 68 |
| 6.2.2         | 用于随机接入响应的 MAC 子头.....            | 69 |
| 6.2.3         | 随机接入响应的 MAC 有效载荷.....            | 70 |
| 7             | 变量和常量.....                       | 70 |
| 7.1           | RNTI 值.....                      | 70 |
| 7.2           | 退避参数值.....                       | 71 |
| 7.3           | DELTA_PREAMBLE 值.....            | 72 |
| 7.4           | PRACH 掩码索引值.....                 | 72 |
| 附件 A (资料性附录)： | 更新记录.....                        | 73 |

中文翻译：5G通信（公众号：tongxin5g）

# 前言

该技术规范由 3rd Generation Partnership Project (3GPP) 制作。

本文的内容需在 TSG 范围内开展工作，并且可能在 TSG 正式批准后发生变化。如果 TSG 修改了本文的内容，TSG 将重新发布新的版本，其中发布日期的标识和版本号的增加规则如下：

版本号 x.y.z

代表意义：

x 第一个是数字：

- 1 提交给 TSG 的讨论内容；
- 2 提交给 TSG 批准的内容；
- 3 或更大的数字，代表 TSG 已批准的内容，但保留修改权限。

y 它如果改变，表示有实质性的技术改进、更正或更新，例如有重要更新时，本数字会增加。

z 如果只是文档编辑性、描述性内容的更新，则只有这个数字会更新。

中文翻译：5G通信（公众号：tongxin5g）

---

## 1 范围

本文件规定了 NR MAC 协议。

---

## 2 参考

以下文件载有通过本文中的参考构成本文件条款的规定。

- 参考文献是特定的（由出版日期，版本号，版本号等标识）或非参考文献-具体。
- 具体参考，后续修订不适用。
- 对于非特定参考，最新版本适用。在参考 3GPP 文档（包括 GSM 文档）的情况下，非特定参考隐含地指代与本文档相同的版本中的该文档的最新版本。

- [1] 3GPP TR 21.905: “3GPP 规范的词汇表”。
- [2] 3GPP TS 38.300: “NR; 总体描述; 阶段 2”。
- [3] 3GPP TS 38.322: “NR; 无线链路控制 (RLC) 协议规范”。
- [4] 3GPP TS 38.323: “NR; 分组数据汇聚协议 (PDCP) 协议规范”。
- [5] 3GPP TS 38.331: “NR; 无线资源控制 (RRC); 协议规范”。
- [6] 3GPP TS 38.213: “NR; 物理层的控制过程”。
- [7] 3GPP TS 38.214: “NR; 物理层数据流程”。
- [8] 3GPP TS 38.211: “NR; 物理信道和调制”。
- [9] 3GPP TS 38.212: “NR; 复用和信道编码”。
- [10] 3GPP TS 38.101: “NR; 用户设备 (UE) 无线传输和接收”。
- [11] 3GPP TS 38.133: “NR; 支持无线资源管理的要求”。
- [12] 3GPP TS 36.133: “演进的通用地面无线接入 (E-UTRA); 支持无线资源管理的要求”。
- [13] 3GPP TS 26.114: “Technical Specification Group Services and System Aspects; IP Multimedia Subsystem (IMS); Multimedia Telephony; Media handling and interaction”

---

## 3 定义，符号和缩写

### 3.1 定义

出于解释本文件的目的，3GPP TR 21.905 [1]中给出的术语和定义适用。在 3GPP TR 21.905 [1]中，本文件中定义的术语优先于相同术语的定义（如果有的话）。

**HARQ 信息：**用于 DL-SCH 或用于 UL-SCH 传输的 HARQ 信息包括新数据指示符 (NDI)，传输块大小 (TBS)，冗余版本 (RV) 和 HARQ 进程 ID。

**Msg3**: 在 UL-SCH 上发送的消息，其包含从上层提交并与 UE 争用解决标识相关联的 C-RNTI MAC CE 或 CCCH SDU，作为随机接入过程的一部分。

**PDCCH 场景**: MAC 实体被配置为监视 PDCCH 的持续时间（即，一个或连续数量的符号）。

**服务小区**: TS 38.331 中的 PCell, PSCell 或 SCell [5]。

**特殊小区**: 对于双连接操作，术语特殊小区指的是 MCG 的 PCell 或 SCG 的 PSCell，这取决于 MAC 实体是分别与 MCG 还是 SCG 相关联。否则，特殊小区一词指的是 PCell。特殊小区支持 PUCCH 传输和基于竞争的随机接入，并且始终被激活。

**TAG**: 由 RRC 配置的一组服务小区，对于具有 UL 配置的小区，使用相同的定时参考小区和相同的定时提前值。包含 MAC 实体的 SpCell 的定时提前组被称为主要定时提前组（PTAG），而术语辅助定时提前组（STAG）被称为其他 TAG。

**注意**: 计时器一旦启动就会运行，直到它停止或直到它到期为止；否则它没有运行。如果计时器未运行，则可以启动计时器，如果正在运行，则可以重新启动计时器。定时器始终从其初始值启动或重新启动。

## 3.2 缩略语

出于本文件的目的，3GPP TR 21.905 [1] 中给出的缩写适用以下内容。在 3GPP TR 21.905 [1] 中，本文件中定义的缩写优先于相同缩写的定义（如果有的话）。

|              |                      |
|--------------|----------------------|
| BSR          | 缓冲状态报告               |
| BWP          | 带宽部分                 |
| CE           | 控制单元                 |
| CSI          | 信道状态信息               |
| CSI-IM       | CSI 相互干扰测量           |
| CSI-RS       | CSI 参考信号             |
| CS-RNTI      | 配置调度 RNTI            |
| INT-RNTI     | 中断 RNTI              |
| LCG          | 逻辑信道组                |
| MCG          | Master Cell Group    |
| NUL          | 正常上行链路               |
| NZP CSI-RS   | 非零功率 CSI-RS          |
| PHR          | 功率余量报告               |
| PTAG         | 主要时间提前量组             |
| QCL          | 准共址                  |
| RS           | 参考信号                 |
| SCG          | 辅助小区群                |
| SFI-RNTI     | 时隙格式指示 RNTI          |
| SI           | 系统信息                 |
| SpCell       | 特殊小区                 |
| SP           | 半持久性                 |
| SP-CSI-RNTI  | 半持续 CSI RNTI         |
| SPS          | 半持续调度                |
| SR           | 调度请求                 |
| SS           | 同步信号                 |
| SSB          | 同步信号块                |
| STAG         | 次要时间提前组              |
| SUL          | 补充上行链路               |
| TAG          | 时间提前量组               |
| TCI          | 传输配置指示符              |
| TPC-SRS-RNTI | 发射功率控制 - 探测参考符号-RNTI |
| ZP CSI-RS    | 零功率 CSI-RS           |

## 4 一般性描述

### 4.1 介绍

本部分的目的是从功能的角度描述 UE 的 MAC 体系结构和 MAC 实体。

### 4.2 MAC 架构

#### 4.2.1 一般性描述

本子条款描述了 MAC 的模型，即它没有指定或限制实现。

RRC 控制 MAC 配置。

#### 4.2.2 MAC 实体

UE 的 MAC 实体处理以下传输信道：

- 广播信道 (BCH)；
- 下行链路共享信道 (DL-SCH)；
- 寻呼信道 (PCH)；
- 上行链路共享信道 (UL-SCH)；
- 随机接入信道 (RACH)。

当 UE 配置有 SCG 时，向 UE 配置两个 MAC 实体：一个用于 MCG，一个用于 SCG。

除非另有说明，否则 UE 中的不同 MAC 实体的功能独立地操作。除非另有说明，否则每个 MAC 实体中使用的定时器和参数是独立配置的。除非另有说明，否则每个 MAC 实体考虑的服务小区，C-RNTI，无线承载，逻辑信道，上层和下层实体，LCG 和 HARQ 实体指的是映射到该 MAC 实体的实体。

如果 MAC 实体配置有一个或多个 SCell，则存在多个 DL-SCH，并且可以存在多个 UL-SCH 以及每个 MAC 实体多个 RACH；一个 DL-SCH，一个 UL-SCH 和一个 RACH 在 SpCell 上，一个 DL-SCH，零个或一个 UL-SCH 以及每个 SCell 的零个或一个 RACH。

如果 MAC 实体未配置任何 SCell，则每个 MAC 实体有一个 DL-SCH，一个 UL-SCH 和一个 RACH。

图 4.2.2-1 说明了未配置 SCG 时 MAC 实体的一种可能结构。



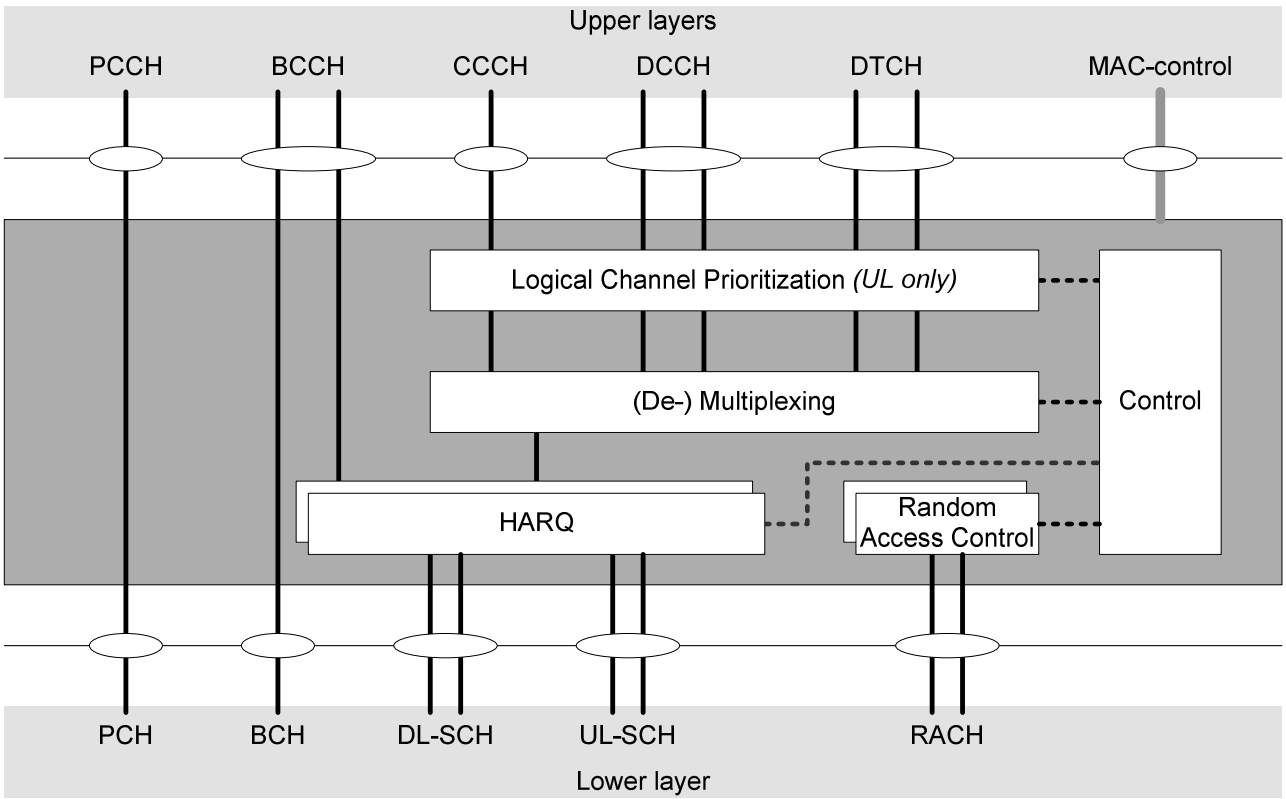


图 4.2.2-1：MAC 结构概述

图 4.2.2-2 说明了配置 MCG 和 SCG 时 MAC 实体的一种可能结构。

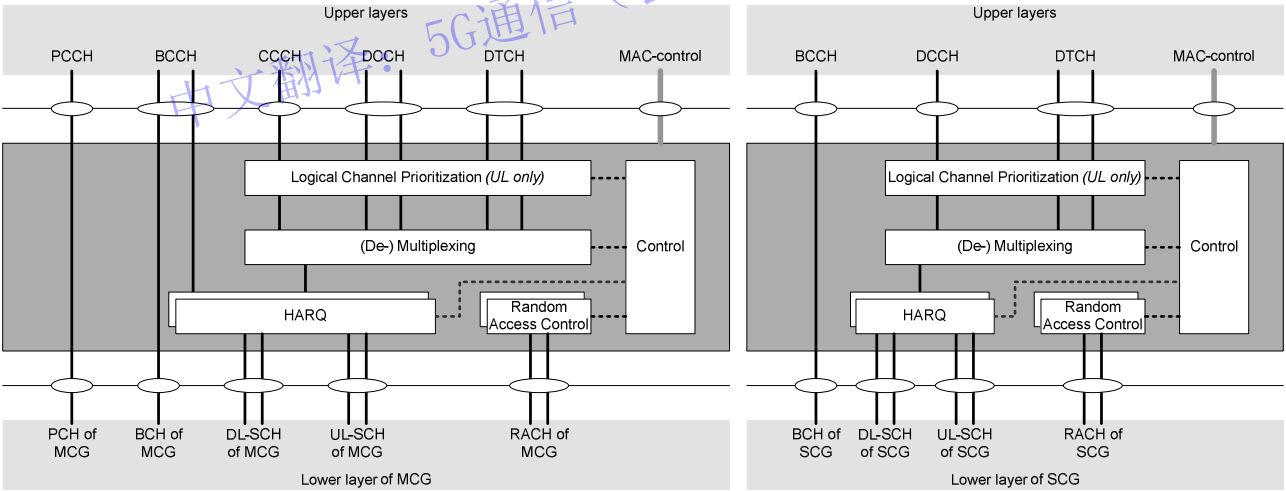


图 4.2.2-2：具有两个 MAC 实体的 MAC 结构概述

### 4.3 服务

#### 4.3.1 向上层提供的服务

MAC 子层为上层提供以下服务：

- 数据传输；
- 无线资源分配。

4.3.2 物理层预期的服务

MAC 子层需要来自物理层的以下服务：

- 数据传输服务；
- HARQ 反馈的信令；
- 调度请求的信令；
- 测量（例如，信道质量指示（CQI））。

4.4 功能

MAC 子层支持以下功能：

- 逻辑信道和传输信道之间的映射；
- 将来自一个或不同逻辑信道的 MAC SDU 复用到传输块（TB）上，以便传输到传输信道上的物理层；
- 从传输信道上的物理层传送的传输块（TB）将 MAC SDU 解复用到一个或不同的逻辑信道；
- 调度信息报告；
- 通过 HARQ 纠错；
- 逻辑信道优先级。

上表和下行链路的 MAC 功能的相关性如表 4.4-1 所示。

表 4.4-1: MAC 功能的链路方向关联。

| MAC 功能         | 下行 | 上行 |
|----------------|----|----|
| 逻辑信道和传输信道之间的映射 | X  | X  |
| 复用             |    | X  |
| 多路分离           | X  |    |
| 调度信息报告         |    | X  |
| 通过 HARQ 纠错     | X  | X  |
| 逻辑信道优先级        |    | X  |

4.5 信道结构

4.5.1 一般性描述

MAC 子层在下面定义的信道上运行；传输信道是 MAC 和第 1 层之间的 SAP，逻辑信道是 MAC 和 RLC 之间的 SAP。

4.5.2 传输信道

MAC 子层使用下表 4.5.2-1 中列出的传输信道。

表 4. 5. 2-1: MAC 使用的传输信道

| 传输信道名称   | 缩写     | 下行 | 上行 |
|----------|--------|----|----|
| 广播信道     | BCH    | X  |    |
| 下行链路共享信道 | DL-SCH | X  |    |
| 寻呼信道     | PCH    | X  |    |
| 上行链路共享信道 | UL-SCH |    | X  |
| 随机接入信道   | RACH   |    | X  |

4.5.3    逻辑信道

MAC 子层在逻辑信道上提供数据传输服务。 为了适应不同种类的数据传输服务，定义了多种类型的逻辑信道，即每种逻辑信道都支持特定类型信息的传输。

每种逻辑信道类型由传输的信息类型定义。

MAC 子层提供下表 4. 5. 3-1 中列出的控制和业务信道。

表 4. 5. 3-1: MAC 提供的逻辑信道。

| 逻辑信道名称  | 缩写   | 控制信道 | 交通信道 |
|---------|------|------|------|
| 广播控制信道  | BCCH | X    |      |
| 寻呼控制信道  | PCCH | X    |      |
| 通用控制信道  | CCCH | X    |      |
| 专用控制信道  | DCCH | X    |      |
| 专用的交通信道 | DTCH |      | X    |

4.5.4    将传输信道映射到逻辑信道

4.5.4.1    一般性描述

对于上行链路和下行链路，MAC 实体负责将逻辑信道映射到传输信道上。 该映射取决于 RRC 配置的复用。

4.5.4.2    上行映射

可以按表 4. 5. 4. 2-1 中的描述映射上行链路逻辑信道。

表 4. 5. 4. 2-1: 上行链路信道映射。

| 逻辑信道 \ 传输信道 | UL-SCH | 广播信道 |
|-------------|--------|------|
| CCCH        | X      |      |
| DCCH        | X      |      |
| DTCH        | X      |      |

4.5.4.3    下行链路映射

可以如表 4. 5. 4. 3-1 中所述映射下行链路逻辑信道。

表 4.5.4.3-1: 下行链路信道映射。

| 逻辑信道 \ 传输信道 | BRCCH | PCCH | DLA-SCH |
|-------------|-------|------|---------|
| BCCH        | X     |      | X       |
| PCCH        |       | X    |         |
| CCCH        |       |      | X       |
| DCCH        |       |      | X       |
| DTCH        |       |      | X       |

## 5 MAC 流程

### 5.1 随机接入流程

#### 5.1.1 随机接入流程初始化

本子条款中描述的随机接入过程由 PDCCH 命令，MAC 实体本身或 RRC 根据 TS 38.300 [2] 发起。在 MAC 实体中的任何时间点仅存在一个随机接入过程。SCell 上的随机接入过程仅由具有与 0b000000 不同的 ra-PreambleIndex 的 PDCCH 命令发起。

注 1: 如果 MAC 实体接收到对新的随机接入过程的请求而另一个已经在 MAC 实体中正在进行，则由 UE 实现是继续正在进行的过程还是从新过程开始（例如，对于 SI 请求）。

RRC 为随机接入过程配置以下参数：

- prach-ConfigIndex: 用于传输随机接入前导码的可用 PRACH 时机集；
- preambleReceivedTargetPower: 初始随机接入前导功率；
- rsrp-ThresholdSSB: 用于选择 SSB 和相应的随机接入前导码和/或 PRACH 时机的 RSRP 阈值。如果为波束故障恢复启动了随机接入过程，则 rsrp-ThresholdSSB 引用 BeamFailureRecoveryConfig IE 中的 rsrp-ThresholdSSB；
- rsrp-ThresholdCSI-RS: 用于选择 CSI-RS 和相应的随机接入前导码和/或 PRACH 时机的 RSRP 阈值。如果为波束故障恢复启动随机接入过程，则应将 rsrp-ThresholdCSI-RS 设置为通过将 BSF-ThresholdSSB 乘以 BeamFailureRecoveryConfig IE 中的 powerControlOffset 而计算的值，如 TS 38.214 [6] 中所规定的；
- rsrp-ThresholdSSB-SUL: NUL 载波和 SUL 载波之间选择的 RSRP 阈值；
- powerControlOffset: 当启动随机接入过程以进行波束故障恢复时，rsrp-ThresholdSSB 和 rsrp-ThresholdCSI-RS 之间的功率偏移；
- powerRampingStep: 功率斜坡因子；
- powerRampingStepHighPriority: 差分随机接入过程中的功率斜坡因子；
- scalingFactorBI: 用于区分随机接入过程的缩放因子；
- ra-PreambleIndex: 随机接入前导码；
- ra-ssb-OccasionMaskIndex: 定义与 SSB 相关联的 PRACH 场景，其中 MAC 实体可以发送随机接入前导码（参见子条款 7.4）；
- ra-OccasionList: 定义与 CSI-RS 相关联的 PRACH 场景，其中 MAC 实体可以发送随机接入前导码；

- *preambleTransMax*: 随机接入前导码传输的最大数量;
- *ssb-perRACH-OccasionAndCB-PreamblesPerSSB* (仅限 SpCell): 定义映射到每个 PRACH 场景的 SSB 的数量和映射到每个 SSB 的随机接入前导码的数量;
- 如果配置了 *groupBconfigured*, 则配置随机接入前导码组 B.
  - 如果配置了随机接入前导码组 B, 则随机接入前导码组 A 中的随机接入前导码是随机接入前导码 0 到 *numberOfRA-PreamblesGroupA-1*; 否则, 随机接入前导码组 A 中的随机接入前导码是由 *ssb-perRACH-OccasionAndCB-PreamblesPerSSB* 配置的每 SSB 的随机接入前导码的随机接入前导码 0;
  - 随机接入前导码组 B 中的随机接入前导码 (如果配置的话) 是随机接入前导码 *numberOfRA-PreamblesGroupA* 到由 *ssb-perRACH-OccasionAndCB-PreamblesPerSSB* 配置的每 SSB 的随机接入前导码的数量。

注 2: 如果小区支持随机接入前导组 B 并且 SSB 被映射到随机接入前导码, 则每个 SSB 中包括随机接入前导组 B.

- 如果配置了随机接入前导组 B:
  - *ra-Msg3SizeGroupA* (每个小区): 确定随机接入前导码组的阈值;
  - *msg3-DeltaPreamble*: TS 38.213 中的  $\Delta_{\text{PREAMBLE\_Msg3}}[6]$ ;
  - *messagePowerOffsetGroupB*: 前导码选择的功率偏移;
  - *numberOfRA-PreamblesGroupA* (仅限 SpCell): 定义每个 SSB 的随机接入前导码组 A 中的随机接入前导码的数量。
- SI 请求的随机接入前导码和/或 PRACH 时机的集合, 如果有的话;
- 用于波束故障恢复请求的随机接入前导码和/或 PRACH 时机的集合, 如果有的话;
- *ra-ResponseWindow*: 监视 RA 响应的时间窗口 (仅限 SpCell);
- *ra-ContentionResolutionTimer*: 争用解决定时器 (仅限 SpCell)。

此外, 假设相关服务小区的以下信息可用于 UE:

- 如果配置了随机接入前导组 B:
  - 如果随机接入过程的服务小区配置了 *optionalUplink*, 并且选择了 SUL 载波来执行随机接入过程:
    - TS 38.101 [10]中规定的 SUL 载波的  $P_{\text{MAX, F, CO}}$
  - 其他:
    - 如 TS 38.101 [10]中所述的 NUL 载体的  $P_{\text{MAX, F, CO}}$

以下 UE 变量用于随机接入过程:

- *PREAMBLE\_INDEX*;
- *PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER*;
- *PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_COUNTER*;
- *PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_STEP*;
- *PREAMBLE\_RECEIVED\_TARGET\_POWER*;
- *PREAMBLE\_BACKOFF*;
- *PCMAX*;

- *SCALING\_FACTOR\_BI*;
- *TEMPORARY\_C-RNTI*。

当在服务小区上启动随机接入过程时，MAC 实体应：

- 1> 刷新 *Msg3* 缓冲区;
- 1> 将 *PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER* 设置为 1;
- 1> 将 *PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_COUNTER* 设置为 1;
- 1> 将 *PREAMBLE\_BACKOFF* 设置为 0 ms;
- 1> 如果明确发信号通知用于随机接入过程的载波：
  - 2> 选择用信号通知的载波进行随机接入过程;
  - 2> 将  $P_{\text{CMAX}}$  设置为信号载波的  $P_{\text{CMAX, F, CO}}$
- 1> 否则，如果没有明确表示用于随机接入流程的载波；和
- 1> 如果随机接入过程的服务小区配置了 *optionalUplink*；和
- 1> 如果下行链路路径损耗参考的 RSRP 小于 *rsrp-ThresholdSSB-SUL*：
  - 2> 选择 SUL 载波进行随机接入流程;
  - 2> 将  $P_{\text{CMAX}}$  设置为 SUL 载波的  $P_{\text{CMAX, F, CO}}$
- 1> 其他：
  - 2> 选择 NUL 载波进行随机接入流程;
  - 2> 将  $P_{\text{CMAX}}$  设置为 NUL 载波的  $P_{\text{CMAX, F, CO}}$
- 1> 将 *PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_STEP* 设置为 *preamblePowerRampingStep*;
- 1> 如果配置了 *powerRampingStepHighPriority*：
  - 2> 如果为波束故障恢复启动了随机接入流程（如第 5.1.7 节所述）；要么
  - 2> 如果为切换启动了随机接入流程：
    - 3> 将 *PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_STEP* 设置为 *powerRampingStepHighPriority*;
- 1> 将 *SCALING\_FACTOR\_BI* 设置为 1;
- 1> 如果配置了 *scalingFactorBI*：
  - 2> 如果为波束故障恢复启动了随机接入流程（如第 5.1.7 节所述）；要么
  - 2> 如果为切换启动了随机接入流程：
    - 3> 将 *SCALING\_FACTOR\_BI* 设置为 *scalingFactorBI*;
- 1> 执行随机接入资源选择过程（参见子条款 5.1.2）。

## 5.1.2 随机接入资源选择

MAC 实体应：

- 1> 如果为波束故障恢复启动了随机接入流程（如第 5.1.7 节所述）；和

- 1> 如果 beamFailureRecoveryTimer (在子条款 5.17 中) 正在运行或未配置; 和
- 1> 若 RRC 已明确提供与任何 SSB 和/或 CSI-RS 相关联的波束故障恢复请求的无争用随机接入资源; 和
- 1> 如果在 candidateBeamRSList 中的 SSB 中具有高于 rsrp-ThresholdSSB 的 SS-RSRP 的 SSB 中的至少一个 SSB 或者具有在 candidateBeamRSList 中的 CSI-RS 中的高于 rsrp-ThresholdCSI-RS 的 CSI-RS 的 CSI-RS 可用:
  - 2> 选择在 candidateBeamRSList 中的 SSB 中具有高于 rsrp-ThresholdSSB 的 SS-RSRP 的 SSB, 或者在 candidateBeamRSList 中的 CSI-RS 中具有高于 rsrp-ThresholdCSI-RS 的 CSI-RSRP 的 CSI-RS;
  - 2> 如果选择了 CSI-RS, 并且没有与所选 CSI-RS 关联的 ra-PreambleIndex:
    - 3> 将 PREAMBLE\_INDEX 设置为对应于 candidateBeamRSList 中的 SSB 的 ra-PreambleIndex, 其与 TS 38.214 [7]中规定的所选 CSI-RS 准并置。
  - 2> 其他:
    - 3> 将 PREAMBLE\_INDEX 设置为与用于波束故障恢复请求的随机接入前导码集合中的所选 SSB 或 CSI-RS 相对应的 ra-PreambleIndex。
- 1> 否则, 如果 ra-PreambleIndex 已由 PDCCH 或 RRC 明确提供; 和
- 1> 如果 ra-PreambleIndex 不是 0b000000; 和
- 1> 如果 RRC 没有明确提供与 SSB 或 CSI-RS 相关联的无竞争随机接入资源:
  - 2> 将 PREAMBLE\_INDEX 设置为已发信号的 ra-PreambleIndex。
- 1> 否则, 如果 RRC 已明确提供与 SSB 相关联的无争用随机接入资源, 并且在相关 SSB 中至少有一个 SS-RSRP 高于 rsrp-ThresholdSSB 的 SSB 可用:
  - 2> 在相关的 SSB 中选择 SS-RSRP 高于 rsrp-ThresholdSSB 的 SSB;
  - 2> 将 PREAMBLE\_INDEX 设置为与所选 SSB 对应的 ra-PreambleIndex。
- 1> 否则, 如果已经由 RRC 明确地提供与 CSI-RS 相关联的无争用随机接入资源, 并且在相关联的 CSI-RS 中具有高于 rsrp-ThresholdCSI-RS 的 CSI-RSRP 的至少一个 CSI-RS 是可用的:
  - 2> 在相关联的 CSI-RS 中选择 CSI-RSRP 高于 rsrp-ThresholdCSI-RS 的 CSI-RS;
  - 2> 将 PREAMBLE\_INDEX 设置为与所选 CSI-RS 对应的 ra-PreambleIndex。
- 1> 其他:
  - 2> 如果至少有一个 SS-RSRP 高于 rsrp-ThresholdSSB 的 SSB 可用:
    - 3> 选择 SS-RSRP 高于 rsrp-ThresholdSSB 的 SSB。
  - 2> 其他:
    - 3> 选择任何 SSB。
  - 2> 如果 Msg3 尚未传输:
    - 3> 如果配置了随机接入前导组 B:
      - 4> 如果潜在的 Msg3 大小 (可用于传输的 UL 数据加上 MAC 报头, 并且在需要时, MAC CE) 大于 ra-Msg3SizeGroupA 且路径损耗小于 PCMAX (执行随机接入过程的服务小区) - preambleReceivedTargetPower - msg3 -DeltaPreamble - messagePowerOffsetGroupB; 要么

- 4> 如果为 CCCH 逻辑信道启动了随机接入过程，并且 CCCH SDU 大小加 MAC 子头大于 ra-  
Msg3SizeGroupA:
  - 5> 选择随机接入前导组 B.
- 4> 其他:
  - 5> 选择随机接入前导组 A.
- 3> 其他:
  - 4> 选择随机接入前导组 A.
- 2> else (即正在重传 Msg3) :
  - 3> 选择与用于对应于 Msg3 的第一次传输的随机接入前导码传输尝试相同的随机接入前导码组。
- 2> 如果配置了随机接入前导码和 SSB 之间的关联:
  - 3> 从与所选 SSB 和所选随机接入前导码组相关联的随机接入前导码中以相等概率随机选择 ra-  
PreambleIndex。
- 2> 其他:
  - 3> 从所选随机接入前导码组中的随机接入前导码中以相等概率随机选择 ra-PreambleIndex。
- 2> 将 *PREAMBLE\_INDEX* 设置为选定的 *ra-PreambleIndex*。
- 1> 如果在上面选择了 SSB 并且配置了 PRACH 场景和 SSB 之间的关联:
  - 2> 如果配置了 ra-ssb-occasionMaskIndex 给出的限制所允许的与所选 SSB 相对应的 PRACH 时机，则确定下一个可用的 PRACH 时机 (MAC 实体应在 PRACH 时机中随机同时选择一个 PRACH 时机，但是在不同的子载波，对应于所选择的 SSB；MAC 实体可以在确定对应于所选择的 SSB 的下一个可用 PRACH 时机时考虑测量间隙的可能发生。
- 1> 否则，如果在上面选择了 CSI-RS 并且配置了 PRACH 时机和 CSI-RS 之间的关联:
  - 2> 从与所选 CSI-RS 对应的 ra-OccasionList 中的 PRACH 时机确定下一个可用的 PRACH 时机 (MAC 实体应在 PRACH 时机中随机地以相等概率随机选择 PRACH 时机，但是在不同的子载波上，对应于所选择的 CSI-RS；MAC 实体可以在确定对应于所选择的 CSI-RS 的下一个可用 PRACH 时机时考虑测量间隙的可能发生。
- 1> 否则，如果启动随机接入流程以进行波束故障恢复：和
- 1> 如果在上面选择了 CSI-RS 并且没有与所选 CSI-RS 相关联的无竞争随机接入资源：
  - 2> 从 PRACH 场景确定下一个可用的 PRACH 场景，如果配置了 ra-ssb-occasionMaskIndex 给出的限制，允许对应于 candidateBeamRSList 中的 SSB，该 SSB 与 TS 38.214 中规定的所选 CSI-RS 准并置 [7] (MAC 实体可以在确定与 SSB 对应的下一个可用 PRACH 时机时考虑测量间隙的可能发生，该 SSB 与所选择的 CSI-RS 进行准合并)。
- 1> 其他:
  - 2> 确定下一个可用的 PRACH 时机 (MAC 实体应在同时发生但在不同子载波上的 PRACH 时机中以相等概率随机选择 PRACH 时机；MAC 实体在确定下一个可用 PRACH 时机时可考虑测量间隙的可能发生)。
- 1> 执行随机接入前导码传输过程 (见子条款 5.1.3)。

### 5.1.3 随机接入前导码传输

对于每个随机接入前导码，MAC 实体应：



- 1> 如果  $PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER$  大于 1; 和
- 1> 如果没有从较低层收到暂停电力斜坡计数器的通知; 和
- 1> 如果选择的 SSB 未更改 (即与先前的随机接入前导码传输相同) :
  - 2> 将  $PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_COUNTER$  增加 1。
- 1> 根据 7.3 节选择  $DELTA\_PREAMBLE$  的值;
- 1> 将  $PREAMBLE\_RECEIVED\_TARGET\_POWER$  设置为  $preambleReceivedTargetPower + DELTA\_PREAMBLE + (PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_COUNTER - 1) \times PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_STEP$ ;
- 1> 除了用于波束故障恢复请求的无竞争随机接入前导码之外, 计算与发送随机接入前导码的 PRACH 时机相关联的 RA-RNTI;
- 1> 指示物理层使用所选择的 PRACH, 相应的 RA-RNTI (如果可用),  $PREAMBLE\_INDEX$  和  $PREAMBLE\_RECEIVED\_TARGET\_POWER$  来发送随机接入前导码。

与发送随机接入前导码的 PRACH 相关联的 RA-RNTI 被计算为:

$$RA-RNTI = 1 + s\_id + 14 \times t\_id + 14 \times 80 \times f\_id + 14 \times 80 \times 8 \times ul\_carrier\_id$$

其中  $s\_id$  是指定 PRACH 的第一个 OFDM 符号的索引 ( $0 \leq s\_id < 14$ ),  $t\_id$  是系统帧中指定 PRACH 的第一个时隙的索引 ( $0 \leq t\_id < 80$ ),  $f\_id$  是索引频域中指定的 PRACH 的值 ( $0 \leq f\_id < 8$ ), 并且  $ul\_carrier\_id$  是用于 Msg1 传输的 UL 载波 (0 表示 NUL 载波, 1 表示 SUL 载波)。

#### 5.1.4 随机接入响应接收

一旦发送随机接入前导码并且不管可能出现的测量间隙, MAC 实体应:

- 1> 如果 MAC 实体发送了用于波束故障恢复请求的无竞争随机接入前导码:
  - 2> 在随机接入前导码传输结束时在 TS 38.213 [6]中指定的第一个 PDCCH 时刻启动在 BeamFailureRecoveryConfig 中配置的 ra-ResponseWindow;
  - 2> 当 ra-ResponseWindow 正在运行时, 监视 SpCell 的 PDCCH 以响应由 C-RNTI 识别的波束故障恢复请求。
- 1> 其他:
  - 2> 在随机接入前导码传输结束时, 在 TS 38.213 [6]中规定的第一个 PDCCH 场景, 启动在 RACH-ConfigCommon 中配置的 ra-ResponseWindow;
  - 2> 当 ra-ResponseWindow 正在运行时, 监视由 RA-RNTI 标识的用于随机接入响应的 SpCell 的 PDCCH。
- 1> 如果从较低层接收到 PDCCH 传输的接收的通知; 和
- 1> 如果 PDCCH 传输被寻址到 C-RNTI; 和
- 1> 如果 MAC 实体发送了用于波束故障恢复请求的无竞争随机接入前导码:
  - 2> 考虑成功完成随机接入过程。
- 1> 否则, 如果已经在 PDCCH 上接收到针对 RA-RNTI 的下行链路指派, 并且接收到的 TB 被成功解码:
  - 2> 如果随机接入响应包含带有退避指示符的 MAC 子 PDU:
    - 3> 使用表 7.2-1 将  $PREAMBLE\_BACKOFF$  设置为 MAC subPDU 的 BI 字段的值, 乘以  $SCALING\_FACTOR\_BI$ 。
  - 2> 其他:

- 3> 将 *PREAMBLE\_BACKOFF* 设置为 0 ms。
- 2> 如果随机接入响应包含具有与发送的 *PREAMBLE\_INDEX* 相对应的随机接入前导码标识符的 MAC 子 PDU (参见子条款 5.1.3)：
- 3> 认为此随机接入响应接收成功。
- 2> 如果认为随机接入响应接收成功：
- 3> 如果随机接入响应包括仅具有 RAPID 的 MAC 子 PDU：
- 4> 认为这个随机接入流程已成功完成；
- 4> 表示接收到对上层的 SI 请求的确认。
- 3> 其他：
- 4> 对发送随机接入前导码的服务小区应用以下操作：
- 5> 处理收到的定时提前命令 (见 5.2)；
- 5> 指示 *preambleReceivedTargetPower* 和应用于最新的随机接入前导码传输到较低层的功率斜坡量 (即  $(\text{PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_COUNTER} - 1) \times \text{PREAMBLE\_POWER\_RAMPING\_STEP}$ )；
- 5> 如果随机接入过程的服务小区是仅 SRS SCell：
- 6> 忽略收到的 UL 授权。
- 5> 其他：
- 6> 处理接收的 UL 授权值并将其指示给较低层。
- 4> 如果 MAC 实体未在基于竞争的随机接入前导码中选择随机接入前导码：
- 5> 考虑成功完成随机接入过程。
- 4> 其他：
- 5> 将 *TEMPORARY\_C-RNTI* 设置为随机接入响应中接收的值；
- 5> 如果这是此随机接入过程中第一个成功接收的随机接入响应：
- 6> 如果没有为 CCCH 逻辑信道进行传输：
- 7> 指示多路复用和合成实体在随后的上行链路传输中包括 C-RNTI MAC CE。
- 6> 获取要从多路复用和汇编实体传输的 MAC PDU，并将其存储在 *Msg3* 缓冲区中。
- 1> 如果在 *RACH-ConfigCommon* 中配置的 *ra-ResponseWindow* 到期，并且尚未收到包含与发送的 *PREAMBLE\_INDEX* 匹配的随机接入前导码标识符的随机接入响应；要么
- 1> 如果在 *BeamFailureRecoveryConfig* 中配置的 *ra-ResponseWindow* 到期并且未收到发往 C-RNTI 的 PDCCH：
- 2> 认为随机接入响应接收不成功；
- 2> 将 *PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER* 增加 1；
- 2> 如果 *PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER* = *preambleTransMax* + 1：
- 3> 如果在 SpCell 上传输随机接入前导码：
- 4> 表示上层的随机接入问题；

- 4> 如果针对 SI 请求触发了此随机接入过程：
  - 5> 认为随机接入流程未成功完成。
- 3> 否则，如果随机接入前导码在 SCell 上传输：
  - 4> 认为随机接入流程未成功完成。
- 2> 如果未完成随机接入过程：
  - 3> 如果在此随机接入过程中，MAC 在基于竞争的随机接入前导码中选择了随机接入前导码：
    - 4> 根据 0 和 PREAMBLE\_BACKOFF 之间的均匀分布选择随机退避时间；
    - 4> 通过退避时间延迟后续随机接入前导码传输。
  - 3> 执行随机接入资源选择过程（参见子条款 5.1.2）。

在成功接收包含与发送的 PREAMBLE\_INDEX 匹配的随机接入前导码标识符的随机接入响应之后，MAC 实体可以停止 ra-ResponseWindow（并因此监视随机接入响应）。

HARQ 操作不适用于随机接入响应传输。

### 5.1.5 争用解决方案

争用解决方案基于 SpCell 的 PDCCH 上的 C-RNTI 或 DL-SCH 上的 UE 争用解决标识。

发送 Msg3 后，MAC 实体应：

- 1> 启动 ra-ContentionResolutionTimer 并在 Msg3 传输结束后的第一个符号中的每次 HARQ 重传时重新启动 ra-ContentionResolutionTimer；
- 1> 无论可能出现的测量间隙如何，在 ra-ContentionResolutionTimer 运行时监控 PDCCH；
- 1> 如果从较低层接收到 PDCCH 传输的接收通知：
  - 2> 如果 C-RNTI MAC CE 包含在 Msg3 中：
    - 3> 如果随机接入过程由 MAC 子层本身或 RRC 子层发起，并且 PDCCH 传输被寻址到 C-RNTI 并且包含用于新传输的 UL 许可；要么
    - 3> 如果随机接入过程是由 PDCCH 命令发起的，并且 PDCCH 传输被寻址到 C-RNTI；要么
    - 3> 如果为波束故障恢复启动了随机接入过程（如子条款 5.17 中所述），并且 PDCCH 传输被寻址到 C-RNTI；
      - 4> 认为此争用解决方案成功；
      - 4> 停止 ra-ContentionResolutionTimer；
      - 4> 丢弃 TEMPORARY\_C-RNTI；
      - 4> 认为这个随机接入流程已成功完成。
  - 2> 否则，如果 CCCH SDU 包含在 Msg3 中，并且 PDCCH 传输发送到其 TEMPORARY\_C-RNTI：
    - 3> 如果 MAC PDU 成功解码：
      - 4> 停止 ra-ContentionResolutionTimer；
      - 4> 如果 MAC PDU 包含 UE 争用解决标识 MAC CE；和
      - 4> 如果 MAC CE 中的 UE 争用解决标识与 Msg3 中发送的 CCCH SDU 匹配：

- 5> 认为此争用解决方案成功并完成 MAC PDU 的反汇编和多路分解;
- 5> 如果为 SI 请求启动了此随机接入过程:
  - 6> 表示接收到对上层的 SI 请求的确认。
- 5> 其他:
  - 6> 将 C-RNTI 设置为 TEMPORARY\_C-RNTI 的值;
- 5> 丢弃 TEMPORARY\_C-RNTI;
- 5> 认为这个随机接入流程已成功完成。
- 4> 其他
  - 5> 丢弃 TEMPORARY\_C-RNTI;
  - 5> 认为此争用解决方案未成功并丢弃成功解码的 MAC PDU。
- 1> 如果 *ra-ContentionResolutionTimer* 到期:
  - 2> 丢弃 TEMPORARY\_C-RNTI;
  - 2> 认为争用解决方案未成功。
- 1> 如果争用解决方案被认为不成功:
  - 2> 刷新用于在 Msg3 缓冲区中传输 MAC PDU 的 HARQ 缓冲区;
  - 2> 将 *PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER* 增加 1;
  - 2> 如果 *PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER* = *preambleTransMax* + 1:
    - 3> 表示上层的随机接入问题。
    - 3> 如果针对 SI 请求触发了此随机接入过程:
      - 4> 认为随机接入流程未成功完成。
  - 2> 如果未完成随机接入过程:
    - 3> 根据 0 和 *PREAMBLE\_BACKOFF* 之间的均匀分布选择随机退避时间;
    - 3> 通过退避时间延迟后续随机接入前导码传输;
    - 3> 执行随机接入资源选择过程 (参见子条款 5.1.2)。

## 5.1.6 完成随机接入流程

完成随机接入流程后, MAC 实体应:

- 1> 丢弃显式信令无争用随机接入资源, 但无争用随机接入资源, 用于波束故障恢复请求, 如果有的话;
- 1> 刷新用于在 Msg3 缓冲区中传输 MAC PDU 的 HARQ 缓冲区。

## 5.2 维护上行链路时间同步

RRC 配置以下参数以维持 UL 时间同步:

- *timeAlignmentTimer* (每个 TAG), 它控制 MAC 实体将属于相关 TAG 的服务小区视为上行链路时间同步的时间长度。

MAC 实体应：

1> 当接收到定时提前命令 MAC CE 时，如果用指示的 TAG 维护了  $N_{TA}$ （如 TS 38.211 [8]中所定义）：

2> 对指定的 TAG 应用 Timing Advance Command；

2> 启动或重新启动与指示的 TAG 关联的 `timeAlignmentTimer`。

1> 当在属于 TAG 的服务小区的随机接入响应消息中接收到定时提前命令时：

2> 如果基于竞争的随机接入前导码中 MAC 实体未选择随机接入前导码：

3> 为此 TAG 应用 Timing Advance Command；

3> 启动或重新启动与此 TAG 关联的 `timeAlignmentTimer`。

2> 否则，如果与此 TAG 关联的 `timeAlignmentTimer` 未运行：

3> 为此 TAG 应用 Timing Advance Command；

3> 启动与此 TAG 关联的 `timeAlignmentTimer`；

3> 当争议解决被认为不成功时，如 5.1.5 中所述；要么

3> 当在第 5.1.5 节中描述的 SI 请求认为争用解决成功时，在发送包括 UE 争用解决标识 MAC CE 的 MAC PDU 的 HARQ 反馈之后：

4> 停止与此 TAG 关联的 `timeAlignmentTimer`。

2> 其他：

3> 忽略收到的 Timing Advance Command。

1> 当 `timeAlignmentTimer` 到期时：

2> 如果 `timeAlignmentTimer` 与 PTAG 关联：

3> 清除所有服务小区的所有 HARQ 缓冲区；

3> 如果配置，则通知 RRC 释放所有服务小区的 PUCCH；

3> 如果已配置，则通知 RRC 为所有服务小区释放 SRS；

3> 清除任何配置的下行链路指配和配置的上行链路授权；

3> 将所有运行 `timeAlignmentTimers` 视为已过期；

3> 维持所有 TAG 的  $N_{TA}$ （在 TS 38.211 [8]中定义）。

2> 否则，如果 `timeAlignmentTimer` 与 STAG 关联，则属于此 TAG 的所有服务单元：

3> 刷新所有 HARQ 缓冲区；

3> 如果配置，则通知 RRC 释放 PUCCH；

3> 如果配置，通知 RRC 释放 SRS；

3> 清除任何配置的下行链路指配和配置的上行链路授权；

3> 保持该 TAG 的  $N_{TA}$ （在 TS 38.211 [8]中定义）。

当 MAC 实体停止 SCell 的上行链路传输时，由于 MAC 实体的 TAG 之间的最大上行链路传输定时差异或 UE 的任何 MAC 实体的 TAG 之间的最大上行链路传输定时差异超过，MAC 实体考虑与 SCell 关联的 `timeAlignmentTimer` 已过期。

当与该服务小区所属的 TAG 相关联的 timeAlignmentTimer 未运行时，MAC 实体不应在服务小区上执行除了随机接入前导码传输之外的任何上行链路传输。此外，当与 PTAG 相关联的 timeAlignmentTimer 未运行时，MAC 实体不应在除 SpCell 上的随机接入前导码传输之外的任何服务小区上执行任何上行链路传输。

## 5.3 DL-SCH 数据传输

### 5.3.1 DL 分配接收

在 PDCCH 上接收的下行链路指配都指示在 DL-SCH 上存在针对特定 MAC 实体的传输并且提供相关的 HARQ 信息。

当 MAC 实体具有 C-RNTI，临时 C-RNTI 或 CS-RNTI 时，MAC 实体应针对其监视 PDCCH 和每个服务小区的每个 PDCCH 时机：

- 1> 如果已经在 PDCCH 上为 MAC 实体的 C-RNTI 或临时 C 接收到该 PDCCH 场景和该服务小区的下行链路分配 - RNTI：
  - 2> 如果这是此临时 C-RNTI 的第一个下行链路指配：
    - 3> 考虑 NDI 已被切换。
  - 2> 如果下行链路指配是针对 MAC 实体的 C-RNTI，并且如果指示给相同 HARQ 进程的 HARQ 实体的先前下行链路指派是针对 MAC 实体的 CS-RNTI 接收的下行链路指派或者配置的下行链路指派：
    - 3> 考虑 NDI 已被切换，无论 NDI 的值如何。
  - 2> 指示存在下行链路指配并将关联的 HARQ 信息传递到 HARQ 实体。
- 1> 否则，如果已经在用于 MAC 实体的 CS-RNTI 的 PDCCH 上针对该服务小区接收到针对该 PDCCH 时机的下行链路指派：
  - 2> 如果收到的 HARQ 信息中的 NDI 为 1：
    - 3> 考虑相应的 HARQ 进程的 NDI 没有被切换；
    - 3> 指示该服务小区的下行链路指配的存在，并将相关联的 HARQ 信息传递给 HARQ 实体。
  - 2> 如果收到的 HARQ 信息中的 NDI 为 0：
    - 3> 如果 PDCCH 内容指示 SPS 停用：
      - 4> 清除此服务小区的配置下行链路指配（如果有）；
      - 4> 如果与 PTAG 关联的 timeAlignmentTimer 正在运行：
        - 5> 表示对物理层的 SPS 停用的肯定确认。
    - 3> 否则，如果 PDCCH 内容指示 SPS 激活：
      - 4> 存储该服务小区的下行链路指配和关联的 HARQ 信息作为配置的下行链路指配；
      - 4> 初始化或重新初始化该服务小区的配置的下行链路指配，以在相关的 PDSCH 持续时间内开始，并根据子条款 5.8.1 中的规则重现；
      - 4> 将 HARQ 进程 ID 设置为与该 PDSCH 持续时间相关联的 HARQ 进程 ID；
      - 4> 考虑已切换相应 HARQ 进程的 NDI 位；
      - 4> 指示存在针对该服务小区的配置的下行链路指派，并将存储的 HARQ 信息传递到 HARQ 实体。

对于每个服务小区和每个配置的下行链路指配，如果配置和激活，MAC 实体应：

- 1> 如果配置的下行链路指派的 PDSCH 持续时间与在该服务小区的 PDCCH 上接收的下行链路指派的 PDSCH 持续时间不重叠：
- 2> 指示物理层在该 PDSCH 持续时间内根据配置的下行链路指配接收 DL-SCH 上的传输块，并将其传递给 HARQ 实体；
- 2> 将 HARQ 进程 ID 设置为与该 PDSCH 持续时间相关联的 HARQ 进程 ID；
- 2> 考虑 NDI 位被切换；
- 2> 指示存在配置的下行链路指配并将存储的 HARQ 信息传递到 HARQ 实体。

对于配置的下行链路指配，与 DL 传输开始的时隙相关联的 HARQ 进程 ID 从以下等式导出：

$$\text{HARQ 进程 ID} = [\text{floor}(\text{CURRENT\_slot} \times 10 / (\text{numberOfSlotsPerFrame} \times \text{periodicity}))] \bmod \text{nrofHARQ-Processes}$$

其中  $\text{CURRENT\_slot} = [(\text{SFN} \times \text{numberOfSlotsPerFrame}) + \text{帧中的时隙号}]$  和  $\text{numberOfSlotsPerFrame}$  指的是 TS 38.211 [8] 中规定的每帧连续时隙数。

当 MAC 实体需要读取 BCCH 时，MAC 实体可以基于来自 RRC 的调度信息：

- 1> 如果已经在用于 SI-RNTI 的 PDCCH 上接收到针对该 PDCCH 时机的下行链路指配；
- 2> 指示用于到 HARQ 实体的专用广播 HARQ 过程的下行链路指配和冗余版本。

## 5.3.2 HARQ 操作

### 5.3.2.1 HARQ 实体

MAC 实体包括用于每个服务小区的 HARQ 实体，其维持多个并行 HARQ 进程。每个 HARQ 过程与 HARQ 过程标识符相关联。HARQ 实体将在 DL-SCH 上接收的 HARQ 信息和关联的 TB 指向对应的 HARQ 进程（参见子条款 5.3.2.2）。

每个 HARQ 实体的并行 DL HARQ 进程的数量在 TS 38.214 [7] 中规定。专用广播 HARQ 过程用于 BCCH。

当物理层未配置用于下行链路空间复用时，HARQ 过程支持一个 TB。当物理层被配置用于下行链路空间复用时，HARQ 过程支持一个或两个 TB。

当 MAC 实体配置有  $\text{pdsch-AggregationFactor} > 1$  时，参数  $\text{pdsch-AggregationFactor}$  提供动态下行链路指配束内的 TB 的传输次数。捆绑操作依赖于 HARQ 实体，用于针对作为同一捆绑的一部分的每个传输调用相同的 HARQ 过程。在初始传输之后， $\text{pdsch-AggregationFactor}-1$  HARQ 重传在一个包内。

MAC 实体应：

- 1> 如果已指示下行链路指配：
  - 2> 将从物理层接收的 TB 和关联的 HARQ 信息分配给由关联的 HARQ 信息指示的 HARQ 过程。
- 1> 如果已经为广播 HARQ 过程指示了下行链路指配：
  - 2> 将接收到的 TB 分配给广播 HARQ 进程。

### 5.3.2.2 HARQ 过程

当针对 HARQ 过程进行传输时，从 HARQ 实体接收一个或两个（在下行链路空间复用的情况下）TB 和关联的 HARQ 信息。

对于每个接收到的 TB 和相关的 HARQ 信息，HARQ 过程应：

- 1> 如果提供的 NDI 与之前收到的与此 TB 对应的传输的值相比已被切换；要么
- 1> 若 HARQ 进程等于广播进程，则这是根据 RRC 指示的系统信息调度，第一次接收到 TB 的传输；要么
- 1> 如果这是此 TB 的第一次接收传输（即此 TB 没有先前的 NDI）：
  - 2> 认为这种传输是一种新的传输方式。
- 1> 其他：
  - 2> 认为这种传输是重传。

然后 MAC 实体应：

- 1> 如果这是一个新的传输：
  - 2> 尝试解码接收的数据。
- 1> 否则如果这是重传：
  - 2> 如果此 TB 的数据尚未成功解码：
    - 3> 指示物理层将接收到的数据与当前在该 TB 的软缓冲区中的数据组合，并尝试解码组合数据。
- 1> 如果 MAC 实体尝试解码的数据被成功解码为该 TB；要么
- 1> 如果此 TB 的数据在以前成功解码：
  - 2> 如果 HARQ 进程等于广播进程：
    - 3> 将解码的 MAC PDU 传递给上层。
  - 2> 否则，如果这是第一次成功解码此 TB 的数据：
    - 3> 将解码的 MAC PDU 传递给反汇编和解复用实体。
- 1> 其他：
  - 2> 指示物理层用 MAC 实体尝试解码的数据替换该 TB 的软缓冲区中的数据。
- 1> 如果 HARQ 进程与用临时 C-RNTI 指示的传输相关联并且争用解决尚未成功（参见子条款 5.1.5）；要么
- 1> 如果 HARQ 过程等于广播过程；要么
- 1> 如果与包含要在其上发送 HARQ 反馈的服务小区的 TAG 相关联的 timeAlignmentTimer 停止或过期：
  - 2> 不指示物理层生成此 TB 中数据的确认。
- 1> 其他：
  - 2> 指示物理层生成此 TB 中数据的确认。

当确定其 C-RNTI 上的 NDI 与先前传输中的值相比是否已被切换时，MAC 实体应忽略在 PDCCH 上的所有下行链路指配中针对其临时 C-RNTI 接收的 NDI。

### 5.3.3 复用与解复用

MAC 实体应按照子条款 6.1.2 的规定对 MAC PDU 进行反汇编和多路分解。



## 5.4 UL-SCH 数据传输

### 5.4.1 UL Grant 接收

上行链路许可可在 PDCCH 上，在随机接入响应中动态地接收，或者由 RRC 半持久地配置。MAC 实体应具有要在 UL-SCH 上发送的上行链路许可。为了执行所请求的传输，MAC 层从较低层接收 HARQ 信息。

如果 MAC 实体具有 C-RNTI，临时 C-RNTI 或 CS-RNTI，则 MAC 实体应针对每个 PDCCH 时机以及属于具有运行时间对准方式的 TAG 的每个服务小区以及针对此接收的每个授权。PDCCH 场景：

1> 如果已经在 PDCCH 上为 MAC 实体的 C-RNTI 或临时 C-RNTI 接收到该服务小区的上行链路许可；要么

1> 如果在随机接入响应中收到上行链路授权：

2> 如果上行链路许可用于 MAC 实体的 C-RNTI，并且如果针对相同 HARQ 过程递送到 HARQ 实体的先前上行链路许可是针对 MAC 实体的 CS-RNTI 接收的上行链路许可或者配置的上行链路许可：

3> 无论 NDI 的值如何，都考虑将 NDI 切换为相应的 HARQ 进程。

2> 如果上行链路授权是针对 MAC 实体的 C-RNTI，则所标识的 HARQ 进程被配置用于配置的上行链路授权：

3> 如果已配置，则为相应的 HARQ 进程启动或重新启动 `configuredGrantTimer`。

2> 将上行链路许可和相关联的 HARQ 信息传递给 HARQ 实体。

1> 否则，如果已经在用于 MAC 实体的 CS-RNTI 的 PDCCH 上针对该服务小区接收到针对该 PDCCH 时机的上行链路许可：

2> 如果收到的 HARQ 信息中的 NDI 为 1：

3> 考虑相应的 HARQ 进程的 NDI 没有被切换：

3> 如果已配置，则启动或重新启动相应 HARQ 进程的 `configuredGrantTimer`；

3> 将上行链路许可和相关联的 HARQ 信息传递给 HARQ 实体。

2> 否则，如果收到的 HARQ 信息中的 NDI 为 0：

3> 如果 PDCCH 内容指示配置的授权类型 2 停用：

4> 触发配置的上行授权确认。

3> 否则，如果 PDCCH 内容指示已配置的授予类型 2 激活：

4> 触发配置的上行授权确认；

4> 存储该服务小区的上行链路许可和相关联的 HARQ 信息作为配置的上行链路许可；

4> 初始化或重新初始化该服务小区的配置上行链路授权，以在相关的 PUSCH 持续时间内开始，并根据子条款 5.8.2 中的规则重现；

4> 将 HARQ 进程 ID 设置为与该 PUSCH 持续时间关联的 HARQ 进程 ID；

4> 考虑已切换相应 HARQ 进程的 NDI 位；

4> 如果正在运行，则停止相应 HARQ 进程的 `configuredGrantTimer`；

4> 将配置的上行链路授权和关联的 HARQ 信息传递给 HARQ 实体。

对于每个服务小区和每个配置的上行链路授权，如果配置和激活，MAC 实体应：

- 1> 如果配置的上行链路授权的 PUSCH 持续时间与在该服务小区的 PDCCH 上接收的上行链路授权的 PUSCH 持续时间不重叠：
- 2> 将 HARQ 进程 ID 设置为与该 PUSCH 持续时间关联的 HARQ 进程 ID；
- 2> 如果相应的 HARQ 进程的 configuredGrantTimer 未运行：
- 3> 考虑已切换相应 HARQ 进程的 NDI 位；
- 3> 将配置的上行链路授权和关联的 HARQ 信息传递给 HARQ 实体。

对于配置的上行链路授权，与 UL 传输的第一个符号相关联的 HARQ 进程 ID 从以下等式导出：

$$\text{HARQ 进程 ID} = [\text{floor}(\text{CURRENT\_symbol} / \text{periodicity})] \bmod \text{nrofHARQ-Processes}$$

其中  $\text{CURRENT\_symbol} = (\text{SFN} \times \text{numberOfSlotsPerFrame} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot} + \text{帧中的槽号} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot} + \text{时隙中的符号号})$ ， $\text{numberOfSlotsPerFrame}$  和  $\text{numberOfSymbolsPerSlot}$  分别指每帧的连续时隙数和每个时隙的连续符号数，如指定的那样在 TS 38.211 [8] 中。

注 1：CURRENT\_symbol 指的是发生重复束的第一次传输时的符号索引。

注 2：如果配置的上行链路许可被激活并且相关联的 HARQ 进程 ID 小于 nrofHARQ-Processes，则为配置的上行链路许可配置 HARQ 过程。

## 5.4.2 HARQ 操作

### 5.4.2.1 HARQ 实体

MAC 实体包括用于具有配置的上行链路的每个服务小区的 HARQ 实体（包括当其配置有 suppleUplink 时的情况），其维持多个并行 HARQ 进程。

每个 HARQ 实体的并行 UL HARQ 进程的数量在 TS 38.214 [7] 中规定。

每个 HARQ 进程支持一个 TB。

每个 HARQ 过程与 HARQ 过程标识符相关联。对于在 RA 响应中具有 UL 授权的 UL 传输，使用 HARQ 进程标识符 0。

当 MAC 实体配置有 pusch-AggregationFactor > 1 时，参数 pusch-AggregationFactor 提供动态授权束中 TB 的传输次数。在初始传输之后，pusch-AggregationFactor - 1 个 HARQ 重传在一个包内。当 MAC 实体配置为 repK > 1 时，参数 repK 提供配置的上行链路授权的捆绑中的 TB 的传输次数。在初始传输之后，HARQ 重传在束内进行。对于动态授权和配置的上行链路授权，捆绑操作依赖于 HARQ 实体，用于针对作为同一束的一部分的每个传输调用相同的 HARQ 过程。在捆绑内，根据 pusch-AggregationFactor 分别用于动态授权和 repK 用于配置的上行链路授权，在不等待来自先前传输的反馈的情况下触发 HARQ 重传。在捆绑内的初始上行链路授权被传递到 HARQ 实体之后，捆绑内的每个传输是单独的上行链路授权。

对于动态授权捆绑中的每个传输，冗余版本的序列根据 TS 38.214 [7] 的子条款 6.1.4 确定。对于配置的上行链路授权的捆绑中的每个传输，根据 TS 38.214 [7] 的子条款 6.1.2.3 确定冗余版本的序列。

对于每个上行链路授权，HARQ 实体应：

- 1> 识别与该授权相关联的 HARQ 进程，并针对每个识别的 HARQ 进程：
- 2> 如果所接收的授权没有被寻址到 PDCCH 上的临时 C-RNTI，并且与该 HARQ 过程的该 TB 的先前传输中的值相比，已经切换了相关联的 HARQ 信息中提供的 NDI；要么
- 2> 如果在 PDCCH 上接收到针对 C-RNTI 的上行链路许可，并且所识别的过程的 HARQ 缓冲器为空；要么
- 2> 如果在随机接入响应中接收到上行链路授权；要么

- 2> 如果上行链路授权是配置的上行链路授权的捆绑包的一部分，并且可以根据 TS 38.214 [7]的子条款 6.1.2.3 用于初始传输，并且如果没有为该捆绑包获得 MAC PDU：
- 3> 如果 Msg3 缓冲区中有 MAC PDU，并且在随机接入响应中收到了上行链路授权：
- 4> 获取要从 Msg3 缓冲区发送的 MAC PDU。
- 3> 其他：
- 4> 获取要从多路复用和汇编实体发送的 MAC PDU（如果有的话）；
- 3> 如果已获得要传输的 MAC PDU：
- 4> 将 MAC PDU 和上行链路许可以及 TB 的 HARQ 信息传递给所识别的 HARQ 过程；
- 4> 指示识别的 HARQ 过程触发新的传输；
- 4> 如果上行链路授权是针对 CS-RNTI 的；要么
- 4> 如果上行链路授权是配置的上行链路授权；要么
- 4> 如果上行链路许可被寻址到 C-RNTI，并且所识别的 HARQ 过程被配置用于配置的上行链路许可：
- 5> 如果已配置，则在执行传输时为相应的 HARQ 进程启动或重新启动 configuredGrantTimer。
- 3> 否则：
- 4> 刷新所识别的 HARQ 过程的 HARQ 缓冲区。
- 2> 其他（即重传）：
- 3> 如果在 PDCCH 上接收的上行链路许可被寻址到 CS-RNTI 并且如果所识别的过程的 HARQ 缓冲器是空的；要么
- 3> 如果上行链路授权是捆绑包的一部分，并且没有为该捆绑包获得 MAC PDU；要么
- 3> 如果上行链路许可是配置的上行链路许可的束的一部分，并且上行链路许可的 PUSCH 与在该服务小区的 PDCCH 上接收的另一上行链路许可的 PUSCH 重叠：
- 4> 忽略上行链路授权。
- 3> 其他：
- 4> 将 TB 的上行授权和 HARQ 信息（冗余版本）传递给识别的 HARQ 进程；
- 4> 指示识别的 HARQ 进程触发重传；
- 4> 如果上行链路授权是针对 CS-RNTI 的；要么
- 4> 如果上行链路许可被寻址到 C-RNTI，并且所识别的 HARQ 过程被配置用于配置的上行链路许可：
- 5> 如果已配置，则在执行传输时为相应的 HARQ 进程启动或重新启动 configuredGrantTimer。

当确定 NDI 是否已被切换与先前传输中的值相比时，MAC 实体应忽略在 PDCCH 上的所有上行链路授权中针对其临时 C-RNTI 接收的 NDI。

### 5.4.2.2 HARQ 过程

每个 HARQ 过程与 HARQ 缓冲器相关联。

在资源上执行新的传输，并且在 PDCCH，随机接入响应或 RRC 上指示 MCS。对资源执行重传，并且如果提供，则在 PDCCH 上指示的 MCS 上执行重传，或者在与捆绑内最后进行的传输尝试所使用的相同 MCS 和相同 MCS 上执行重传。

如果 HARQ 实体请求 TB 的新传输，则 HARQ 过程应：

- 1> 将 MAC PDU 存储在关联的 HARQ 缓冲区中；
- 1> 存储从 HARQ 实体接收的上行链路许可；
- 1> 产生如下所述的传输。

如果 HARQ 实体请求 TB 的重传，则 HARQ 过程应：

- 1> 存储从 HARQ 实体接收的上行链路许可；
- 1> 产生如下所述的传输。

为了生成 TB 的传输，HARQ 进程应：

- 1> 如果 MAC PDU 是从 Msg3 缓冲区获得的；要么
- 1> 如果在传输时没有测量间隙，并且在重传的情况下，重传不会与从 Msg3 缓冲器获得的 MAC PDU 的传输冲突；
- 2> 指示物理层根据存储的上行链路授权生成传输。

## 5.4.3 多路复用和合成

### 5.4.3.1 逻辑信道优先级

#### 5.4.3.1.1 一般性描述

每当执行新传输时，都应用逻辑信道优先级划分过程。

RRC 通过针对每个 MAC 实体的每个逻辑信道发信号来控制上行链路数据的调度：

- 优先级越高，优先级越高，优先级越低；
- *prioritisedBitRate* 设置优先比特率（PBR）；
- *bucketSizeDuration*，用于设置 Bucket Size Duration（BSD）。

RRC 还通过为每个逻辑信道配置映射限制来控制 LCP 过程：

- *allowedSCS-List*，用于设置允许的子载波间隔以进行传输；
- *maxPUSCH-Duration*，用于设置允许传输的最大 PUSCH 持续时间；
- *configuredGrantType1Allowed*，用于设置配置的授权类型 1 是否可用于传输；
- *allowedServingCells* 设置允许的传输单元。

以下 UE 变量用于逻辑信道优先级划分过程：

- 为每个逻辑信道 *j* 维护 *B<sub>j</sub>*。

当逻辑信道建立时，MAC 实体应将逻辑信道的  $B_j$  初始化为零。

对于每个逻辑信道  $j$ ，MAC 实体应：

1> 在每个 LCP 过程实例之前，将产品 PBR 增加  $B_j$ ，其中  $T$  是自  $B_j$  最后一次递增以来经过的时间；

1> 如果  $B_j$  的值大于桶大小（即  $PBR \times BSD$ ）：

2> 将  $B_j$  设置为桶大小。

注意：UE 在 LCP 过程之间更新  $B_j$  的确切时刻取决于 UE 实现，只要在 LCP 处理授权时  $B_j$  是最新的。

#### 5.4.3.1.2 选择逻辑信道

当执行新的传输时，MAC 实体应：

1> 选择满足以下所有条件的每个 UL 授权的逻辑信道：

2> `allowSCS-List` 中允许的子载波间隔索引值的集合，如果配置，则包括与 UL 授权相关联的子载波间隔索引；和

2> `maxPUSCH-Duration`，如果配置，则大于或等于与 UL 授权相关联的 PUSCH 传输持续时间；和

2> `configuredGrantType1Allowed`，如果已配置，则在 UL 授权为 Configured Grant Type 1 的情况下设置为 TRUE；和

2> `allowedServingCells`，如果配置，则包括与 UL 授权相关联的 Cell 信息。

注意：子载波间隔索引，PUSCH 传输持续时间和小区信息包括在从较低层接收的用于相应的调度上行链路传输的上行链路传输信息中。

#### 5.4.3.1.3 资源分配

当执行新的传输时，MAC 实体应：

1> 按如下方式将资源分配给逻辑信道：

2> 在子条款 5.4.3.1.2 中为  $B_j > 0$  的 UL 授权选择的逻辑信道按递减优先级顺序分配资源。如果逻辑信道的 PBR 被设置为“无穷大”，则 MAC 实体将在满足较低优先级逻辑信道的 PBR 之前为逻辑信道上可用于传输的所有数据分配资源；

2> 将  $B_j$  减去服务于上述逻辑信道  $j$  的 MAC SDU 的总大小；

2> 如果剩余资源，则 5.4.3.1.2 中选择的所有逻辑信道都以严格递减的优先级顺序（无论  $B_j$  的值如何）提供，直到该逻辑信道或 UL 授权的数据耗尽为止，以第一。配置具有相同优先级的逻辑信道应该平等地服务。

注意： $B_j$  的值可以是负数。

如果请求 MAC 实体同时发送多个 MAC PDU，或者如果 MAC 实体在一个或多个重合的 PDCCH 时机内（即，在不同的服务小区上）接收到多个 UL 许可，则由 UE 实现，授权是以何种顺序进行的。处理。

在上述调度过程中，UE 还应遵循以下规则：

- 如果整个 SDU（或部分发送的 SDU 或重发的 RLC PDU）适合相关 MAC 实体的剩余资源，则 UE 不应复用 RLC SDU（或部分发送的 SDU 或重发的 RLC PDU）；
- 如果 UE 从逻辑信道中分割出 RLC SDU，则它应该最大化该复用的大小以尽可能多地填充相关 MAC 实体的授权；
- UE 应该最大化数据传输；

- 如果 MAC 实体在具有可用于传输的数据的同时被给予等于或大于 8 字节的 UL 授权大小，则 MAC 实体不应仅传输填充 BSR 和/或填充。

如果满足以下条件，则 MAC 实体不应为 HARQ 实体生成 MAC PDU：

- MAC 实体配置有 skipUplinkTxDynamic，并且指示给 HARQ 实体的授权被寻址到 C-RNTI，或者指示给 HARQ 实体的授权是配置的上行链路授权；和
- 根据 TS 38.212 [9]的规定，没有为该 PUSCH 传输请求的非周期性 CSI；和
- MAC PDU 包括零 MAC SDU；和
- MAC PDU 仅包括周期性 BSR，并且没有可用于任何 LCG 的数据，或者 MAC PDU 仅包括填充 BSR。

逻辑信道应按照以下顺序排列优先级（首先列出最高优先级）：

- C-RNTI MAC CE 或来自 UL-CCCH 的数据；
- 配置授权确认 MAC CE；
- BSR 的 MAC CE，包括用于填充的 BSR 除外；
- 单入口 PHR MAC CE 或多入口 PHR MAC CE；
- 来自任何逻辑信道的数据，但来自 UL-CCCH 的数据除外；
- MAC CE 用于推荐的比特率查询；
- BSR 的 MAC CE 包括用于填充。

#### 5.4.3.2 MAC 控制单元和 MAC SDU 的复用

MAC 实体应根据子条款 5.4.3.1 和 6.1.2 在 MAC PDU 中复用 MAC CE 和 MAC SDU。

#### 5.4.4 调度请求

调度请求 (SR) 用于请求用于新传输的 UL-SCH 资源。

MAC 实体可以配置有零个，一个或多个 SR 配置。SR 配置包括用于跨越不同 BWP 和小区的 SR 的一组 PUCCH 资源。对于逻辑信道，每个 BWP 最多配置一个用于 SR 的 PUCCH 资源。

每个 SR 配置对应于一个或多个逻辑信道。每个逻辑信道可以被映射到零或一个 SR 配置，其由 RRC 配置。触发 BSR 的逻辑信道的 SR 配置（子条款 5.4.5）（如果存在这样的配置）被认为是触发的 SR 的相应 SR 配置。

RRC 为调度请求过程配置以下参数：

- sr-ProhibitTimer（根据 SR 配置）；
- sr-TransMax（根据 SR 配置）；
- SR-ConfigIndex。

以下 UE 变量用于调度请求过程：

- SR\_COUNTER（根据 SR 配置）。

如果 SR 被触发并且没有其他 SR 对应于相同的 SR 配置，则 MAC 实体应将相应 SR 配置的 SR\_COUNTER 设置为 0。

当 SR 被触发时，它应被视为待定，直到它被取消。在 MAC PDU 合成之前触发的所有未决 SR 应被取消，并且当发送 MAC PDU 时应停止每个相应的 sr-ProhibitTimer，并且该 PDU 包括 BSR MAC CE，其包含缓冲器状态，

直到（并且包括）在 MAC PDU 汇编之前触发 BSR 的最后一个事件（参见子条款 5.4.5）。当 UL 授权可以容纳所有可用于传输的待处理数据时，应取消所有待处理的 SR（s）。

只有在 SR 传输时才活动的 BWP 上的 PUCCH 资源才被认为是有效的。

只要至少有一个 SR 待处理，MAC 实体应为每个待处理的 SR：

1> 如果 MAC 实体没有为挂起的 SR 配置有效的 PUCCH 资源：

2> 在 SpCell 上启动随机接入过程（参见子条款 5.1）并取消挂起的 SR。

1> 否则，对于与待处理 SR 对应的 SR 配置：

2> 当 MAC 实体在配置 SR 的有效 PUCCH 资源上具有 SR 传输时机时；和

2> 如果 *sr-ProhibitTimer* 在 SR 传输时没有运行；和

2> 若用于 SR 传输时机的 PUCCH 资源与测量间隙不重叠；和

2> 如果 SR 传输时机的 PUCCH 资源与 UL-SCH 资源不重叠：

3> 如果 *SR\_COUNTER* < *sr-TransMax*：

4> 将 *SR\_COUNTER* 增加 1；

4> 指示物理层在 SR 的一个有效 PUCCH 资源上用信号通知 SR；

4> 启动 *sr-ProhibitTimer*。

3> 其他：

4> 通知 RRC 释放所有服务小区的 PUCCH；

4> 通知 RRC 为所有服务小区发布 SRS；

4> 清除任何已配置的下行链路指配和上行链路授权；

4> 在 SpCell 上启动随机接入过程（参见子条款 5.1）并取消所有挂起的 SR。

注意：当 MAC 实体具有用于 SR 传输时机的多于一个重叠的有效 PUCCH 资源时，选择哪个有效 PUCCH 资源用于 SR 以发信号通知 SR 留给 UE 实现。

MAC 实体可以停止（如果有的话）正在进行的随机接入过程，这是由于没有配置有效 PUCCH 资源的待决 SR，其由 MAC 实体在 MAC PDU 合成之前发起。当使用由随机接入响应提供的 UL 许可之外的 UL 许可来发送 MAC PDU 时，可以停止这样的随机接入过程，并且该 PDU 包括 BSR MAC CE，其包含直到（并且包括）最后事件的缓冲状态。在 MAC PDU 合成之前触发 BSR（参见子条款 5.4.5），或者当 UL 授权可以容纳所有可用于传输的待处理数据时。

## 5.4.5 缓冲状态报告

缓冲状态报告（BSR）过程用于向服务 gNB 提供关于 MAC 实体中的 UL 数据量的信息。

RRC 配置以下参数以控制 BSR：

- *periodicBSR* 定时器；
- *retxBSR* 定时器；
- *logicalChannelSR-DelayTimerApplied*；
- *logicalChannelSR-DelayTimer*；

- *logicalChannelSR* 面膜;
- *logicalChannelGroup*。

可以使用 *logicalChannelGroup* 将每个逻辑信道分配给 LCG。最大 LCG 数为 8。

MAC 实体根据 TS 38.322 和 38.323 [3] [4] 中的数据量计算过程确定可用于逻辑信道的 UL 数据量。

如果发生以下任何事件，则应触发 BSR：

- MAC 实体具有可用于属于 LCG 的逻辑信道的新 UL 数据；或者
- 新的 UL 数据属于逻辑信道，其优先级高于包含属于任何 LCG 的可用 UL 数据的任何逻辑信道的优先级；要么
- 属于 LCG 的逻辑信道中没有一个包含任何可用的 UL 数据。

在这种情况下，BSR 在下面称为“常规 BSR”；

- 分配 UL 资源并且填充比特的数量等于或大于缓冲器状态报告 MAC CE 加其子头的大小，在这种情况下，BSR 在下面称为“填充 BSR”；
- *retxBSR-Timer* 到期，并且属于 LCG 的至少一个逻辑信道包含 UL 数据，在这种情况下，BSR 在下面称为“常规 BSR”；
- *periodicBSR-Timer* 到期，在这种情况下，BSR 在下面称为“周期性 BSR”。

对于常规 BSR，MAC 实体应：

- 1> 如果为上层配置了 *logicalChannelSR-DelayTimerApplied* 的逻辑信道触发了 BSR：
  - 2> 启动或重新启动 *logicalChannelSR-DelayTimer*。
- 1> 其他：
  - 2> 如果正在运行，请停止 *logicalChannelSR-DelayTimer*。

对于常规和定期 BSR，MAC 实体应：

- 1> 如果要构建包含 BSR 的 MAC PDU 时，多个 LCG 有可用于传输的数据：
  - 2> 报告所有具有可传输数据的 LCG 的长 BSR。
- 1> 其他：
  - 2> 报告短 BSR。

对于 Padding BSR：

- 1> 如果填充位的数量等于或大于 Short BSR 加上其子头的大小但小于 Long BSR 加上其子头的大小：
  - 2> 如果要构建 BSR 时，多个 LCG 有可用于传输的数据：
    - 3> 如果填充位数等于 Short BSR 加上其子标题的大小：
      - 4> 报告具有最高优先级逻辑信道的 LCG 的短截断 BSR，其中数据可用于传输。
    - 3> 其他：
      - 4> 报告 LCG 的长截断 BSR，其中逻辑信道具有可用于按优先级递减顺序传输的数据，并且在优先级相同的情况下，按照 LCGID 的递增顺序。
  - 2> 其他：



3> 报告短 BSR。

1> 否则，如果填充位的数量等于或大于 Long BSR 加上其子头的大小：

2> 报告所有具有可传输数据的 LCG 的长 BSR。

对于由 `retxBSR-Timer` 到期触发的 BSR，MAC 实体认为触发 BSR 的逻辑信道是具有在 BSR 被触发时可用于传输的数据的最高优先级逻辑信道。

MAC 实体应：

1> 如果缓冲状态报告过程确定至少有一个 BSR 已被触发且未被取消：

2> 如果 UL-SCH 资源可用于新传输：

3> 指示多路复用和汇编过程生成 BSR MAC CE (s) ；

3> 启动或重启 `periodicBSR-Timer`，除非所有生成的 BSR 都是长或短截断的 BSR；

3> 启动或重启 `retxBSR-Timer`。

2> 如果已触发常规 BSR 且 `logicalChannelSR-DelayTimer` 未运行：

3> 如果没有可用于新传输的 UL-SCH 资源；要么

3> 如果 MAC 实体配置有配置的上行链路授权，并且没有触发常规 BSR 用于逻辑信道，逻辑信道 SR 屏蔽 (`logicalChannelSR-Mask`) 由上层设置；要么

3> 如果可用于新传输的 UL-SCH 资源不满足为触发 BSR 的逻辑信道配置的 LCP 映射限制（参见子条款 5.4.3.1）：

4> 触发调度请求。

即使多个事件触发了 BSR，MAC PDU 也应包含至多一个 BSR MAC CE。常规 BSR 和周期性 BSR 应优先于填充 BSR。

MAC 实体应在接收到用于在任何 UL-SCH 上传输新数据的许可时重新启动 `retxBSR-Timer`。

当 UL 许可可以容纳可用于传输的所有未决数据但是不足以另外容纳 BSR MAC CE 及其子头时，可以取消所有触发的 BSR。当发送包括 BSR MAC CE 的 MAC PDU 时，应取消在 MAC PDU 合成之前触发的所有 BSR。

## 5.4.6 功率余量报告

功率余量报告过程用于向服务 gNB 提供关于标称 UE 最大发射功率与用于每个激活的服务小区的 UL-SCH 传输或 SRS 传输的估计功率之间的差异的信息，以及关于标称值之间的差异的信息。UE 最大功率和用于 SpCell 和 PUCCH SCell 上的 UL-SCH 和 PUCCH 传输的估计功率。

RRC 通过配置以下参数来控制功率余量报告：

- *phr-PeriodicTimer*;
- *phr-ProhibitTimer*;
- *phr-Tx-PowerFactorChange*;
- *phr-Type2SpCell*;
- *phr-Type2OtherCell*;
- *phr-ModeOtherCG*;
- *multiplePHR*;

如果发生以下任何事件，将触发功率余量报告（PHR）：

- *phr-ProhibitTimer* 到期或已过期且路径损耗已超过 *phr-Tx-PowerFactorChange* dB，用于任何 MAC 实体的至少一个激活的服务小区，该实体自此 MAC 实体中最后一次传输 PHR 以来用作路径损耗参考当 MAC 实体具有用于新传输的 UL 资源时；

注 1： 上面评估的一个单元的路径损耗变化是在当前路径损耗参考处当前测量的路径损耗与在那时使用的路径损耗参考处的 PHR 的最后一次传输的传输时间测量的路径损耗之间，而不管是否 pathloss 参考在两者之间发生了变化。

- *phr-PeriodicTimer* 到期；
- 在通过上层配置或重新配置功率余量报告功能时，不用于禁用该功能；
- 激活具有配置的上行链路的任何 MAC 实体的 SCell；
- 添加 PSCell（即新添加或更改 PSCell）；
- 当 MAC 实体具有用于新传输的 UL 资源时，*phr-ProhibitTimer* 到期或已到期，并且对于具有配置的上行链路的任何 MAC 实体的任何激活的服务小区，以下情况都是如此：
  - 存在分配用于传输的 UL 资源或者在该小区上存在 PUCCH 传输，并且由于对于该小区的功率管理（如在 TS 38.101 [10]中规定的 P-MPR 所允许的）所需的功率回退已经改变当 MAC 实体具有分配用于该小区上的传输或 PUCCH 传输的 UL 资源时，自 PHR 的最后一次传输以来，*phr-Tx-PowerFactorChange* dB 大于 *phr-Tx-PowerFactorChange* dB。

注 2： 当由于功率管理而导致的所需功率回退仅暂时降低（例如，持续几十毫秒）时，MAC 实体应该避免触发 PHR，并且应当避免反映  $P_{\text{CMAX, F, C}} / \text{PH}$  值的这种暂时降低。PHR 由其他触发条件触发。

如果 MAC 实体具有为新传输分配的 UL 资源，则 MAC 实体应：

1> 如果它是自上次 MAC 重置以来为新传输分配的 UL 资源：

2> 启动 *phr-PeriodicTimer*；

1> 如果功率余量报告流程确定至少有一个 PHR 已被触发而未被取消，并且：

1> 如果分配的 UL 资源可以容纳 MAC 实体配置为发送的 PHR 的 MAC CE，加上其子头，作为逻辑信道优先级的结果：

2> 如果配置了 multiplePHR：

3> 对于每个激活的服务小区，其配置的上行链路与任何 MAC 实体相关联：

4> 获得相应上行链路载波的类型 1 或类型 3 功率余量的值；

4> 如果该 MAC 实体具有分配用于在该服务小区上传输的 UL 资源；要么

4> 如果另一个 MAC 实体（如果已配置）具有分配用于在此服务小区上传输的 UL 资源，并且 *phr-ModeOtherCG* 由上层设置为实际：

5> 从物理层获取相应  $P_{\text{CMAX, F, C}}$  字段的值。

3> 如果配置了 *phr-Type2SpCell*：

4> 获取该 MAC 实体的 SpCell 的 Type 2 功率余量值；

4> 从物理层获得相应  $P_{\text{CMAX, F, C}}$  字段的值。

3> 如果配置了 *phr-Type2OtherCell*：

4> 如果配置了其他 CG：

- 5> 获取另一个 MAC 实体的 SpCell 的 Type 2 功率余量值;
- 5> 如果 *phr-ModeOtherCG* 被上层设置为 *real*:
  - 6> 从物理层获取另一 MAC 实体的 SpCell 的对应  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段的值。
- 4> 否则, 如果配置并激活 PUCCH SCell:
  - 5> 获取 PUCCH SCell 的 Type 2 功率余量值;
  - 5> 从物理层获得相应  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段的值。
- 3> 指示多路复用和合成过程根据物理层报告的值, 根据配置的 *ServCellIndex* 和子实体 6.1.3.9 中定义的 MAC 实体的 PUCCH 生成和发送 PHR MAC CE。
- 2> else (即使用 Single Entry PHR 格式):
  - 3> 从物理层获取类型 1 功率余量的值, 用于 PCell 的相应上行链路载波;
  - 3> 从物理层获取相应  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段的值;
  - 3> 指示多路复用和汇编过程根据物理层报告的值生成和发送子条款 6.1.3.8 中定义的 PHR MAC CE。
- 2> 启动或重启 *phr-PeriodicTimer*;
- 2> 启动或重启 *phr-ProhibitTimer*;
- 2> 取消所有触发的 PHR。

## 5.5 PCH 接收

当 MAC 实体需要接收 PCH 时, MAC 实体应:

- 1> 如果已在 PDCCH 上为 P-RNTI 接收到 PCH 指配:
- 2> 如 PDCCH 信息所示, 尝试解码 PCH 上的 TB;
- 2> 如果 PCH 上的 TB 已成功解码:
- 3> 将解码的 MAC PDU 传递给上层。

## 5.6 BCH 接收

当 MAC 实体需要接收 BCH 时, MAC 实体应:

- 1> 接收并尝试解码 BCH;
- 1> 如果 BCH 上的 TB 已成功解码:
- 2> 将解码的 MAC PDU 传递给上层。

## 5.7 不连续接收 (DRX)

MAC 实体可以由具有 DRX 功能的 RRC 配置, 该 DRX 功能控制 UE 对于 MAC 实体的 C-RNTI, CS-RNTI, INT-RNTI, SFI-RNTI, SP-CSI-RNTI, TPC-PUCCH-RNTI 的 PDCCH 监视活动。 , TPC-PUSCH-RNTI 和 TPC-SRS-RNTI。当使用 DRX 操作时, MAC 实体还应根据本规范其他子条款中的要求监控 PDCCH。当处于 RRC\_CONNECTED 时, 如果配置了 DRX, 则 MAC 实体可以使用本子条款中指定的 DRX 操作来不连续地监视 PDCCH; 否则 MAC 实体将持续监控 PDCCH。

RRC 通过配置以下参数来控制 DRX 操作：

- *drx-onDurationTimer*：DRX 周期开始时的持续时间；
- *drx-SlotOffset*：启动 *drx-onDurationTimer* 之前的延迟；
- *drx-StartOffset*：DRX 周期开始的子帧；
- *drx-InactivityTimer*：PDCCH 场景之后的持续时间，其中 PDCCH 指示 MAC 实体的新 UL 或 DL 传输；
- *drx-RetransmissionTimerDL*（每个 DL HARQ 进程）：收到 DL 重传之前的最大持续时间；
- *drx-RetransmissionTimerUL*（根据 UL HARQ 过程）：收到 UL 重传授权之前的最大持续时间；
- *drx-LongCycle*：长 DRX 循环；
- *drx-ShortCycle*（可选）：短 DRX 周期；
- *drx-ShortCycleTimer*（可选）：UE 应遵循短 DRX 周期的持续时间；
- *drx-HARQ-RTT-TimerDL*（每个 DL HARQ 过程）：MAC 实体预期用于 HARQ 重传的 DL 分配之前的最小持续时间；
- *drx-HARQ-RTT-TimerUL*（根据 UL HARQ 过程）：MAC 实体预期 UL HARQ 重传授权之前的最小持续时间。

配置 DRX 周期时，活动时间包括以下时间：

- *drx-onDurationTimer* 或 *drx-InactivityTimer* 或 *drx-RetransmissionTimerDL* 或 *drx-RetransmissionTimerUL* 或 *ra-ContentionResolutionTimer*（如子条款 5.1.5 中所述）正在运行；要么
- 调度请求在 PUCCH 上发送并处于待处理状态（如子条款 5.4.4 所述）；要么
- 在基于竞争的随机接入前导码中成功接收到 MAC 实体未选择的随机接入前导码的随机接入响应之后，尚未接收到指示寻址到 MAC 实体的 C-RNTI 的新传输的 PDCCH（如所描述的）在子条款 5.1.4）。

配置 DRX 后，MAC 实体应：

- 1> 如果在配置的上行链路授权中传输 MAC PDU：
  - 2> 在相应的 PUSCH 传输的第一次重复结束之后，在第一个符号中启动 *drx-HARQ-RTT-TimerUL* 用于相应的 HARQ 过程；
  - 2> 停止 *drx-RetransmissionTimerUL* 以进行相应的 HARQ 过程。
- 1> 如果 *drx-HARQ-RTT-TimerDL* 到期：
  - 2> 如果相应的 HARQ 进程的数据未成功解码：
    - 3> 在 *drx-HARQ-RTT-TimerDL* 到期后，在第一个符号中为相应的 HARQ 进程启动 *drx-RetransmissionTimerDL*。
- 1> 如果 *drx-HARQ-RTT-TimerUL* 到期：
  - 2> 在 *drx-HARQ-RTT-TimerUL* 到期之后，在第一个符号中为相应的 HARQ 进程启动 *drx-RetransmissionTimerUL*。
- 1> 如果收到 DRX 命令 MAC CE 或长 DRX 命令 MAC CE：
  - 2> 停止 *drx-onDurationTimer*；
  - 2> 停止 *drx-InactivityTimer*。
- 1> 如果 *drx-InactivityTimer* 到期或收到 DRX 命令 MAC CE：

- 2> 如果配置了 Short DRX 周期：
- 3> 在 drx-InactivityTimer 到期后的第一个符号中或在 DRX 命令 MAC CE 接收结束后的第一个符号中启动或重启 drx-ShortCycleTimer；
- 3> 使用短 DRX 循环。
- 2> 其他：
- 3> 使用 Long DRX 循环。
- 1> 如果 *drx-ShortCycleTimer* 到期：
- 2> 使用 Long DRX 循环。
- 1> 如果收到 Long DRX 命令 MAC CE：
- 2> 停止 *drx-ShortCycleTimer*；
- 2> 使用 Long DRX 循环。
- 1> 如果使用短 DRX 周期，则  $[(SFN \times 10) + \text{子帧编号}] \bmod (\text{drx-ShortCycle}) = (\text{drx-StartOffset}) \bmod (\text{drx-ShortCycle})$ ；要么
- 1> 如果使用 Long DRX Cycle，并且  $[(SFN \times 10) + \text{子帧号}] \bmod (\text{drx-LongCycle}) = \text{drx-StartOffset}$ ：
- 2> 从子帧开始的 drx-SlotOffset 之后启动 drx-onDurationTimer。
- 1> 如果 MAC 实体处于活动时间：
- 2> 监控 PDCCH；
- 2> 如果 PDCCH 指示 DL 传输或者是否已配置 DL 分配：
- 3> 在相应的 PUCCH 传输结束后，在第一个符号中为相应的 HARQ 进程启动 drx-HARQ-RTT-TimerDL；
- 3> 停止 drx-RetransmissionTimerDL 以获得相应的 HARQ 进程。
- 2> 如果 PDCCH 指示 UL 传输：
- 3> 在相应的 PUSCH 传输的第一次重复结束之后，在第一个符号中启动 drx-HARQ-RTT-TimerUL 用于相应的 HARQ 过程；
- 3> 停止 drx-RetransmissionTimerUL 以进行相应的 HARQ 过程。
- 2> 如果 PDCCH 指示新传输（DL 或 UL）：
- 3> 在 PDCCH 接收结束后的第一个符号中启动或重新启动 drx-InactivityTimer。
- 1> 其他（即不是活动时间的一部分）：
- 2> 不传输 TS 38.214 [7]中定义的类型 0 触发的 SRS。
- 1> 如果 CQI 掩蔽（cqi-Mask）由上层设置：
- 2> 如果 *drx-onDurationTimer* 未运行：
- 3> 不在 PUCCH 上报告 CSI。
- 1> 其他：
- 2> 如果 MAC 实体不在活动时间：
- 3> 不在 PUCCH 上报告 CSI。

无论 MAC 实体是否正在监视 PDCCH，MAC 实体在预期时发送在 TS 38.214 [7] 中定义的 HARQ 反馈和类型 1 触发的 SRS。

如果 MAC 实体不是完整的 PDCCH 时机（例如，活动时间在 PDCCH 时机的中间开始或到期），则 MAC 实体不需要监视 PDCCH。

## 5.8 无动态调度的传输和接收

### 5.8.1 下行

半持续调度（SPS）由每个服务小区的 RRC 和每个 BWP 配置。多个配置只能在不同的服务小区上同时激活。DL SPS 的激活和去激活在服务小区中是独立的。

对于 DL SPS，由 PDCCH 提供 DL 指派，并且基于指示 SPS 激活或去激活的 L1 信令来存储或清除 DL 指派。

配置 SPS 时，RRC 配置以下参数：

- *cs-RNTI*：用于激活，去激活和重传的 CS-RNTI；
- *nrofHARQ-Processes*：为 SPS 配置的 HARQ 进程数；
- *周期性*：SPS 的间隔。

当上层释放 SPS 时，应释放所有相应的配置。

在为 SPS 配置下行链路指派之后，MAC 实体应顺序考虑 N<sup>DL</sup> 下行链路指派发生在以下时隙中：

$$\left[ \frac{(\text{numberOfSlotsPerFrame} \times \text{SFN}_{\text{start time}} + \text{slot}_{\text{start time}}) + N \times \text{周期性} \times \text{numberOfSlotsPerFrame} / 10}{1024 \times \text{numberOfSlotsPerFrame}} \right] \text{ modulo } 10$$

其中  $\text{SFN}_{\text{start time}}$  和  $\text{SLOT}_{\text{start time}}$  分别是 PDSCH 的第一次传输的 SFN 和 SLOT，其中配置的下行链路指派被（重新）初始化。

### 5.8.2 上行

没有动态授权的传输有两种类型：

- 配置授权类型 1，其中 RRC 提供上行链路授权，并作为配置的上行链路授权存储；
- 配置授权类型 2，其中上行链路授权由 PDCCH 提供，并且基于指示配置的上行链路授权激活或去激活的 L1 信令，作为配置的上行链路授权存储或清除。

类型 1 和类型 2 由 RRC 每服务小区和每 BWP 配置。多个配置只能在不同的服务小区上同时激活。对于类型 2，激活和停用在服务小区中是独立的。对于相同的服务小区，MAC 实体配置有类型 1 或类型 2。

配置配置的授权类型 1 时，RRC 配置以下参数：

- *cs-RNTI*：用于重传的 CS-RNTI；
- *周期性*：配置的授权类型 1 的周期性；
- *timeDomainOffset*：时域中 SFN = 0 的资源偏移量；
- *timeDomainAllocation*：时域中配置的上行链路授权的分配，包含 *startSymbolAndLength*（即 TS 38.214 [7] 中的 SLIV）；
- *nrofHARQ-Processes*：HARQ 进程的数量。

配置的配置授权类型 2 时，RRC 配置以下参数：

- cs-RNTI：用于激活，去激活和重传的 CS-RNTI；
- 周期性：配置的配置授权类型 2 的周期性；
- nrofHARQ-Processes：HARQ 进程的数量。

在由上层配置服务小区的配置授权类型 1 后，MAC 实体应：

- 1> 将上层提供的上行链路授权存储为指示的服务小区的配置的上行链路授权；
- 1> 根据 timeDomainOffset 和 S（从 TS 38.214 [7] 中指定的 SLIV 导出）初始化或重新初始化配置的上行链路授权以在符号中开始，并重复出现周期性。

在为配置的配置授权类型 1 配置上行链路授权之后，MAC 实体应顺序考虑  $N^{\text{th}}$  上行链路授权与符号相关联：

$$\begin{aligned} & [(SFN \times \text{numberOfSlotsPerFrame} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot}) + (\text{帧中的时隙号} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot}) + \\ & \quad \text{时隙中的符号编号}] = \\ & (\text{timeDomainOffset} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot} + S + N \times \text{周期}) \bmod (1024 \times \text{numberOfSlotsPerFrame} \times \\ & \quad \text{numberOfSymbolsPerSlot}) \end{aligned}$$

在为配置的配置授权类型 2 配置上行链路授权之后，MAC 实体应顺序考虑  $N^{\text{th}}$  上行链路授权与符号相关联：

$$\begin{aligned} & [(SFN \times \text{numberOfSlotsPerFrame} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot}) + (\text{帧中的时隙号} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot}) + \\ & \quad \text{时隙中的符号编号}] = \\ & [(SFN_{\text{start time}} \times \text{numberOfSlotsPerFrame} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot} + \text{slot}_{\text{start time}} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot} + \\ & \quad \text{symbol}_{\text{start time}}) + N \times \text{periodicity}] \bmod (1024 \times \text{numberOfSlotsPerFrame} \times \text{numberOfSymbolsPerSlot}) \end{aligned}$$

其中  $SFN_{\text{start time}}$ ， $\text{SLOT}_{\text{start time}}$  和符号  $\text{start time}$  分别是 PUSCH 的第一次传输的 SFN，SLOT 和符号，其中配置的上行链路授权被（重新）初始化。

当上层释放配置的上行链路授权时，应释放所有相应的配置，并立即清除所有相应的上行链路授权。

MAC 实体应：

- 1> 如果配置的上行链路授权确认已被触发但未被取消；和
- 1> 如果 MAC 实体具有为新传输分配的 UL 资源：
  - 2> 指示多路复用和汇编过程生成 6.1.3.7 中定义的配置授权确认 MAC CE；
  - 2> 取消触发的配置上行授权确认。

对于配置的配置授权类型 2，MAC 实体应在首次传输由配置的上行链路授权去激活触发的配置授权确认 MAC CE 之后立即清除配置的上行链路授权。

除重复配置的上行链路授权之外的重传使用寻址到 CS-RNTI 的上行链路授权。

## 5.9 SCell 的激活/去激活

如果 MAC 实体配置有一个或多个 SCell，则网络可以激活和停用配置的 SCell。在配置 SCell 时，SCell 被停用。

配置的 SCell 通过以下方式激活和停用：

- 接收子条款 6.1.3.10 中描述的 SCell 激活/去激活 MAC CE；
- 为每个配置的 SCell 配置 sCellDeactivationTimer 计时器（除了配置了 PUCCH 的 SCell，如果有的话）：关联的 SCell 在其到期时被停用。

MAC 实体应为每个配置的 SCell：

- 1> 如果接收到 SCell 激活/去激活 MAC CE，则激活 SCell：
  - 2> 根据 TS 38.213 [6]中定义的时序激活 SCell；即应用正常的 SCell 操作，包括：
    - 3> SCell 上的 SRS 传输；
    - 3> SCell 的 CSI 报告；
    - 3> SCell 上的 PDCCH 监控；
    - 3> SCell 的 PDCCH 监控；
    - 3> SCell 上的 PUCCH 传输（如果已配置）。
  - 2> 当接收到 SCell 激活/去激活 MAC CE 时，启动或重启与时隙中的 SCell 相关联的 sCellDeactivationTimer；
  - 2> （重新）根据存储的配置（如果有的话）初始化与该 SCell 关联的已配置授权类型 1 的任何暂停配置的上行链路授权，并根据子条款 5.8.2 中的规则从符号开始；
  - 2> 根据 5.4.6 的规定触发 PHR。
- 1> 否则，如果接收到 SCell 激活/去激活 MAC CE，则去激活 SCell；要么
  - 1> 如果与激活的 SCell 关联的 sCellDeactivationTimer 到期：
    - 2> 根据 TS 38.213 [6]中定义的时序去激活 SCell；
    - 2> 停止与 SCell 关联的 sCellDeactivationTimer；
    - 2> 停止与 SCell 关联的 bwp-InactivityTimer；
    - 2> 清除任何配置的下行链路指配和任何配置的上行链路授权类型 2 分别与 SCell 相关联；
    - 2> 暂停与 SCell 关联的任何已配置的上行链路授权类型 1；
    - 2> 刷新与 SCell 关联的所有 HARQ 缓冲区。
  - 1> 如果激活的 SCell 上的 PDCCH 指示上行链路授权或下行链路指配；要么
    - 1> 若调度激活的 SCell 的服务小区上的 PDCCH 指示激活的 SCell 的上行授权或下行分配；要么
      - 1> 如果 MAC PDU 在配置的上行链路授权中传输或在配置的下行链路分配中接收：
        - 2> 重新启动与 SCell 关联的 sCellDeactivationTimer。
  - 1> 如果 SCell 被停用：
    - 2> 不在 SCell 上传输 SRS；
    - 2> 不报告 SCell 的 CSI；
    - 2> 不在 SCell 上的 UL-SCH 上传输；
    - 2> 不在 SCell 上的 RACH 上传输；
    - 2> 不监控 SCell 上的 PDCCH；
    - 2> 不监控 SCell 的 PDCCH；
    - 2> 不在 SCell 上发送 PUCCH。



包含 SCell 激活/去激活 MAC CE 的 MAC PDU 的 HARQ 反馈不会受到 TS 38.133 中的 SCell 激活/去激活导致的 PCell, PSCell 和 PUCCH SCell 中断的影响[11]。

当 SCell 被停用时, SCell 上正在进行的随机接入过程(如果有)将被中止。

## 5.10 激活/停用 PDCP 备用

如果一个或多个 DRB 配置有 PDCP 备用, 则网络可以激活和停用配置的 DRB 的 PDCP 备用。

配置的 DRB 的 PDCP 备用通过以下方式激活和取消激活:

- 接收子条款 6.1.3.11 中描述的备用激活/去激活 MAC CE。

对于配置有 PDCP 备用的每个 DRB, MAC 实体应:

1> 如果收到备用激活/去激活 MAC CE, 则激活 DRB 的 PDCP 备用:

- 2> 表示激活 DRB 到上层的 PDCP 备用;
- 2> 将 allowedServingCells 应用于 DRB 的逻辑信道。

1> 如果收到备用激活/去激活 MAC CE, 则停用 DRB 的 PDCP 备用:

- 2> 表示 DRB 对上层的 PDCP 备用的停用;
- 2> 不将 allowedServingCells 应用于 DRB 的逻辑信道。

## 5.11 MAC 重新配置

当上层请求重新配置 MAC 实体时, MAC 实体应:

- 1> 在添加 SCell 时初始化相应的 HARQ 实体;
- 1> 移除 SCell 后删除相应的 HARQ 实体;
- 1> 在(重新)启动计时器时应用计时器的新值;
- 1> 初始化计数器时应用新的最大参数值;
- 1> 立即应用从上层接收的配置以获取其他参数。

## 5.12 MAC 重置

如果上层请求重置 MAC 实体, 则 MAC 实体应:

- 1> 将每个逻辑信道的 Bj 初始化为零;
- 1> 停止(如果运行)所有计时器;
- 1> 将所有 timeAlignmentTimers 视为已过期, 并在子条款 5.2 中执行相应的操作;
- 1> 将所有上行链路 HARQ 进程的 NDI 设置为值 0;
- 1> 停止(如果有的话)正在进行的 RACH 流程;
- 1> 丢弃明确表示无争用的随机接入资源(如果有);
- 1> 刷新 Msg3 缓冲区;
- 1> 取消, 如果有的话, 触发调度请求流程;

- 1> 取消，如果有的话，触发缓冲状态报告流程；
- 1> 取消（如果有的话）触发功率余量报告流程；
- 1> 刷新所有 DL HARQ 进程的软缓冲区；
- 1> 对于每个 DL HARQ 进程，考虑将 TB 的下一个接收传输作为第一个传输；
- 1> 释放，如果有的话，临时 C-RNTI；
- 1> 重置 *BFI\_COUNTER*。

## 5.13 处理未知，不可预见和错误的协议数据

当 MAC 实体接收 MAC 实体的 C-RNTI 或 CS-RNTI 的 MAC PDU，或者通过配置的下行链路指配，包含保留的 LCID 值或 MAC 实体不支持的 LCID 值时，MAC 实体至少应该：

- 1> 丢弃接收到的子 PDU 和 MAC PDU 中剩余的任何子 PDU。

当 MAC 实体接收 MAC 实体的 C-RNTI 或 CS-RNTI 的 MAC PDU，或者通过配置的下行链路指配（包含未配置的 LCID 值）时，MAC 实体至少应：

- 1> 丢弃收到的 subPDU。

## 5.14 处理测量间隙

在测量间隙期间，MAC 实体应：

- 1> 不执行 HARQ 反馈，SR 和 CSI 的传输；
- 1> 不报告 SRS；
- 1> 除了子条款 5.4.2.2 中规定的 Msg3 外，不在 UL-SCH 上传输；
- 1> 如果 *ra-ResponseWindow* 或 *ra-ContentionResolutionTimer* 正在运行：
  - 2> 监视子条款 5.1.4 和 5.1.5 中规定的 PDCCH。
- 1> 其他：
  - 2> 不监控 PDCCH。

## 5.15 带宽部分（BWP）操作

除了 TS 38.213 [6]第 12 条之外，本条款还规定了 BWP 操作的要求。

服务小区可以配置一个或多个 BWP，并且每个服务小区的最大 BWP 数量在 TS 38.213 [6]中规定。

用于服务小区的 BWP 切换用于激活不活动的 BWP 并且一次停用活动的 BWP。BWP 切换由指示下行链路指配或上行链路授权的 PDCCH，*bwp-InactivityTimer*，RRC 信令，或 MAC 实体本身在启动随机接入过程时控制。在添加 SpCell 或激活 SCell 时，分别由 *firstActiveDownlinkBWP-Id* 和 *firstActiveUplinkBWP-Id* 指示的 DL BWP 和 UL BWP（如 TS 38.331 [5]中所指定的）在没有接收指示下行链路指配或上行链路授权的 PDCCH 的情况下是活动的。用于服务小区的活动 BWP 由 RRC 或 PDCCH 指示（如 TS 38.213 [6]中所规定的）。对于不成对的频谱，DL BWP 与 UL BWP 配对，并且 BWP 切换对于 UL 和 DL 都是通用的。

对于配置有 BWP 的每个激活的服务小区，MAC 实体应：

- 1> 如果 BWP 被激活：

- 2> 在 BWP 上的 UL-SCH 上发送;
- 2> 在 BWP 上传输 RACH;
- 2> 监视 BWP 上的 PDCCH;
- 2> 在 BWP 上发送 PUCCH;
- 2> 在 BWP 上传输 SRS;
- 2> 在 BWP 上接收 DL-SCH;
- 2> (重新) 根据存储的配置 (如果有), 在活动 BWP 上初始化已配置的授权类型 1 的任何挂起的已配置上行链路授权, 并根据子条款 5.8.2 中的规则在符号中启动。

1> 如果 BWP 被停用:

- 2> 不在 BWP 上的 UL-SCH 上传输;
- 2> 不在 BWP 上的 RACH 上传输;
- 2> 不监控 BWP 上的 PDCCH;
- 2> 不在 BWP 上发送 PUCCH;
- 2> 不报告 BWP 的 CSI;
- 2> 不在 BWP 上传输 SRS;
- 2> 在 BWP 上没有收到 DL-SCH;
- 2> 清除 BWP 上任何已配置的下行链路指配和配置的授权类型 2 的上行链路授权;
- 2> 暂停在非活动 BWP 上配置的授权类型 1 的任何已配置上行链路授权。

在服务小区上启动随机接入过程后, MAC 实体应为此服务小区:

1> 如果未为活动 UL BWP 配置 PRACH 时机:

- 2> 将有效 UL BWP 切换为由 initialUplinkBWP 指示的 BWP;
- 2> 如果服务小区是 SpCell:
  - 3> 将有效 DL BWP 切换为由 initialDownlinkBWP 指示的 BWP。

1> 其他:

- 2> 如果服务小区是 SpCell:
  - 3> 如果活动 DL BWP 与活动 UL BWP 不具有相同的 bwp-Id:
    - 4> 使用与活动 UL BWP 相同的 bwp-Id 将活动 DL BWP 切换到 DL BWP。

1> 在 SpCell 的活动 DL BWP 和该服务小区的活动 UL BWP 上执行随机接入过程。

如果 MAC 实体接收用于服务小区的 BWP 切换的 PDCCH, 则 MAC 实体应:

1> 如果没有与该服务小区相关的正在进行的随机接入过程; 要么

1> 如果在收到寻址到 C-RNTI 的该 PDCCH (如 5.1.4 和 5.1.5 中规定) 后, 成功完成与该服务小区相关的正在进行的随机接入过程:

- 2> 执行 BWP 切换到由 PDCCH 指示的 BWP。

如果 MAC 实体接收用于服务小区的 BWP 切换的 PDCCH，而与该服务小区相关联的随机接入过程在 MAC 实体中正在进行，则由 UE 实现是否切换 BWP 或忽略用于 BWP 切换的 PDCCH，除了对于针对用于成功的随机接入过程完成的寻址到 C-RNTI 的 BWP 切换的 PDCCH 接收（如在子条款 5.1.4 和 5.1.5 中所规定的），在这种情况下 UE 将执行 BWP 切换到由 PDCCH 指示的 BWP。在接收到除成功竞争解决之外的用于 BWP 切换的 PDCCH 时，如果 MAC 实体决定执行 BWP 切换，则 MAC 实体应停止正在进行的随机接入过程并在新激活的 BWP 上发起随机接入过程；如果 MAC 决定忽略用于 BWP 切换的 PDCCH，则 MAC 实体将继续在活动 BWP 上进行正在进行的随机接入过程。

如果配置了 bwp-InactivityTimer，则 MAC 实体应为每个激活的服务小区：

- 1> 如果配置了 defaultDownlinkBWP，则活动 DL BWP 不是 defaultDownlinkBWP 指示的 BWP；要么
  - 1> 如果未配置 defaultDownlinkBWP，并且活动 DL BWP 不是 initialDownlinkBWP：
    - 2> 如果在活动 BWP 上接收到寻址到指示下行链路指配或上行链路授权的 C-RNTI 或 CS-RNTI 的 PDCCH；要么
    - 2> 如果为活动 BWP 接收到寻址到指示下行链路指配或上行链路授权的 C-RNTI 或 CS-RNTI 的 PDCCH；要么
    - 2> 如果 MAC PDU 在配置的上行链路授权中传输或在配置的下行链路分配中接收：
      - 3> 如果没有与该服务小区相关的正在进行的随机接入过程；要么
      - 3> 如果在收到寻址到 C-RNTI 的该 PDCCH（如 5.1.4 和 5.1.5 中规定）后，成功完成与该服务小区相关的正在进行的随机接入过程：
        - 4> 启动或重新启动与活动 DL BWP 关联的 bwp-InactivityTimer。
    - 2> 如果在活动 DL BWP 上接收到用于 BWP 切换的 PDCCH，并且 MAC 实体切换活动 BWP：
      - 3> 启动或重新启动与活动 DL BWP 关联的 bwp-InactivityTimer。
    - 2> 如果在此服务单元上启动了随机接入过程：
      - 3> 如果正在运行，请停止与此服务单元的活动 DL BWP 关联的 bwp-InactivityTimer。
      - 3> 如果服务小区是 SCell：
        - 4> 如果正在运行，则停止与 SpCell 的活动 DL BWP 关联的 bwp-InactivityTimer。
  - 2> 如果与活动 DL BWP 关联的 bwp-InactivityTimer 到期：
    - 3> 如果配置了 defaultDownlinkBWP：
      - 4> 执行 BWP 切换到 defaultDownlinkBWP 指示的 BWP。
    - 3> 其他：
      - 4> 执行 BWP 切换到 initialDownlinkBWP。

## 5.16 SUL 操作

补充上行（SUL）载波可以配置为普通 UL（NUL）载波的补充。在 NUL 载波和 SUL 载波之间的切换意味着 UL 传输从一个载波上的 PUSCH 移动到另一个载波。这是通过 DCI 中的指示完成的。如果 MAC 实体在随机接入过程正在进行时接收指示 SUL 切换的 UL 许可，则 MAC 实体应忽略 UL 许可。

使用 suppleUplink 配置的服务小区属于单个 TAG。

## 5.17 波束故障检测和恢复流程

MAC 实体可以由 RRC 配置，其具有波束故障恢复过程，该过程用于在服务 SSB / CSI-RS 上检测到波束故障时向服务 gNB 指示新 SSB 或 CSI-RS。通过计算从较低层到 MAC 实体的波束故障实例指示来检测波束故障。

RRC 在 BeamFailureRecoveryConfig 中为 Beam Failure Detection and Recovery 过程配置以下参数：

- *beamFailureInstanceMaxCount* 用于波束故障检测；
- *beamFailureDetectionTimer* 用于波束故障检测；
- *beamFailureRecoveryTimer* 用于梁故障恢复流程；
- *rsrp-ThresholdSSB*：波束故障恢复的 RSRP 阈值；
- *powerRampingStep*： *powerRampingStep* 用于波束故障恢复；
- *preambleReceivedTargetPower*： *preambleReceivedTargetPower* 用于梁故障恢复；
- *preambleTransMax*： *preambleTransMax* 用于波束故障恢复；
- *ra-ResponseWindow*：使用无争用随机接入前导码监视波束故障恢复的响应的时间窗口；
- *prach-ConfigIndex*： *prach-ConfigIndex* 用于梁故障恢复；
- *ra-ssb-OccasionMaskIndex*：用于波束故障恢复的 *ra-ssb-OccasionMaskIndex*；
- *ra-OccasionList*：用于波束故障恢复的 *ra-OccasionList*。

以下 UE 变量用于波束故障检测过程：

- *BFI\_COUNTER*：波束故障实例指示的计数器，最初设置为 0。

MAC 实体应：

1> 如果从较低层接收到波束故障实例指示：

2> 启动或重启 *beamFailureDetectionTimer*；

2> 将 *BFI\_COUNTER* 增加 1；

2> 如果 *BFI\_COUNTER* > *beamFailureInstanceMaxCount*：

3> 如果配置了 *beamFailureRecoveryConfig*：

4> 启动 *beamFailureRecoveryTimer*，如果已配置；

4> 通过应用 *beamFailureRecoveryConfig* 中配置的参数 *powerRampingStep*，*preambleReceivedTargetPower* 和 *preambleTransMax*，在 SpCell 上启动随机接入过程（参见子条款 5.1）。

3> 其他：

4> 在 SpCell 上启动随机接入过程（参见子条款 5.1）。

1> 如果 *beamFailureDetectionTimer* 到期：

2> 将 *BFI\_COUNTER* 设置为 0。

1> 如果随机接入过程成功完成（参见子条款 5.1）：

2> 停止 *beamFailureRecoveryTimer*，如果配置；

2> 考虑成功完成 Beam Failure Recovery 流程。

## 5.18 处理 MAC CE

### 5.18.1 一般性描述

本子条款规定了接收以下 MAC CE 时的要求：

- SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE；
- 非周期 CSI 触发状态子选择 MAC CE；
- 针对 UE 特定的 PDSCH MAC CE 的 TCI 状态激活/去激活；
- 针对 UE 特定的 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示；
- SP CSI 报告 PUCCH 激活/去激活 MAC CE；
- SP SRS 激活/去激活 MAC CE；
- PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE；
- SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活 MAC CE；
- 建议的比特率 MAC CE。

### 5.18.2 半持久 CSI-RS / CSI-IM 资源集的激活/去激活

网络可以通过发送子条款 6.1.3.12 中描述的 SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE 来激活和去激活服务小区的配置的半持久 CSI-RS / CSI-IM 资源集。配置的半持久 CSI-RS / CSI-IM 资源集最初在配置时和切换之后被去激活。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上接收到 SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE：
- 2> 向下层指示关于 SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE 的信息。

### 5.18.3 非周期 CSI 触发状态子选择

网络可以通过发送子条款 6.1.3.13 中描述的非周期性 CSI 触发状态子选择 MAC CE 来在服务小区的配置的非周期性 CSI 触发状态中进行选择。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上接收到非周期性 CSI 触发状态子选择 MAC CE：
- 2> 向下层指示关于非周期性 CSI 触发状态子选择 MAC CE 的信息。

### 5.18.4 激活/去激活 UE 特定的 PDSCH TCI 状态

网络可以通过发送子条款 6.1.3.14 中描述的 UE 特定 PDSCH MAC CE 的 TCI 状态激活/去激活来激活和去激活用于服务小区的 PDSCH 的配置的 TCI 状态。最初在配置时和在切换之后停用针对 PDSCH 配置的 TCI 状态。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上接收针对 UE 特定的 PDSCH MAC CE 的 TCI 状态激活/去激活：

- 2> 向下层指示关于 UE 特定 PDSCH MAC CE 的 TCI 状态激活/去激活的信息。

### 5.18.5 指示针对 UE 特定的 PDCCH 的 TCI 状态

网络可以通过发送子条款 6.1.3.15 中描述的 UE 特定 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示来指示用于服务小区的 CORESET 的 PDCCH 接收的 TCI 状态。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上接收到针对 UE 特定的 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示：
- 2> 向下层指示关于 UE 特定的 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示的信息。

### 5.18.6 在 PUCCH 上激活/去激活半持久 CSI 报告

网络可以通过在子条款 6.1.3.16 中描述的 PUCCH 激活/去激活 MAC CE 上发送 SP CSI 报告来激活和去激活在服务小区的 PUCCH 上配置的半持久 CSI 报告。在配置时和切换之后，最初停用在 PUCCH 上配置的半持久 CSI 报告。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上接收到关于 PUCCH 激活/去激活 MAC CE 的 SP CSI 报告：
- 2> 向下层指示关于 PUCCH 激活/去激活 MAC CE 上的 SP CSI 报告的信息。

### 5.18.7 半持久性 SRS 的激活/去激活

网络可以通过发送子条款 6.1.3.17 中描述的 SP SRS 激活/去激活 MAC CE 来激活和去激活服务小区的配置的半持久 SRS 资源集。配置的半持久 SRS 资源集最初在配置时和切换后被停用。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上收到 SP SRS 激活/去激活 MAC CE：
- 2> 向下层指示关于 SP SRS 激活/去激活 MAC CE 的信息。

### 5.18.8 激活/去激活 PUCCH 资源的空间限制关系

网络可以通过发送子条款 6.1.3.18 中描述的 PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE 来激活和去激活服务小区的 PUCCH 资源的空间限制关系。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上接收到 PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE：
- 2> 向下层指示关于 PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE 的信息。

### 5.18.9 半持久性 ZP CSI-RS 资源集的激活/去激活

网络可以通过发送子条款 6.1.3.19 中描述的 SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活 MAC CE 来激活和去激活服务小区的配置的半持久 ZP CSI-RS 资源集。配置的半持久性 ZP CSI-RS 资源集最初在配置时和切换之后被去激活。

MAC 实体应：

- 1> 如果 MAC 实体在服务小区上接收到 SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活 MAC CE：
- 2> 向下层指示关于 SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活 MAC CE 的信息。

### 5.18.10 推荐比特率

推荐的比特率过程用于向 MAC 实体提供关于 gNB 推荐的比特率的信息。比特率是物理层的推荐比特率。将应用默认值 2000ms 的平均窗口（3GPP TS 26.114 [13]）。

gNB 可以将推荐比特率 MAC 控制单元发送到 MAC 实体，以针对特定逻辑信道和特定方向（上行链路或下行链路）指示 UE 的推荐比特率。在接收到推荐比特率 MAC 控制单元时，MAC 实体应：

- 向上层指示所指示的逻辑信道和方向的推荐比特率

MAC 实体可以请求 gNB 指示特定逻辑信道和特定方向的推荐比特率。如果上层请求 MAC 实体向 gNB 查询逻辑信道和方向（即上行链路或下行链路）的推荐比特率，则 MAC 实体应：

- 1> 如果尚未触发此逻辑信道和此方向的建议比特率查询：
- 2> 触发此逻辑信道，方向和所需比特率的推荐比特率查询。

如果 MAC 实体具有为新传输分配的 UL 资源，则 MAC 实体应：

- 1> 对于推荐比特率过程确定的每个推荐比特率查询已触发且未取消：
  - 2> 如果逻辑信道的 bitRateQueryProhibitTimer 和此推荐比特率查询的方向已配置，并且它没有运行；和
  - 2> 如果 MAC 实体具有为新传输分配的 UL 资源，并且作为逻辑信道优先级的结果，所分配的 UL 资源可以容纳推荐比特率 MAC 控制单元加上其子头：
  - 3> 指示多路复用和汇编过程为逻辑信道和该推荐比特率查询的方向生成推荐比特率 MAC 控制单元；
  - 3> 为逻辑信道和此推荐比特率查询的方向启动 bitRateQueryProhibitTimer
  - 3> 取消此推荐的比特率查询。

---

## 6 协议数据单元，格式和参数

### 6.1 协议数据单元

#### 6.1.1 一般性描述

MAC PDU 是长度为字节同步（即 8 位的倍数）的位串。在第 6 节的图中，位串由表表示，其中最高有效位是表的第一行的最左位，最低有效位是表的最后一行的最右位，更一般性描述地说要从左到右读取位串，然后按行的读取顺序读取。MAC PDU 内的每个参数字段的比特顺序由最左边的比特中的第一个和最高有效比特以及最右边的比特中的最后和最低有效比特表示。

MAC SDU 是长度为字节同步（即 8 位的倍数）的位串。MAC SDU 从第一位开始包含在 MAC PDU 中。

MAC CE 是长度为字节同步（即 8 位的倍数）的位串。

MAC 子头是长度为字节同步（即 8 位的倍数）的位串。每个 MAC 子头直接放置在相应的 MAC SDU，MAC CE 或填充之前。

MAC 实体应忽略下行链路 MAC PDU 中的保留比特的值。

#### 6.1.2 MAC PDU（除透明 MAC 和随机接入响应之外的 DL-SCH 和 UL-SCH）

MAC PDU 由一个或多个 MAC 子 PDU 组成。每个 MAC subPDU 包含以下之一：



- 仅限 MAC 子头 (包括填充) ;
- MAC 子头和 MAC SDU;
- MAC 子头和 MAC CE;
- MAC 子头和填充。

MAC SDU 的大小可变。

每个 MAC 子头对应于 MAC SDU, MAC CE 或填充。

除了固定大小的 MAC CE, 填充和大小为 48 比特的 CCCH 的 MAC SDU 之外的 MAC 子头部由四个头部字段 R / F / LCID / L 组成。 用于固定大小的 MAC CE, 填充和大小为 48 比特的 CCCH 的 MAC SDU 的 MAC 子头部由两个头部字段 R / LCID 组成。

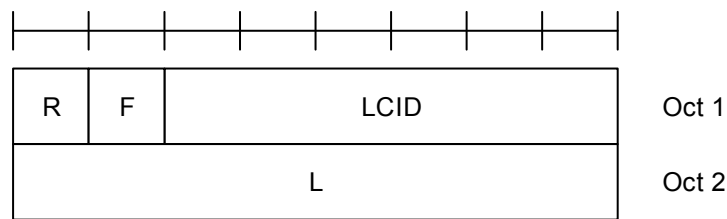


图 6.1.2-1: 具有 8 位 L 字段的 R / F / LCID / L MAC 子头

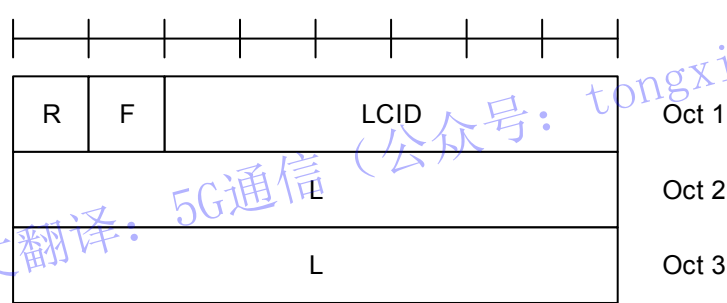


图 6.1.2-2: 具有 16 位 L 字段的 R / F / LCID / L MAC 子头

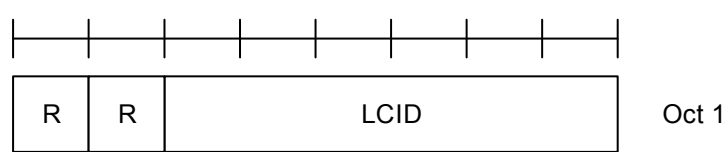


图 6.1.2-3: R / LCID MAC 子头

MAC CE 放在一起。 具有 MAC CE 的 DL MAC subPDU 放置在具有 MAC SDU 的任何 MAC 子 PDU 和具有填充的 MAC subPDU 之前, 如图 6.1.2-4 所示。 具有 MAC CE 的 UL MAC subPDU 被放置在具有 MAC SDU 的所有 MAC subPDU 之后并且在具有 MAC PDU 中的填充的 MAC subPDU 之前, 如图 6.1.2-5 所示。 填充的大小可以为零。

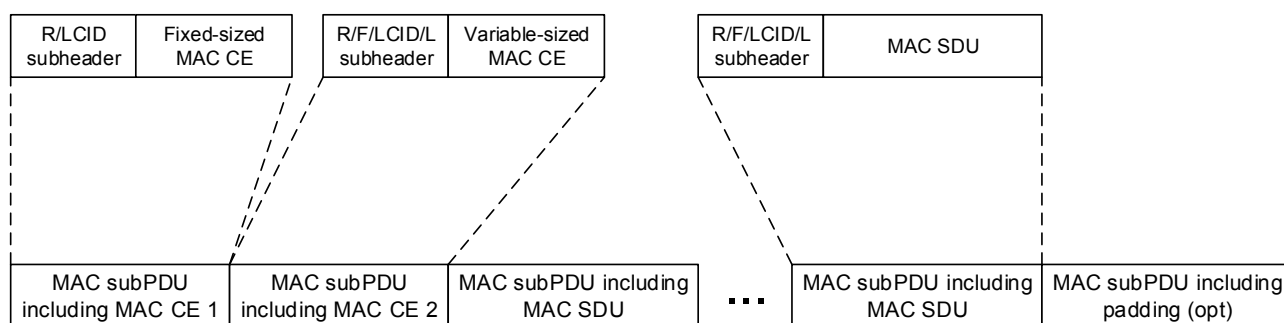


图 6.1.2-4: DL MAC PDU 示例

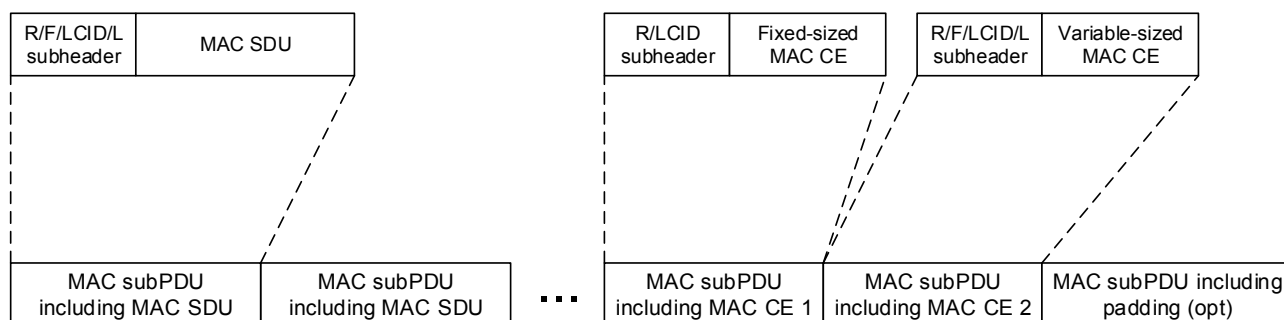


图 6.1.2-5: UL MAC PDU 示例

每个 MAC 实体每 TB 可以传输最多一个 MAC PDU。

### 6.1.3 MAC 控制单元 (CE)

#### 6.1.3.1 缓冲状态报告: MAC CE

缓冲状态报告 (BSR) MAC CE 包括:

- 短 BSR 格式 (固定大小) ; 要么
- 长 BSR 格式 (可变大小) ; 要么
- 短截断 BSR 格式 (固定大小) ; 要么
- 长截断 BSR 格式 (可变大小) 。

BSR 格式由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识, 如表 6.2.1-2 所示。

BSR MAC CE 中的字段定义如下:

- LCG ID: 逻辑信道组 ID 字段标识正在报告其缓冲状态的逻辑信道组。 字段长度为 3 位;
- $LCG_i$ : 对于 Long BSR 格式, 该字段指示逻辑信道组  $i$  的缓冲区大小字段的的存在。 设置为“1”的  $LCG_i$  字段表示报告逻辑信道组  $i$  的缓冲区大小字段。 设置为“0”的  $LCG_i$  字段表示不报告逻辑信道组  $i$  的缓冲区大小字段。 对于 Long Truncated BSR 格式, 该字段指示逻辑信道组  $i$  是否具有可用数据。 设置为“1”的  $LCG_i$  字段表示逻辑信道组  $i$  具有可用数据。 设置为“0”的  $LCG_i$  字段表示逻辑信道组  $i$  没有可用数据;
- 缓冲区大小: 缓冲区大小字段标识在构建 MAC PDU 之后, 在逻辑信道组的所有逻辑信道中, 根据 TS 38.322 和 38.323 [3] [4] 中的数据量计算过程可用的数据总量 (即在逻辑信道优先级排序过程之后, 这可能导致缓冲区大小字段的值为零)。 数据量以字节数表示。 在缓冲区大小计算中不考虑 RLC 和 MAC 报头的大小。 短 BSR 格式和短截断 BSR 格式的该字段的长度是 5 比特。 Long BSR 格式和 Long Truncated BSR 格式的该字段的长度是 8 比特。 5 位和 8 位缓冲区大小字段的值分别如表 6.1.3.1-1

和 6.1.3.1-2 所示。对于 Long BSR 格式和 Long Truncated BSR 格式，缓冲区大小字段按升序包含在 LCG<sub>i</sub> 中。对于长截断 BSR 格式，包括的缓冲区大小字段的数量最大化，而不超过填充位的数量。

注意：Long BSR 和 Long Truncated BSR 格式中的 Buffer Size 字段的数量可以为零。

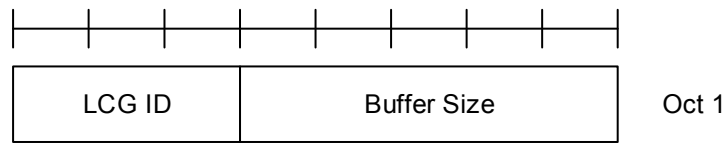


图 6.1.3.1-1: 短 BSR 和短截断 BSR MAC CE

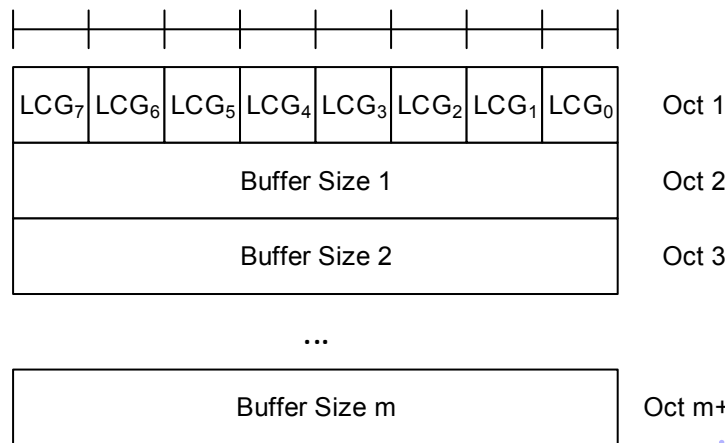


图 6.1.3.1-2: 长 BSR 和长截断 BSR MAC CE

表 6.1.3.1-1: 5 位缓冲区大小字段的缓冲区大小级别（以字节为单位）

| 索引 | BS 值 | 索引 | BS 值   | 索引 | BS 值    | 索引 | BS 值     |
|----|------|----|--------|----|---------|----|----------|
| 0  | 0    | 8  | ≤ 102  | 16 | ≤ 1446  | 24 | ≤ 20516  |
| 1  | ≤ 10 | 9  | ≤ 142  | 17 | ≤ 2014  | 25 | ≤ 28581  |
| 2  | ≤ 14 | 10 | ≤ 198  | 18 | ≤ 2806  | 26 | ≤ 39818  |
| 3  | ≤ 20 | 11 | ≤ 276  | 19 | ≤ 3909  | 27 | ≤ 55474  |
| 4  | ≤ 28 | 12 | ≤ 384  | 20 | ≤ 5446  | 28 | ≤ 77284  |
| 5  | ≤ 38 | 13 | ≤ 535  | 21 | ≤ 7587  | 29 | ≤ 107669 |
| 6  | ≤ 53 | 14 | ≤ 745  | 22 | ≤ 10570 | 30 | ≤ 150000 |
| 7  | ≤ 74 | 15 | ≤ 1038 | 23 | ≤ 14726 | 31 | > 150000 |

表 6.1.3.1-2：8 位缓冲区大小字段的缓冲区大小级别（以字节为单位）

| 索引 | BS 值  | 索引  | BS 值    | 索引  | BS 值      | 索引  | BS 值       |
|----|-------|-----|---------|-----|-----------|-----|------------|
| 0  | 0     | 64  | ≤ 560   | 128 | ≤ 31342   | 192 | ≤ 1754595  |
| 1  | ≤ 10  | 65  | ≤ 597   | 129 | ≤ 33376   | 193 | ≤ 1868488  |
| 2  | ≤ 11  | 66  | ≤ 635   | 130 | ≤ 35543   | 194 | ≤ 1989774  |
| 3  | ≤ 12  | 67  | ≤ 677   | 131 | ≤ 37850   | 195 | ≤ 2118933  |
| 4  | ≤ 13  | 68  | ≤ 720   | 132 | ≤ 40307   | 196 | ≤ 2256475  |
| 5  | ≤ 14  | 69  | ≤ 767   | 133 | ≤ 42923   | 197 | ≤ 2402946  |
| 6  | ≤ 15  | 70  | ≤ 817   | 134 | ≤ 45709   | 198 | ≤ 2558924  |
| 7  | ≤ 16  | 71  | ≤ 870   | 135 | ≤ 48676   | 199 | ≤ 2725027  |
| 8  | ≤ 17  | 72  | ≤ 926   | 136 | ≤ 51836   | 200 | ≤ 2901912  |
| 9  | ≤ 18  | 73  | ≤ 987   | 137 | ≤ 55200   | 201 | ≤ 3090279  |
| 10 | ≤ 19  | 74  | ≤ 1051  | 138 | ≤ 58784   | 202 | ≤ 3290873  |
| 11 | ≤ 20  | 75  | ≤ 1119  | 139 | ≤ 62599   | 203 | ≤ 3504487  |
| 12 | ≤ 22  | 76  | ≤ 1191  | 140 | ≤ 66663   | 204 | ≤ 3731968  |
| 13 | ≤ 23  | 77  | ≤ 1269  | 141 | ≤ 70990   | 205 | ≤ 3974215  |
| 14 | ≤ 25  | 78  | ≤ 1351  | 142 | ≤ 75598   | 206 | ≤ 4232186  |
| 15 | ≤ 26  | 79  | ≤ 1439  | 143 | ≤ 80505   | 207 | ≤ 4506902  |
| 16 | ≤ 28  | 80  | ≤ 1532  | 144 | ≤ 85730   | 208 | ≤ 4799451  |
| 17 | ≤ 30  | 81  | ≤ 1631  | 145 | ≤ 91295   | 209 | ≤ 5110989  |
| 18 | ≤ 32  | 82  | ≤ 1737  | 146 | ≤ 97221   | 210 | ≤ 5442750  |
| 19 | ≤ 34  | 83  | ≤ 1850  | 147 | ≤ 103532  | 211 | ≤ 5796046  |
| 20 | ≤ 36  | 84  | ≤ 1970  | 148 | ≤ 110252  | 212 | ≤ 6172275  |
| 21 | ≤ 38  | 85  | ≤ 2098  | 149 | ≤ 117409  | 213 | ≤ 6572925  |
| 22 | ≤ 40  | 86  | ≤ 2234  | 150 | ≤ 125030  | 214 | ≤ 6999582  |
| 23 | ≤ 43  | 87  | ≤ 2379  | 151 | ≤ 133146  | 215 | ≤ 7453933  |
| 24 | ≤ 46  | 88  | ≤ 2533  | 152 | ≤ 141789  | 216 | ≤ 7937777  |
| 25 | ≤ 49  | 89  | ≤ 2698  | 153 | ≤ 150992  | 217 | ≤ 8453028  |
| 26 | ≤ 52  | 90  | ≤ 2873  | 154 | ≤ 160793  | 218 | ≤ 9001725  |
| 27 | ≤ 55  | 91  | ≤ 3059  | 155 | ≤ 171231  | 219 | ≤ 9586039  |
| 28 | ≤ 59  | 92  | ≤ 3258  | 156 | ≤ 182345  | 220 | ≤ 10208280 |
| 29 | ≤ 62  | 93  | ≤ 3469  | 157 | ≤ 194182  | 221 | ≤ 10870913 |
| 30 | ≤ 66  | 94  | ≤ 3694  | 158 | ≤ 206786  | 222 | ≤ 11576557 |
| 31 | ≤ 71  | 95  | ≤ 3934  | 159 | ≤ 220209  | 223 | ≤ 12328006 |
| 32 | ≤ 75  | 96  | ≤ 4189  | 160 | ≤ 234503  | 224 | ≤ 13128233 |
| 33 | ≤ 80  | 97  | ≤ 4461  | 161 | ≤ 249725  | 225 | ≤ 13980403 |
| 34 | ≤ 85  | 98  | ≤ 4751  | 162 | ≤ 265935  | 226 | ≤ 14887889 |
| 35 | ≤ 91  | 99  | ≤ 5059  | 163 | ≤ 283197  | 227 | ≤ 15854280 |
| 36 | ≤ 97  | 100 | ≤ 5387  | 164 | ≤ 301579  | 228 | ≤ 16883401 |
| 37 | ≤ 103 | 101 | ≤ 5737  | 165 | ≤ 321155  | 229 | ≤ 17979324 |
| 38 | ≤ 110 | 102 | ≤ 6109  | 166 | ≤ 342002  | 230 | ≤ 19146385 |
| 39 | ≤ 117 | 103 | ≤ 6506  | 167 | ≤ 364202  | 231 | ≤ 20389201 |
| 40 | ≤ 124 | 104 | ≤ 6928  | 168 | ≤ 387842  | 232 | ≤ 21712690 |
| 41 | ≤ 132 | 105 | ≤ 7378  | 169 | ≤ 413018  | 233 | ≤ 23122088 |
| 42 | ≤ 141 | 106 | ≤ 7857  | 170 | ≤ 439827  | 234 | ≤ 24622972 |
| 43 | ≤ 150 | 107 | ≤ 8367  | 171 | ≤ 468377  | 235 | ≤ 26221280 |
| 44 | ≤ 160 | 108 | ≤ 8910  | 172 | ≤ 498780  | 236 | ≤ 27923336 |
| 45 | ≤ 170 | 109 | ≤ 9488  | 173 | ≤ 531156  | 237 | ≤ 29735875 |
| 46 | ≤ 181 | 110 | ≤ 10104 | 174 | ≤ 565634  | 238 | ≤ 31666069 |
| 47 | ≤ 193 | 111 | ≤ 10760 | 175 | ≤ 602350  | 239 | ≤ 33721553 |
| 48 | ≤ 205 | 112 | ≤ 11458 | 176 | ≤ 641449  | 240 | ≤ 35910462 |
| 49 | ≤ 218 | 113 | ≤ 12202 | 177 | ≤ 683087  | 241 | ≤ 38241455 |
| 50 | ≤ 233 | 114 | ≤ 12994 | 178 | ≤ 727427  | 242 | ≤ 40723756 |
| 51 | ≤ 248 | 115 | ≤ 13838 | 179 | ≤ 774645  | 243 | ≤ 43367187 |
| 52 | ≤ 264 | 116 | ≤ 14736 | 180 | ≤ 824928  | 244 | ≤ 46182206 |
| 53 | ≤ 281 | 117 | ≤ 15692 | 181 | ≤ 878475  | 245 | ≤ 49179951 |
| 54 | ≤ 299 | 118 | ≤ 16711 | 182 | ≤ 935498  | 246 | ≤ 52372284 |
| 55 | ≤ 318 | 119 | ≤ 17795 | 183 | ≤ 996222  | 247 | ≤ 55771835 |
| 56 | ≤ 339 | 120 | ≤ 18951 | 184 | ≤ 1060888 | 248 | ≤ 59392055 |
| 57 | ≤ 361 | 121 | ≤ 20181 | 185 | ≤ 1129752 | 249 | ≤ 63247269 |
| 58 | ≤ 384 | 122 | ≤ 21491 | 186 | ≤ 1203085 | 250 | ≤ 67352729 |
| 59 | ≤ 409 | 123 | ≤ 22885 | 187 | ≤ 1281179 | 251 | ≤ 71724679 |
| 60 | ≤ 436 | 124 | ≤ 24371 | 188 | ≤ 1364342 | 252 | ≤ 76380419 |
| 61 | ≤ 464 | 125 | ≤ 25953 | 189 | ≤ 1452903 | 253 | ≤ 81338368 |

|    |       |     |         |     |           |     |            |
|----|-------|-----|---------|-----|-----------|-----|------------|
| 62 | ≤ 494 | 126 | ≤ 27638 | 190 | ≤ 1547213 | 254 | > 81338368 |
| 63 | ≤ 526 | 127 | ≤ 29431 | 191 | ≤ 1647644 | 255 | 保留的        |

6.1.3.2      C-RNTI MAC CE

C-RNTI MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识, 如表 6.2.1-2 中所规定。

它具有固定的大小, 由如下定义的单个字段组成 (图 6.1.3.2-1) :

- C-RNTI: 该字段包含 MAC 实体的 C-RNTI。字段的长度是 16 位。

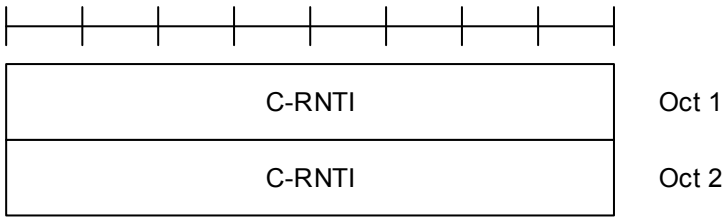


图 6.1.3.2-1: C-RNTI MAC CE

6.1.3.3      UE 争用解决标识 MAC CE

UE 争用解决标识 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识, 如表 6.2.1-1 中所规定。

它具有固定的 48 位大小, 由单个字段组成, 如下所示 (图 6.1.3.3-1) :

- UE 争用解决标识: 该字段包含 UL CCCH SDU。如果 UL CCCH SDU 长于 48 位, 则该字段包含 UL CCCH SDU 的前 48 位。

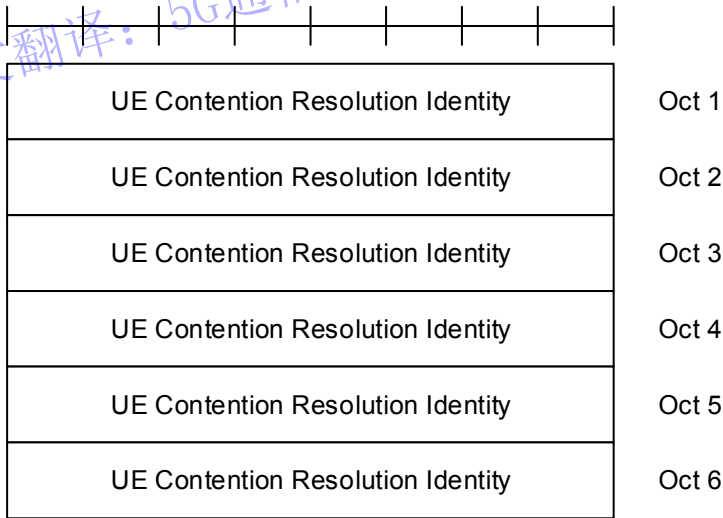


图 6.1.3.3-1: UE 争用解决标识 MAC CE

6.1.3.4      定时提前命令 MAC CE

定时提前命令 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识, 如表 6.2.1-1 所示。

它有一个固定的大小, 由一个如下定义的八位字节组成 (图 6.1.3.4-1) :

- TAG 标识 (TAG ID) : 该字段指示寻址的 TAG 的 TAG 标识。包含 SpCell 的 TAG 具有 TAG 标识 0. 字段的长度是 2 比特;

- 定时提前命令：该字段指示用于控制 MAC 实体必须应用的定时调整量的索引值  $T_A$  (0, 1, 2 ... 63) (如 TS 38.213 [6]中所规定)。字段的长度是 6 位。

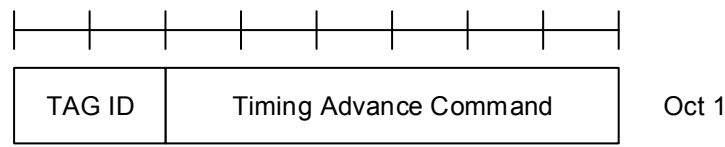


图 6.1.3.4-1：定时提前命令 MAC CE

6.1.3.5        DRX 命令 MAC CE

DRX 命令 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。

它具有固定大小的零位。

6.1.3.6        长 DRX 命令 MAC CE

Long DRX 命令 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 所示。

它具有固定大小的零位。

6.1.3.7        配置的授权确认 MAC CE

配置的授权确认 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-2 中所规定。

它具有固定大小的零位。

6.1.3.8        单入口 PHR MAC CE

单条目 PHR MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-2 中所规定。

它有一个固定的大小，由两个八位字节组成，如下所示 (图 6.1.3.8-1)：

- R：保留位，设置为“0”；
- 功率余量 (PH)：此字段指示功率余量级别。字段的长度是 6 位。报告的 PH 和相应的功率余量水平如下表 6.1.3.8-1 所示 (相应的测量值，以 dB 为单位，在 TS 38.133 [11]中规定)；
- $P_{\text{CMAX, F, C}}$ ：该字段表示用于计算前一 PH 字段的  $P_{\text{CMAX, F, C}}$  (如 TS 38.213 [6]中所规定的)。报告的  $P_{\text{CMAX, F, C}}$  和相应的标称 UE 发射功率电平如表 6.1.3.8-2 所示 (相应的测量值，单位为 dBm，在 TS 38.133 [11]中规定)。

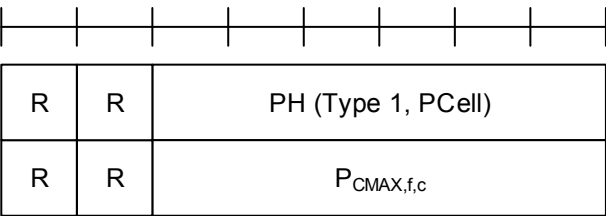


图 6.1.3.8-1：单入口 PHR MAC CE

表 6.1.3.8-1: PHR 的功率余量水平

| PH  | 功率余量等级            |
|-----|-------------------|
| 0   | POWER_HEADROOM_0  |
| 1   | POWER_HEADROOM_1  |
| 2   | POWER_HEADROOM_2  |
| 3   | POWER_HEADROOM_3  |
| ... | ...               |
| 60  | POWER_HEADROOM_60 |
| 61  | POWER_HEADROOM_61 |
| 62  | POWER_HEADROOM_62 |
| 63  | POWER_HEADROOM_63 |

表 6.1.3.8-2: PHR 的标称 UE 发射功率电平

| $P_{\text{CMAX}, F, C}$ | 标称 UE 发射功率电平 |
|-------------------------|--------------|
| 0                       | PCMAX_C_00   |
| 1                       | PCMAX_C_01   |
| 2                       | PCMAX_C_02   |
| ...                     | ...          |
| 61                      | PCMAX_C_61   |
| 62                      | PCMAX_C_62   |
| 63                      | PCMAX_C_63   |

### 6.1.3.9 多入口 PHR MAC CE

多条目 PHR MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-2 中所规定。

它具有可变大小，并且包括位图，类型 2 PH 字段和包含该 MAC 实体的 SpCell 的关联  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段（如果报告）的八位字节，类型 2 PH 字段和包含关联的八位字节。  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段（如果报告）用于其他 MAC 实体的 SpCell 或 PUCCH SCell，类型 1 PH 字段和包含 PCell 的相关  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段（如果报告）的八位字节。 它还包含基于 ServCellIndex 的升序中的一个或多个类型 X PH 字段和八位字节，其包含位图中指示的除 PCell 之外的服务小区的相关  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段（如果报告）。 根据 TS 38.213 [6]，X 为 1 或 3。

该 MAC 实体的 SpCell 的类型 2 PH 字段的的存在由 phr-Type2SpCell 配置，并且用于该 MAC 实体的 SpCell 或该 MAC 实体的 PUCCH SCell 的类型 2 PH 字段的的存在由 phr-Type2OtherCell 配置。

当具有配置的上行链路的服务小区的最高 ServCellIndex 小于 8 时，单个八位位组用于指示每个服务小区的 PH 的存在，否则使用四个八位字节。

UE 通过考虑已经接收的下行链路控制信息来确定激活的服务小区的 PH 值是基于实际传输还是参考格式，直到并且包括从 PHR 接收到用于新传输的第一 UL 许可的 PDCCH 时机。已被触发。

PHR MAC CE 定义如下：

- $C_i$ : 该字段指示具有 ServCellIndex  $i$  的服务小区的 PH 字段的的存在，如 TS 38.331 [5]中所规定的。 设置为“1”的  $C_i$  字段表示报告具有 ServCellIndex  $i$  的服务小区的 PH 字段。 设置为“0”的  $C_i$  字段表示不报告具有 ServCellIndex  $i$  的服务小区的 PH 字段；
- R: 保留位，设置为“0”；
- V: 该字段指示 PH 值是基于实际传输还是基准格式。 对于类型 1 PH， $V = 0$  表示 PUSCH 上的实际传输， $V = 1$  表示使用 PUSCH 参考格式。 对于类型 2 PH， $V = 0$  表示 PUCCH 上的实际传输， $V = 1$  表示使用 PUCCH 参考格式。 对于类型 3 PH， $V = 0$  表示 SRS 上的实际传输， $V = 1$  表示使用 SRS 参考格式。 此外，对于类型 1，类型 2 和类型 3 PH， $V = 0$  表示存在包含相关  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段的八位字节，并且  $V = 1$  表示包含相关  $P_{\text{CMAX}, F, C}$  字段的八位字节被省略；

- 功率余量 (PH)：此字段指示功率余量级别。字段的长度是 6 位。报告的 PH 和相应的功率余量水平如表 6.1.3.8-1 所示 (NR 服务小区的相应测量值，以 dB 为单位，在 TS 38.133 [11] 中规定，而相应的测量值以 dB 为单位，用于 E-UTRA 服务小区在 TS 36.133 [12] 中规定；
- P：该字段指示 MAC 实体是否由于功率管理而应用功率回退。如果没有应用由于电源管理引起的功率回退，如果相应的  $P_{\text{CMAX}, \text{F}, \text{C}}$  字段具有不同的值，则 MAC 实体应设置  $P = 1$ ；
- $P_{\text{CMAX}, \text{F}, \text{C}}$ ：如果存在，该字段表示用于计算前一 PH 字段的  $P_{\text{CMAX}, \text{F}, \text{C}}$  或  $P_{\text{CMAX}, \text{F}, \text{C}}$  (如 TS 38.213 [6] 中所规定的)。报告的  $P_{\text{CMAX}, \text{F}, \text{C}}$  和相应的标称 UE 发射功率电平如表 6.1.3.8-2 所示 (NR 服务小区的相应测量值 (以 dBm 为单位) 在 TS 38.133 [11] 中规定，而相应的测量值以 dBm 为单位。对于 E-UTRA 服务小区，在 TS 36.133 [12] 中规定。

|                |                |  |                |                |                |                |   |
|----------------|----------------|--|----------------|----------------|----------------|----------------|---|
|                |                |  |                |                |                |                |   |
| C <sub>7</sub> | C <sub>6</sub> | C <sub>5</sub>   | C <sub>4</sub> | C <sub>3</sub> | C <sub>2</sub> | C <sub>1</sub> | R |
| P              | V              | PH (Type 2, SpCell of this MAC entity)                     |                |                |                |                |   |
| R              | R              | P <sub>CMAX,f,c</sub> 1                                    |                |                |                |                |   |
| P              | V              | PH (Type 2, SpCell of the other MAC entity or PUCCH SCell) |                |                |                |                |   |
| R              | R              | P <sub>CMAX,f,c</sub> 2                                    |                |                |                |                |   |
| P              | V              | PH (Type 1, PCell)   |                |                |                |                |   |
| R              | R              | P <sub>CMAX,f,c</sub> 3                                    |                |                |                |                |   |
| P              | V              | PH (Type X, Serving Cell 1)                                |                |                |                |                |   |
| R              | R              | P <sub>CMAX,f,c</sub> 4                                    |                |                |                |                |   |
| ...            |                |  |                |                |                |                |   |
| P              | V              | PH (Type X, Serving Cell n)                                |                |                |                |                |   |
| R              | R              | P <sub>CMAX,f,c</sub> m                                    |                |                |                |                |   |

图 6.1.3.9-1：具有配置上行链路的服务小区的最高 ServCellIndex 的多条目 PHR MAC CE 小于 8



|                 |                 |  |                 |                 |                 |                 |                 |
|-----------------|-----------------|--|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|-----------------|
|                 |                 |  |                 |                 |                 |                 |                 |
| C <sub>7</sub>  | C <sub>6</sub>  | C <sub>5</sub>   | C <sub>4</sub>  | C <sub>3</sub>  | C <sub>2</sub>  | C <sub>1</sub>  | R               |
| C <sub>15</sub> | C <sub>14</sub> | C <sub>13</sub>  | C <sub>12</sub> | C <sub>11</sub> | C <sub>10</sub> | C <sub>9</sub>  | C <sub>8</sub>  |
| C <sub>23</sub> | C <sub>22</sub> | C <sub>21</sub>  | C <sub>20</sub> | C <sub>19</sub> | C <sub>18</sub> | C <sub>17</sub> | C <sub>16</sub> |
| C <sub>31</sub> | C <sub>30</sub> | C <sub>29</sub>  | C <sub>28</sub> | C <sub>27</sub> | C <sub>26</sub> | C <sub>25</sub> | C <sub>24</sub> |
| P               | V               | PH (Type 2, SpCell of this MAC entity)                     |                 |                 |                 |                 |                 |
| R               | R               | P <sub>CMAX,f,c</sub> 1                                    |                 |                 |                 |                 |                 |
| P               | V               | PH (Type 2, SpCell of the other MAC entity or PUCCH SCell) |                 |                 |                 |                 |                 |
| R               | R               | P <sub>CMAX,f,c</sub> 2                                    |                 |                 |                 |                 |                 |
| P               | V               | PH (Type 1, PCell)   |                 |                 |                 |                 |                 |
| R               | R               | P <sub>CMAX,f,c</sub> 3                                    |                 |                 |                 |                 |                 |
| P               | V               | PH (Type X, Serving Cell 1)                                |                 |                 |                 |                 |                 |
| R               | R               | P <sub>CMAX,f,c</sub> 4                                    |                 |                 |                 |                 |                 |
| ...             |                 |  |                 |                 |                 |                 |                 |
| P               | V               | PH (Type X, Serving Cell n)                                |                 |                 |                 |                 |                 |
| R               | R               | P <sub>CMAX,f,c</sub> m                                    |                 |                 |                 |                 |                 |

图 6.1.3.9-2：具有配置上行链路的服务小区的最高 ServCellIndex 的多条目 PHR MAC CE 等于或高于 8

### 6.1.3.10 SCell 激活/去激活 MAC CE

一个八位字节的 SCell 激活/去激活 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。它具有固定的大小，由一个包含七个 C 字段和一个 R 字段的八位字节组成。具有一个八位字节的 SCell 激活/去激活 MAC CE 定义如下（图 6.1.3.10-1）。

四个八位字节的 SCell 激活/去激活 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。它具有固定的大小，由四个包含 31 个 C 字段和一个 R 字段的八位字节组成。四个八位字节的 SCell 激活/去激活 MAC CE 定义如下（图 6.1.3.10-2）。

对于没有在 TS 38.331 [8]中规定的大于 7 的 ServCellIndex 的服务小区的情况，应用一个八位字节的 SCell 激活/去激活 MAC CE，否则应用四个八位字节的 SCell 激活/去激活 MAC CE。

- C<sub>i</sub>: 如果在 TS 38.331 [8]中指定的具有 SCellIndex i 的 MAC 实体配置了 SCell，则该字段指示 SCell 与 SCellIndex i 的激活/去激活状态，否则 MAC 实体将忽略 C<sub>i</sub> 字段。C<sub>i</sub> 字段被设置为“1”以指示将激活具有 SCellIndex i 的 SCell。C<sub>i</sub> 字段被设置为“0”以指示具有 SCellIndex i 的 SCell 将被去激活；

- R: 保留位, 设置为 “0”。

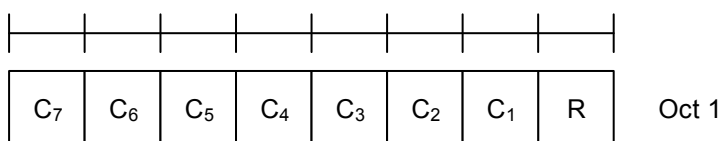


图 6.1.3.10-1: SCell 激活/去激活一个字节字节的 MAC CE

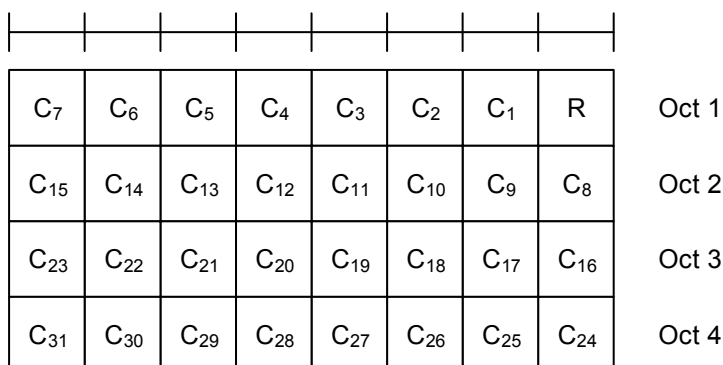


图 6.1.3.10-2: SCell 激活/去激活四个字节字节的 MAC CE

### 6.1.3.11 备用激活/去激活 MAC CE

一个字节字节的备用激活/去激活 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识, 如表 6.2.1-1 中所规定。它具有固定的大小, 由一个包含八个 D 字段的字节组成。对于 MAC 实体, 定义了备用激活/去激活 MAC CE, 如下所示 (图 6.1.3.11-1)。

- D<sub>i</sub>: 该字段指示 DRB i 的 PDCP 备用的激活/去激活状态, 其中 i 是配置有 PDCP 备用的 DRB 和与该 MAC 实体相关联的 RLC 实体之间的 DRB ID 的升序。D<sub>i</sub> 字段设置为 1 以指示将激活 DRB i 的 PDCP 备用。D<sub>i</sub> 字段设置为零, 以指示 DRB i 的 PDCP 备用将被停用。

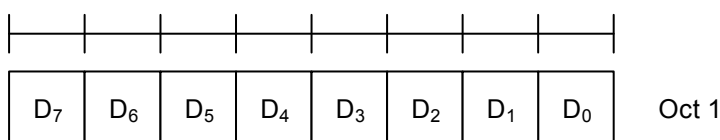


图 6.1.3.11-1: 备用激活/去激活 MAC CE

### 6.1.3.12 SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE

SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识, 如表 6.2.1-1 中所规定。它具有可变大小, 包含以下字段:

- A / D: 该字段指示 MAC CE 是否用于激活或去激活指示的 SP CSI-RS 和 CSI-IM 资源集。该字段设置为 “1” 表示激活, 否则表示停用;
- 服务小区 ID: 该字段指示 MAC CE 适用的服务小区的标识。字段长度为 5 位;
- BWP ID: 该字段包含 TS 38.331 [8] 中规定的 MAC CE 适用的下行链路带宽部分的 BWP-Id。BWP ID 字段的长度是 2 比特;
- SP CSI-RS 资源集 ID: 该字段包含包含半持续 NZP CSI-RS 资源的 NZP-CSI-RS-ResourceSet 的索引, 如 TS 38.331 [8] 中所规定的, 指示半持续 NZP CSI-RS 资源集, 应激活或停用。字段长度为 6 位;

- IM: 该字段指示是否应该激活/去激活用 SP CSI-IM 资源集 ID 字段指示的 SP CSI-IM 资源集。如果 IM 字段设置为“1”，则应激活或取消激活 SP CSI-IM 资源集（取决于 A / D 字段设置）。如果 IM 字段被设置为“0”，则不存在包含 SP CSI-IM 资源集 ID 字段的八位字节；
- SP CSI-IM 资源集 ID: 该字段包含 TS 38.331 [8] 中规定的包含半持续 CSI-IM 资源的 CSI-IM-ResourceSet 的索引，其指示应当被激活的半持久 CSI-IM 资源集。或停用。 字段长度为 6 位；
- TCI 状态 ID<sub>i</sub>: 该字段包含 TCI 状态的 TCI-StateId，如 TS 38.331 [8] 中所规定的，其用作 SP 指示的半持续 NZP CSI-RS 资源集内的资源的 QCL 源。CSI-RS 资源集 ID 字段。 TCI 状态 ID<sub>0</sub> 表示集合中第一个资源的 TCI 状态，第二个资源的 TCI 状态 ID<sub>1</sub>，依此类推。字段的长度是 6 位。如果 A / D 字段设置为“0”，则不存在包含该字段的八位字节；
- R: 保留位，设置为“0”。

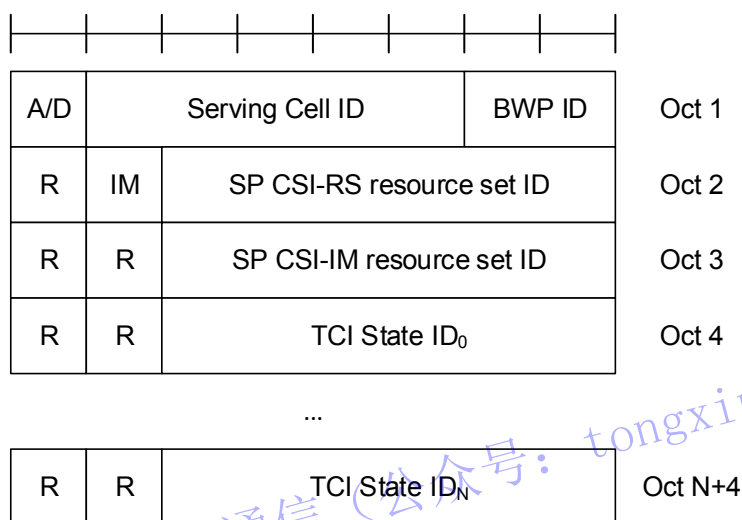


图 6.1.3.12-1: SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 MAC CE

### 6.1.3.13 非周期性 CSI 触发状态子选择 MAC CE

非周期性 CSI 触发状态子选择 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。它具有可变大小，包括以下字段：

- 服务小区 ID: 该字段指示 MAC CE 适用的服务小区的标识。 字段长度为 5 位；
- BWP ID: 该字段包含 TS 38.331 [8] 中规定的 MAC CE 适用的下行链路带宽部分的 BWP-Id。 BWP ID 字段的长度是 2 比特；
- T<sub>i</sub>: 该字段指示在 CSI-aperiodicTriggerStateList 内配置的非周期性触发状态的选择状态，如 TS 38.331 [8] 中所规定的。 T<sub>0</sub> 指的是列表中的第一个触发状态，T<sub>i</sub> 指向第二个触发状态，依此类推。如果列表不包含索引 i 的条目，则 MAC 实体应忽略 T<sub>i</sub> 字段。 T<sub>i</sub> 字段被设置为“1”以指示非周期性触发状态 i 将被映射到 DCI CSI 请求字段的码点，如 TS 38.214 [7] 中所规定的。非周期性触发状态映射到的码点由其在 T<sub>i</sub> 字段设置为“1”的所有非周期性触发状态中的顺序位置确定，即第一个非周期性触发状态，其中 T<sub>i</sub> 字段设置为“1”应映射到码点值 1，第二个非周期性触发状态，T<sub>i</sub> 字段设置为“1”，应映射到码点值 2，依此类推。映射的非周期性触发状态的最大数量为 63；
- R: 保留位，设置为“0”。

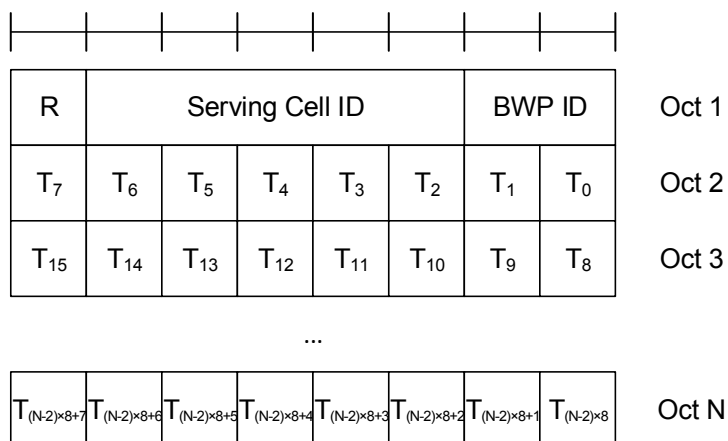


图 6.1.3.13-1: 非周期 CSI 触发状态子选择 MAC CE

#### 6.1.3.14 TCI 状态针对 UE 特定的 PDSCH MAC CE 的激活/去激活

针对 UE 特定的 PDSCH MAC CE 的 TCI 状态激活/去激活由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所指定。它具有可变大小，包括以下字段：

- 服务小区 ID：该字段指示 MAC CE 适用的服务小区的标识。字段长度为 5 位；
- BWP ID：该字段包含 TS 38.331 [8] 中规定的 MAC CE 适用的下行链路带宽部分的 BWP-Id。BWP ID 字段的长度是 2 比特；
- T<sub>i</sub>：如果存在 TS 38.331 [8] 中规定的 TCI-StateId i 的 TCI 状态，则该字段用 TCI-StateId i 指示 TCI 状态的激活/去激活状态，否则 MAC 实体将忽略 T<sub>i</sub> 字段。T<sub>i</sub> 字段被设置为“1”以指示具有 TCI-StateId i 的 TCI 状态将被激活并映射到 DCI 传输配置指示字段的码点，如 TS 38.214 [7] 中所规定的。T<sub>i</sub> 字段被设置为“0”以指示具有 TCI-StateId i 的 TCI 状态将被去激活并且不被映射到 DCI 传输配置指示字段的码点。TCI 状态映射到的码点由其 T<sub>i</sub> 字段设置为“1”的所有 TCI 状态中的顺序位置确定，即 T<sub>i</sub> 字段设置为“1”的第一个 TCI 状态应为映射到码点值 0，T<sub>i</sub> 字段设置为“1”的第二个 TCI 状态应映射到码点值 1，依此类推。激活的 TCI 状态的最大数量是 8；
- R：保留位，设置为“0”。

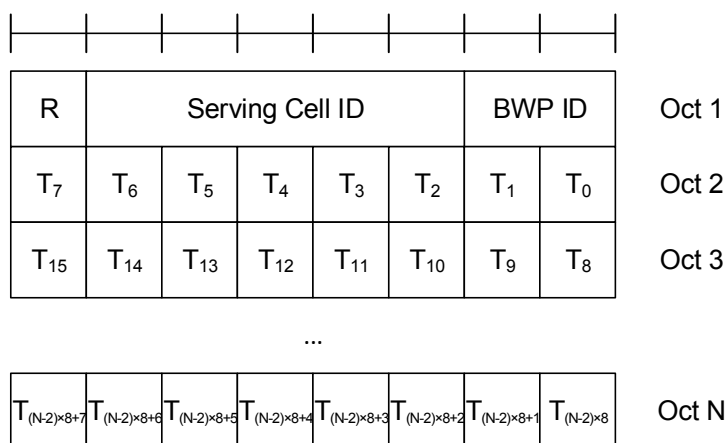


图 6.1.3.14-1: 针对 UE 特定的 PDSCH MAC CE 的 TCI 状态激活/去激活

#### 6.1.3.15 针对 UE 特定的 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示

针对 UE 特定的 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所指定。它具有 16 位的固定大小，具有以下字段：

- 服务小区 ID：该字段指示 MAC CE 适用的服务小区的标识。 字段长度为 5 位；
- BWP ID：该字段包含 TS 38.331 [8] 中规定的 MAC CE 适用的下行链路带宽部分的 BWP-Id。 BWP ID 字段的长度是 2 比特；
- CORESET ID：该字段表示用 TS 38.331 [8] 中规定的 ControlResourceSetId 标识的控制资源集，其中指示了 TCI 状态。 字段长度为 2 位；
- TCI 状态 ID：该字段指示由 TS 38.331 [8] 中规定的 TCI-StateId 标识的 TCI 状态，适用于由 CORESET ID 字段标识的控制资源集。 字段长度为 6 位；
- R：保留位，设置为“0”。

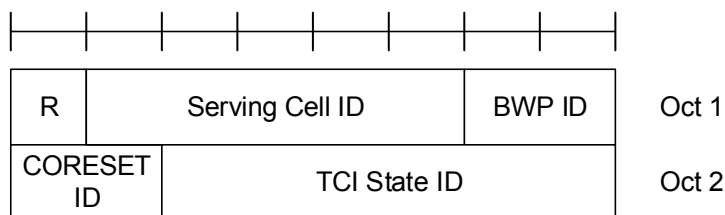


图 6.1.3.15-1: UE 特定的 PDCCH MAC CE 的 TCI 状态指示

### 6.1.3.16 SP CSI 报告 PUCCH 激活/去激活 MAC CE

关于 PUCCH 激活/去激活 MAC CE 的 SP CSI 报告由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。它具有 16 位的固定大小，具有以下字段：

- 服务小区 ID：该字段指示 MAC CE 适用的服务小区的标识。 字段长度为 5 位；
- BWP ID：该字段包含 TS 38.331 [8] 中规定的 MAC CE 适用的下行链路带宽部分的 BWP-Id。 BWP ID 字段的长度是 2 比特；
- $S_i$ ：该字段指示 `csi-ReportConfigToAddModList` 中半持久 CSI 报告配置的激活/去激活状态，如 TS 38.331 [8] 中所规定。  $S_0$  是指列表中的第一个报告配置，其类型设置为“`semiPersistentOnPUCCH`”， $S_1$  到列表中的第二个报告配置，类型设置为“`semiPersistentOnPUCCH`”，依此类推。  $S_i$  字段被设置为“1”以指示将激活半持久 CSI 报告配置  $i$ 。  $S_i$  字段被设置为“0”以指示将停用半持久 CSI 报告配置  $i$ 。 如果列表中没有半持续 CSI 报告配置  $i$ ，则 MAC 实体应忽略该字段；
- R：保留位，设置为“0”。

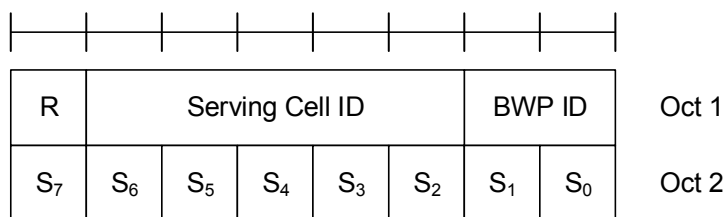


图 6.1.3.16-1: PUCCH 激活/去激活 MAC CE 的 SP CSI 报告

### 6.1.3.17 SP SRS 激活/停用 MAC CE

SP SRS 激活/去激活 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。它具有可变大小，包含以下字段：

- A / D：该字段指示 MAC CE 是用于激活还是去激活指示的 SP SRS 资源集。 该字段设置为“1”表示激活，否则表示停用；

- SRS 资源集的小区 ID：该字段指示服务小区的标识，其包含激活/去激活的 SP SRS 资源集。 字段长度为 5 位；
- SRS 资源集的 BWP ID：该字段包含上行链路带宽部分中的 BWP-Id，如 TS 38.331 [8]中所规定的，其包含激活/去激活的 SP SRS 资源集。 字段长度为 2 位；
- C：该字段指示是否存在包含资源服务小区 ID 字段和资源 BWP ID 字段的八位字节。 如果该字段被设置为 “1”，则存在包含资源服务小区 ID 字段和资源 BWP ID 字段的八位字节。 如果该字段设置为 “0”，则它们不存在，并且资源 ID<sub>i</sub> 字段中指示的所有资源都位于由 SRS 资源集的小区 ID 和 SRS 资源集的 BWP ID 字段指示的服务小区和 BWP 之一；
- SUL：该字段指示 MAC CE 是应用于 NUL 载波还是 SUL 载波配置。 该字段设置为 “1”表示它适用于 SUL 载波配置，它设置为 “0”表示它适用于 NUL 载波配置；
- SP SRS 资源集 ID：该字段指示由 TS 38.331 [8]中规定的 SRS-ResourceSetId 标识的 SP SRS 资源集 ID，其将被激活或去激活。 字段长度为 4 位；
- F<sub>i</sub>：该字段指示用 SP SRS 资源集内的 SRS 资源用作 SRS 资源集 ID 字段的 SRS 资源的空间限制关系的资源的类型。 F<sub>0</sub>是指资源集合中的第一个 SRS 资源，F<sub>1</sub>指向第二个 SRS 资源，依此类推。 该字段被设置为 “1” 以指示使用 NZP CSI-RS 资源索引，将其设置为 “0” 以指示使用 SSB 索引或 SRS 资源索引。 字段的长度是 1 位。 仅当 MAC CE 用于激活时才存在该字段，即 A / D 字段设置为 “1”；
- 资源 ID<sub>i</sub>：该字段包含用于 SRS 资源 i 的空间限制关系推导的资源的标识符。 资源 ID<sub>0</sub>是指资源集中的第一个 SRS 资源，资源 ID<sub>1</sub>指向第二个 SRS 资源，依此类推。 如果 F<sub>i</sub>设置为 “0” 并且该字段的第一位设置为 “1”，则该字段的剩余部分包含 TS 38.331 [8]中规定的 SSB 索引，如果 F<sub>i</sub>是设置为 “0” 并且该字段的第一位设置为 “0”，然后该字段的余数包含 TS 38.331 [8]中规定的 SRS-ResourceId。 字段的长度是 7 位。 仅当 MAC CE 用于激活时才存在该字段，即 A / D 字段设置为 “1”；
- 资源服务小区 ID<sub>i</sub>：该字段指示用于 SRS 资源 i 的空间限制关系推导的资源所在的服务小区的标识。 字段长度为 5 位；
- 资源 BWP ID<sub>i</sub>：该字段包含在 TS 38.331 [8]中规定的 BWP-Id，其上面是用于 SRS 资源 i 的空间限制关系推导的资源所在的上行链路带宽部分。 字段长度为 2 位；
- R：保留位，设置为 “0”。

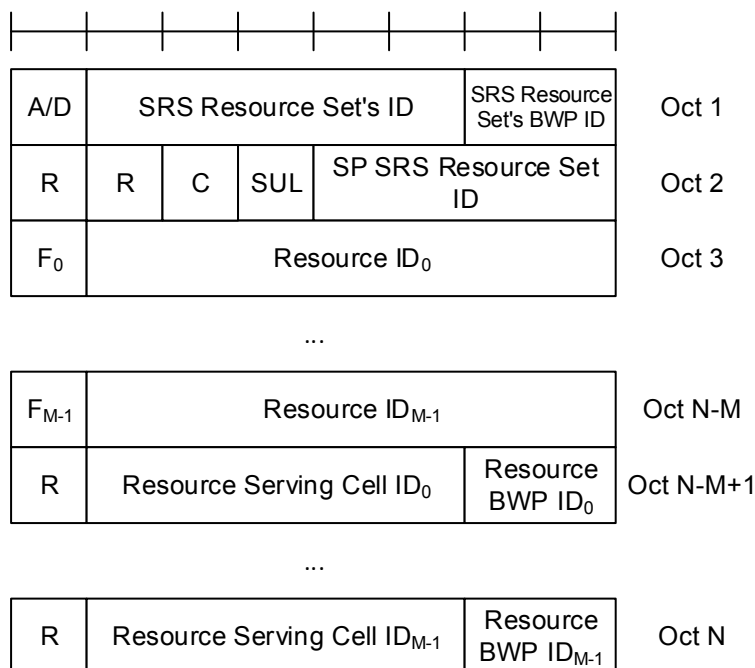


图 6.1.3.17-1：SP SRS 激活/去激活 MAC CE

### 6.1.3.18 PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE

PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。它具有 24 位的固定大小，具有以下字段：

- 服务小区 ID：该字段指示 MAC CE 适用的服务小区的标识。 字段长度为 5 位；
- BWP ID：该字段包含 TS 38.331 [8]中规定的 BWP-Id，其中 MAC CE 适用于上行链路带宽部分。 BWP ID 字段的长度是 2 比特；
- PUCCH 资源 ID：该字段包含由 TS 38.331 [8]中指定的 PUCCH-ResourceId 标识的 PUCCH 资源 ID 的标识符。 字段长度为 7 位；
- $S_i$ ：如果存在如在 TS 38.331 [8]中指定的具有 PUCCH-SpatialRelationInfoId  $i$  的 PUCCH 空间限制关系信息，被配置用于由 BWP ID 字段指示的上行链路带宽部分，则  $S_i$  指示 PUCCH Spatial 的激活状态。与 PUCCH-SpatialRelationInfoId  $i$  的关系信息，否则 MAC 实体将忽略该字段。  $S_i$  字段被设置为“1”以指示 PUCCH 空间限制关系信息与 PUCCH-SpatialRelationInfoId  $i$  应该被激活。  $S_i$  字段被设置为“0”以指示具有 PUCCH-SpatialRelationInfoId 的 PUCCH 空间限制关系信息  $i$  应该被去激活。对于 PUCCH 资源，一次只能有一个 PUCCH 空间限制关系信息是活动的；
- R：保留位，设置为“0”。

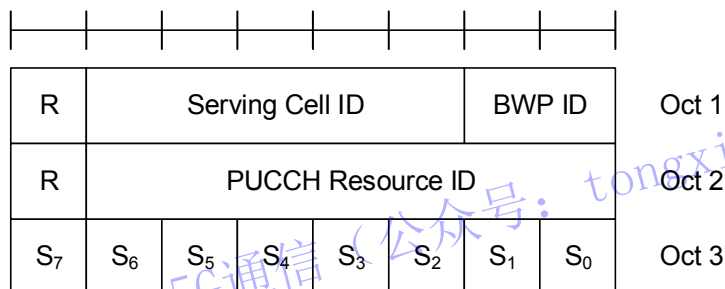


图 6.1.3.18-1：PUCCH 空间限制关系激活/去激活 MAC CE

### 6.1.3.19 SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活 MAC CE

SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活 MAC CE 由具有 LCID 的 MAC PDU 子头标识，如表 6.2.1-1 中所规定。它具有 16 位的固定大小，具有以下字段：

- A / D：该字段指示 MAC CE 是否用于激活或去激活指示的 SP ZP CSI-RS 资源集。 该字段设置为“1”表示激活，否则表示停用；
- 服务小区 ID：该字段指示 MAC CE 适用的服务小区的标识。 字段长度为 5 位；
- BWP ID：该字段包含 TS 38.331 [8]中规定的 MAC CE 适用的下行链路带宽部分的 BWP-Id。 BWP ID 字段的长度是 2 比特；
- SP ZP CSI-RS 资源集 ID：该字段包含 sp-ZP-CSI-RS-ResourceSetsToAddModList 的索引，如 TS 38.331 [8]中所规定的，指示应该被激活的半持久 ZP CSI-RS 资源集或者停用。 字段长度为 4 位；
- R：保留位，设置为“0”。





表 6.1.3.20-1: 比特率字段的值 (kbit / s)

| 索引 | NR 推荐比特率值[kbit / s] | 索引 | NR 推荐比特率值[kbit / s] |
|----|---------------------|----|---------------------|
| 0  |                     | 32 | 700                 |
| 1  | 0                   | 33 | 800                 |
| 2  | 9                   | 34 | 900                 |
| 3  | 11                  | 35 | 1000                |
| 4  | 13                  | 36 | 1100                |
| 5  | 17                  | 37 | 1200                |
| 6  | 21                  | 38 | 1300                |
| 7  | 25                  | 39 | 1400                |
| 8  | 29                  | 40 | 1500                |
| 9  | 32                  | 41 | 1750                |
| 10 | 36                  | 42 | 2000                |
| 11 | 40                  | 43 | 2250                |
| 12 | 48                  | 44 | 2500                |
| 13 | 56                  | 45 | 2750                |
| 14 | 72                  | 46 | 3000                |
| 15 | 88                  | 47 | 3500                |
| 16 | 104                 | 48 | 4000                |
| 17 | 120                 | 49 | 4500                |
| 18 | 140                 | 50 | 5000                |
| 19 | 160                 | 51 | 5500                |
| 20 | 180                 | 52 | 6000                |
| 21 | 200                 | 53 | 6500                |
| 22 | 220                 | 54 | 7000                |
| 23 | 240                 | 55 | 7500                |
| 24 | 260                 | 56 | 8000                |
| 25 | 280                 | 57 | 保留的                 |
| 26 | 300                 | 58 | 保留的                 |
| 27 | 350                 | 59 | 保留的                 |
| 28 | 400                 | 60 | 保留的                 |
| 29 | 450                 | 61 | 保留的                 |
| 30 | 500                 | 62 | 保留的                 |
| 31 | 600                 | 63 | 保留的                 |

6.1.4    MAC PDU (透明 MAC)

MAC PDU 仅由 MAC SDU 组成，其大小与 TB 同步；如图 6.1.4-1 所示。该 MAC PDU 用于 PCH，BCH 和包括 BCCH 的 DL-SCH 上的传输。

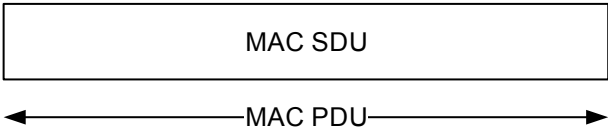


图 6.1.4-1: MAC PDU 示例 (透明 MAC)

6.1.5    MAC PDU (随机接入响应)

MAC PDU 由一个或多个 MAC 子 PDU 和可选的填充组成。每个 MAC subPDU 包含以下之一：

- 仅具有退避指示符的 MAC 子头；
- 仅具有 RAPID 的 MAC 子头（即对 SI 请求的确认）；
- 具有 RAPID 和 MAC RAR 的 MAC 子头。

具有退避指示符的 MAC 子头部由五个头部字段 E / T / R / R / BI 组成，如图 6.1.5-1 所示。仅包括退避指示符的 MAC 子 PDU 被放置在 MAC PDU 的开头（如果包括的话）。“仅具有 RAPID 的 MAC 子 PDU”和“具有 RAPID 和 MAC RAR 的 MAC 子 PDU”可以被放置在仅具有退避指示符（如果有的话）的 MAC 子 PDU 与填充（如果有的话）之间的任何地方。

具有 RAPID 的 MAC 子头部由三个头部字段 E / T / RAPID 组成，如图 6.1.5-2 所示。

填充位于 MAC PDU 的末尾（如果存在）。基于 TB 大小，MAC subPDU 的大小隐含填充的存在和长度。

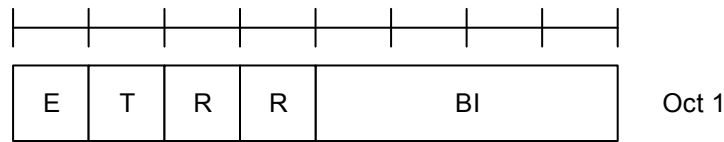


图 6.1.5-1: E / T / R / R / BI MAC 子头

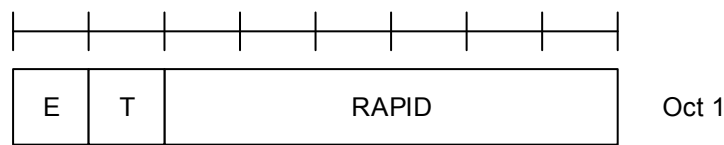


图 6.1.5-2: E / T / RAPID MAC 子头

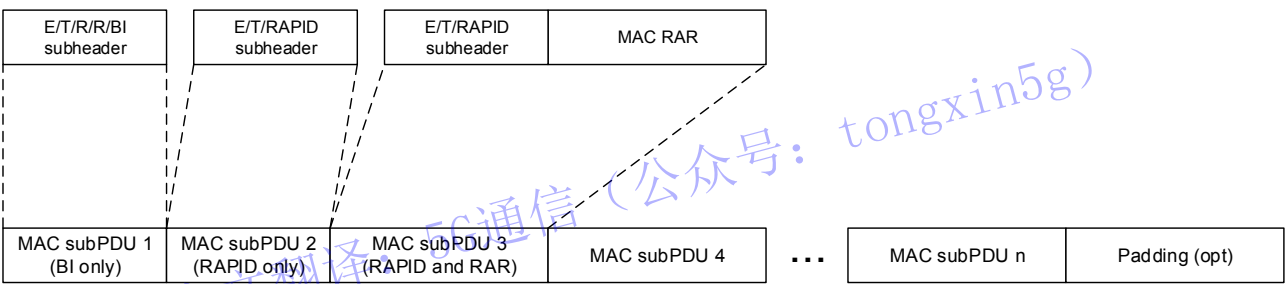


图 6.1.5-3: 由 MAC RAR 组成的 MAC PDU 示例

## 6.2 格式和参数

### 6.2.1 用于 DL-SCH 和 UL-SCH 的 MAC 子头

MAC 子标题包含以下字段：

- LCID：逻辑信道 ID 字段标识相应 MAC SDU 的逻辑信道实例或相应 MAC CE 或填充的类型，如表 6.2.1-1 和 6.2.1-2 中针对 DL-SCH 和 UL-SCH 所述 SCH 分别为。每个 MAC 子头有一个 LCID 字段。LCID 字段大小为 6 位；
- L：Length 字段表示相应 MAC SDU 或可变大小 MAC CE 的长度，以字节为单位。除了与固定大小的 MAC CE 和填充相对应的子头之外，每个 MAC 子头有一个 L 字段。L 字段的大小由 F 字段表示；
- F：格式字段指示长度字段的大小。除了与固定大小的 MAC CE 和填充相对应的子头之外，每个 MAC 子头有一个 F 字段。F 字段的大小是 1 位。值 0 表示长度字段的 8 位。值 1 表示长度字段的 16 位；
- R：保留位，设置为零。

MAC 子头是八位字节同步的。

表 6.2.1-1 DL-SCH 的 LCID 值

| 索引            | LCID 值                       |
|---------------|------------------------------|
| 000000        | CCCH                         |
| 000001–100000 | 逻辑信道的身份                      |
| 100001–101110 | 保留的                          |
| 101111        | 推荐的比特率                       |
| 110000        | SP ZP CSI-RS 资源集激活/去激活       |
| 110001        | PUCCH 空间限制关系激活/去激活           |
| 110010        | SP SRS 激活/停用                 |
| 110011        | SP CSI 报告 PUCCH 激活/停用        |
| 110100        | 针对 UE 特定的 PDCCH 的 TCI 状态指示   |
| 110101        | TCI 状态针对 UE 特定 PDSCH 的激活/去激活 |
| 110110        | 非周期 CSI 触发状态子选择              |
| 110111        | SP CSI-RS / CSI-IM 资源集激活/去激活 |
| 111000        | 备用激活/取消激活                    |
| 111001        | SCell 激活/停用 (四个八位位组)         |
| 111010        | SCell 激活/停用 (一个八位字节)         |
| 111011        | 长 DRX 命令                     |
| 111100        | DRX 命令                       |
| 111101        | 定时提前命令                       |
| 111110        | UE 争用解决身份                    |
| 111111        | 填充                           |

表 6.2.1-2 UL-SCH 的 LCID 值

| 索引            | LCID 值                   |
|---------------|--------------------------|
| 000000        | CCCH 大小不是 48 位           |
| 000001–100000 | 逻辑信道的身份                  |
| 100001        | CCCH 大小为 48 位            |
| 100010–110100 | 保留的                      |
| 110101        | 推荐的比特率查询                 |
| 110110        | 多入口 PHR (四个八位位组 $C_i$ )  |
| 110111        | 配置的授权确认                  |
| 111000        | 多次进入 PHR (一个八位位组 $C_i$ ) |
| 111001        | 单入境 PHR                  |
| 111010        | G-Hrinti                 |
| 111011        | 短截断 BSR                  |
| 111100        | 长截断 BSR                  |
| 111101        | 短 BSR                    |
| 111110        | 长 BSR                    |
| 111111        | 填充                       |

## 6.2.2 用于随机接入响应的 MAC 子头

MAC 子标题包含以下字段：

- E：扩展字段是指示包括该 MAC 子头的 MAC 子 PDU 是否是 MAC PDU 中的最后 MAC 子 PDU 的标志。E 字段被设置为“1”以指示至少另一个 MAC 子 PDU。E 字段被设置为“0”以指示包括该 MAC 子头的 MAC 子 PDU 是 MAC PDU 中的最后一个 MAC 子 PDU；
- T：类型字段是指示 MAC 子头部是否包含随机接入前导码 ID 或后退指示符的标志。T 字段设置为“0”以指示子头 (BI) 中存在退避指示符字段。T 字段被设置为“1”以指示子头中存在随机接入前导码 ID 字段 (RAPID)；
- R：保留位，设置为“0”；

- BI: 退避指示符字段标识单元格中的过载条件。 BI 字段的大小是 4 位;
- RAPID: 随机接入前导码标识符字段标识发送的随机接入前导码 (参见子条款 5.1.3)。 RAPID 字段的大小是 6 位。 如果 MAC subPDU 的 MAC 子头中的 RAPID 对应于为 SI 请求配置的随机接入前导码之一, 则 MAC RAR 不包括在 MAC subPDU 中。

MAC 子头是八位字节同步的。

6.2.3 随机接入响应的 MAC 有效载荷

MAC RAR 具有固定大小, 如图 6.2.3-1 所示, 包含以下字段:

- R: 保留位, 设置为 “0”;
- 定时提前命令: 定时提前命令字段指示用于控制 MAC 实体必须在 TS 38.213 [6]中应用的定时调整量的索引值  $T_A$ 。 定时提前命令字段的大小是 12 位;
- UL Grant: 上行链路授权字段指示在 TS 38.213 [6]中要在上行链路上使用的资源。 UL Grant 字段的大小是 25 位;
- 临时 C-RNTI: 临时 C-RNTI 字段指示 MAC 实体在随机接入期间使用的临时标识。 临时 C-RNTI 字段的大小是 16 位。

MAC RAR 是八位字节同步的。

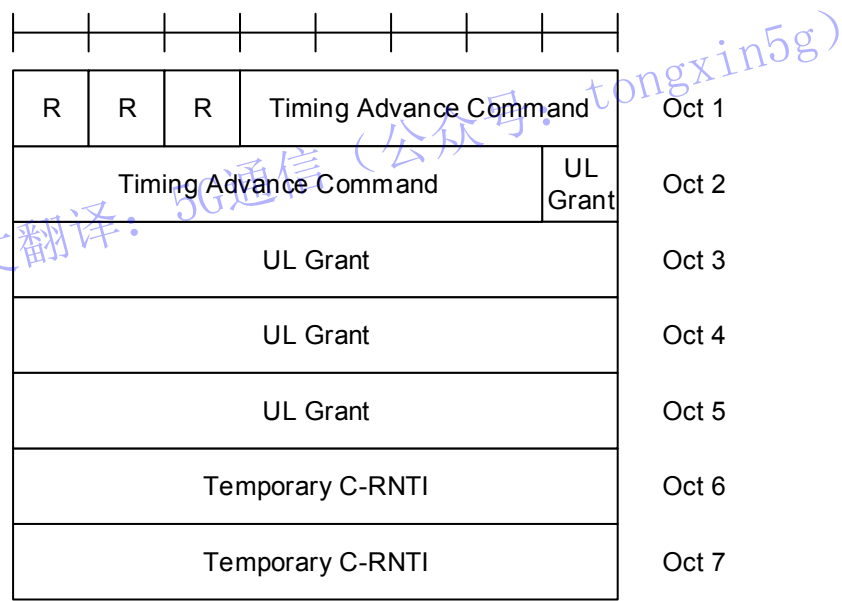


图 6.2.3-1: MAC RAR

7 变量和常量

7.1 RNTI 值

RNTI 值见表 7.1-1。

表 7.1-1: RNTI 值。

| 值 (十六进制)  | RNTI  |
|-----------|---|
| 0000      | RA-RNTI, Temporary C-RNTI, C-RNTI, CS-RNTI, TPC-PUCCH-RNTI, TPC-PUSCH-RNTI, TPC-SRS-RNTI, INT-RNTI, SFI-RNTI, and SP-CSI-RNTI |
| 0001-FFEF | Reserved  |
| FFF0-FFFF | P-RNTI  |
| FFFE      | SI-RNTI   |
| FFFF      | RA-RNTI, Temporary C-RNTI, C-RNTI, CS-RNTI, TPC-PUCCH-RNTI, TPC-PUSCH-RNTI, TPC-SRS-RNTI, INT-RNTI, SFI-RNTI, and SP-CSI-RNTI |

表 7.1-2: RNTI 使用情况。

| RNTI             | 用法                          | 传输信道           | 逻辑信道             |
|------------------|-----------------------------|----------------|------------------|
| P-RNTI           | 寻呼和系统信息更改通知                 | PCH            | PCCH             |
| SI-RNTI          | 系统信息广播                      | DL-SCH         | BCCH             |
| RA-RNTI          | 随机接入响应                      | DL-SCH         | N/A              |
| Temporary C-RNTI | 争用解决方案<br>(当没有有效的 C-RNTI 时) | DL-SCH         | CCCH             |
| Temporary C-RNTI | Msg3 传输                     | UL-SCH         | CCCH, DCCH, DTCH |
| C-RNTI           | 动态调度的单播传输                   | UL-SCH         | DCCH, DTCH       |
| C-RNTI           | 动态调度的单播传输                   | DL-SCH         | CCCH, DCCH, DTCH |
| C-RNTI           | 触发 PDCCH 有序随机接入             | N/A            | N/A              |
| CS-RNTI          | 配置预定的单播传输<br>(激活, 重新激活和重传)  | DL-SCH, UL-SCH | DCCH, DTCH       |
| CS-RNTI          | 配置预定的单播传输<br>(停用)           | N/A            | N/A              |
| TPC-PUCCH-RNTI   | PUCCH 功率控制                  | N/A            | N/A              |
| TPC-PUSCH-RNTI   | PUSCH 功率控制                  | N/A            | N/A              |
| TPC-SRS-RNTI     | SRS 触发和功率控制                 | N/A            | N/A              |
| INT-RNTI         | DL 中的指示优先权                  | N/A            | N/A              |
| SFI-RNTI         | 给定单元格的槽格式指示                 | N/A            | N/A              |
| SP-CSI-RNTI      | 激活 PUSCH 上的半持久 CSI 报告       | N/A            | N/A              |

## 7.2 退避参数值

退避参数值如表 7.2-1 所示。

表 7.2-1: 退避参数值。

| 索引 | 退避参数值 (ms) |
|----|------------|
| 0  | 5          |
| 1  | 10         |
| 2  | 20         |
| 3  | 30         |
| 4  | 40         |
| 5  | 60         |
| 6  | 80         |
| 7  | 120        |
| 8  | 160        |
| 9  | 240        |
| 10 | 320        |
| 11 | 480        |
| 12 | 960        |
| 13 | 1920       |
| 14 | 保留的        |
| 15 | 保留的        |

7.3 DELTA\_PREAMBLE 值

基于 DELTA\_PREAMBLE 前导码格式的功率偏移值在表 7.3-1 和 7.3-2 中给出。

表 7.3-1: 长前导码格式的 DELTA\_PREAMBLE 值。

| 前言格式 | DELTA_PREAMBLE 值 |
|------|------------------|
| 0    | 0 dB             |
| 1    | -3 dB            |
| 2    | -6 dB            |
| 3    | 0 dB             |

表 7.3-2: 短前导码格式的 DELTA\_PREAMBLE 值。

| 前言格式 | DELTA_PREAMBLE 值 (dB) |
|------|-----------------------|
| A1   | $8 + 3 \times \mu$    |
| A2   | $5 + 3 \times \mu$    |
| A3   | $3 + 3 \times \mu$    |
| B1   | $8 + 3 \times \mu$    |
| B2   | $5 + 3 \times \mu$    |
| B3   | $3 + 3 \times \mu$    |
| B4   | $3 \times \mu$        |
| C0   | $11 + 3 \times \mu$   |
| C2   | $5 + 3 \times \mu$    |

其中  $\mu$  是由 msg1-SubcarrierSpacing 和 TS 38.211 [8] 中的表 4.2-1 确定的子载波间隔配置，并且前导格式由 prach-ConfigurationIndex 和表 6.3.3.2-2 和 6.3.3.2-3 给出。 TS 38.211 [8]。

## 7.4 PRACH 掩码索引值

表 7.4-1: PRACH 掩码索引值

| PRACH 面具索引 | 允许 SSB 的 PRACH 场景         |
|------------|---------------------------|
| 0          | All                       |
| 1          | PRACH occasion index 1    |
| 2          | PRACH occasion index 2    |
| 3          | PRACH occasion index 3    |
| 4          | PRACH occasion index 4    |
| 5          | PRACH occasion index 5    |
| 6          | PRACH occasion index 6    |
| 7          | PRACH occasion index 7    |
| 8          | PRACH occasion index 8    |
| 9          | Every even PRACH occasion |
| 10         | Every odd PRACH occasion  |
| 11         | Reserved                  |
| 12         | Reserved                  |
| 13         | Reserved                  |
| 14         | Reserved                  |
| 15         | Reserved                  |

中文翻译: 5G通信 (公众号: tongxin5g)

## 附件 A（资料性附录）： 更新记录

| 更新记录    |               |            |      |     |     |                               |        |
|---------|---------------|------------|------|-----|-----|-------------------------------|--------|
| 日期      | 会议            | TDoc       | CR   | Rev | Cat | 主题/备注                         | 新版本    |
| 2017-04 | RAN2 #97bis   | R2-1703006 | -    | -   | -   | NR MAC 规范的框架                  | 0.0.1  |
| 2017-04 | RAN2 #97bis   | R2-1703915 | -    | -   | -   | 编辑更新                          | 0.0.2  |
| 2017-05 | RAN2 #98      | R2-1704475 | -    | -   | -   | 从 RAN2 #97bis 获取协议            | 0.0.3  |
| 2017-06 | RAN2 NR AH #2 | R2-1706608 | -    | -   | -   | 从 RAN2 #98 获取协议               | 0.0.4  |
| 2017-06 | RAN2 NR AH #2 | R2-1707471 | -    | -   | -   | 认可 v0.0.4（包括次要更新）             | 0.1.0  |
| 2017-08 | RAN2 #99      | R2-1707510 | -    | -   | -   | 从 RAN2 NR AH #2 获取协议          | 0.2.0  |
| 2017-08 | RAN2 #99      | R2-1709946 | -    | -   | -   | 从 RAN2 #99 获取协议               | 0.3.0  |
| 2017-09 | RAN #77       | RP-171733  | -    | -   | -   | 要提交给 RAN 以获取信息                | 1.0.0  |
| 2017-11 | RAN2 #100     | R2-1712698 | -    | -   | -   | 从 RAN2 #99bis 获取协议            | 1.1.0  |
| 2017-12 | RAN2 #100     | R2-1714253 | -    | -   | -   | 从 RAN2 #100 获取协议              | 1.2.0  |
| 2017-12 | RP-78         | RP-172419  | -    | -   | -   | 提交给 RAN 批准                    | 2.0.0  |
| 2017-12 | RP-78         |            |      |     |     | 升级到 Rel-15                    | 15.0.0 |
| 2018-03 | RP-79         | RP-180440  | 0039 | 1   | F   | TS 38.321 的一般更正               | 15.1.0 |
| 2018-03 | RP-79         | RP-180440  | 0041 | -   | B   | 引入用于 NR MIMO 的 MAC CE         | 15.1.0 |
| 2018-06 | RP-80         | RP-181216  | 0057 | 5   | F   | 其他更正                          | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181216  | 0103 | 2   | F   | 增加了 beamFailureRecoveryTimer  | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181214  | 0115 | -   | F   | 更正 SR 触发以适应配置的授权              | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181215  | 0145 | 1   | F   | 对 MAC 中的定时器的更正                | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181215  | 0148 | 1   | F   | 替代 1 用于半持续 SRS MAC CE 的交叉载波指示 | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181215  | 0153 | 2   | F   | 在跳过 UL 传输时刷新 HARQ 缓冲区         | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181215  | 0166 | 1   | F   | 增加优先随机接入                      | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181216  | 0185 | -   | F   | 引入 PDCP 备用                    | 15.2.0 |
|         | RP-80         | RP-181216  | 0186 | -   | B   | 用于 TS 38.321 的 NR 的 MAC CE 适配 | 15.2.0 |