**文件编号：LTE\_HeNB\_MAC\_LJBG\_V1.0**

**TD-LTE HeNB协议栈软件系统**

**MAC协议36.321**

**理解报告**

拟制：李亚楠

时间：2010-10-27

**中国科学院计算技术研究所**

**无线通信技术研究中心**

**软件组**

**LTE协议栈研发项目组**

**修改记录**

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 文件编号 | 版本号 | 拟制人/  修改人 | 拟制/修改日期 | 更改理由 | 主要更改内容  （写要点即可） |
|  | 1.0 | 李亚楠 | 2010-10-27 | 建立 |  |

修改列表：



本文档的程序或内容受版权法的保护，未经中科院计算所的书面许可，不得擅自泄漏、拷贝或复制本文档资料的全部或部分。

目录

[**TD-LTE HeNB协议栈软件系统** 1](#_Toc291768030)

[1 引言 5](#_Toc291768031)

[1.1 编写目的 5](#_Toc291768032)

[1.2 定 义 5](#_Toc291768033)

[1.3 参考资料 5](#_Toc291768034)

[2 概述： 5](#_Toc291768035)

[2． MAC层执行的功能： 6](#_Toc291768036)

[3． 随机接入过程 6](#_Toc291768037)

[4.1 随机接入的用途： 6](#_Toc291768042)

[4.2 触发随机接入过程的五种情况： 7](#_Toc291768043)

[4.3 随机接入过程初始化： 7](#_Toc291768044)

[4.4 竞争的随机接入： 8](#_Toc291768045)

[4.4.1总体流程： 8](#_Toc291768046)

[4.4.2初始接入和无线链路失败情况下的竞争随机接入过程 10](#_Toc291768047)

[4.4.3切换，上行或者下行数据到达情况下的竞争随机接入过程： 11](#_Toc291768048)

[4.5 非竞争的随机接入： 11](#_Toc291768049)

[4． 传输过程： 13](#_Toc291768050)

[5.1 DL-SCH数据传输： 13](#_Toc291768051)

[5.1.1 DL 分配接收 13](#_Toc291768052)

[5.1.2 HARQ实体： 14](#_Toc291768053)

[5.1.3 HARQ进程： 14](#_Toc291768054)

[5.2 UL-SCH 数据传输 15](#_Toc291768057)

[5.2.1 UL grant接收 15](#_Toc291768058)

[5.2.2 HARQ 实体 15](#_Toc291768059)

[5.2.3 HARQ 进程 16](#_Toc291768060)

[5.2.4 复用和组装 16](#_Toc291768061)

[5.2.5 调度请求（SR） 17](#_Toc291768062)

[5.2.6缓冲区状态报告（BSR） 18](#_Toc291768063)

[5． MAC PDU： 19](#_Toc291768064)

[6.1MAC PDU(DL-SCH 及 UL-SCH)： 19](#_Toc291768065)

[6.1.1子头： 19](#_Toc291768066)

[6.1.2 控制单元： 20](#_Toc291768067)

[6.2 MAC PDU (透明 MAC) 21](#_Toc291768068)

[6.3 MAC PDU（随机接入响应） 22](#_Toc291768069)

[6.3.1子头： 22](#_Toc291768070)

[6.3.2 MAC RAR: 22](#_Toc291768071)

[6． 调度： 23](#_Toc291768072)

[7.1基本调度操作： 23](#_Toc291768073)

[7.1.1下行调度： 23](#_Toc291768074)

[7.1.2上行调度 23](#_Toc291768075)

[7.1.3调度操作所需的测量： 23](#_Toc291768076)

[7.1.4调度类型： 23](#_Toc291768077)

[7． DRX： 23](#_Toc291768078)

**36.321协议理解报告**

# 引言

## 编写目的

本文档将作为HeNB端MAC层模块设计说明书编写的依据，说明了MAC层功能及具体过程流程。本说明书的读者为LTE HeNB端MAC层各模块设计、编码人员、测试人员、项目组负责人员、实验室主任及相关项目管理人员。

编写本说明书的目的在于

* 为开发人员提供依据。
* 为修改和维护本系统提供条件。
* 项目负责人将根据本文档计划和控制系统设计、开发的全过程。

## 定 义

1. RA: random access
2. RA: random access response
3. CE: control element
4. HARQ: Hybrid ARQ
5. MAC : Medium Access Control
6. PDU: Protocol Data Unit

## 参考资料

《3GPP TS.36.321 V8.9.0 release 8 Medium Access Control (MAC) protocol specification》

# 概述：

E-UTRA定义了在UE和E-UTRAN中的两种MAC实体，这两种实体执行的具体功能不同，它们处理如下传输信道，即BCH、DL-SCH、PCH、UL-SCH和RACH。MAC在协议栈中位置如下。



MAC层在控制面协议栈和用户面协议栈中位置

# MAC层执行的功能：

* 把逻辑信道映射到传输信道；
* 复用从一条或多条逻辑信道下来的数据(MAC SDUs)到传输块，并通过传输信道发送到物理层；
* 把从传输信道传送上来的传输块解复用成MAC SDU，并通过相应的逻辑信道，上交给RLC层；
* 调度信息的报告，UE向eNB请求传输资源等；
* HARQ；
* 通过动态调度的方式，处理不同用户的优先级；以及对同一用户的不同逻辑信道的优先级处理，这里主要在UE端实现；
* 传输格式的选择，通过物理层上报的测量信息，用户能力等，选择相应的传输格式，从而达到最有效的资源利用。

# 随机接入过程



## 随机接入的用途：

* UE进入RRC\_CONNECTED状态所必须经历的阶段
  + 获取/确认 UE标识 CRNTI
  + 进行上行同步
  + 交互连接建立信令
* 连接建立状态下，UE向eNB请求资源的最后方式
* 连接建立状态下，UE上行失步后进行上行同步

## 触发随机接入过程的五种情况：

* 从 RRC-IDLE时的初始接入；
* RRC连接重建立过程；
* 切换；
* RRC-CONNECTED 期间 DL 数据到达需要随机接入过程；
* RRC-CONNECTED 期间 UL 数据到达需要随机接入过程；

其中以上五种情况均有基于竞争模式的随机接入情况，划线的两种情况也有基于非竞争模式的情况。是否基于竞争在于在当时终端能否监听eNB传递的下行控制信道，以便获得特定的资源用于传输上行前导。

**几种随机接入情况比较:**

|  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
|  | PDCCH 触发 | RRC  触发 | MAC触发 | 竞争 | 非竞争 | msg3包含CRNTI CE | CCCH | DCCH | 其他 | TCRNTI🡪CRNTI |
| 初始接入 |  | **√** |  | **√** |  |  | **√** |  |  | **√** |
| RRC连接重建立 |  | **√** |  | **√** |  |  | **√** |  |  | **√** |
| 切换 | **√** | **√** |  | **√** | **√** | **√** |  | **√** |  |  |
| 上行不同步，下行数据到达 | **√** |  |  | **√** | **√** | **√** |  |  | **√** |  |
| 上行不同步，或无PUCCH发送SR |  |  | **√** | **√** |  | **√** |  |  | **√** |  |

## 随机接入过程初始化：

* 随机接入过程初始化前，所需的必备信息及其参数：
* 用于发送随机接入前导的PRACH资源——*prach-ConfigIndex*；
* 可用的随机接入前导；
* 随机接入响应的窗口大小参数——*ra-ResponseWindowSize*；
* 功率提升步长——*powerRampingStep*；
* 可以发送前导的最大次数——*preambleTransMax*；
* 初始前导功率——*preambleInitialReceivedTargetPower*；
* 前导序列格式对应的功率偏移量；
* MSG3 HARQ重传最大次数——*maxHARQ-Msg3Tx*；
* 竞争消除定时器——*mac-ContentionResolutionTimer*。
* 随机接入过程将运行如下：
* 清理Msg3 缓冲区；
* 设置PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER to 1；
* 设置在UE的退避参数值为0ms；
* 进行随机接入资源的选择。
* 设置PREAMBLE\_RECEIVED\_TARGET\_POWER 为 *preambleInitialReceivedTargetPower* + DELTA\_PREAMBLE + (PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER – 1) \* *powerRampingStep*;
* 指示物理层利用所选PRACH传播前导、对应的RA-RNTI、preamble index 及PREAMBLE\_RECEIVED\_TARGET\_POWER。

## 竞争的随机接入：



### 4.4.1总体流程：

**1.发送前导码：**

根据阈值不同，选择一个前导码组（共A、B两组），在其中随机选择一个前导码，根据PRACH配置，随机选择一个PRACH资源。

情况：1、多个UE在相同资源上发送不同前导码：eNB通过前导码正交性进行区分；

2、多个UE在相同的资源上发送相同的前导码：eNB不能区分具体UE，eNB如果检测出该前导码，将反馈RAR，如果RAR中有对应的反馈，继续进行第三步发送Msg3。

**2.RAR：**

由PDCCH上的RA-RNTI指示，由于一个RA-RNTI中可有多个前导，因此凡是选择了同样时频资源发送前导的UE都会接收RAR。在固定的窗内接收到匹配的RAR则进行下一步操作，否则退避后重新进行步骤1。

该RAR响应中包含：前导序列索引号、时间调整信息、资源调度信息以及临时RNTI。

UE使用RA-RNTI来CRC PDCCH上的下行控制信息，如RA-RNTI与发送前导码的资源一一对应,则UE会检索RAR MAC PDU。

情况：

1. 成功接收：如果RAR MAC PDU中包含的RAPID 与前导码一一对应,则成功接收RAR， 然后UE调节上行发送时间。
2. 不成功接收：如果没有自己的RAPID, 则UE根据RAR MAC PDU中可能包含的退避值进行退避，计数器PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER加一，UE进行下一次前导码发送。当计数器大于PREAMBLE\_TRANS\_MAX时，则向上层报告RA出错。

**3.发送Msg3：**

* 初始接入和竞争解决时，发送CCCH SDU，其中为RRC连接建立或连接重建立信令；
* 切换时，发送C-RNTI CE（源eNodeB和目的eNodeB协商一致的），发送DCCH SDU，其中为RRC连接重配置完成信令；
* 上行失步时，发送前次使用的C-RNTI，以及可以发送的数据（随机接入成功后继续使用原有的C-RNTI）。

**4．竞争解决：**

竞争解决是基于PDCCH上的C-RNTI或DL-SCH上的UE竞争消除ID实现的。

* 发送CCCH SDU的Msg3 通过检测竞争解决CE是否与CCCH SDU一致来确定竞争解决是否成功。
* 发送C-RNTI 的Msg3通过检测是否收到该CRNTI标志的下行传输来确定竞争解决是否成功。

发送Msg3后，UE将：

* 开启mac竞争消除定时，在每次HARQ重传时重开启mac竞争消除定时；
* 忽略可能出现的测量间隔，监测PDCCH直到mac竞争消除器到期或停止；
* 如果PDCCH传播接收的通知是从低层获得，则UE将：
* 如在Msg3中包含C-RNTI MAC控制单元：

如果随机接入过程是被MAC本身触发，PDCCH传播C-RNTI且包含对新传的上行授权；或如果随机接入过程是被PDCCH order触发且PDCCH是给C-RNTI。则认为竞争消除成功，停止mac竞争消除定时，放弃临时C-RNTI,随机接入过程完成。

* 如在Msg3中包含CCCH SDU且PDCCH传播是给其临时C-RNTI:

如果MAC PDU被成功解码：

* 停止mac竞争消除；
* 如果MAC PDU包含UE竞争消除ID MAC控制单元，且如果MAC控制单元中的UE竞争消除ID 与Msg3中传播的CCCH SDU匹配，则认为竞争消除成功并完成MAC PDU的分解和解复用，设置C-RNTI为临时C-RNTI的值，丢弃临时C-RNTI，随机接入过程完成。否则，丢弃临时C-RNTI，认为竞争消除失败并丢弃已成功解码的MAC PDU。
* 如果mac竞争消除定时超时：
* 丢弃临时C-RNTI；竞争消除不成功。
* 如果竞争消除不成功，则UE将：
* 清理在Msg3缓冲区中用于MAC PDU 传播的HARQ缓冲；
* 将PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER +1；
* 如果PREAMBLE\_TRANSMISSION\_COUNTER= *preambleTransMax* + 1,则向上层指出随机接入问题；
* 基于UE中的退避参数，根据0到退避参数值间的均匀分布随机选择一退避值；
* 根据退避时间延迟下一次随机接入传播；
* 再次进行随机接入资源的选择。

**5.随机接入完成：**

随机接入过程成功完成后，UE将丢弃已分配的*ra-PreambleIndex* 和*ra-PRACH-MaskIndex*, 清理在Msg3缓冲区中用于MAC PDU 传播的HARQ缓冲。

### 4.4.2初始接入和无线链路失败情况下的竞争随机接入过程

步骤：

1发送前导码；

2接收RAR：

IDLE情况：其中RAR消息中的临时C-RNTI作为UE的Temporary C-RNTI，待RRC连接建

立后（收到RRC CONNECTION SETUP COMPLETE）变为C-RNTI；

RL failure情况：RAR消息中分配的临时C-RNTI在连接重建立后作为C-RNTI。但原来的

C-RNTI要作为contention resolution identity中的一部分出现在CCCH中的RRC

CONNETION RE-ESTABLISHMENT REQUST。

3 发送Msg3：

IDLE情况：在CCCH上发送RRC CONNETION REQUST（包括UE原来的标志和接入原因）；

RL failure情况：在CCCH上发送RRC CONNETION RE-ESTABLISHMENT REQEST，其中含UE

原来的C-RNTI，用于contention resolution identity。注：eNB的MAC要建立分

配的C-RNTI和UE原来的C-RNTI的映射关系，当连接建立后，使用新分配的C-RNTI来标志UE。

4 竞争解决：

在PDCCH上监视RAR中分配的C-RNTI，收到后检测contention resolution identity是否匹配，匹配则随机接入成功。

### 4.4.3切换，上行或者下行数据到达情况下的竞争随机接入过程：

****

步骤：

1发送前导码；

2接收RAR：

HO情况：UE收到target cell的HO command，已经包含要用的C-RNTI，因此新分配的

C-RNTI没有使用。

UL/DL数据到达的情况：已经有RRC连接，使用原来的C-RNTI；

3 发送Msg3：

HO的情况：发送C-RNTI CE，发送DCCH SDU，其中为RRC连接重配置完成信令；

UL数据到达的情况：直接发UL数据；

DL数据到达的情况：发C-RNTI control element,告诉eNB使用原来的C-RNTI。

4 竞争解决：

在PDCCH上监视原有的C-RNTI，收到PDU后则认为成功。

## 非竞争的随机接入：



随机接入步骤：

* 发送指定的前导码

通过高层指定（切换时，高层已经通过源eNodeB获得了将要和目的eNodeB接入时所使用的前导码和资源）

通过PDCCH order获取（eNodeB直接发送DCI 1A 通知UE使用指定的前导码和PRACH资源进行随机接入）

* 接收反馈RAR，如果收到匹配的RAR则随机接入成功。





# 传输过程：

## 5.1 DL-SCH数据传输：

### 5.1.1 DL 分配接收

当eNB对某个UE有下行数据时，DL assignment（DCI）会在PDCCH上起指示作用并提供相关的HARQ信息。

当UE有一个C\_RNTI，SPS C-RNTI或是临时C-RNTI时，该UE将在每一个TTI内监听PDCCH，为获得必要的信息用于解码DL-SCH数据

* 如果TTI内PDCCH中收到的DL assignment 是针对UE的C-RNTI或是临时C-RNTI：
* 第一个对临时C-RNTI的DL assignment，我们认为这是一个新传，即NDI更新。
* 如果对同一个HARQ 进程来说，这次DL assignment是对于UE的C-RNTI，上一个DL assignment是对于UE的SPS C-RNTI或是已配置的DL assignment，则无论NDI值是什么都将认为这是新传。
* 指示在这个TTI内现在的DL assignment，并把HARQ信息发送到HARQ实体。
* 如果TTI内PDCCH中收到的DL assignment 是对于UE的SPS CRNTI：
* 如果HARQ信息中的NDI=1， 我们认为这是一个重传，则指示在这个TTI内现在的DL assignment，并把HARQ信息发送到HARQ实体。
* 如果NDI=0，PDCCH内容有指示释放SPS，则清除已配置的DL assignment。在没有超时的情况下，对DL SPS 释放指示一个ACK到物理层。
* 如果NDI=0，PDCCH内容没有指示释放SPS，则保存DL assignment 及有关的HARQ信息作为配置后的DL assignment 。设置HARQ进程ID为与这个TTI关联的HARQ 进程ID。认为这是一个新传。指示在这个TTI内现在的DL assignment，并把HARQ信息发送到HARQ实体。
* 如果这个TTI内的DL assignment已经配置且没有measurement gap且该TTI不是MBSFN子帧：指示物理层在这个TTI内根据配置的DL assignment接收DL-SCH的传输块，并将其递交到HARQ实体。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| **前次** | | **当前** | | **新传**  **/重传** | |
| **NDI** | **授权类型** | **NDI** | **授权类型** |
| 0 | CRNTI | 0 | CRNTI | 重传 | |
| 0 | CRNTI | 1 | CRNTI | 新传 | |
| 1 | CRNTI | 0 | CRNTI | 新传 |
| 1 | CRNTI | 1 | CRNTI | 重传 |
| 0 | CRNTI | 0 | SPS-CRNTI | 新传 |
| 0 | CRNTI | 1 | SPS-CRNTI | 重传 |
| 1 | CRNTI | 0 | SPS-CRNTI | 新传 |
| 1 | CRNTI | 1 | SPS-CRNTI | 重传 |
| 0 | SPS-CRNTI | 0 | SPS-CRNTI | 新传 |
| 0 | SPS-CRNTI | 1 | SPS-CRNTI | 重传 |
| 1 | SPS-CRNTI | 0 | SPS-CRNTI | 新传 |
| 1 | SPS-CRNTI | 1 | SPS-CRNTI | 重传 |
| 0 | SPS-CRNTI | 0 | CRNTI | 新传 |
| 0 | SPS-CRNTI | 1 | CRNTI | 新传 |
| 1 | SPS-CRNTI | 0 | CRNTI | 新传 |
| 1 | SPS-CRNTI | 1 | CRNTI | 新传 |

### 5.1.2 HARQ实体：

在UE侧，只有一个HARQ实体，用于维护一些并行的HARQ进程。每一个HARQ进程与一个HARQ进程标识有关。HARQ实体将HARQ信息及在DL-SCH接收的有关TBs传给相应的HARQ进程。

### 5.1.3 HARQ进程：

对于收到的TB以及相应的HARQ信息，HARQ进程将做如下处理：

* 如果对应这个TB的NDI相对于上一次传输发送了变化；或者这个TB是发送到广播HARQ进程的并且通过RRC消息的调度信息知道这是第一个收到的广播消息传输块；或者这是收到的第一个收到的传输块，那么就认为这是一个新的传输；否则，就认为是重传；

然后UE将：

* 如是新传，那么就把当前soft buffer里的数据替换成收到的数据；
* 如果这是一个重传，并且这个数据还没有成功解码，那么把这个传输块收到的数据和soft buffer的数据合并；
* 如是重传，如果收到的数据跟soft buffer里的数据大小不一致，那么就把当前soft buffer里的数据替换成收到的数据。
* 然后尝试解码这个TB的soft buffer里的数据，

如果解码成功：

* 如果HARQ进程为广播进程，则将解码的MAC PDU传给上层。
* 如果这是第一次成功解码，则将解码的MAC PDU传给分解和解复用实体。

对这个TB的数据产生一个成功接收确认（ACK）。

如果解码未成功：

这个HARQ进程是一个广播HARQ进程或者在传输HARQ反馈时存在一个测量间隔(measurement gap)，则不指示物理层产生NACK，否则指示物理层产生NACK。



## UL-SCH 数据传输

### 5.2.1 UL grant接收

为了在UL-SCH发送数据，UE必须有一个合法的UL grant（除了非自适应的HARQ重传），这个UL grant可能动态的从PDCCH获得，或者在随机接入响应消息里，或者是半静态调度里预先配置好的。当请求传输时，MAC层从物理层收到相应的HARQ信息。

当*timeAlignmentTimer*正在运行时且UE具有C-RNTI，SPS C-RNTI或者临时C-RNTI，在每一个TTI，UE将做如下工作：

* 如果在这个TTI收到一个发送到UE的C-RNTI或者临时C-RNTI的UL grant，或者这个UL grant是RAR携带的。
* 如果这个UL grant是发给UE的C-RNTI，且如果对同一进程上一个授权是发送到SPS C-RNTI或配置好的UL grant，则无论NDI值是什么，都认为这是一个新传。
* 在该TTI内传递UL grant及有关HARQ信息到HARQ实体。
* 否则，如果在PDCCH上收到的这个TTI的UL grant是发给UE的SPS C-RNTI：
* 如果接收HARQ信息中的NDI为1：认为这是重传，并把这个TTI的UL grant以及相关的HARQ信息传给HARQ实体。
* 如果NDI值为0，且如果PDCCH的内容指示释放SPS：清除配置的UL grant。
* 如果NDI值为0，如果PDCCH的内容未指示释放SPS：保存UL grant及相关HARQ信息作为配置的UL grant；认为这是新传；把这个TTI的UL grant以及相关的HARQ信息传给HARQ实体。
* 如果这个TTI的UL grant已经配置，则认为NDI值发生变化，开始一个新传；对该TTI将配置好的UL grant及相关的HARQ信息传给HARQ实体。

### 5.2.2 HARQ 实体

对每一个TTI，HARQ实体需要:

* 确认哪一个HARQ进程跟这个TTI相关，然后把收到的相关的HARQ反馈、MCS和资源发到相应的HARQ进程。
* 如果已经确认这个TTI有一个UL grant：
* 如果这个UL grant不是发给临时C-RNTI，且NDI值相对于上一次传输发生了变化；
* 或如果UL grant是发给C-RNTI的，且这个HARQ进程对应的HARQ缓冲区是空的；
* 或如果这个UL grant是在RAR消息里的。
* 发生以上任一情况时：如果有一个MAC PDU在Msg3的缓冲区里，那么就从这个Msg3的缓冲区里面取MAC PDU用于发送；否则，就从"Multiplexing and assembly"实体取MAC PDU用于发送。把这个MAC PDU，上行授权以及相关的HARQ信息发送到相应的HARQ进程，并指示这个HARQ进程触发一个新传。
* 未发生以上任一情况时：把UL grant以及相关的HARQ信息（冗余版本）发送到相应的HARQ进程，并指示这个HARQ进程产生一个自适应重传。
* 如果未确认该TTI有UL grant时，如果这个TTI对应的HARQ进程的缓冲区不为空：指示HARQ进程产生一个非自适应重传。

### 5.2.3 HARQ 进程

每一HARQ进程都与一HARQ缓冲区有关。

新传在PDCCH或者RAR指示的MCS以及资源上传输，自适应重传类似。而非自适应重传使用上一次的资源以及MCS发送。

* 如果HARQ实体请求一个新传，这个HARQ进程需要做到：

- 把 CURRENT\_TX\_NB 设为0；

- 把CURRENT\_IRV 设为 0；

- 把这个MAC PDU放到相应的HARQ缓冲区；

- 保存从HARQ实体收到的这个上行授权；

- 把 HARQ\_FEEDBACK设置NACK；

- 按照下面的流程产生一个传输。

* 如果HARQ实体要求重传，那么这个HARQ进程需要：

- 把CURRENT\_TX\_NB加1

- 如果HARQ实体请求的是自适应的重传：把从HARQ实体收到的上行授权保存起来；设置CURRENT\_IRV为收到的HARQ信息里的冗余版本索引；把HARQ\_FEEDBACK设为NACK；按照如下的方式产生一个传输。

- 如果HARQ进程请求的是一个非自适应重传：如果HARQ\_FEEDBACK = NACK，按照下面的描述产生一个传输。

* 为了产生一个传输，HARQ进程需要：

如果这个MAC PDU是从Msg3的缓冲区里获得的，或如果在当前传输时没有测量，在该TTI内重传与从Msg3缓冲区得到的MAC PDU传输不冲突：

* 指示物理层根据保存的上行授权以及CURRENT\_IRV值指示的冗余版本产生一个传输；
* 把CURRENT\_IRV加1；
* 如果在接收HARQ反馈时，存在测量，并且这个MAC PDU不是从Msg3的缓冲区获得时，则在接收HARQ反馈的时候把HARQ\_FEEDBACK置为ACK。
* 当完成上面的操作，HARQ进程检查CURRENT\_TX\_NB是否等于最大传输次数减1，如果是，则清理HARQ缓冲区。

5.2.4 复用和组装

#### 5.2.4.1逻辑信道优先级

当执行新传时，将应用逻辑信道优先级过程。

RRC通过给每个逻辑信道发送*priority*、*prioritisedBitRate*、*bucketSizeDuration*来控制上行数据调度。

*Priority*：递增的优先值指示较低的优先水平。

*prioritisedBitRate*：设置优先比特率（*PBR）。*

BSD：设置Bucket Size Duration（BSD）。

UE为每一逻辑信道j保留变量Bj。当有关逻辑信道被建立时Bj被初始化为0，并在每TTI加上 。

其中 （bucket size），当大于bucket size时，将其设为bucket size。

当执行新传时，UE将按如下方式执行逻辑信道优先：

1. 所有Bj>0的逻辑信道将按递减的优先顺序被分配资源。如果逻辑信道的PBR被设为“infinity”，则在见到较低优先权无线承载的PBR前，为在无线承载上传播的所有可用数据分配资源。
2. UE将步骤1中服务逻辑信道的MAC SDU的总大小减去Bj。
3. 如仍有资源存在，则将以递减优先序列服务所有逻辑信道，直到UL授权用尽或逻辑信道数据用完。

在执行以上调度过程时，UE将遵循以下规则：

* 如果整个SDU（或部分传输的SDU或重传的RLC PDU）匹配余下资源，则UE不将分割RLC SDU。
* 如果UE从逻辑信道分割RLC SDU，则它将最大化分割的大小以尽可能满足授权。
* UE将最大化数据的传输。
* Priority, PBR and Bucket Delay settings

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| DRB | priority | prioritizedBitRate (kbytes/s) | bucketSizeDuration (ms) |
| DRB1 | 6 | 8 | 100 |
| DRB2 | 7 | 16 | 100 |
| DRB3 | 8 | 32 | 100 |

#### 5.2.4.2复用

在MAC PDU 中进行MAC CE 和MAC SDU的复用。

### 5.2.5 调度请求（SR）

**作用**：为新传请求UL-SCH资源。

SR被发起时，它将一直等候直到被取消。如果SR被发起且没有其他SR等候时，UE将设置SR-COUNTER为0。

有等候SR时，每TTI UE进行的过程：

* 如果在该TTI没有用于传输的可用UL-SCH资源：
* 如果在任意TTI都没有对SR的有效PUCCH资源，则初始化随机接入过程并取消所有正在等候的SR。
* 或如果在该TTI UE有对SR的有效PUCCH资源且该TTI不属于测量间隔：

如果SR-COUNTER<dsr-TransMax，则将SR-COUNTER+1并指示物理层在PUCCH上发SR。否则通知RRC释放PUCCH/SRS，清理所有已配置的DL分配，UL授权，初始化随机接入过程并取消所有等候的SR。

* 如果在该TTI有对新传的可用UL-SCH资源，则取消所有等候的SR。

### 5.2.6缓冲区状态报告（BSR）

**作用：**向服务eNB提供UE上行缓冲区中数据量的信息。

**触发BSR的情况：**

* 属于某一LCG的逻辑信道，它对应的RLC或PDCP实体里存在要发送的上行数据；或者一个有数据需要发送的逻辑信道，它的优先级高于有待发数据的任一LCG中逻辑信道；或者某一LCG中的任一逻辑信道都没有数据要发送。这些情况触发的BSR，称为“常规BSR”；
* 已经分配了上行资源，且填充比特数大于或等于BSR控制单元加上子头部的大小。此时触发的BSR属于“填充BSR”；
* *retxBSR-Timer* 超时，属于某一LCG的任一逻辑信道有数据要发送。此时的BSR称为“常规BSR”；
* *periodicBSR-Timer* 超时。此时的BSR称为“周期性BSR”。

**报告形式：**

* 对于常规和周期BSR：
* 如果在发送BSR的当前TTI有多于一个的LCG有数据要发送，则报告长BSR；
* 否则报告短BSR。
* 对于填充BSR：
* 如果填充比特数大于或等于短BSR加其子头部的大小但又小于长BSR加其子头部的大小：
* 如果在发送BSR的当前TTI有多于一个的LCG有数据要发送：报告其中具有最高优先

级逻辑信道的LCG的截断BSR；

* 否则报告短BSR。
* 如果填充比特数大于或等于长BSR加其子头部的大小, 报告长BSR。
* 如果BSR报告流程发现至少有一个BSR已经触发了，并且没有取消：
* 如果UE在这个TTI有上行资源用于发起新的传输：指示复用过程产生一个BSR MAC控制单元；启动或者重启定时器*periodicBSR-Timer，* 除了此时BSR是截断BSR的情况；启动或者重启*retxBSR-Timer*。
* 否则，如果常规BSR已经被触发: 则触发一个SR消息。

# MAC PDU：

## 6.1MAC PDU(DL-SCH 及 UL-SCH)：



包含MAC 头、MAC CE、MAC SDU和填充的MAC PDU

6.1.1子头：

每一子头对应一个MAC SDU、MAC CE或填充。

* + 包含 R/R/E/LCID/F/L域的子头：



* + 包含R/R/E/LCID的子头：

位置：PDU最后一个子头部、固定大小的MAC控制单元以及填充对应的子头部。



MAC头各域含义：

R（预留位）：设为0。

E（扩展域）：指示MAC头中是否有更多域存在。

1：至少有另一R/R/E/LCID域的集合；0：下一字节为SDU、CE或填充。

L（长度域）：用字节指示相应MAC SDU的长度。

F（格式域）：指示长度域大小。

LCID（LC ID域）：指示对应MAC SDU的逻辑信道实例或对应MAC CE的类型或填充。

对应DL-SCH的LCID值

|  |  |
| --- | --- |
| 索引 | LCID 值 |
| 00000 | CCCH |
| 00001-01010 | 逻辑信道的ID |
| 01011-11011 | 预留 |
| 11100 | UE竞争消除ID |
| 11101 | 定时提前命令 |
| 11110 | DRX 命令 |
| 11111 | 填充 |

对应UL-SCH的LCID值

|  |  |
| --- | --- |
| Index | LCID values |
| 00000 | CCCH |
| 00001-01010 | Identity of the logical channel |
| 01011-11001 | Reserved |
| 11010 | Power Headroom Report |
| 11011 | C-RNTI |
| 11100 | Truncated BSR |
| 11101 | Short BSR |
| 11110 | Long BSR |
| 11111 | Padding |

* + 1. 控制单元：
  + BSR MAC控制单元：



短B 短BSR及截断BSR MAC控制单元 长BSR MAC控制单元

LCG ID：该域指示正报告缓冲区状态的逻辑信道群。

缓冲区大小：该域指示已建立MAC PDU后贯穿逻辑信道群中所有逻辑信道的可用数据总量。

* + C-RNTI MAC控制单元：



C-RNTI MAC控制单元

C-RNTI：该域包含UE的C-RNTI。

* + DRX 命令MAC控制单元：
  + UE竞争消除ID MAC控制单元：



UE竞争消除ID：该域指示CCCH SDU。

* 定时提前命令MAC控制单元：



R：预留位，设为0；

定时提前命令：该域指示用于时间调整量控制的索引值TA

* 功率余量MAC控制单元：



R:预留位，设为0

PH：该域指示功率余量水平

## 6.2 MAC PDU (透明 MAC)

唯一包含MAC SDU的MAC PDU，其大小与TB对齐。



## 6.3 MAC PDU（随机接入响应）



包含MAC 头和MAC RARs的MAC PDU

6.3.1子头：

 

E/T/RAPID的MAC 子头 E/T/R/R/BI的MAC 子头

MAC头各域含义：

E（扩展域）：用于指示在MAC 头中是否有更多域存在的标志。

1：至少有另一E/T/RAPID域的集合；0：下一字节为MAC RAR或填充。

T（类型域）：指示MAC 子头中所含的是RA ID还是退避指示。

1：子头中出现的是RAPID；0：子头中出现的是BI。

R（预留bit）：设为0。

BI（退避指示域）：指示小区中的超载情况。

RAPID（RA前导ID）：指示传播的随机接入前导。

6.3.2 MAC RAR:



MAC RAR

各域含义：

R（预留bit）：设为0。

Timing Advance Command：该域指示用于时间调整量控制的索引值TA

UL Grant：该域用来指示在上行使用的资源。

Temporary C-RNTI：该域用于指示在RA期间UE使用的临时ID。

# 调度：

**作用：**MAC层使用的调度功能，其目的是高效利用SCH资源。

## 7.1基本调度操作：

在eNB的MAC层有动态资源调度器，即为DL-SCH和UL-SCH传输信道分配物理层资源。DL-SCH和UL-SCH的调度器不同。调度器要考虑交通容量、每一UE所需Qos及有关的无线承载。调度器考虑在UE的无线条件可能会分配资源，分配的资源包含PRB和MCS。

### 7.1.1下行调度：

在下行链路，通过PDCCH上的C-RNTI，E-UTRAN可在每一TTI向UEs动态地分配资源。当可以下行链路接收时，UE一直监视PDCCH以发现合适分配。

此外，对向UE的第一个HARQ传播，E-UTRAN可分配半静态下行资源：RRC定义半静态下行授权周期，PDCCH指示是否下行授权为半静态的。

### 7.1.2上行调度

大致过程同下行调度

### 7.1.3调度操作所需的测量：

为了在上行和下行链路上进行调度操作，需要包括传输容量及UEs无线环境的测量报告。

### 7.1.4调度类型：

* 动态调度：对于UL-SCH 和DL-SCH是最基本的调度方式。
* 半静态调度：是一种优化的方式（例如对于UL & DL VoIP)，RRC信令负责静态调度

参数(周期)的配置，PDCCH信令负责激活/去激活半静态调度资源。

这些资源主要是分配那些需要周期性调度的业务

* 静态调度：显然是有周期性，可配置性的。这些主要是针对广播消息，呼叫。

# DRX：

由RRC配置UE的DRX功能，以控制UE对PDCCH的监测。

RRC-CONNECTED时，配置DRX后，UE可利用DRX操作进行PDCCH的非连续监测。否则UE将连续监测PDCCH。

RRC通过配置如下定时器以控制DRX操作：

* *onDurationTimer*：指定在DRX Cycle开始时的连续PDCCH子帧数。
* *drx-InactivityTime*r：在成功解码指示初始UL 或DL用户数据传播的PDCCH后，指定

连续PDCCH子帧数。

* *drx-RetransmissionTimer*：只要UE期待DL重传,就指定连续PDCCH子帧的最大数。
* *drxStartOffset*值：指定DRX周期开始的子帧
* *drxShortCycleTimer*：指定UE将跟从短 DRX周期的连续子帧数
* *longDRX-Cycle、 shortDRX-Cycle：*指定ON Duration的定期重复。

DRX 周期

配置DRX接收后，在每一子帧UE将进行如下操作：

* 如果HARQ RTT Timer到期且相应HARQ进程的soft buffer中的数据未被成功解码：则对相应HARQ进程开启*drx-RetransmissionTimer*。
* 如果接收到DRX 命令MAC CE：则停止*onDurationTimer*和*drx-InactivityTimer* 。
* 如果*drx-InactivityTimer*到期或在该子帧收到DRX命令MAC CE：

如果配置*shortDRX-Cycle*，则开启或重启*drxShortCycleTimer*，使用*shortDRX-Cycle*。

否则使用*longDRX-Cycle*。

* 在该子帧如果*drxShortCycleTimer*到期：则使用*longDRX-Cycle*。
* 如果使用*shortDRX-Cycle*且[(SFN\*10)+子帧数]modulo (*shortDRX-Cycle*) = (*drxStartOffset*) modulo (*shortDRX-Cycle*)，或如果使用*longDRX-Cycle*且[(SFN\*10)+子帧数]modulo (*longDRX-Cycle*) = *drxStartOffset*：则开启*onDurationTimer*。
* 在Active Time期间，对一个PDCCH子帧，如果子帧不用于上行传输，半双工FDD UE操作且如果子帧不属于配置的测量间隔：则
* 坚持PDCCH;
* 如果PDCCH指示DL传输或如果对该子帧已配置了DL分配：则对相应的HARQ进程开启HARQ RTT Timer；对相应HARQ进程停止*drx-RetransmissionTimer*。
* 如果PDCCH指示新传（DL或UL），则开启或重启*drx-InactivityTimer*。
* 当不在Active Time时，则报告PUCCH上的CQI/PMI/RI、SPS。