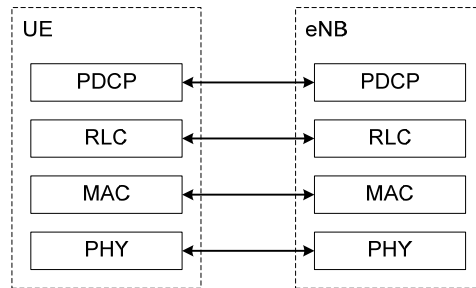


## 第四章 TD-LTE 空中接口协议规范

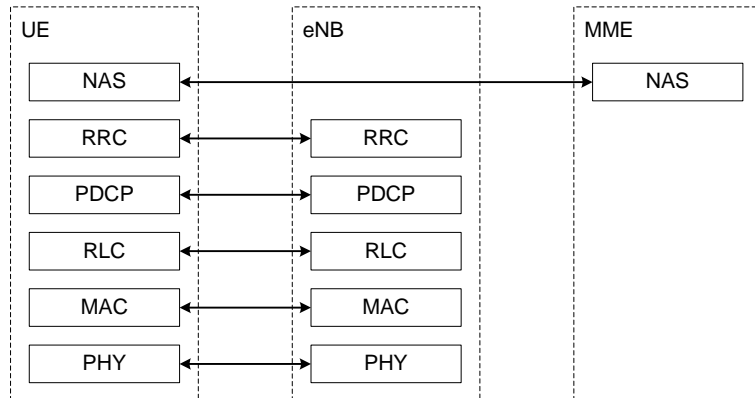
### 4.1 空中接口结构概述

空中接口是指终端与接入网之间的接口，简称 Uu 口，通常也成为无线接口。在 TD-LTE 中，空中接口是终端和 eNodeB 之间的接口。空中接口协议主要是用来建立、重配置和释放各种无线承载业务的。空中接口是一个完全开放的接口，只要遵守接口规范，不同制造商生产的设备就能够互相通信。

空中接口协议栈主要分为三层两面，三层是指物理层、数据链路层、网络层，两面是指控制平面和用户平面。从用户平面看，主要包括物理层、MAC 层、RLC 层、PDCP 层，从控制平面看，除了以上几层外，还包括 RRC 层，NAS 层。RRC 协议实体位于 UE 和 ENB 网络实体内，主要负责对接入层的控制和管理。NAS 控制协议位于 UE 和移动管理实体 MME 内，主要负责对非接入层的控制和管理。空中接口协议栈具体结构如图 4-1 和 4-2 所示。层 2（MAC 层、RLC 层、PDCP 层）各层具体功能将在后面几节中描述。



4-1 空中接口用户面协议栈结构



4-2 空中接口控制面协议栈结构

### 4.2 信道的定义和映射关系

TD-LTE 沿用了 UMTS 里面的三种信道，逻辑信道，传输信道与物理信道。从协议栈的角度来看，物理信道是物理层的，传输信道是物理层和 MAC 层之间的，逻辑信道是 MAC 层和 RLC 层之间的，它们的含义是：

- (1) 逻辑信道，传输什么内容，比如广播信道（BCCH），也就是说用来传广播消

---

息的;

(2) 传输信道, 怎样传, 比如说下行共享信道 **DL-SCH**, 也就是业务甚至一些控制消息都是通过共享空中资源来传输的, 它会指定 **MCS**, 空间复用等等方式, 也就是说告诉物理层如何去传这些信息;

(3) 物理信道, 信号在空中传输的承载, 比如 **PBCH**, 也就是在实际的物理位置上采用特定的调制编码方式来传输广播消息了。

#### 4.2.1 物理信道

物理层位于无线接口协议的最底层, 提供物理介质中比特流传输所需要的所有功能。物理信道可分为上行物理信道和下行物理信道。

TD-LTE 定义的下行物理信道主要有如下 6 种类型:

- (1) 物理下行共享信道 (**PDSCH**): 用于承载下行用户信息和高层信令。
- (2) 物理广播信道 (**PBCH**): 用于承载主系统信息块信息, 传输用于初始接入的参数。
- (3) 物理多播信道 (**PMCH**): 用于承载多媒体/多播信息。
- (4) 物理控制格式指示信道 (**PCFICH**): 用于承载该子帧上控制区域大小的信息。
- (5) 物理下行控制信道 (**PDCCH**): 用于承载下行控制的信息, 如上行调度指令、下行数据传输是指、公共控制信息等。
- (6) 物理 HARQ 指示信道 (**PHICH**): 用于承载对于终端上行数据的 **ACK/NACK** 反馈信息, 和 HARQ 机制有关。

TD-LTE 定义的上行物理信道主要有如下 3 种类型:

- (1) 物理上行共享信道 (**PUSCH**): 用于承载上行用户信息和高层信令。
- (2) 物理上行控制信道 (**PUCCH**): 用于承载上行控制信息。
- (3) 物理随机接入信道 (**PRACH**): 用于承载随机接入前道序列的发送, 基站通过对序列的检测以及后续的信令交流, 建立起上行同步。

#### 4.2.2 传输信道

物理层通过传输信道向 **MAC** 子层或更高层提供数据传输服务, 传输信道特性由传输格式定义。传输信道描述了数据在无线接口上是如何进行传输的, 以及所传输的数据特征。如数据如何被保护以防止传输错误, 信道编码类型, **CRC** 保护或者交织, 数据包的大小等。所有的这些信息集就是我们所熟知的“传输格式”。

传输信道也有上行和下行之分。

TD-LTE 定义的下行传输信道主要有如下 4 种类型:

- (1) 广播信道 (**BCH**): 用于广播系统信息和小区的特定信息。使用固定的预定义格式, 能够在整个小区覆盖区域内广播。
- (2) 下行共享信道 (**DL-SCH**): 用于传输下行用户控制信息或业务数据。能够使用 **HARQ**; 能够通过各种调制模式, 编码, 发送功率来实现链路适应; 能够在整个小区内发送; 能够使用波束赋形; 支持动态或半持续资源分配; 支持终端非连续接收以达到节电目的; 支持 **MBMS** 业务传输。
- (3) 寻呼信道 (**PCH**): 当网络不知道 **UE** 所处小区位置时, 用于发送给 **UE** 的

---

控制信息。能够支持终端非连续接收以达到节电目的；能在整个小区覆盖区域发送；映射到用于业务或其他动态控制信道使用的物理资源上。

- (4) 多播信道 (MCH)：用于 MBMS 用户控制信息的传输。能够在整个小区覆盖区域发送；对于单频点网络支持多小区的 MBMS 传输的合并；使用半持续资源分配。

TD-LTE 定义的上行传输信道主要有如下 2 种类型：

- (1) 上行共享信道 (UL-SCH)：用于传输下行用户控制信息或业务数据。能够使用波束赋形；有通过调整发射功率、编码和潜在的调制模式适应链路条件变化的能力；能够使用 HARQ；动态或半持续资源分配。
- (2) 随机接入信道 (RACH)：能够承载有限的控制信息，例如在早期连接建立的时候或者 RRC 状态改变的时候。

### 4.2.3 逻辑信道

逻辑信道定义了传输的内容。MAC 子层使用逻辑信道与高层进行通信。逻辑信道通常分为两类：即用来传输控制平面信息的控制信道和用来传输用户平面信息的业务信道。而根据传输信息的类型又可划分为多种逻辑信道类型，并根据不同的数据类型，提供不同的传输服务。

TD-LTE 定义的控制信道主要有如下 5 种类型：

- (1) 广播控制信道 (BCCH)：该信道属于下行信道，用于传输广播系统控制信息。
- (2) 寻呼控制信道 (PCCH)：该信道属于下行信道，用于传输寻呼信息和改变通知消息的系统信息。当网络侧没有用户终端所在小区信息的时候，使用该信道寻呼终端。
- (3) 公共控制信道 (CCCH)：该信道包括上行和下行，当终端和网络间没有 RRC 连接时，终端级别控制信息的传输使用该信道。
- (4) 多播控制信道 (MCCH)：该信道为点到多点的下行信道，用于 UE 接收 MBMS 业务。
- (5) 专用控制信道 (DCCH)：该信道为点到点的双向信道，用于传输终端侧和网络侧存在 RRC 连接时的专用控制信息。

TD-LTE 定义的业务信道主要有如下 2 种类型：

- (1) 专用业务信道 (DTCH)：该信道可以为单向的也可以是双向的，针对单个用户提供点到点的业务传输。
- (2) 多播业务信道 (MTCH)：该信道为点到多点的下行信道。用户只会使用该信道来接收 MBMS 业务。

### 4.2.4 相互映射关系

MAC 子层使用逻辑信道与 RLC 子层进行通信，使用传输信道与物理层进行通信。因此 MAC 子层负责逻辑信道和传输信道之间的映射。

- (1) 逻辑信道至传输信道的映射

TD-LTE 的映射关系较 UTMS 简单很多，上行的逻辑信道全部映射在上行共享传输信道上传输；下行逻辑信道的传输中，除 PCCH 和 MBMS 逻辑信道有专用的 PCH

和 MCH 传输信道外，其他逻辑信道全部映射到下行共享信道上（BCCH 一部分在 BCH 上传输）。具体的映射关系如图 4-3 和图 4-4 所示。

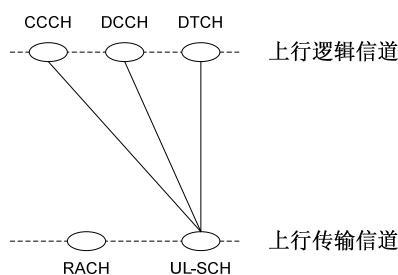


图 4-3 上行逻辑信道到传输信道的映射关系

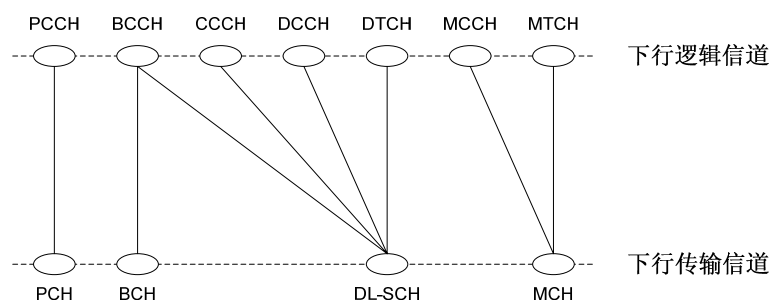


图 4-4 下行逻辑信道到传输信道的映射关系

## (2) 传输信道至物理信道的映射

上行信道中，UL-SCH 映射到 PUSCH 上，RACH 映射到 PRACH 上。下行信道中，BCH 和 MCH 分别映射到 PBCH 和 PMCH，PCH 和 DL-SCH 都映射到 PDSCH 上。具体映射关系如图 4-5 和图 4-6 所示。

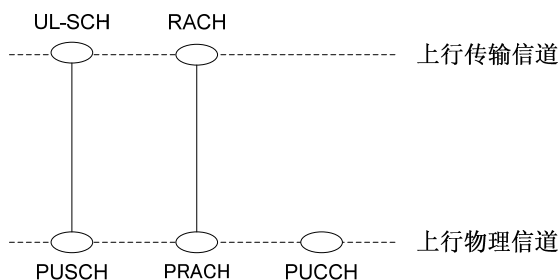


图 4-5 上行传输信道到物理信道的映射关系

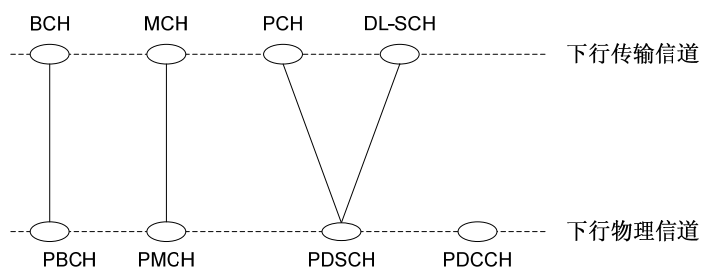


图 4-6 下行传输信道到物理信道的映射关系

### 4.3 媒体接入控制层

#### 4.3.1 MAC层功能概述

不同于 UMTS，MAC 子层只有一个 MAC 实体，包括传输调度功能、MBMS 功能、MAC 控制功能、UE 级别功能以及传输块生成等功能块。MAC 层结构如图 4-7 所示。

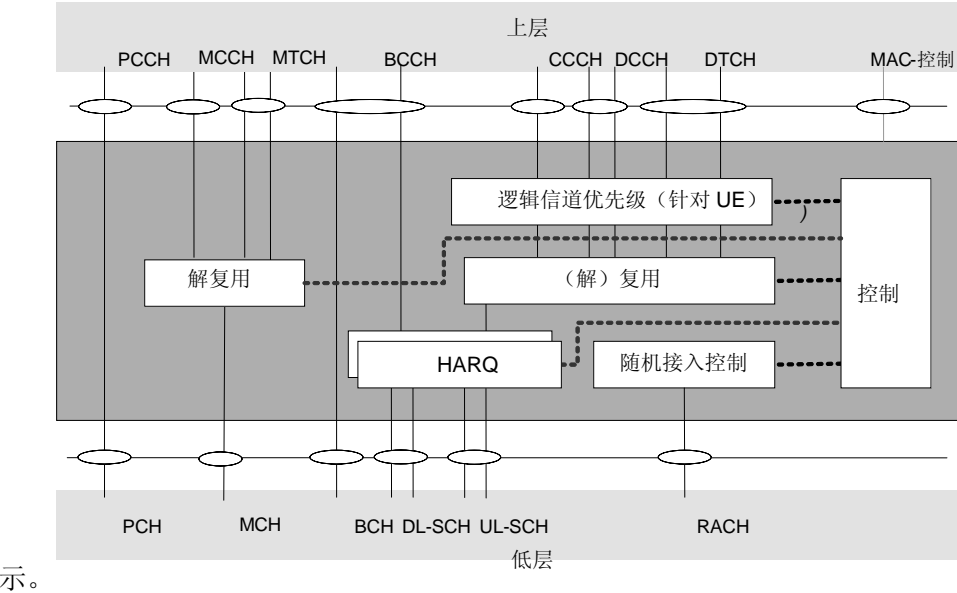


图 4-7 MAC 层结构图

MAC 层的各个子功能块提供以下的功能：

- (1) 实现逻辑信道到传输信道的映射；
- (2) 来自多个逻辑信道的 MAC 服务数据单元（SDU）的复用和解复用；
- (3) 上行调度信息上报，包括终端待发送数据量信息和上行功率余量信息。基于 HARQ 机制的错误纠正功能；
- (4) 通过 HARQ 机制进行纠错；
- (5) 同一个 UE 不同逻辑信道之间的优先级管理；
- (6) 通过动态调度进行 UE 之间的优先级管理；
- (7) 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（包括调制方式和编码速率等），从而达到最有效的资源利用；
- (8) MBMS 业务识别；
- (9) 填充功能，即当实际传输数据量不能填满整个授权的数据块大小时使用。

各功能与位置和链路方向的对应关系如表 4-1 所示。

表 4-1 MAC 功能与位置和链路方向的关系

MAC 功能	UE	eNB	Downlink	Uplink
逻辑信道与传输信道的映射	X		X	X
		X	X	X
复用	X			X
		X	X	
解复用	X		X	

		X		X
通过 HARQ 纠错	X		X	X
		X	X	X
传输格式选择		X	X	X
不同 UE 间的优先级处理		X	X	X
同一 UE 不同逻辑信道之间的优先级处理		X	X	X
逻辑信道优先问题	X			X
调度信息报告	X			X

### 4.3.2 MAC层关键过程

#### 1. 调度

与 UMTS 不同，TD-LTE 完全取消了专用信道，并引入了共享信道的概念。在不同 UE 不同逻辑信道之间划分共享信道资源的功能成为调度。早期的很多接入系统每个用户的业务都有专门的信道，虽然到了 HSPA 时已经有共享信道的概念，但是主要还是针对数据业务。LTE 的几乎所有的应用与业务都是使用共享信道，由于各个业务与应用的对服务质量（QoS）的要求是不同的，如何为具有不同带宽要求、不同时延保障、不同 QoS 等级的各种业务合理地分配资源，在满足业务需求的基础上，提高网络的总体吞吐量和频谱效率，是分组调度的核心任务。

TD-LTE 中引入了动态调度和半持续调度两种调度模式，其中半持续调度是在动态调度基础上为支持 VoIP 等业务引入的。

##### （1） 动态调度

这种方法由 MAC 层（调度器）实时动态地分配时频资源和允许传输的速率，灵活性很高，但控制信令开销也大，适合突发特征明显的业务。

动态调度的基本过程是：

- a) eNodeB 在控制信道上发送资源调度信令；
- b) UE 检测控制信道，如果发现针对自己的资源调度信令，则按照信令中的信息进行数据传输。

上行和下行动态调度过程如图 4-8、4-9 所示。

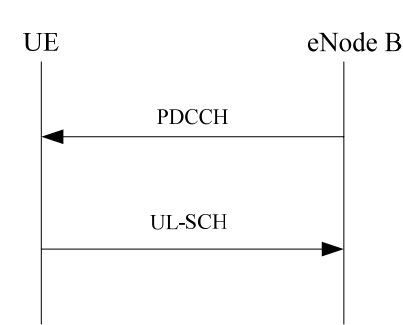


图 4-8 上行动态调度过程

上行调度具体过程如下：

- （1） eNodeB 通过 PDCCH 发送调度信令，其中包括了资源分配信息、传输块格式信息和相关的 HARQ 信息。
- （2） UE 解析相应的调度信令，并生成相应的上行传输块，通过 UL-SCH 发送到 eNodeB。

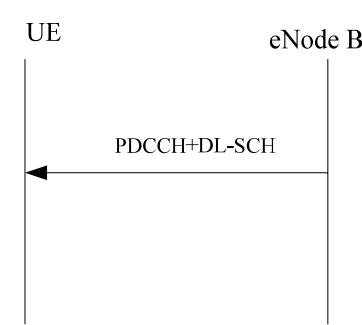


图 4-9 下行动态调度过程

在下行调度的过程中，eNodeB 在同一个子帧发送 PDCCH 调度信令和相应的下行业务数据，UE 通过解析 PDCCH 获得资源分配信息、传输块格式信息和相关的 HARQ 信息，在 DL-SCH 上解析相应的业务数据传输块。

## (2) 半持续调度 (Semi-Persistent Scheduling, SPS)

SPS 是在动态调度的基础上引入的，它是一种优化的方式（例如对于 UL & DL VoIP），用于支持分组大小相对固定、到达具有周期性特点的业务。RRC 信令负责静态调度参数(周期)的配置，PDCCH 信令负责激活/去激活半持续调度资源。既然是周期性需要的，不采用事先配置的原因是因为在 TD-LTE 中，PDCCH 的资源是非常宝贵，上下行共用，这样做可以减少 PDCCH 资源的占用。

半持续调度方式是指在 TD-LTE 的调度传输过程中，eNodeB 在初始调度通过 PDCCH 指示 UE 当前的调度信息，UE 识别是半持续调度，则保存当前的调度信息，每隔固定周期在相同的时频资源位置上进行该业务数据的发送或接收。容易理解，使用半持续调度传输，可以充分利用话音数据包周期到达的特点，一次授权，周期使用，可以有效的节省 LTE 系统用于调度指示的 PDCCH 资源。

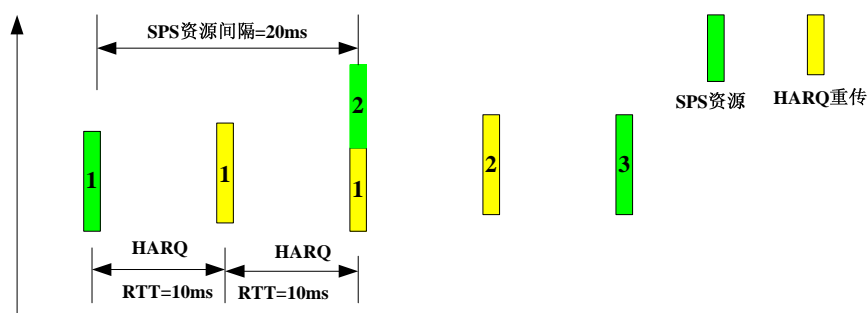
以典型的 VoIP 业务为例，VoIP 业务激活期间其数据包到达周期为 20ms，如果采用动态调度方式，调度每一个话音分组都需要单独发送 PDCCH，将进入很大的控制开销。但如果采用半持续调度方式，则 eNodeB 只要通过 PDCCH 给 UE 半持续调度指示，UE 即按照 PDCCH 的指示进行本次调度数据的传输或者接收，并且在每隔 20ms 之后，在相同的 SPS 资源上进行新到达的 VoIP 数据包的传输或者接收，直到 SPS 资源被释放。

SPS 资源的释放有隐式释放和显式释放两种方式。

隐式释放仅应用于上行，当 eNodeB 检测到连续多个 MAC PDU 中不包含 MAC SDU 时，就会释放 SPS 资源。

显式释放应用于上行和下行，由 eNodeB 发送特殊格式的 PDCCH，通知 UE 释放当前的 SPS 资源。

由 SPS 调度原理可知，为了支持 VoIP 业务激活期间的数据传输，需要配置周期为 20ms 的 SPS 资源，但在 TDD 几种典型的上/下行子帧配置中，上行 HARQ RTT (Round Trip Time) 为 10ms，并且由于采用同步 HARQ 过程，当前一个 SPS 资源上的传输块进行第二次重传时，将会和下一个 SPS 资源上的传输块发生在同一个子帧，导致冲突。如图 4-10 所示，其中 SPS 资源 1 上传输块的第二次 HARQ 重传时发生在第二个 SPS 资源相同的子帧，这种情况在 TD-LTE 中是不允许的。

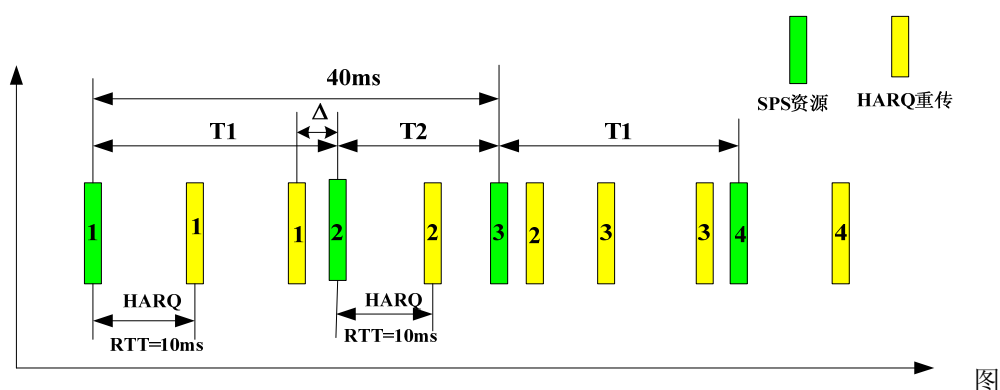


图

4-10 SPS 冲突

为了避免上述冲突的发生，在 TD-LTE 中引入了双间隔的 SPS 机制，如图 4-11 所示，图中第一个 SPS 资源和第二个 SPS 资源之间的间隔为 T1，第二个 SPS 资源和第三个 SPS 资源之间的间隔为 T2，第三个 SPS 资源和第四个 SPS 资源之间的间隔为 T1。依次类推，SPS 资源之间真的间隔的 T1、T2、T1、T2...，其中 T1 和 T2 之和等于 40ms，

但 T1 不等于 T2。在激活 SPS 资源时，只要设置 T1 和 T2 不是 10ms 的整数倍，就可以避免第二次 HARQ 重传和 SPS 资源之间的冲突。



4-11 TDD 双间隔半持续调度示意图

MAC 规范中定义了如下计算公式来生成双间隔的 SPS 资源图案：

$$(10 * SFN + subframe) = [(10 * SFN_{start\ time} + subframe_{start\ time}) + N * semiPersistSchedIntervalUL + Subframe\_Offset * (N\ modulo\ 2)]\ modulo\ 10240, N > 0.$$

式中个参数含义如下：

- ① SFN：系统帧号；
- ② Subframe：子帧号；
- ③ SFN<sub>start time</sub>：激活SPS时系统帧号；
- ④ subframe<sub>start time</sub>：激活SPS时的子帧号；
- ⑤ semiPersistSchedIntervalUL：RRC 协议配置的 SPS 资源周期，如 20ms；
- ⑥ Subframe\_Offset：T1 和 T2 之间的差，由激活上行 SPS 的 PDCCH 的子帧号决定；

对于下行，由于采用异步自适应的 HARQ 机制，当 HARQ 重传和 SPS 资源发生冲突时，可采用动态调度的方法避免冲突，所以不存在上述冲突问题。下行 SPS 资源位置的计算公式为：

$$(10 * SFN + subframe) = [(10 * SFN_{start\ time} + subframe_{start\ time}) + N * semiPersistSchedIntervalDL]\ modulo\ 10240, N > 0.$$

其中，SFN、subframe、SFN<sub>start time</sub>、subframe<sub>start time</sub>的含义和上行相同，semiPersistSchedIntervalDL是高层协议配置的下行SPS资源周期。

## 2. HARQ

MAC 层协议实现对物理层 HARQ 功能的控制。每个 UE 中存在一个 UL HARQ 实体和一个 DL HARQ 实体，每个实体包含多个并行操作的 HARQ 进程。HARQ 实体响应调度信令，并操作 HARQ 进程，HARQ 进程针对传输块进行 HARQ 操作。

在动态调度和 SPS 下的 HARQ 过程是不同的，对比表如表 4-2.

表 4-2 动态调度与 SPS 调度比较

	动态调度	半持续调度
PDCCH 中采用的 UE 标识	C-RNTI (cell- Radio Network Temporary Identifier)	SPS C-RNTI
激活 PDCCH		NDI 总是置 0
初始 HARQ 传输	由 PDCCH 进行指示 NDI 需要翻转	不需要 PDCCH 进行调度



HARQ 重传	由 PDCCH 进行指示 NDI 取值与初始值相同	由 PDCCH 进行分配 NDI 总是置 1
释放 PDCCH		NDI 总是置 0

表中，NDI 表示新数据标识符，NDI 翻转则表示这次要是一次新的传输，而与 NDI 每次具体的值无关，只看其值翻转与否；若 NDI 没有翻转，则不是新传输。

上表中的对比基于 HARQ（用于 TD-LTE 下行传输），上行 HARQ 机制既可以采用自适应 HARQ，也可以采用非自适应 HARQ。当采用非自适应 HARQ 时，HARQ 重传不需要 PDCCH，此时重传所使用的资源和传输属性与初始 HARQ 传输相同。

### 3. 随机接入过程

随机接入过程用于 UE 没有分配上行无线资源但有数据要发送的情况下、或者当 UE 在上行方向还未时间同步的情况下。随机接入信道控制是 MAC 层功能的一个重要部分，在后面 6.2 章节会有详细讨论。

### 4. 调度请求

调度请求（SR）用于向 eNodeB 请求 UL-SCH 资源发送上行数据所用，当触发了 SR 时，它就会一直处于挂起的状态直到它被取消为止，也就是要么当这次请求得到满足或者这个 SR 没有必要等了。

调度请求 SR 由常规缓存状态报告（Regular BSR）触发，BSR 将 UE 当前缓冲区中待发送数据情况告诉 eNodeB，为 eNodeB 提供上行调度的信息。而 BSR 信息也是需要上行共享资源来发送的，那么如何获得用于发送 BSR 的上行资源呢？这就要先在 PUCCH 上发送调度请求 SR 或者通过 PRACH 发送调度请求 SR。由于分配给 UE 的 PUCCH 是周期性的独占式的资源，UE 应该总是有资源的；但是如果在 PUCCH 上发送的 SR 总是失败，那么也就需要通过 PRACH 的竞争方式来获得调度机会。

如果触发了一个 SR，则 SR 处于挂起状态，那么在每一个子帧内，UE 都要按照下面流程处理：

- （1） 如果 UE 有可用的上行资源 PUCCH 发送 SR，那么就取消所有挂起的 SR，因为此时请求已经得到 eNodeB 的确认，并且被 eNodeB 调度了。
- （2） 如果 UE 没有合法的 PUCCH 资源用于发送 SR，那么就要通过随机接入来 PRACH 发送 SR，并取消所有的挂起。
- （3） 如果用户使用 PUCCH 发送 SR 到达最大传输次数，将释放 eNodeB 配置的 PUCCH 和 SRS 资源。

### 5. 缓冲区状态报告（BSR）

缓冲区状态报告过程告知 eNodeB UE 共有多少数据存在上行的缓冲区里需要发送，为 eNodeB 提供上行调度的信息。过于精细的 BSR 会导致较大的信令开销，因此 TD-LTE 上行的调度是针对一个逻辑信道组而不是一个逻辑信道的。UE 内部共设置了 4 个逻辑信道，每个逻辑信道组中可以包括一个或多个逻辑信道，每次上报的信息是同一组中的逻辑信道缓冲区中的数据量之和。BSR 上报的数据包括 RLC 和 PDCP 缓冲区中的所有 PDU 和 SDU。BSR 过程需要 RRC 配置 periodicBSR-Timer 和 retxBSR-Timer 两个定时器。

BSR 触发条件有如下几种情况：

（1）常规 BSR（Regular BSR）：存在一个属于某一个逻辑信道组的逻辑信道，它对应的 RLC 或者 PDCP 实体里存在要发送的上行数据（例如 RLC/PDCP 的控制信息以及业务数据等）；或者有一个逻辑信道，它的优先级高于任何属于某一逻辑信道组的信道，有数据需要发送。这些情况触发的 BSR，称为“常规 BSR”。

（2）周期性 BSR（Periodic BSR）：如果配置了 periodicBSR-Timer，当

---

periodicBSR-Timer 超时，就会触发周期性 BSR。

(3) 填充 BSR (Padding BSR)：如果 eNodeB 分配的资源容纳传输数据之外仍有剩余，并且剩余的资源足够容纳对应 BSR 的 MAC CE 和相应的 MAC 头，将触发填充 BSR。即填充 BSR 机制允许将剩余的上行资源用于 BSR。

BSR 从格式上可分为长 BSR 和短 BSR，长 BSR 包括所有 4 个逻辑信道组的缓冲区信息，而短 BSR 仅包括一个逻辑信道组的缓冲区信息。对于常规 BSR 和周期 BSR，如果在发送 BSR 的当前子帧有多于一个逻辑信道组 (LCG) 有数据要发送，则采用长 BSR 格式进行上报，否则采用短 BSR 格式进行上报。对于填充 BSR，如果剩余资源仅够传输短 BSR，则采用短 BSR 格式进行上报，否则采用长 BSR 进行上报。

BSR 过程如下：

(1) 如果 BSR 被触发，且此时有上行资源分配，则 MAC 层的复用和组装实体将会在 MAC PDU 的产生过程中生成相应的 BSR 并组装进 MAC PDU，同是启动 periodicBSR-Timer 和 retxBSR-Timer。

(2) 如果没有上行资源分配，并且触发的是常规 BSR，那么将触发调度请求。

(3) 如果 UE 收到针对新数据的资源分配，重新启动 retxBSR-Timer。

(4) 当 eNodeB 分配的资源足够容纳所有逻辑信道中的数据时，优先传输数据并取消已经触发的 BSR。

## 6. 功率余量上报 (Power Headroom Report , PHR)

功率余量上报 (PHR) 用于将估计得上行传输功率和 UE 的最大发射功率之差上报给 eNodeB，PHR 为 eNodeB 提供进行功率控制和调度的信息。RRC 配置了定时器 periodicPHR-Timer 和 prohibitPHR-Timer 以及参数 dl-PathlossChange 来控制 PHR 过程。

功率余量上报 (PHR) 触发条件有如下几种情况：

(1) prohibitPHR-Timer 超时，且从上一次功率余量 PHR 上报后路损变化超过了 dl-PathlossChange dB，如果 UE 获得上行资源用于新数据传输；

(2) periodicPHR-Timer 超时；

(3) 上层协议配置或重新配置了 PHR 功能（不包括关闭 PHR 操作）。

功率余量上报 (PHR) 过程如下：

(1) 如果 eNodeB 为 UE 分配了上行资源用于新数据传输，且此时 PHR 被触发，并且所分配的资源足够携带 PHR 相应的 MAC CE。

(2) MAC 层从物理层获得功率余量信息，并用复用和组装实体生成 PHR MAC CE 并组装在 MAC PDU 中。

(3) 将 PHR 上报给 eNodeB，并重新启动 periodicPHR-Timer 和 prohibitPHR-Timer。

## 7. 非连续接收 (DRX)

DRX 分两种，IDLE DRX 和 ACTIVE DRX。IDLE DRX，顾名思义，也就是当 UE 处于 IDLE 状态下的非连续性接收，由于处于 IDLE 状态时，已经没有 RRC 连接以及用户的专有资源，因此这个主要是监听呼叫信道与广播信道，只要定义好固定的周期，就可以达到非连续接收的目的。

而另一种就是 ACTIVE DRX，也就是 UE 处在 RRC-CONNECTED 状态下的 DRX，它可以优化系统资源配置，更重要的是可以节约手机功率，增加 UE 电池使用时间。有一些非实时应用，像 web 浏览，即时通信等，总是存在一段时间，手机不需要不停的监听下行数据以及相关处理，那么 DRX 就可以应用到这样的情况。

要理解 DRX，我们就必须理解下面要描述的几个定时器与概念。（所有的时间都是基于子帧的，也就是 ms 为单位）。

(1) 激活定时器 (on Duration Timer)：激活定时器的长度决定 UE 周期性监听控

制信道的时间。

(2) 非激活定时器 (Inactivity Timer)：当 UE 在监听控制信道期间收到 HARQ 初始重传的控制信令时打开或重启该定时器，在该定时器超时之前，UE 连续监听控制信道。如果在非激活定时器超时前，UE 收到 HARQ 初始传输的控制信令，将终止并重新启动非激活定时器。

(3) HARQ 回程时间定时器 (HARQ RTT Timer)：如果 UE 收到了 HARQ 初始传输/重传的控制信令时打开该定时器。如果对应 HARQ 进程中的数据在前一次 HARQ 传输后仍然解码不成功，在回程时间定时器超时后，UE 打开重传定时器。如果对应 HARQ 进程中的数据在前一次 HARQ 传输后解码成功，在回程时间定时器超时后，UE 不启动重传定时器。该定时器仅适用于 DL 传输。

(4) 重传定时器 (Retransmission Timer)：在重传定时器期间，UE 监听控制信道，等待对应 HARQ 进程的重传。在重传定时器运行期间，如果收到对应 HARQ 进程的初始传输/重传的控制信令，将停止该定时器。

下面举个例子说明各定时器的作用过程，如图 4-12 所示。

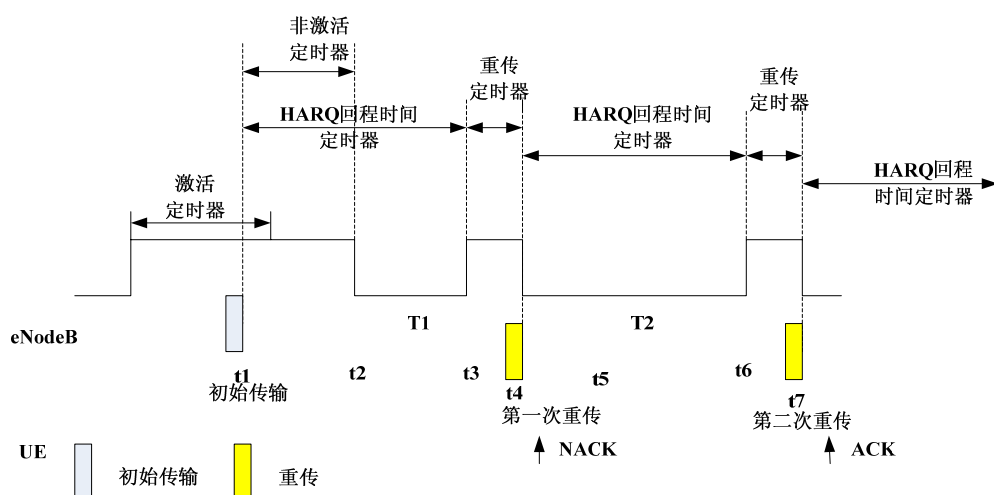


图 4-12 DRX 过程

- (1) 激活定时器打开，UE 开始监听控制信道。
- (2) 在 t1 时刻，eNodeB 调度了下行初始传输，非激活定时器启动，同时 HARQ 回程时间定时器打开。
- (3) t2 时刻，非激活定时器超时，UE 停止监听控制信道。
- (4) t3 时刻，HARQ 回程时间定时器超时。此时，由于 t1 时刻初始传输没有成功（用户反馈 NACK），于是重启重传定时器，UE 又开始监听控制信道。
- (5) t4 时刻，eNodeB 调度了第一次重传，重传定时器被停止，同时重启 HARQ 回程时间定时器，UE 停止监听控制信道。
- (6) t6 时刻，HARQ 回程时间定时器超时，并且 t4 时刻的第一次重传没有成功（UE 反馈 NACK），于是重传定时器启动，UE 开始监听控制信道。
- (7) t7 时刻，eNodeB 调度了第二次重传，重传定时器被停止，同时启动 HARQ 回程时间定时器，UE 停止监听控制信道。
- (8) 由于第二次重传成功（UE 反馈 ACK），在 HARQ 回程时间定时器超时后，不再启动重传定时器。UE 将在下一次 on Duration（激活）到

来时恢复监听控制信道。

在 DRX 过程中，UE 针对下行传输的上行反馈独立于 DRX 过程。此外，当 SR 被发送后，UE 将进入连续监听状态，以获得 eNodeB 调度的上行传输资源。

## 4.4 无线链路控制层

### 4.4.1 RLC层功能概述

RLC 层结构图如图 4-13 所示。RLC 层位于 PCDP 层（“上层”）和 MAC 层（“下层”）之间。它通过业务接入点（SAP）与 PDCP 层通信，通过逻辑信道与 MAC 层通信。RLC 层重排 PDCP PDU 的格式使其能适应 MAC 层指定的大小，即 RLC 发射机分块/串联 PDCP PDU，RLC 接收机重组 RLC PDU 来重构 PDCP PDU。

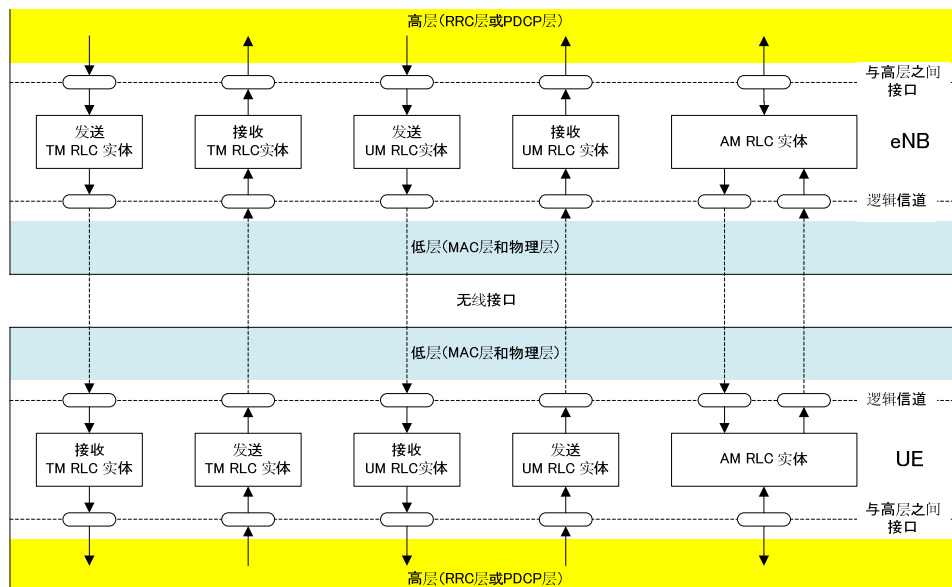


图 4-13 RLC 层结构图

RLC 层的功能是通过 RLC 实体来完成的。RLC 实体有 3 种数据传输模式其中之一来配置：透明模式（Transparent Mode，TM）、非确认模式（Unacknowledged Mode，UM）和确认模式（Acknowledged Mode，AM）。TM 和 UM 模式下发送端和接收端是两个独立的实体。而 AM 模式下，由于发送端和接收端需要交互信息，因此发送端和接收端位于同一个 RLC 实体中，即一个 AM 实体支持双向数据传输。

RLC 层功能概括如下：

- (1) 高层数据传输；
- (2) 通过 ARQ（Automatic Repeat request）机制进行错误修正（仅针对 AM 数据传输，CRC 校验由物理层完成）；
- (3) RLC SDU 串接、分段、重组（针对 UM 和 AM 数据传输）；
- (4) RLC SDU 重分段（仅针对 AM 数据传输）；
- (5) RLC SDU 重排序（针对 UM 和 AM 数据传输）；
- (6) RLC SDU 重复检测（针对 UM 和 AM 数据传输）；
- (7) RLC SDU 丢弃（针对 UM 和 AM 数据传输）；
- (8) 协议错误检测（仅针对 AM 数据传输）；

## 4.4.2 服务模式

### 1. 透明模式 (TM)

#### (1) TM RLC 实体

这里的“透明”是指 TM RLC 实体对经过它的 PDU 是透明的，即不执行任何功能也没有附加 RLC 开销。既然没有附加开销，RLC SDU 就被直接映射到 RLC PDU，反之亦然。

TM RLC 实体主要在逻辑信道 BCCH, DL/UL CCCH 和 PCCH 上发送/接收 RLC PDU。TM RLC 实体发送/接收的数据类型为 TMD PDU。两个 TM 对等端实体模型如图 4-14 所示。

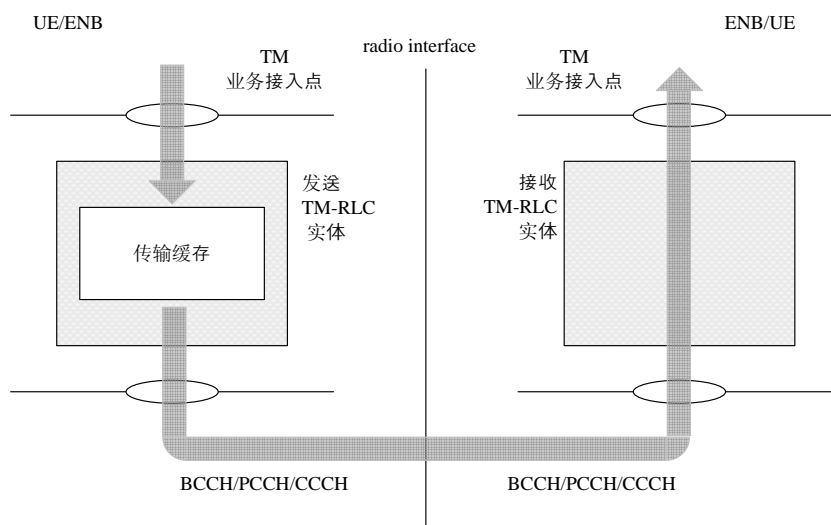


图 4-14 两个 TM 对等端实体模型

既然 TM RLC 实体不对经过的 PDU 做任何处理，因此 TM RLC 使用非常严格。只有那些不需要 RLC 配置的 RRC 消息才可以使用 TM RLC，例如广播系统消息、寻呼消息等。用户平面的数据传输不能使用 TM RLC。

#### (2) TM 数据传输流程：

##### ①发送处理过程：

当发送一个新 TMD PDU 给底层时，TM RLC 发送实体将不做任何修改把该 RLC SDU 发送给底层；

##### ②接收处理过程：

当从底层接收到一个新的 TMD PDU 时，TM RLC 接收实体也将不做任何修改把该 PDU 递交给上层。

### 2. 非确认模式 (UM)

#### (1) UM 实体

UM RLC 主要用在延时敏感和容忍差错的实时应用，尤其是 VoIP，以及其他对时延敏感的流媒体业务中。点对多点业务如 MBMS 也使用 UM RLC，因为点对多点情况下没有适用的反馈途径，这些业务不能适用确认模式 AM RLC。

UM RLC 实体主要在逻辑信道 DL/UL DTCH 上发送/接收 RLC PDU。UM 实体发送/接收的数据类型为 UMD PDU。两个 UM 对等端实体模型如图 4-15 所示。

UM RLC 的主要功能总结如下：

① RLC SDU 分块和串接；

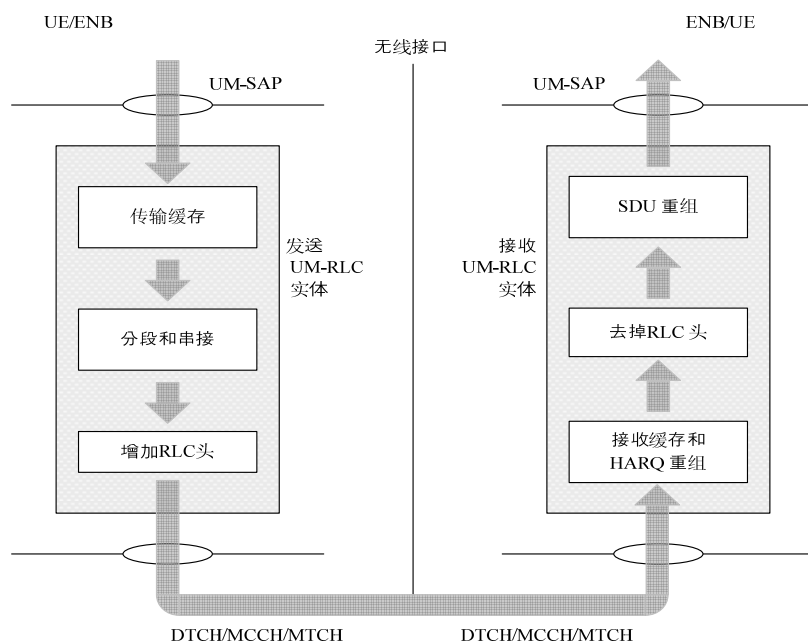


图 4-15 两个 UM 对等端实体模型

② RLC SDU 重排序；

③ RLC SDU 的重复检测；

④ RLC SDU 的重组。

(2) UM 数据传输流程

① 发送处理过程：

UM RLC 发送实体将 RLC SDUs 形成 UMD PDU 时，需要：

- 1) 分块和串联：对从上层收到的 RLC SDU 进行分段和/或串接形成 UMD PDU。每个发送时刻的 RLC PDU 大小由 MAC 层根据无线信道情况和有效发送资源来决定。
- 2) 增加 RLC 报头：在 UMD PDU 中包含相关的 RLC 报头，来指明 RLC PDU 的序列号和每一个所包含的 RLC SDU 或 RLC SDU 片段的大小和边界。

② 接收处理过程：

当 UM RLC 接收实体收到 UMD PDU 后，将：

- 1) 重复检测：检查 UMD PDU 是否为重复接收，如果重复则丢弃；
- 2) 重排序：如果接收到得 UMD PDU 存在乱序，则进行重排序；
- 3) 丢失检测：在底层检测 UMD PDU 是否丢失，避免额外的重排序时延；
- 4) 重组：将重排序过的 UMD PDU 重组还原为 RLC SDU（不包括已经检测到丢失的），并将它们按照 RLC 序列号升序的顺序发往高层；
- 5) 丢弃：丢弃接收到的无法重组为一个 RLC SDU（由于某些相关的 UMD PDU 丢失）的 UMD PDU。

(3) 重建过程

当收到 RRC 层要求 RLC 实体重建的指示后：

UM RLC 发送实体将：

- 1) 删除所有存储的 RLC SDU，
- 2) 初始化相关的状态变量，停止相关的定时器。

UM RLC 接收实体将：

- 1) 将接收到的 UMD PDU 去掉 RLC 头重组为 RLC SDU 并按顺序递交给上层。

- 2) 丢弃剩余的无法重组为 RLC SDU 的 UMD PDU。
- 3) 初始化相关的状态变量，停止相关的定时器。

#### (4) UM RLC 实体相关变量

发送实体相关变量有 VT(US)，含义为分配给下一个将要生成的 UMD PDU 的序列号 (SN)。该变量初始值为 0，当 UM RLC 实体发送了一个 SN = VT(US) 的 UMD PDU 后，该变量值加 1。

接收实体相关变量有：

1) VR(UR)：UM 接收状态变量，等待重排序的 UMD PDU 中的最早的一个的 SN，初始值为 0。

2) VR(UX)：UM *t-Reordering* 状态变量，含义为触发 *t-Reordering* 的 UMD PDU 之后的 UMD PDU 的 SN。

3) VR(UH)：UM 最高已接收的状态变量，含义为所有已经接收的 UMD PDU 中 SN 最高的 UMD PDU 之后的 UMD PDU 的 SN，该值为重排序窗口的最高边界，初始值为 0。

4) UM\_Window\_Size：定义了可以被接收的 UMD PDU 的 SN。当配置为 5bit 时，UM\_Window\_Size = 16。当配置为 10bit 时，UM\_Window\_Size = 512。

UM RLC 接收实体将根据状态变量 VR(UH) 维护一个重排序窗，如果  $(VR(UH) - UM\_Window\_Size) \leq SN < VR(UH)$ ，则该 SN 将落入重排序窗，否则 SN 落入窗口外。

如果新接收到得 UMD PDU 其序列号位于重排序窗口之内之外，则认为其为新数据，将该数据放入接收缓存，并相应更新重排序窗口的上边界 VR(UH)。

如果新接收到得 UMD PDU 其 SN 位于重排序窗口之内，则需进一步判断该 SN 的 PDU 是否属于重接收或者已经超过了重排序等待时间，如果是，直接采取删除操作，否则放入缓存等待进一步处理。

接收 UM RLC 实体维护一个重排序定时器 *t-Reordering* 进行重排序操作，以相应的变量记录每次启动重排序定时器对应的序列号上边界和下边界，对该范围内的所有序列号空隙统一对待，当该范围内所有序列号空隙处的 PDU 都正确接收后，停止 *t-Reordering*；当该重排序定时器超时后，如果后续仍有新的接收序列号空隙，则对后续新空隙重启重排序定时器，并记录相应的重排序等待的序列号上边界和下边界。

对于放置于接收缓存中的 PDU，一旦该 PDU 序列号超出了重排序窗口或者超出了目前重排序等待的下边界，则将该 UMD PDU 去掉 RLC 头部重组为 RLC SDU 并按照升序的顺序发往高层。

### 3. 确认模式 (AM)

#### (1) AM 实体

与其他 RLC 传输模式不同，AM RLC 提供双向的数据传输业务，发送端和接收端位于同一个 RLC 实体中。AM RLC 最重要的特征是“重传”，自动重传请求 (ARQ) 用来支持无差错传输，既然发送的错误会被重传纠正，AM RLC 主要应用在错误敏感、时延容忍的非实时业务中。这些应用包括大部分交互/后台类型业务，如 web 浏览和文件下载等。如果时延要求不太严格，流媒体类型业务也经常使用 AM RLC。在控制平面中，为了利用 RLC 确认和重传来保证可靠性，RRC 消息通常使用 AM RLC。

AM RLC 实体主要在逻辑信道 DL/UL DCCH or DL/UL DTCH 上发送/接收 RLC PDU。AM RLC 实体发送/接收数据类型包括数据单元 AMD PDU 和 AMD PDU 分段，控制单元 STATUS PDU。两个 AM 端对等实体模型如图 4-16 所示。

尽管 AM RLC 的模型看起来比较复杂，但除去重传的相关模块外，发送和接收侧与 UM RLC 发送和接收实体是相似的。所以，大部分之前描述的 UM RLC 行为同样适

用于 AM RLC。

除实现 UM RLC 的功能外，AM RLC 的主要功能总结如下：

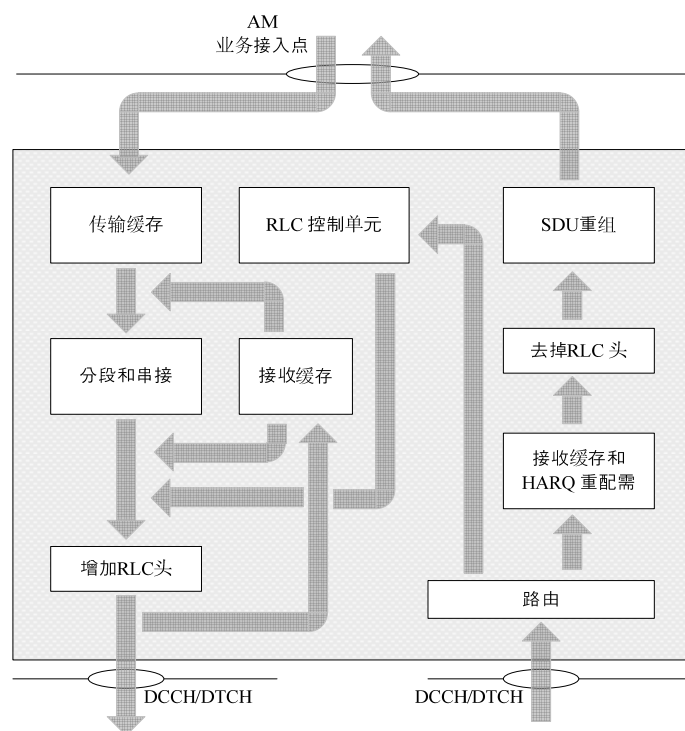


图 4-16 两个 AM 对等端实体模型

- ① RLC 数据 PDU 的重传；
- ② 重传的 RLC 数据 PDU 的重分块；
- ③ 轮询；
- ④ 状态报告；
- ⑤ 状态禁止。

## （2）AM 数据传输流程

### ① 发送处理过程

当发送侧将 RLC SDUs 转换为 AMD PDU 时，需要：

1) 分段和串接：对从上层收到的 RLC SDUs 进行分段和/或串接形成 AMD PDU，以和底层指示的 RLC PDU 总大小相匹配；

2) 重分段：发送侧支持 RLC 数据 PDU 的重传（ARQ），如果重传的 RLC 数据 PDU 和底层指示的总大小不匹配，则将 RLC 数据 PDU 重分段为 AMD PDU segments，重分段的次数不受限制。

3) 增加 RLC 报头：在 AMD PDU 或者重 AMD PDU segments 中增加相应的 RLC 报头。

4) 将需要发送的 RLC 状态 PDU、AMD PDU 或 AMD PDU 分段发往底层。

### ② 接收处理过程

当接收侧收到 RLC 数据 PDU 后，将

1) 重复检测：检测接收到的 AMD PDU 是否为重复接收，如果重复则丢弃；

2) 重排序：如果接收到得 AMD PDU 存在乱序，则进行重排序；

3) 丢失检测：对在底层造成的 AMD PDU 丢失情况进行检测，如有丢失则请求对等端 RLC 实体进行重传。

4) 重组：将已经排好序的 UMD PDU 重组还原为 RLC SDUs，并将它们按照 RLC



---

序列号升序的顺序发往高层。

### (3) 重建过程

当收到 RRC 层要求 RLC 实体重建的指示后：

AM RLC 接收侧将：

- 1) 删除端发送端 RLC SDU 和 AMD PDU；
- 2) 删除所有 RLC 控制 PDU；
- 3) 复位所有的状态变量至其初始值。

AM RLC 接收侧将：

1) 将接收缓存中的 AMD PDUs 去掉 RLC 头重组为 RLC SDUs，将所有没有递交过的 RLC SDUs 按照序列号升序的顺序发往高层。

2) 丢弃剩余的无法重组为 RLC SDUs 的 AMD PDUs。

3) 复位所有的状态变量至其初始值。

### (4) ARQ 过程

#### ①重传

当接收侧收到发送侧发送的关于 AMD PDU 或 AMD PDU 分段的否定确认，且该 AMD PDU 或 AMD PDU 分段的序列号 SN 却是位于发送窗口内的已发送部分，则该否定确认的 AMD PDU 或 AMD PDU 分段需要重传。如果底层指示的 RLC PDU 大小足够容纳重传的 AMD PDU，则直接发送该 AMD PDU 至底层，否则将其重分段为 AMD PDU segments 以匹配底层指示的大小后再发送。记录该 AMD PDU 或 AMD PDU 分段的  
重传次数，初次重传计数器记为 0，以后每重传一次计数器值加 1，当计数器等于最大重传次数时，向上层上报。

#### ②轮询

通过包含在 AM RLC 报头中的 1 比特轮询指示，AM RLC 的发送侧可向接收侧请求一个状态报告，这种功能被称为“轮询”。轮询实现的方式为将 RLC PDU 中的 P 域（轮询比特）置 1。轮询的触发方式有以下几种：

- 1) 继上次轮询之后新发送的 RLC PDU 累计达到一定的个数。
- 2) 继上次轮询之后新发送的 RLC PDU 的数据域部分的字节总和累计达到一定的字节数；
- 3) 完成当前 RLC PDU 传输后传输缓存和重传缓存均为空；
- 4) 完成当前 RLC PDU 传输后不再有新的 RLC PDU 能进行传输（例如由于窗口溢出）。

发送携带轮询的 RLC PDU 后，记录当前已发送的 PDU 中最高的序列号为轮询序列号，并重启重传定时器，当收到记录的轮询序列号相关的肯定确认或否定确认后，停止并复位轮询重传定时器，轮询过程结束。

#### ③状态报告

状态报告用以告知对端该 RLC PDU 的肯定确认或者否定确认的接收状态。触发状态报告的条件包括：

- 1) 收到来自 AM RLC 实体对等端的轮询；
- 2) 检测到 RLC PDU 接收失败。

如果相关携带轮询的 RLC PDU 仍旧处于重排序定时器检测的阶段，则需要延迟到该 PDU 的接收状态明确后再触发状态报告。

### (5) AM 实体相关变量

AM 实体发送侧相关变量有：

- 1) VT(A)：确认状态变量，记录已经收到肯定确认的连续 PDU 中最高序列号紧接

着的下一个序列号 (SN)，即下一个需要被肯定确认的 AMD PDU 的 SN，作为发送窗口的最低边界。初始值为 0，只有当发送侧收到  $SN = VT(A)$  的 AMD PDU 的肯定确认后才更新该参数。

2) **VT(MS)**: 最大发送状态参数，该参数值等于  $VT(A) + AM\_Window\_Size$ ，为发送窗口的最高边界。任何序列号超出该变量的 PDU 都不允许发送。

3) **VT(S)**: 发送状态参数，分配给下一个将要生成的 AMD PDU 的 SN，初始值为 0，只有生成了一个  $SN = VT(S)$  的 AMD PDU 后，该值才会更新。

AM 实体接收侧相关变量有：

1) **VR(R)**: 接收状态变量，变量值为最新完整接收到的连续 AMD PDU 紧接着得的下一个 SN，作为接收窗口的最低边界。初始值为 0，当正确收到  $SN = VR(R)$  的 AMD PDU 后，该值被更新。

2) **VR(MR)**: 最大可接收状态变量，等于  $VR(R) + AM\_Window\_Size$ ，第一个超出接收窗口的 AMD PDU 的 SN，作为接收窗的最高边界。SN 超出该变量的 PDU 不能被 AM RLC 实体接收端接收。

3) **VR(X): *t-Reordering*** 状态变量，等于触发重排序定时器 *t-Reordering* 的 AMD PDU 的下一个 PDU 的 SN。当重排序定时器启动时，该变量与 **VR(MS)** 分别记录当前重排序定时器对应的序列号范围的上边界和下边界。当该范围内空隙处的 PDU 全都正确接收后，终止当前重排序定时器。

4) **VR(MS)**: 最大 STATUS 发送状态变量，记录状态报告中“ACK\_SN”的最高序列号值，初始值为 0。序列号低于该状态变量的 AMD PDU，要么肯定确认接收，要么已经经过重排序定时器检测认定为丢失的 PDU；高于该状态变量的接收序列号空隙处为没有完成重排序定时器检测，仍旧等待 HARQ 重传的 AMD PDU。

5) **VR(H)**: 最高接收状态变量，已经接收到的最高序列号 PDU 紧接着的下一个序列号，初始值为 0。当接收到位于接收窗口中且序列号超出原 **VR(H)** 数值的 PDU 时，该状态变量值加 1。

## 4.5 分组数据汇聚层

### 4.5.1 PDCP层功能概述

分组数据汇聚协议 (Packet Data Convergence Protocol, PDCP) 层位于 TD-LTE 空中接口协议栈 RLC 层之上，用于对用户平面和控制平面数据提供头压缩、加密、完整性保护等操作，以及对 UE 提供无损切换的支持。

PDCP 层结构图如图 4-17 所示。所有的数据无线承载 (Data Radio Bearer, DRB) 以及除信令无线承载 (Signaling Radio Bear, SRB) 0 外的其他的 SRB 在 PDCP 层都对应一个 PDCP 实体。每个 PDCP 实体根据所传输的无线承载特点与一个或两个 RLC 实体相关联。单向无线承载 (即对应 RLC UM 模式的无线承载) 的 PDCP 实体对应两个 RLC 实体 (即两个 RLC UM 实体，分别用于上/下行数据的处理)，双向无线承载 (即对应 RLC AM 的无线承载) 的 PDCP 实体对应一个 RLC 实体 (即一个 RLC AM 实体，RLC AM 实体能够处理上下行数据)。一个 UE 可以包含多个 PDCP 实体，PDCP 实体的数目由无线承载的数目所决定。

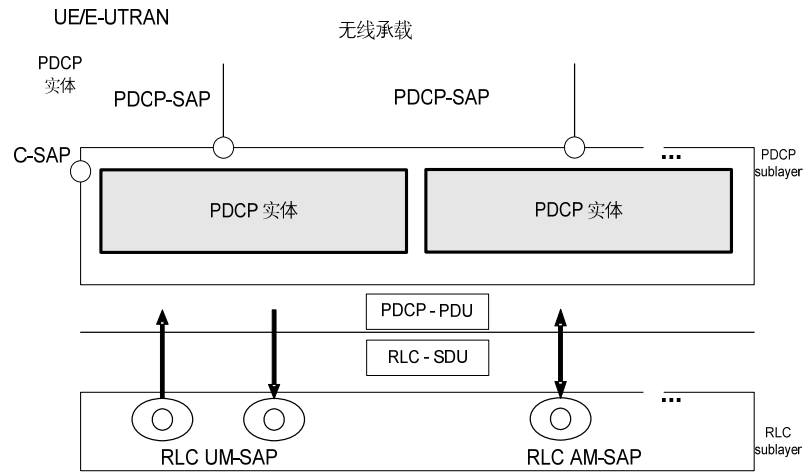


图 4-17 PDCP 层结构图

PDCP 层对应的 PDCP 实体功能如图 4-18 所示，PDCP 等的主要功能可以概括如下：

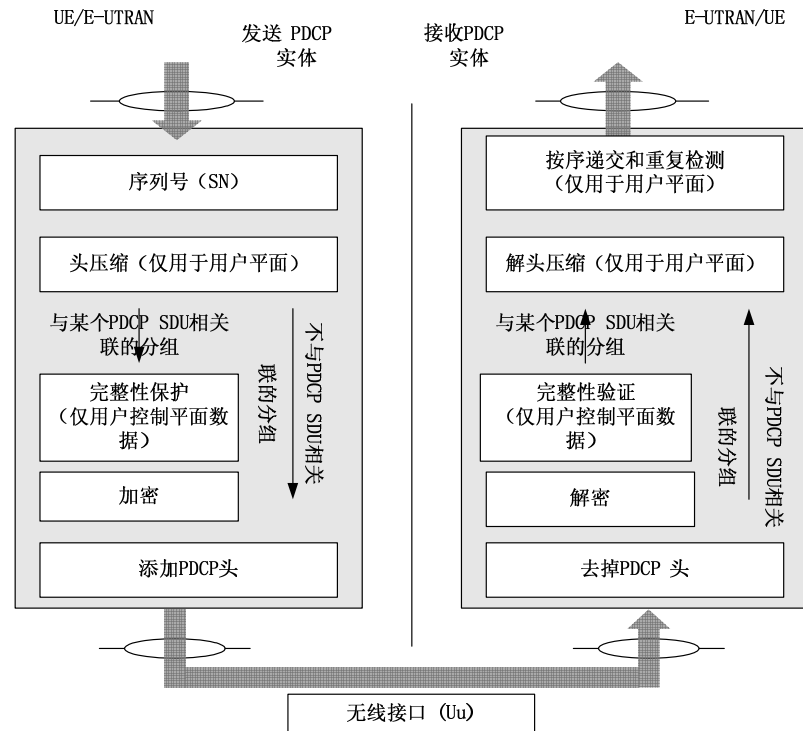


图 4-18 PDCP 实体功能图

- (1) 用户面数据的头压缩与解压缩，只支持一种压缩算法，即 ROHC (RObust Header Compression, 鲁棒性头压缩) 算法。
- (2) 数据传输 (用户平面或控制平面)；
- (3) 对 PDCP SN 值的维护；
- (4) 切换时对上层 PDU 的顺序递交；
- (5) 底层 SDU 的重复检测；
- (6) 对用户平面数据及控制平面数据的加密及解密；
- (7) 控制平面数据的完整性保护及完整性验证；

---

## 4.5.2 数据传输过程

TD-LTE 规范中仅对 UE 侧 PDCP 的操作进行限定，下面对 UE 侧 PDCP 的操作进行说明。

### 1. PDCP 数据传输过程

#### (1) 发送处理过程

从上层接收到 PDCP SDU 以后，UE 应：

- 1) 启动与此 PDCP 相关联的丢失定时器 discardTimer（如果已配置）；
- 2) 关联相应于 Next\_PDCP\_TX\_SN 的 PDCP SN 到 PDCP SDU；
- 3) 若为用户平面数据包，执行 PDCP SDU 的头压缩（如果已配置）；
- 4) 若为控制平面数据包，且 UE 的安全性已激活，对接收到的数据包执行完整性保护；
- 5) 使用基于 TX\_HFN 和 PDCP SN 的 COUNT 值对数据包进行加密；
- 6) 将 Next\_PDCP\_TX\_SN 增加 1；
- 7) 如果 Next\_PDCP\_TX\_SN > Maximum\_PDCP\_SN，将 Next\_PDCP\_TX\_SN 置为 0，将 TX\_HFN 增加 1；
- 8) 将最后产生的 PDCP Data PDU 传送给低层。

#### (2) 接收处理过程

数据接收时，SRB 和 DRB 的处理方式存在较大差异，此外，对于 DRB 来说，对应的 RLC 层的处理模式的不同，其再 PDCP 层得处理也不同，下面将分别进行描述。

##### ① 映射到 RLC AM 的 DRB 过程

对应 RLC AM 模式的 DRB 数据包，PDCP 层需要提供重排序和重复消除功能。

PDCP 层从低层接收到数据包后的处理流程如下：

- 1) 判断接收到的数据包是否处于重排序窗口内；
- 2) 确定数据包对应的 COUNT 值，并采用确定的 COUNT 对数据包进行解密；
- 3) 如果配置了头压缩，那么需要对接收到的数据包进行解头压缩；
- 4) 若数据包位于重排序窗口外，将解压后的数据包丢弃；
- 5) 若数据包位于重排序窗口内，则进一步判断缓存中是否已存在接收到的相同数据包，如果有，则将新接收的数据包丢弃，否则将处理后的数据包放入缓存；
- 6) 判断接收的数据包是否为 PDCP 重建时 RLC 乱序递交的数据包；
- 7) 若不是，将缓存中所有 COUNT 值小于新接收数据包对应的 COUNT 值的数据包（类型 1）和从新接收的数据包开始往后 COUNT 值连续的数据包（类型 2）递交给上层。
- 8) 若是，进一步判断新接收的数据包对应的 PDCP SN 是否满足条件： $\text{PDCP SN} = \text{Last\_Submitted\_PDCP\_RX\_SN} + 1$  或  $\text{PDCP SN} = \text{Last\_Submitted\_PDCP\_RX\_SN} - \text{Maximum\_PDCP\_SN}$ （即 4095）；
- 9) 若满足上述条件，将类型 2 数据包递交给上层；
- 10) 若不满足上述条件，将接收到的数据包存入缓存，暂不向高层递交。

对应的流程图如图 4-19 所示。

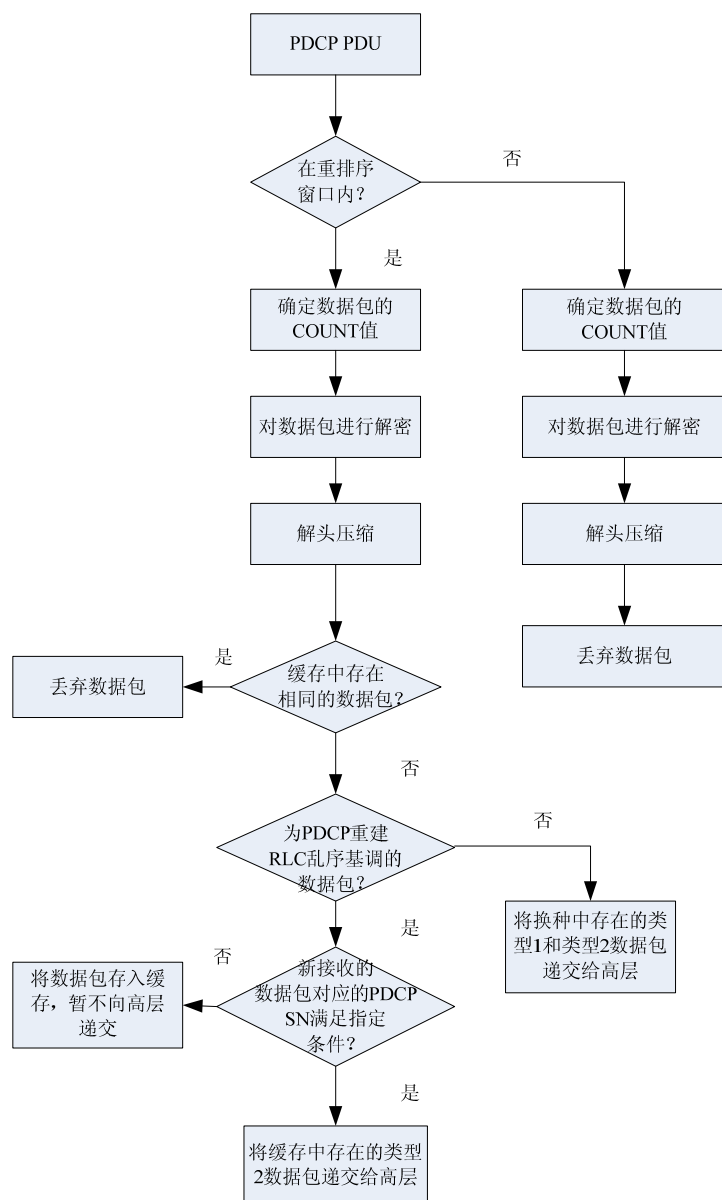


图 4-19 对应 RLC AM 模式的 DRB 数据接收流程

## ② 映射到 RLC UM 的 DRB 过程

对应 RLC UM 模式的 DRB 数据包, PDCP 不需要提供排序和重复消除功能。PDCP 层从低层接收到数据包后的处理流程如下:

- 1) 确定数据包对应的 COUNT 值, 并采用确定的 COUNT 对数据包进行解密;
- 2) 如果配置了头压缩, 那么需要对接收到的数据包进行解头压缩;
- 3) 将上述处理后的数据包递交给上层;

## ③ SRB 过程

当 PDCP 层从低层接收到控制面 (SRB) 数据包后的处理流程如下:

- 1) 确定数据包对应的 COUNT 值, 如果安全性已激活, 采用确定的 COUNT 值对数据包进行解密和完整性验证;
- 2) 如果完整性验证成功或者安全性尚未激活, 将处理后的数据包递交给上层;
- 3) 如果完整性验证失败, 向高层指示完整性验证失败, 由高层进行处理;

## 2. 重建过程

---

当发生切换和 RRC 连接重建时，高层会指示 PDCP 执行重建操作。当高层指示 PDCP 进行重建时，UE 根据 RB 类型以及 RB 所对应的 RLC 模式额外地执行一次以下操作。在完成下述过程后，UE 按照通常的数据处理流程对数据包进行收发处理。

#### **(1) 发送处理过程**

##### **① 映射到 RLC AM 的 DRB 过程**

当上层指示 PDCP 重建时，UE 处理流程如下：

- 1) 重置上行链路的头压缩协议(如果已配置)；
- 2) 启用在重建过程中由高层配置的新的加密算法和密钥；
- 3) 从第一个没有被低层证实成功发送的 PDCP PDU 开始，对重建开始前已关联 PDCP SN 的 PDCP SDU 按照 COUNT 值升序进行发送或重新发送。过程如下：

- a) 对 PDCP SDU 采用重置后的头压缩协议进行头压缩；
- b) 使用与 PDCP SDU 关联的 COUNT 值采用新的加密算法进行加密；
- c) 将经过处理的数据包传递给下层。

##### **② 映射到 RLC UM 的 DRB 过程**

当上层指示 PDCP 重建时，UE 处理流程如下：

- 1) 重置上行链路的头压缩协议(如果已配置)；
- 2) 重置 PDCP SN 和 HFN；
- 3) 启用在重建过程中由高层配置的新的加密算法和密钥；
- 4) 对应已经关联了 PDCP SN,但其对应的 PDCP PDU 还没有发送到低层的 PDCP SDU 进行以下处理：
  - a) 将这些 PDCP SDU 看成是从高层新接收到的 PDCP SDU，即需要重新关联 PDCP SN，进行头压缩、加密等操作。
  - b) 根据重建前对这些 PDCP SDU 关联 COUNT 值的升序对这些 PDCP SDU 按通常的数据处理流程进行传输，但这些 PDCP SDU 对应的丢弃定时器不重新开始计时。

##### **③ SRB 过程**

当上层指示 PDCP 重建时，UE 处理流程如下：

- 1) 重置 PDCP SN 和 HFN；
- 2) 丢弃所有存储的 PDCP SDU 和 PDCP PDU；
- 3) 启用在重建过程中由高层配置的新的加密算法、完整性保护算法和密钥；

#### **(2) 接收处理过程**

##### **① 映射到 RLC AM 的 DRB 过程**

当上层指示 PDCP 重建时，UE 处理流程如下：

- 1) 采用重建发生前的头压缩、加密算法对从低层接收到的由于重建而 RLC 乱序递交的 PDCP PDU 按通常数据接收流程进行解头压缩、解密处理；
- 2) 重置下行链路的头压缩协议（如果已配置）；
- 3) 启用在重建过程中由高层配置的新的加密算法和密钥；

切换过程中，PDCP 重建时对应于 AM 模式的 DRB 数据接收处理过程如图 4-20 所示。

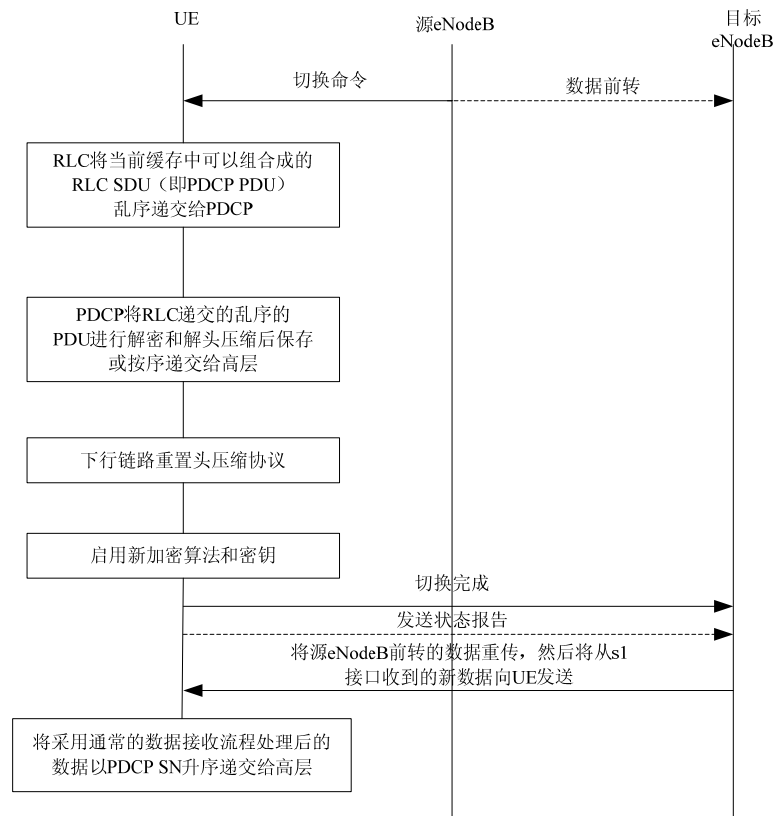


图 4-20 对应 RLC AM 模式 DRB 重建过程中数据接收行为

## ② 映射到 RLC UM 的 DRB 过程

切换过程中，PDCP 重建时对应于 UM 模式的 DRB 数据接收处理过程如图 4-21 所示。

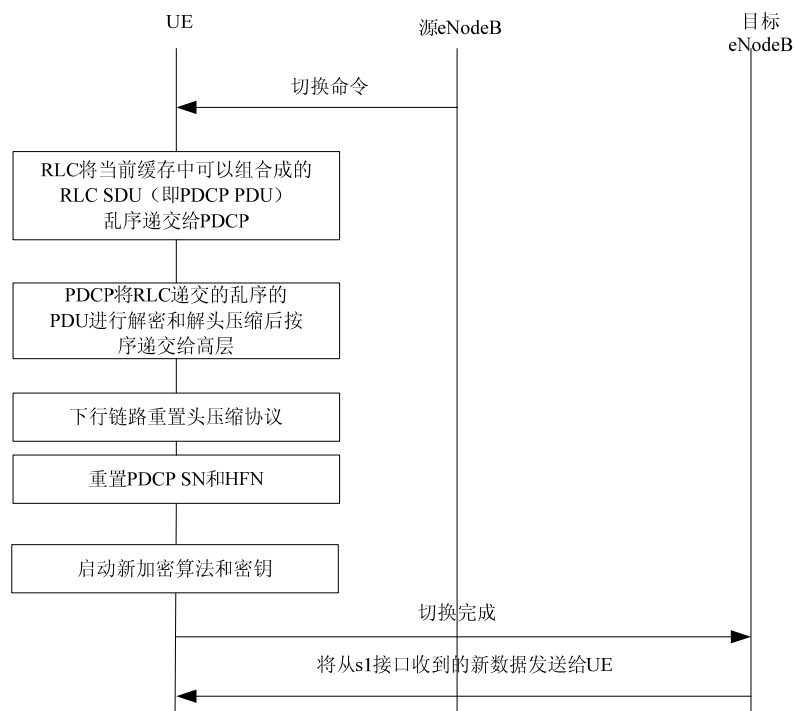


图 4-21 对应 RLC UM 模式 DRB 重建过程中数据接收行为

当上层指示 PDCP 重建时，UE 处理流程如下：

- 1) 采用重建发生前的头压缩、加密算法对从低层接收到的由于重建而 RLC 乱序递交的 PDCP PDU 按通常数据接收流程进行解头压缩、解密处理；
- 2) 重置下行链路的头压缩协议(如果已配置)；
- 3) 重置 PDCP SN 和 HFN；
- 4) 启用在重建过程中由高层配置的新的加密算法和密钥；

### ③ SRB 过程

当上层指示 PDCP 重建时，UE 处理流程如下：

- 1) 丢弃从 RLC 层接收到得由于重建而递交的 PDCP PDU；
  - 2) 重置 PDCP SN 和 HFN；
  - 3) 丢弃所有存储的 PDCP SDU 和 PDCP PDU；
  - 4) 启用在重建过程中由高层配置的新的加密算法、完整性保密算法和密钥；
- 切换过程中，PDCP 重建时对应于 SRB 数据接收处理过程如图 4-22 所示。

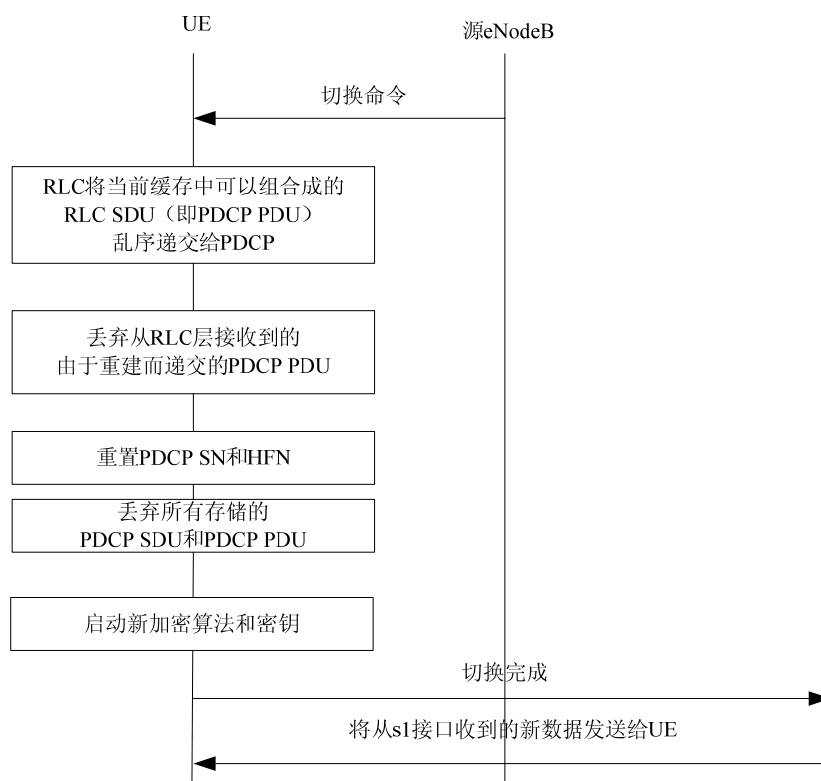


图 4-22 SRB 重建过程中数据接收行为

### 3. PDCP 丢弃

为了防止缓存溢出，PDCP 层包含了丢弃功能。丢弃功能基于一定时器，发射机从高层接收到每一个 PDCP SDU 时该定时器启动，当定时器溢出时 UE 仍未发起 PDCP SDU 传输，或者通过 PDCP 状态报告正式 PDCP SDU 已被成功发送，那么丢弃该 PDCP SDU 以及和它相关联的 PDCP PDU。如果对应的 PDCP PDU 已经递交给低层，则向低层指示丢弃操作。



---

#### 参考文献

- [1]3GPP TS 36.300 v10.3.0.Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN);Overall Description;stage 2 (Release 10)
- [2]3GPP TS 25.813 v10.3.0.Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA) and Evolved Universal Terrestrial Radio Access Network(E-UTRAN);Radio Interface Protocol Aspects (Release 10)
- [3]3GPP TS 36.321 v10.1.0.Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Medium Access Control (MAC) Protocol Specification (Release 10)
- [4]3GPP TS 36.322 v10.0.0.Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Radio Link Control (RLC) Protocol Specification (Release 10)
- [5]3GPP TS 36.323 v10.1.0.Evolved Universal Terrestrial Radio Access(E-UTRA); Packet Data Convergence Protocol (PDCP) Specification (Release 10)
- [6]3GPP R2-051817.Nokia, Protocol layers and functions for E-UTRA,3GPP TSG RAN WG2 Meeting #48
- [7]3GPP R2-051826.NTT DoCOMo, Proposed description of Protocol Layers and functions, 3GPP TSG RAN WG2 Meeting #48
- [8]3GPP R2-051922, Fujitsu, RLC functions for LTE, 3GPP TSG RAN WG2 Meeting #48
- [9]沈嘉等编著.3GPP 长期演进(LTE)技术原理与系统设计.北京:人民邮电出版社, 2009.
- [10]王映民等编著.TD-LTE 技术原理与系统设计.北京:人民邮电出版社, 2010.