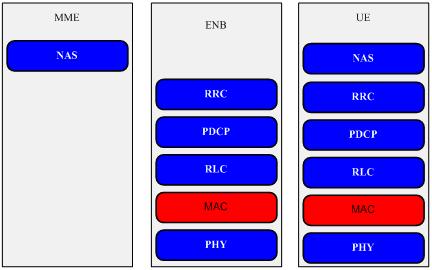
**4 概述**

36.321里面主要描述的是MAC的架构与处于MAC层的功能实体，并没有涉及到具体的实现，而且由于LTE取消了向以前的协议专门提供的专用信道，所有的用户数据都使用共享信道，因此对MAC的在资源以及业务调度的功能上提出了很高的要求，这也是不同设备供应商可以大显神通的地方了；而协议本身主要描述的是接受端的行为，因此在基站端可以发挥的余地就更大了。

**4.1 MAC架构**

MAC协议层在LTE协议栈的位置如下所示：

MAC实体在UE以及eNB上都存在的，它们主要处理如下传输信道：

广播信道（Broadcast Channel，BCH）；

下行共享信道（Downlink Shared Channel，DL-SCH）；

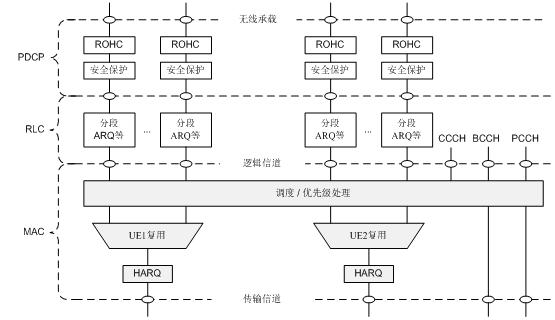
呼叫信道（Paging Channel，PCH）；

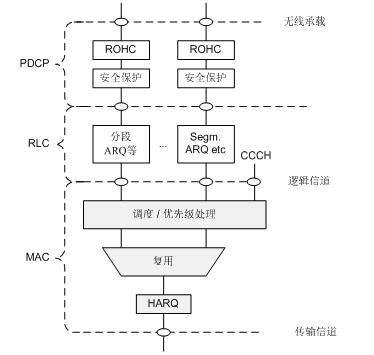
上行共享信道（Uplink Shared Channel, UL-SCH）；

随机接入信道（Random Access Channel,RACH）。

其实这些信道只是概念上的，因为传输信道的管理上不像逻辑信道那样设立专门的逻辑信道号，它只是从功能是进行了描述，因此实现上是否真正存在这样的传输信道，这在于个厂商自己。对于MAC层与物理层之间的处理，自然可以设置专门的通道，也可以只是通过一些简单的标识来处理，当然这也是信道的一种表现形式。

层二的上下行功能框架图：

上行：

下行：

**4.2 MAC服务**

4.2.1 提供给上层的服务：

MAC层给上层（RLC层，也可以泛指MAC层以上的协议层）提供的服务有：

1.数据传输，这里面隐含了对上层数据处理，比如优先级处理，逻辑信道数据的复用；

2.无线资源分配与管理，包括MCS的选择，数据在物理层传输格式的选择，以及无线资源的使用管理，从这里我们可以知道MAC层掌握了所有物理层资源的信息。

4.2.2 期望从PHY获得的服务：

1.数据传输，MAC层通过传输信道访问物理层的数据传输服务，而传输信道的特征通过传输格式进行定义，它指示物理层如何处理相应的传输信道，例如信道编码，交织，速率匹配等；

2.HARQ 反馈信令（HARQ ACK/NACK）；

3.调度请求信令（SR）；

4.测量（比如信道质量CQI，与编码矩阵PMI等）

**4.3 MAC层功能：**

1.实现逻辑信道映射到传输信道；

2.复用从一条或多条逻辑信道下来的数据(MAC SDUs)到传输块，并通过传输信道发给到物理层；

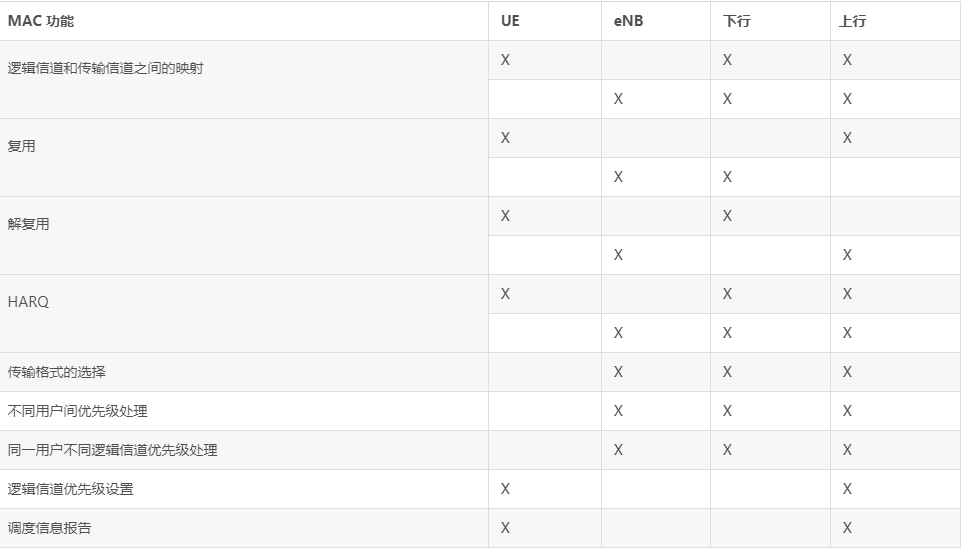
3.把从传输信道传送上来的传输块解复用成MAC SDU，并通过相应的逻辑信道，上交给RLC层；

4.调度信息的报告，UE向e NB请求传输资源等；

5.基于HARQ机制的错误纠正功能；

6.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；

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，从而达到最有效的资源利用。

以上功能与上下行以及MAC实体的对应关系如下表所示：

**4.4信道结构**

信道可以认为是不同协议层之间的业务接入点（SAP），是下一层向它的上层提供的服务。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，按照消息的类别不同，将业务和信令消息进行分类，获得相应的信道称为逻辑信道，这种信道的定义只是逻辑上人为的定义。

Table 4.5.2-1: Logical channels provided by MAC.

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| Logical channel name | Acronym | Control channel | Traffic channel |
| Broadcast Control Channel | BCCH | X |  |
| Bandwidth Reduced Broadcast Control Channel | BR-BCCH | X |  |
| Paging Control Channel | PCCH | X |  |
| Common Control Channel | CCCH | X |  |
| Dedicated Control Channel | DCCH | X |  |
| Multicast Control Channel | MCCH | X |  |
| Single Cell Multicast Control Channel | SC-MCCH | X |  |
| Dedicated Traffic Channel | DTCH |  | X |
| Multicast Traffic Channel | MTCH |  | X |
| Single-Cell Multicast Traffic Channel | SC-MTCH |  | X |
| Sidelink Traffic Channel | STCH |  | X |
| Sidelink Broadcast Control Channel | SBCCH | X |  |

（2）**传输信道**，怎样传，对应的是空中接口上不同信号的基带处理方式，根据不同的处理方式来描述信道的特性参数，构成了传输信道的概念，具体来说，就是信号的信道编码、选择的交织方式（交织周期、块内块间交织方式等）、CRC冗余校验的选择以及块的分段等过程的不同，而定义了不同类别的传输信道。

Table 4.5.1-1: Transport channels used by MAC

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| Transport channel name | Acronym | Downlink | Uplink | Sidelink tx | Sidelink rx |
| Broadcast Channel | BCH | X |  |  |  |
| Downlink Shared Channel | DL-SCH | X |  |  |  |
| Paging Channel | PCH | X |  |  |  |
| Multicast Channel | MCH | X |  |  |  |
| Uplink Shared Channel | UL-SCH |  | X |  |  |
| Random Access Channel | RACH |  | X |  |  |
| Sidelink Broadcast Channel | SL-BCH |  |  | X | X |
| Sidelink Discovery Channel | SL-DCH |  |  | X | X |
| Sidelink Shared Channel | SL-SCH |  |  | X | X |

（3）**物理信道**，信号在空中传输的承载，就是在特定的频域与时域乃至于码域上采用特地的调制编码等方式发送数据的通道，物理信道就是空中接口的承载媒体，根据它所承载的上层信息的不同定义了不同类的物理信道。比如PBCH，也就是在实际的物理位置上采用特地的调制编码方式来传输广播消息了。

4.4.2 信道映射

逻辑通道在传输信道上的映射取决于 RRC 配置的多路复用。但是映射的具体操作由MAC实体操作。

4.4.2.1 上行映射



4.4.2.2 下行映射



4.4.2.3 SideLink映射

首先了解什么是SideLink技术：Sidelink技术是一种UE通过彼此之间的PC5接口进行信息直连的近场通信技术。这一技术不仅在E-UTRAN的覆盖服务范围内可以提供信息交互，在没有E-UTRAN覆盖的地方也可以进行信息交互。只有那些经过授权用来作为特殊通信（public safety operation）的UE可以采取Sidelink通信的方式。

其映射关系为：



5. SL-SCH Data transfer 边缘链接-共享信道数据传输

5.1 SL-SCH数据传输

5.1.1 链路授权接收和链路控制信息传输

为了在SL-SCH上进行传输，MAC实体必须具有至少一个侧链路授权。

**为了链路通信的SL grant的选择条件如下：**

***（1）如果MAC实体被配置为在PDCCH上动态地接收单个SL grant，并且STCH（挪用信道）中可获得的数据多于当前载波时段（SC Period）中可以承载发送的数据，则MAC实体应：***

1. 使用接收的SL grant来记录设置SCI（边缘链路控制信息）的传输和第一传输块的传输的子帧集合;
2. 将该接收到的SL grant视为已用于记录配置信息的SL grant，覆盖以前配置的SL grant, 该grant发生在同一载波时段(如果可用);
3. 在相应的载波时段结束传输时清除配置的SL grant;

***（2）又若MAC 实体由上层配置为在 PDCCH 上动态接收多个SL grant，并且STCH（挪用信道）中可获得的数据多于当前载波时段（SC Period）中可以承载发送的数据，则对与每一个接收到的SL grant来说，MAC实体应该：***

1. 使用接收的SL grant来记录设置SCI（边缘链路控制信息）的传输和第一传输块的传输的子帧集合;
2. 将该接收到的SL grant视为已用于记录配置信息的SL grant，覆盖以前配置的SL grant, 该grant发生在同一载波时段但是是在不同的无线电子帧中(如果可用);
3. 在相应的载波时段结束传输时清除配置的SL grant;

***（3）又或者MAC实体被上层配置为用一个或者多个资源池来进行数据传输，并且挪用信道中的可用数据（待传数据）多于当前可用于传输的载波时段的承载能力。则对与每一个被选择的SL grant来说，MAC实体应该：***

1. 如果MAC实体被上层配置为用一个资源池来进行数据传输，则选取该资源池来使用；
2. 如果MAC实体被上层配置为用多个资源池来进行数据传输，则从上层配置的资源池中选择要使用的资源池, 这些资源池关联优先级列表包括要传输的 MAC PDU 中的SL逻辑信道的最高优先级的优先级。

注1：如果不止一个资源池拥有关联的优先级列表，则该列表将留给UE，由UE来决定使用哪一个资源池进行数据传输。

* 随机地从选择出的资源池中为SL-SCH以及SL grant的SCI选出时频资源。该随机选择应使 ts/36213 [2] 中规定的每个允许的选择都能以相等的概率进行选择;
* 根据选定的SL grant来确定子帧的设置, 其中包括SCI的传输和第一个传输块的传输；
* 将所选的SL grant视为从第一个可用载波时期开始的子帧中的已配置SL grant, 该子帧在选择SL grant的子帧之后至少启动4个子帧;
* 在相应的载波时段结束传输时清除配置的SL grant;

注2：在配置SL grant被清理之后，将不能够进行在SL-SCH上的数据重传。

注3：如果 MAC 实体被上层配置为一个或多个资源池进行传输, 则由UE来决定取多少个在一个载波时期内的SL grant纳入到边缘链路处理过程中。

**为了V2X的链路通信的SL grant的选择条件如下：**

***（1）如果MAC实体被配置为在PDCCH上动态地接收单个SL grant，并且STCH（挪用信道）中可获得数据，则MAC实体应：***

1. 使用接收到的SL grant来确定 HARQ 重传的数量以及相应的SCI 和 SL-SCH 传输的子帧集的设置。

2. 将接收到的SL grant视为已配置SL grant。

***（2）如果MAC实体由上层配置为在由SL SPS（半持续调度）V-RNTI（汽车-无线网络临时标识）寻址到的PDCCH上接收SL grant，则MAC实体应针对每个SL SPS配置：***

1. 如果PDCCH内容指示SPS激活：

- 根据TS 36.213 [2]的子条款14.2.1和14.1.1.4A，使用接收的SL Grant来确定HARQ重传的数量和发生SCI和SL-SCH传输的子帧集合;

- 将收到的SL grant视为已配置的SL grant;

2. 如果PDCCH内容指示SPS释放：

- 清除相应的配置SL grant;

***（3）如果MAC实体由上层配置为仅在上层指示允许多个MAC PDU的传输时使用基于感测或部分感测或随机选择的资源池进行发送，并且MAC实体选择创建对应于多个MAC PDU的传输的SL grant，且数据在STCH中可用，MAC实体应该配置每一个进行多路传输的边缘链路进程，有以下几种情况：***

**1. 如果SL\_RESOURCE\_RESELECTION\_COUNTER（旁路资源重选计数器）由零跳变为一时，对应MAC实体随机等概率的选择区间[0,1]中的值，该值高于probResourceKeep中上层配置的概率时;**

**2. 如果在最后一秒期间，MAC实体在已配置的SL grant中指示的任何资源上都没有执行传输和重传时;**

**3. 如果sl-ReselectAfter已被配置，并且其数值与由配置SL grant所指示的资源上的连续未使用的传输机会数相等时；**

**4. 如果并未有配置SL grant时；**

**5. 如果配置的侧链路授权不能通过使用maxMCS-PSSCH中上层配置的最大允许MCS来容纳RLC SDU，并且MAC实体选择不分段RLC SDU时;**

注：如果已配置的SL grant不能够适应RLC SDu，它将交由UE来决定是否拆分或者重新选择边缘链路资源。

**6. 如果具有配置的侧链路授权的传输不能满足由相关PPPP（ProSe Per-Packet Priority）设定的SL逻辑信道中的数据的等待时间要求，并且MAC实体选择不执行与单个MAC PDU相对应的传输;**

注：若未发现等待请求，则由UE来决定是否执行与单个MAC PDU相对应的传输或者进行SL资源的重选；

**7. 如果一个资源池被上层配置或者重新配置：**

若出现以上1~7中情景则应该：

- 清理已配置的SL grant（若存在）；

- 选择restrictResourceReservationPeriod（限制资源预留期的参数）中上层配置的允许值之一，并通过将100与所选值相乘来设置资源预留间隔; 注：如何选择由UE来决定并执行。

- 对于资源预留间隔大于或等于100ms的，则在区间[5,15]中；

对于资源预留间隔等于50ms，则在区间[10,30]中；

对于资源预留间隔等于20ms，则在区间内 [25,75]中；

等概率的随机选择一个整数值，并将SL\_RESOURCE\_RESELECTION\_COUNTER设置为所选值;

- 从上层配置的包含在pssch-TxConfigList中的allowedRetxNumberPSSCH（允许PSSCH重传数量）中的允许的范围内中选择HARQ重传的数量，并且如果由上层配置，该数量应重叠在cbr-pssch-TxConfigList中指示的allowedRetxNumberPSSCH中（用于侧链路逻辑信道的最高优先级）。 如果CBR测量结果可用，则根据TS 36.214 [6]由较低层测量CBR，如果CBR测量结果不可用，则由上层配置相应的defaultTxConfigIndex;

- 从由上层配置的pssch-TxConfigList中包含的minSubchannel-NumberPSSCH和maxSubchannel-NumberPSSCH之间的范围内选择相应的频率资源量，如果由上层配置，且重叠在cbr-pssch-TxConfigList中指示的minSubchannel-NumberPSSCH和maxSubchannel-NumberPSSCH之间（用于侧链路逻辑信道的最高优先级），如果CBR（循环缓存速率）测量结果可用，CBR由较低层根据TS 36.214 [6]测量，或者如果CBR测量结果不可用则由上层配置相应的defaultTxConfigIndex;

- 如果基于随机选择的传输是由上层配置的：

- 根据所选频率资源的数量，为一个传输机会从资源池中随机地选择时频资源。

- 若不是由上层配置的：

- 根据所选频率资源的数量，由物理层的指示，为一个传输机会从资源池中随机的选择时频资源。

- 使用随机选择的资源来选择由资源预留间隔隔开的一组周期性资源，用于SCI和SL-SCH的传输机会，其对应于在TS 36.213 [14]的子条款14.1.1.4B中确定的MAC PDU的传输机会的数量；

**- 如果HARQ的重传数等于1：**

- 如果是由上层配置的基于随机选择的传输，并且资源池中存在可用的资源在等待再一次的传输机会；

- 如果是由上层配置的基于传感或者部分传感的传输，并且物理层指示的资源中剩余可用资源在等待传输机会；

则应该：

- 根据选择的频域资源情况来为可用资源的一次传输机会随机配置时频资源；- 使用随机选择的资源来选择由资源预留间隔隔开的一组周期性资源，根据相关的对应于MAC PDU的重传机会的数量来选择将其用于SCI和SL-SCH的其他传输机会；

- 将第一组传输机会视为新的传输机会，将另一组传输机会视为重传机会;

- 将该组的新的传输机会以及重传机会作为被选SL grant。

**- 若不为1：**

- 将该组设置为被选SL grant。

- 使用被选SL grant来确定其中出现的SCI和SL-SCH的传输的子帧集合。

- 将被选SL grant作为一个配置SL grant。

**8. 否则，如果SL\_RESOURCE\_RESELECTION\_COUNTER由零跳变为一时，对应MAC实体随机等概率的选择区间[0,1]中的值，该值低于probResourceKeep中上层配置的概率时：**

- 清除已配置的SL Grant（如仍可用）；

- 对于资源预留间隔大于或等于100ms的，在区间[5,15]中；

对于资源预留间隔等于50ms，在区间[10,30]中；

对于资源预留间隔等于20ms，在区间内 [25,75]中；

等概率的随机选择一个整数值，并将SL\_RESOURCE\_RESELECTION\_COUNTER设置为所选值;

* 使用先前选择的用于MAC PDU的传输次数的侧链路授权，利用资源预留间隔来确定其中SCI和SL-SCH的传输的子帧集合;
* 将选择的SL Grant 作为一个配置SL Grant.

***（4）如果上层配置MAC实体使用资源池的形式用于传输，其选择创建一个用于记录单个MACPDU的传输相关的配置信息的SL Grant，并且在STCH中有可用数据，为了边缘链路进程，MAC实体应该：***

1. 从包含在pssch-TxConfigList中的allowedRetxNumberPSSCH中的上层配置的允许数量中选择HARQ重传的数量，并且如果由上层配置，则在cbr-pssch-TxConfigList中指示的allowedRetxNumberPSSCH中重叠用于侧链路逻辑信道的最高优先级。 如果CBR测量结果可用，则根据TS 36.214 [6]由较低层测量CBR，如果CBR测量结果不可用，则由上层配置相应的defaultTxConfigIndex;

2. 选择由pssch-TxConfigList中包含的minSubchannel-NumberPSSCH和maxSubchannel-NumberPSSCH之间的上层配置的范围内的频率资源量，如果由上层配置，则在minSubchannel-NumberPSSCH和maxSubchannel-NumberPSSCH之间重叠（包含在内？），以获得最高优先级 如果CBR测量结果可用，则由下层逻辑信道和CBR根据TS 36.214 [6]测量;如果CBR测量结果不可用，则由上层配置相应的defaultTxConfigIndex;

3. 如果是有上层配置的基于随机选择的传输：

- 根据选择的频域资源情况来为资源池内的SCI以及SL-SCH的一次传输机会随机配置时频资源；

4. 如果不是基于上层配置额的随机传输：

- 根据选择的频域资源情况来为由物理层指示的资源池内的SCI以及SL-SCH的一次传输机会随机配置时频资源；

5. 如果HARQ重传数等于1：

- 如果基于随机选择的传输是由上层配置的，并且资源池中有遗留的可用资源（对于另外的传输机会）；

- 如果基于传感或者部分传感的传输是由上层配置的，并且由物理层指示的资源中仍有可用的剩余资源（对于另外的传输机会）；

-则应该：

-根据所选择频率资源的数量情况，为可用资源中额外传输MAC PDU的SCI和SL-SCH的其他传输机会随机选择时频资源。

-将及时到来的第一个传输机会作为新的传输机会，并将之后的到来的第二个传输机会作为重传机会；

-将这两次的传输机会作为SL Grant。

- 否则：

-将一个传输机会做为SL Grant；

-根据TS 36.213 [2]的子条款14.2.1和14.1.1.4B，运用所选择的SL Grant来标识SCI和SL-SCH发生的子帧;

-并将该SL Grant座椅配置SL Grant；

-注：对于V2X旁路通信，用户应该确保随机选择的时频资源满足时延要求；

-注：对于V2X旁路通信，当在pssch-TxConfigList里所选的配置未与cbr-pssch-TxConfigList里的所选配置发生重叠时，此时由UE实现来决定是否进行UE发送以及UE在pssch-TxConfigList中指示的允许配置与cbr-pssch-TxConfigList中指示的允许配置之间使用哪些发送参数。

**对于子帧，MAC实体应该完成的操作：**

1. ***如果MAC实体已有一个出现在子帧内的配置SL Grant：***
2. 如果SL\_RESOURCE\_RESELECTION\_COUNTER = 1且MAC实体等概率地随机选择区间[0,1]中的值，且所选值高于probResourceKeep中由上层配置的概率，则：

将资源预留时隙设置为0；

1. 如果该配置SL Grant与SCI的传输相关联：

* 对于UE中的自主资源选择的V2X旁路通信来说：

选择MCS，如果配置了MCS，且其在pssch-TxConfigList中包含的minMCS-PSSCH和maxMCS-PSSCH之间的上层配置的范围内，并且在由上层配置的情况下，与cbr-pssch-TxConfigList中所指示的minMCS-PSSCH和maxMCS-PSSCH之间重叠。用于MAC PDU中的旁路逻辑信道的最高优先级，以及根据TS 36.214 [6]由较低层测量的CBR（如果CBR测量结果可用）或由上层配置的相应的defaultTxConfigIndex（如果CBR测量结果不可用）;

注：如果上层并未配置MCS或者相关范围，MCS（调制编码方式）的选择是取决于UE实现的。

注：对于V2X旁路通信，当在pssch-TxConfigList里所选的配置未与cbr-pssch-TxConfigList里的所选配置发生重叠时，此时是由UE实现来决定是否进行UE发送以及UE在pssch-TxConfigList中指示的允许配置与cbr-pssch-TxConfigList中指示的允许配置之间使用哪些发送参数。

* 对于在预定资源分配情况下的V2X旁路通信来说：

选择MCS，除非它是由上层配置的;

* 构建物理层发送配置SL Grant对应的SCI;
* V2X的旁路通信中，将该配置SL Grant，及该对应附属HARQ的信息以及在MAC PDU中旁路逻辑信道的最高优先级的数值传递给该子帧的旁路HARQ实体。

1. 否则，若该配置SL Grant关联与针对于旁路通信的第一个传输块：

* 传递该配置SL Grant及该对应附属HARQ的信息给该子帧的旁路HARQ实体。

注：如果MAC实体有多路配置授权（Multiple configured grants）出现在同一子帧，并且如果由于单集群SC-FDM限制，不是所有Grant都可以被处理（进行相关进程），则根据上述判定结果，由UE实现来说决定对于那哟个进程进行处理。