

LTE Physical Layer

Jul 28, 2011



提纲



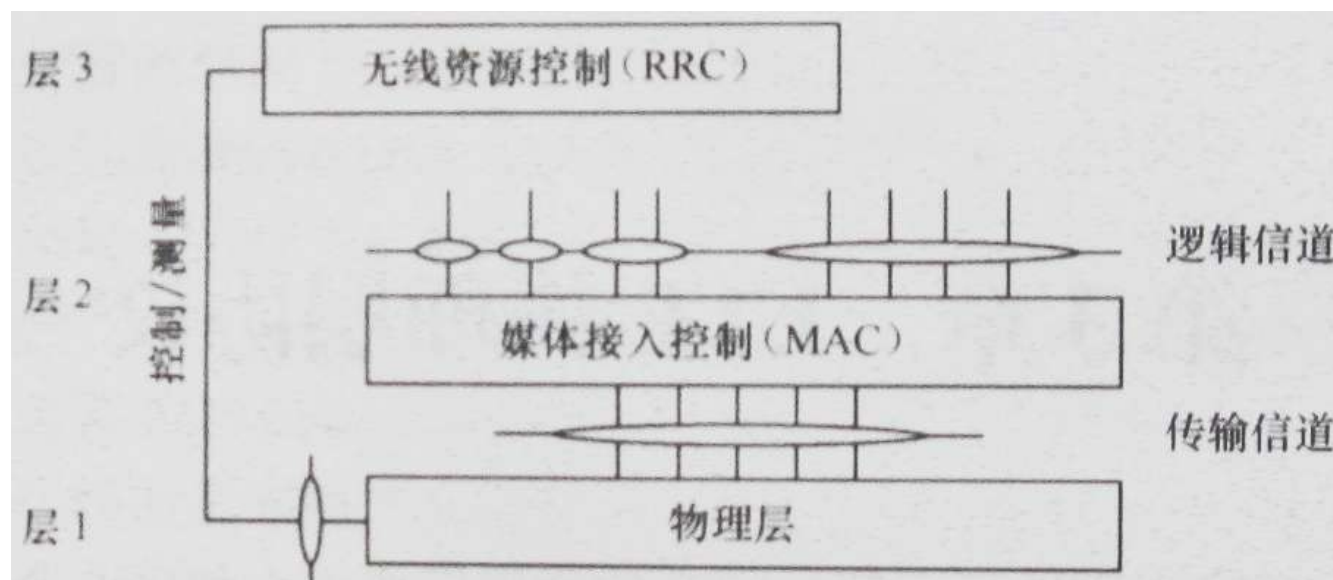
- 物理层概述
- 物理资源
- 物理层信道和信号
- 物理层过程

LTE物理层协议结构



无线接口主要指UE和网络之间的接口，包括层1、层2和层3。

下图给出了层1（物理层）周围的E-UTRA无线协议结构。物理层与层2的媒体接入控制（MAC）子层和层3的无线资源控制（RRC）层有接口。其中圆圈便是不同层/子层间的服务接入点（SAP）。物理层向MAC层提供传输信道，MAC提供不同的逻辑信道给层2的无线链路控制（RLC）子层。



LTE物理层功能



物理层向高层提供数据传输服务，可以通过MAC子层并使用传输信道来接入这些服务。为了提供数据传输服务，物理层将提供如下功能：

1. 传输信道的错误检测并向高层提供指示
2. 传输信道的前向纠错（Forward Error Correction, FEC）编码解码
3. 混合自动重传请求（Hybird Automatic Repeat-reQuest, HARQ）软合并
4. 编码的传输信道与物理信道之间的速率匹配

LTE物理层功能

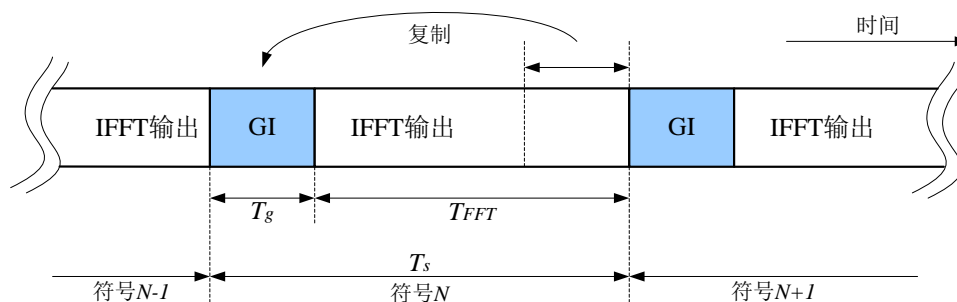


5. 编码的传输信道与物理信道之间的映射
6. 物理信道的功率加权
7. 物理信道的调制与解调
8. 频率和时间同步
9. 射频特性测量并向高层提供指示
10. 对输入多输出(Multiple Input Multiple Output, MIMO)天线处理
11. 传输分集
12. 波束赋形
13. 射频处理

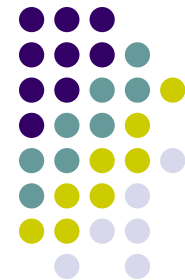
LTE物理层概述



- E-UTRAN的多址方式以OFDM为基础，在上行使用SC-FDMA，在下行使用OFDMA
- OFDM是一种特殊的多载波传输方案。多载波传输把数据流分解成若干子比特流，这样每个子数据流将具有低得多的比特速率，用这样的低比特率形成的低速率多状态符号再去调制相应的子载波，就够成多个低速率符号并行发送的传输系统。由于各个子载波相互正交，所以调制后的频谱可以相互重叠，不但减小了子载波间的相互干扰，还大大提高了频谱利用率。
- 为了克服符号间干扰，减少在接收端定时偏移的错误，一般都要在每个OFDM符号之间插入保护间隔(Guard Interval)。通常是将每个OFDM符号的后 T_g 时间中的样点复制到OFDM符号的前面，形成前缀，在交接点没有任何间断。这种保护间隔叫做循环前缀(Cyclic Prefix)。



LTE物理层概述-信道带宽

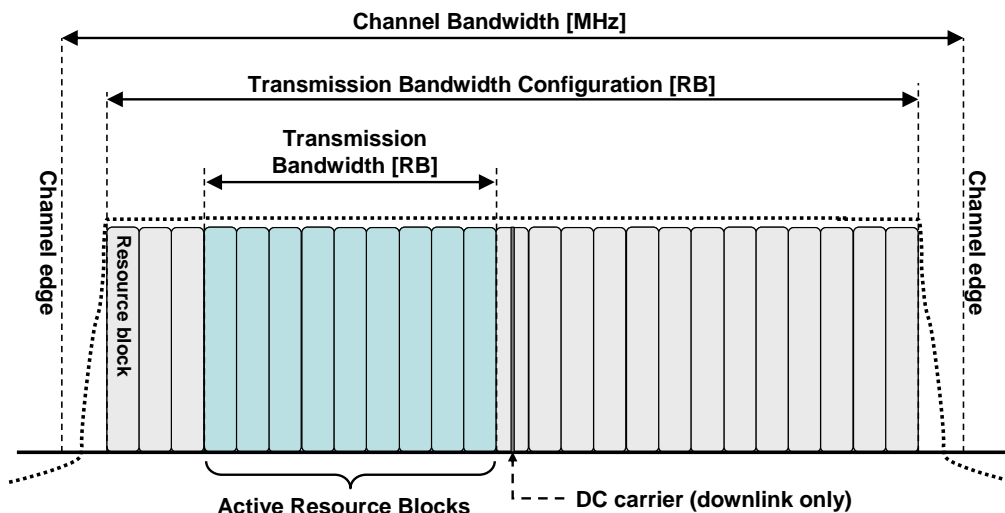


□ 支持的信道带宽（Channel Bandwidth）

- 1.4MHz, 3.0MHz, 5MHz, 10MHz, 15MHz以及20MHz

□ LTE系统上下行的信道带宽可以不同

- 下行信道带宽大小通过主广播信息（MIB）进行广播
- 上行信道带宽大小通过系统信息（SIB）进行广播
- 上下行最小资源块为180kHz，也就是12个子载波。载波分配可采用集中式或分布式两种方式。系统可以实现1.4-20MHz的灵活带宽配置。



LTE物理层概述-双工方式



□ FDD:

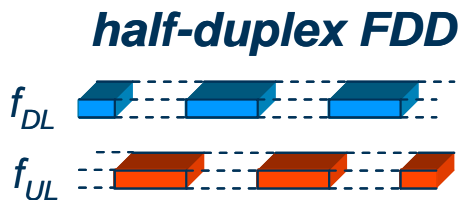
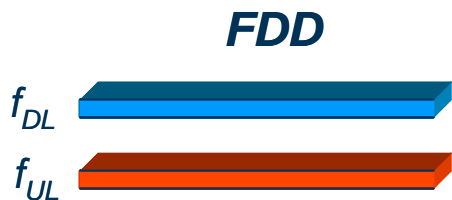
- 上行传输和下行传输在不同的载波频段上进行;

□ TDD:

- 上行传输和下行传输在相同的载波频段上进行;
- 基站/终端在不同的时间进行信道的发送/接收或者接收/发送 ;

□ H-FDD:

- 上行传输和下行传输在不同的载波频段上进行;
- 基站/终端在不同的时间进行信道的发送/接收或者接收/发送 ;
- H-FDD与FDD的差别在于终端不允许同时进行信号的发送与接收, 即H-FDD基站与FDD基站相同, 但是H-FDD终端相对FDD终端可以简化, 只保留一套收发信机并节省双工器的成本。





LTE物理层概述

- LTE下行定义的物理信道包括物理下行共享信道、物理多播信道、物理下行控制信道、物理广播信道、物理控制格式指示信道和物理HARQ指示信道
- LTE上行定义的物理信道包括物理随即接入信道、物理上行共享信道和物理上行控制信道。
- 定义的信号包括参考信号、主/辅同步信号。
- 下行和上行均支持如下调制方式：四相移相键控（Quate Phase Shift Keying, QPSK）、正交调幅（Quadrature Amplitude Modulation, 16QAM）和64QAM。
- LTE中传输块的信道编码方案为Turbo编码，编码速率为 $R=1/3$



LTE物理层概述-物理层过程

- LTE操作中涉及多个物理层过程，这些过程包括小区搜索、功率控制、上行同步和上行定时控制、随即接入相关过程、HARQ相关过程。
- 无线特性在终端和基站进行测量，并在网络中向高层进行报告。这包括用于同频和异频切换的测量，用于不同无线接入技术（Radio Access Technology, RAT）之间切换的测量，用于无线资源管理（Radio Resource Management, RRM）的测量。

LTE物理层概述



■ E-UTRAN系统的传输参数

Transmission BW		1.4 MHz	3 MHz	5 MHz	10 MHz	15 MHz	20 MHz
Slot duration		0.5 ms					
Sub-carrier spacing		15 kHz					
Sampling frequency (MHz)		1.92 ($1/2 \times 3.84$)	3.84 (1×3.84)	7.68 (2×3.84)	15.36 (4×3.84)	23.04 (6×3.84)	30.72 (8×3.84)
FFT size		128	256	512	1024	1536	2048
Number of occupied sub-carriers		76	151	301	601	901	1201
OFDM symbols per slot (Short/Long CP)		7/6					
CP length (μ s/samples)	Short	$(4.69/9) \times 6,$ $(5.21/10) \times 1$	$(4.69/18) \times 6,$ $(5.21/20) \times 1$	$(4.69/36) \times 6,$ $(5.21/40) \times 1$	$(4.69/72) \times 6,$ $(5.21/80) \times 1$	$(4.69/108) \times 6,$ $(5.21/120) \times 1$	$(4.69/144) \times 6,$ $(5.21/160) \times 1$
	Long	(16.67/32)	(16.67/64)	(16.67/128)	(16.67/256)	(16.67/384)	(16.67/512)



提纲

- 物理层概述
- 物理资源
- 物理层信道和信号
- 物理层过程

物理资源概念



$$T_s = 1/(15000 \times 2048) \text{秒}$$

接收机用来区分资源在空间上的差别，包括三类天线端口：

- CRS: 天线端口0~3
- MBSFN: 天线端口4
- DRS: 天线端口5

帧结构



□ FDD帧结构 --- 帧结构类型1，适用于FDD与HD FDD

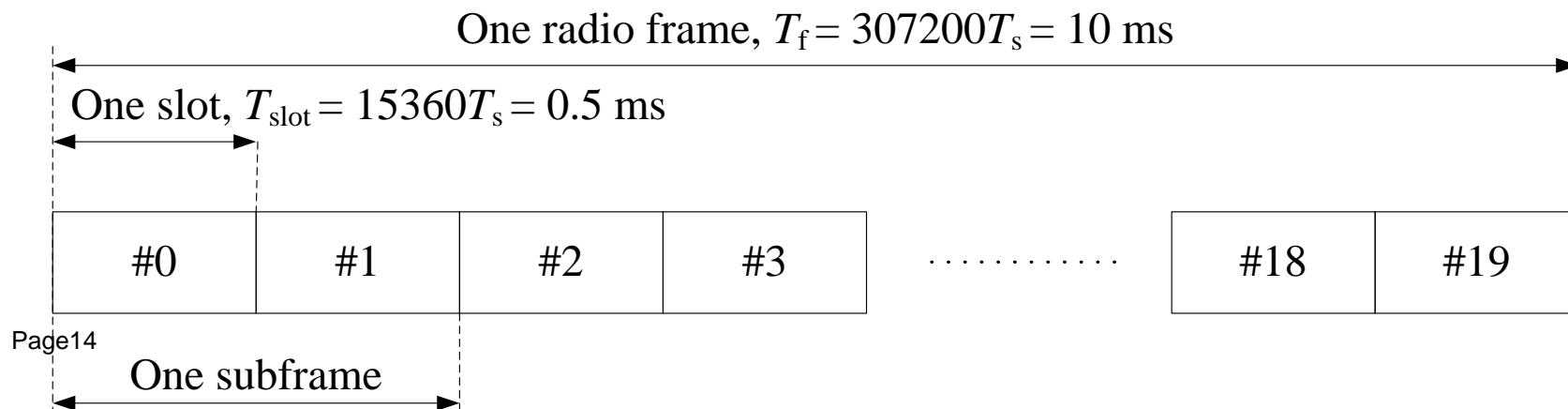
■ LTE在数据传输延时方面提出了更高的要求并且在调度方面要求更加灵活，小于5MS，所以要采用更加小的时隙传输间隔，但是太小了，调度时需要的信令开销就大了，最后就设计出了下面的FDD帧结构模型。

■ 一个长度为10ms的无线帧由10个长度为1ms的子帧构成；

■ 每个子帧由两个长度为0.5ms的时隙构成；

■ 在每一个0.5MS时隙结构中，有数据符号和CP组成，针对不同的CP，OFDM符号数也不同，用常规CP，每个时隙的符号数为7个，扩展CP每个时隙为6个。

■ 这样一种帧结构，每个控制信道应该是占用每个时隙中的几个字符。



帧结构



□ TDD帧结构 --- 帧结构类型2，适用于TDD

- 一个长度为10ms的无线帧由2个长度为5ms的半帧构成

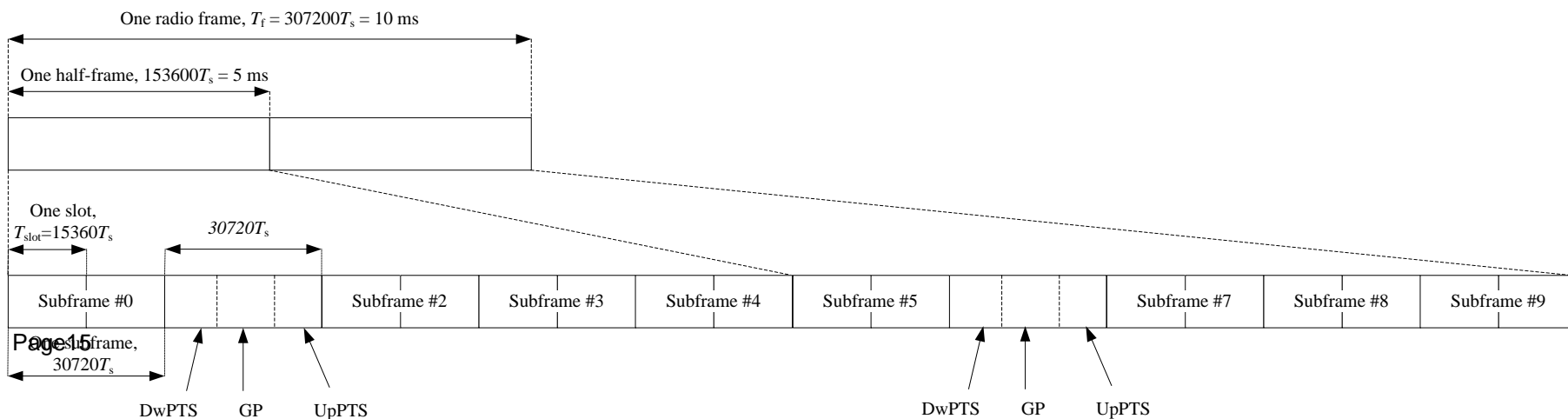
- 每个半帧由5个长度为1ms的子帧构成

- 常规子帧：由两个长度为0.5ms的时隙构成

- 特殊子帧：由DwPTS、GP以及UpPTS构成

- DwPTS的长度为3~12个OFDM符号，UpPTS的长度为1~2个OFDM符号，相应的GP长度为1~10个OFDM符号

- 支持5ms和10ms DL→UL切换点周期



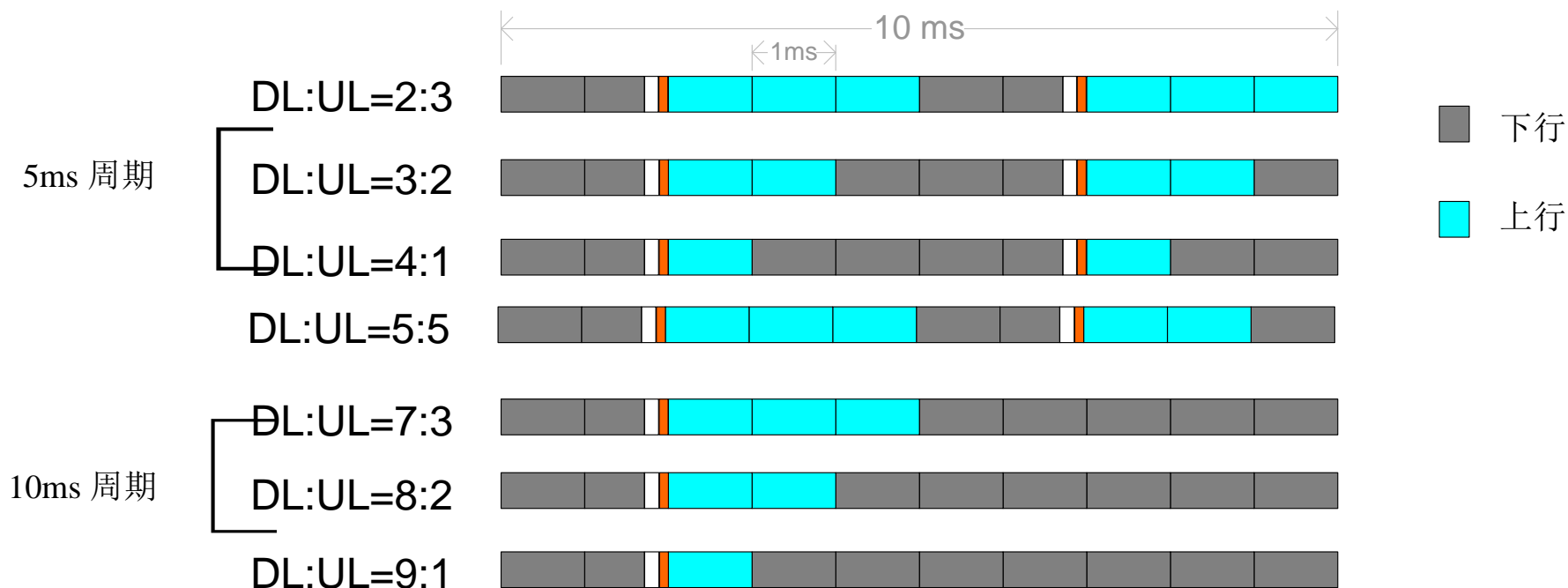


帧结构-Type2 TDD

- 在type2 TDD帧结构中，存在1ms的特殊子帧，由三个特殊时隙组成。
- GP是上下行转换的保护间隔。由于信号的传输时延和设备收发转换的时延，为了避免上下行信号之间的干扰，需要在上下行转换的时候设置一定的保护时间间隔。
- DwPTS用于下行信号的发送，可以使3-12OFDM符号，用于下行控制信道和共享信道。系统的主同步信号位于第三个符号。
- UpPTS用于上行信号的发送，可以配置为1-2个OFDM符号，可用于承载物理随机接入信道PRACH等。

帧结构

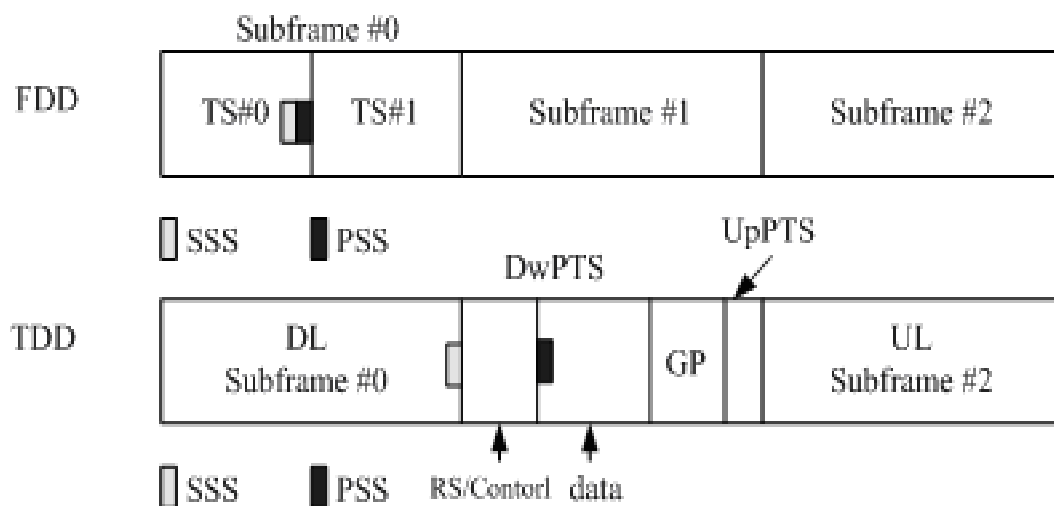
□ TDD帧结构—上下行配置

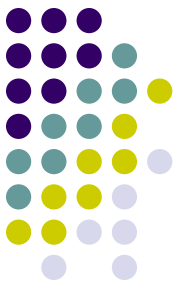


同步信号的设计的不同



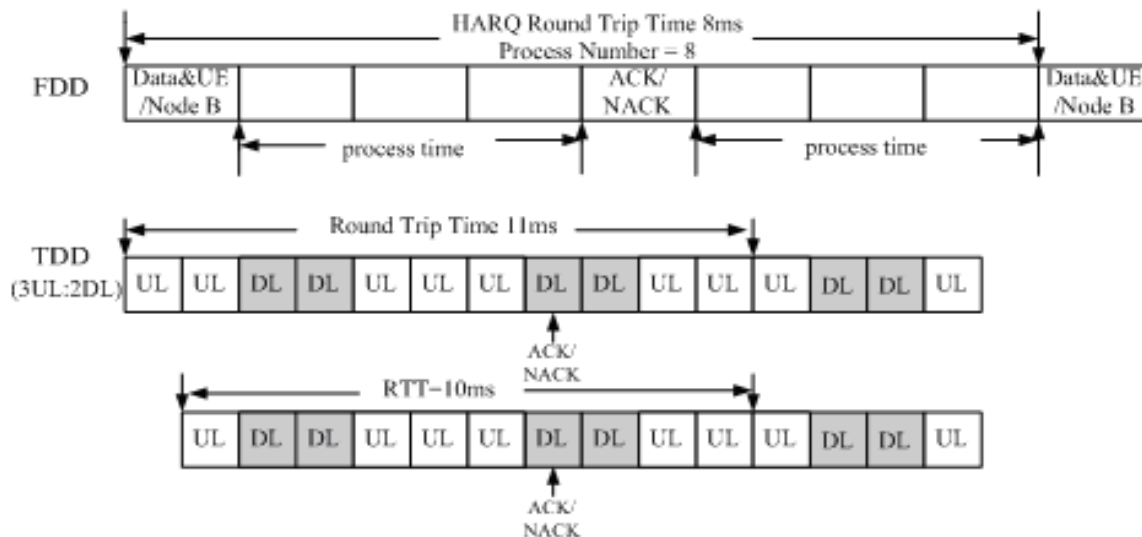
- LTE 同步信号的周期是5ms，分为主同步信号（PSS）和辅同步信号（SSS）。
- 在TDD帧结构中，PSS位于DwPTS的第三个符号，SSS位于5ms第一个子帧的最后一个符号
- 在FDD帧结构中，主同步信号和辅同步信号位于5ms第一个子帧内前一个时隙的最后两个符号。
- 利用主、辅同步信号相对位置的不同，终端可以在小区搜索的初始阶段识别系统是TDD还是FDD。





HARQ设计的不同

- LTE FDD 系统中，HARQ的RTT（Round Trip Time）固定为8ms，且ACK/NACK位置固定，TD-LTE系统中HARQ的设计原理与LTE FDD相同，但是实现过程却比LTE FDD复杂，由于TDD上下行链路在时间上是不连续的，UE发送ACK/NACK的位置不固定，而且同一种上下行配置的HARQ的RTT长度都有可能不一样，这样增加了信令交互的过程和设备的复杂度。



LTE TDD的优势



- 频谱资源是无线通信中最宝贵的资源。现有的通信系统**GSM900**和**GSM1800**均采用**FDD**双工方式，**FDD**双工方式占用了大量的频段资源，同时，一些零散频谱资源由于**FDD**不能使用而闲置，造成了频谱浪费。由于**LTE TDD**系统无需成对的频率，可以方便的配置在**LTE FDD**系统所不易使用的零散频段上，具有一定的频谱灵活性，能有效的提高频谱利用率。
- 支持非对称业务。数据业务不对称性。根据**LTE TDD**帧结构的特点，**LTE TDD**系统可以根据业务类型灵活配置**LTE TDD**帧的上下行配比。
- 在**LTE TDD**系统中，上下行链路使用相同频率，且间隔时间较短，小于信道相干时间，链路无线传播环境差异不大，在使用赋形算法时，上下行链路可以使用相同的权值。与之不同的是，由于**FDD**系统上下行链路信号传播的无线环境受频率选择性衰落影响不同，根据上行链路计算得到的权值不能直接应用于下行链路。因而，**LTE TDD**系统能有效地降低移动终端的处理复杂性。



LTE TDD的不足

- 由于保护间隔的使用降低了频谱利用率。
- 使用HARQ技术时，LTE TDD使用的控制信令比LTE FDD更复杂，且平均RTT 稍长于LTE FDD的8ms。
- 由于上下行信道占用同一频段的不同时隙，为了保证上下行帧的准确接收，系统对终端和基站的同步要求很高。

物理资源概念

资源单元 (RE)

■ 对于每一个天线端口，一个OFDM或者SC-FDMA符号上的一个子载波对应的一个单元叫做资源单元；

资源块 (RB)

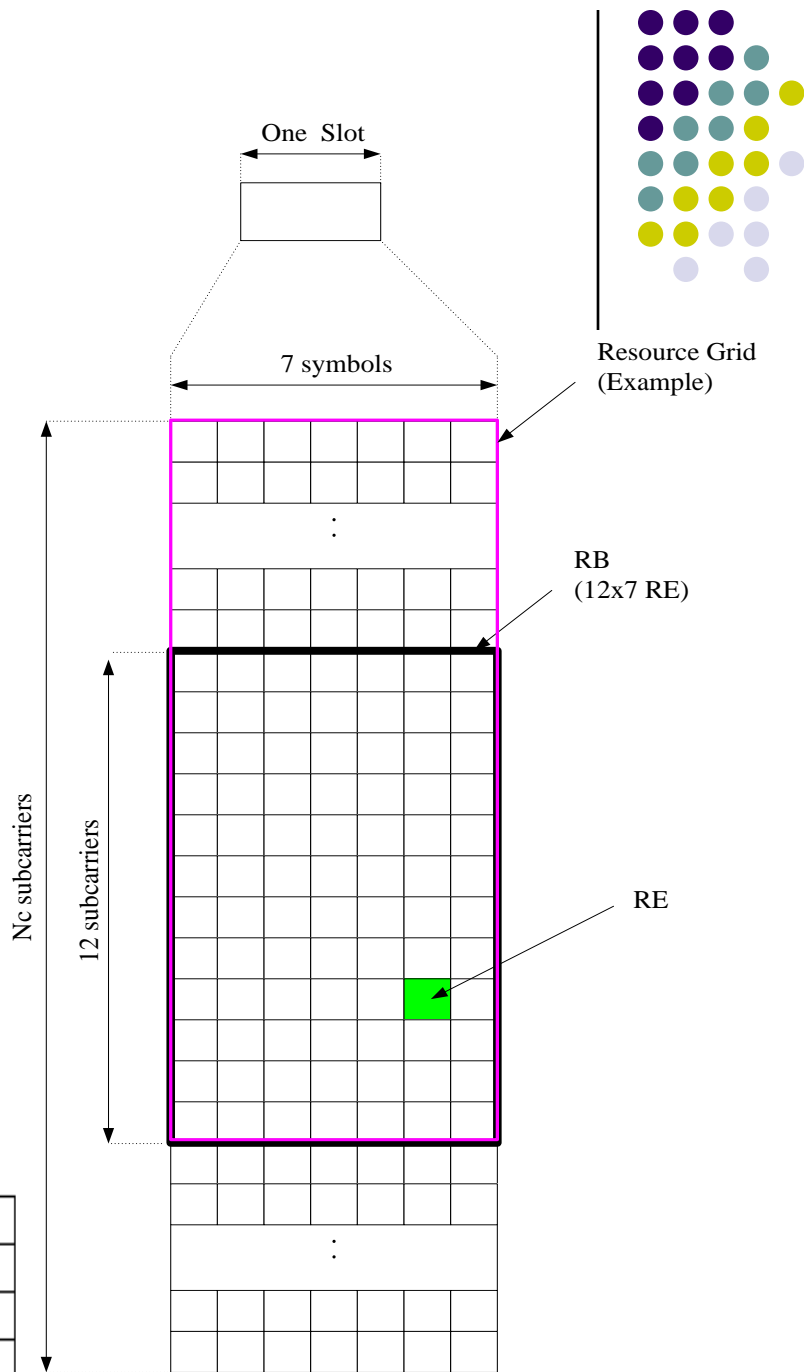
■ 一个时隙中，频域上连续的宽度为180kHz的物理资源称为一个资源块；

■ 一个RB包含12个子载波，20M带宽为100个RB，1200个子载波。

■ LTE中RB为承载业务信息的最小的资源调度单位。一个或者多个RB构成一个物理信道（物理信号）。

■ RB对是两个RB，时域占用一个子帧。一个子帧里两个时隙的频域占用可以不一样。

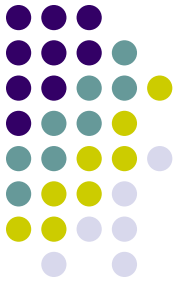
子载波间隔	CP 长度	子载波个数	OFDM / SC-FDMA 符号个数	RE 个数
$\Delta f = 15 \text{ kHz}$	常规 CP	12	7	84
	扩展 CP	12	6	72
$\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$	常规 CP	24	3	72





LTE峰值速率计算

- 假设20MHz、普通CP，4*4MIMO，计算下行峰值
 - 1) 计算20MHz带宽中1个子帧中RE数量：12子载波*7 OFDM符号*100个RB*2时隙=16800个RE，每个RE携带一个调制符号
 - 2) 假设64QAM调制，无编码，这样一个调制符号带6个比特：20MHz的信道1个子帧的总共比特数=16800调制符号 * 6bit = 100800 bit，故数据速率为 100800 bit / 1ms=100.8Mbps
 - 3) 采用4*4MIMO，峰值速率达100.8 Mbps x 4 = 403 Mbps
 - 4) 假设大约25%的开销，比如 PDCCH, RS、同步信号、 PBCH和一些编码，最后得到403 Mbps x 0.75 = 302 Mbps.



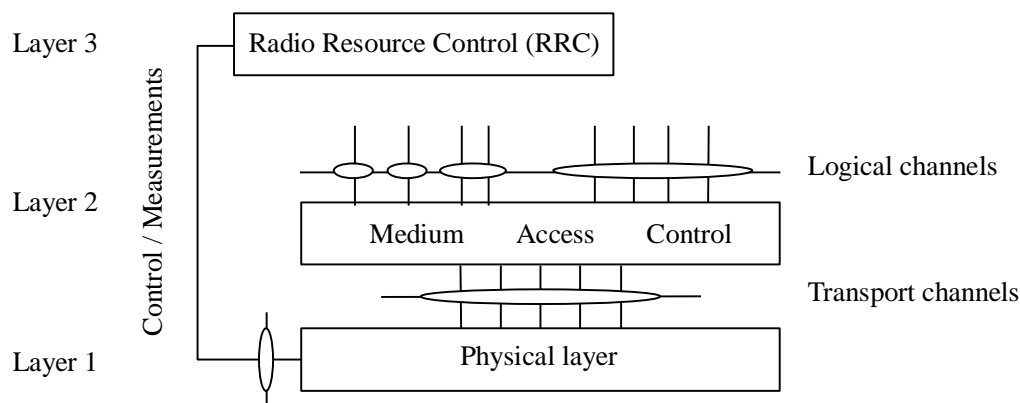
提纲

- 物理层概述
- 物理资源
- 物理层信道和信号
- 物理层过程

逻辑信道



- **MAC**以逻辑信道的形式为**RLC**提供服务。逻辑信道由它所携带的信息所定义分为控制和流量信道。逻辑信道传输的可能是独立成块的数据流，也可能是夹杂在一起但是有确定起始位的数据流，这些数据流是包括所有用户的数据。
 - 广播控制信道（**BCCH**）
 - 寻呼控制信道（**PCCH**）
 - 专用控制信道（**DCCH**）
 - 多播控制信道（**MCCH**）
 - 专用**流量**信道（**DTCH**）
 - 多播流量（**MTCH**）





传输信道

- **MAC**层以传输信道的形式从物理层获得服务。传输信道定义的是怎样并且以何种类型在无线接口上传输信息。在传输信道，数据被组织为传输块。在每一个传输时间间隔（**TTI**）中，当没有空分复用技术（**MIMO**）的时候，至多只有一个特定大小的传输块通过无线接口传输。
- 与每一个传输块相关的是传输格式（**TF**），它指定每一个传输块是如何通过无线通信接口传输的。传输格式包括传输块大小的信息，调制方法和天线映射。再加上资源分配，由此可以通过传输格式实现码率大小。通过改变不同的传输格式，**MAC**层可以实现不同的数据传输率。
 - 广播信道（**BCH**）
 - 寻呼信道（**PCH**）
 - 下行共享信道（**DL-SCH**）
 - 多播信道（**MCH**）
 - 上行共享信道（**UL-SCH**）



LTE三类信道之间的关系

- 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。
- 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；
- 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**等等方式，也就说是告诉物理层如何去传这些信息；
- 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地的调制编码方式来传输广播消息了。

打个比方，某人写信给朋友，
逻辑信道=信的内容
传输信道=平信、挂号信、航空快件等等
物理信道=写上地址，贴好邮票后的信件

信道间数据流动

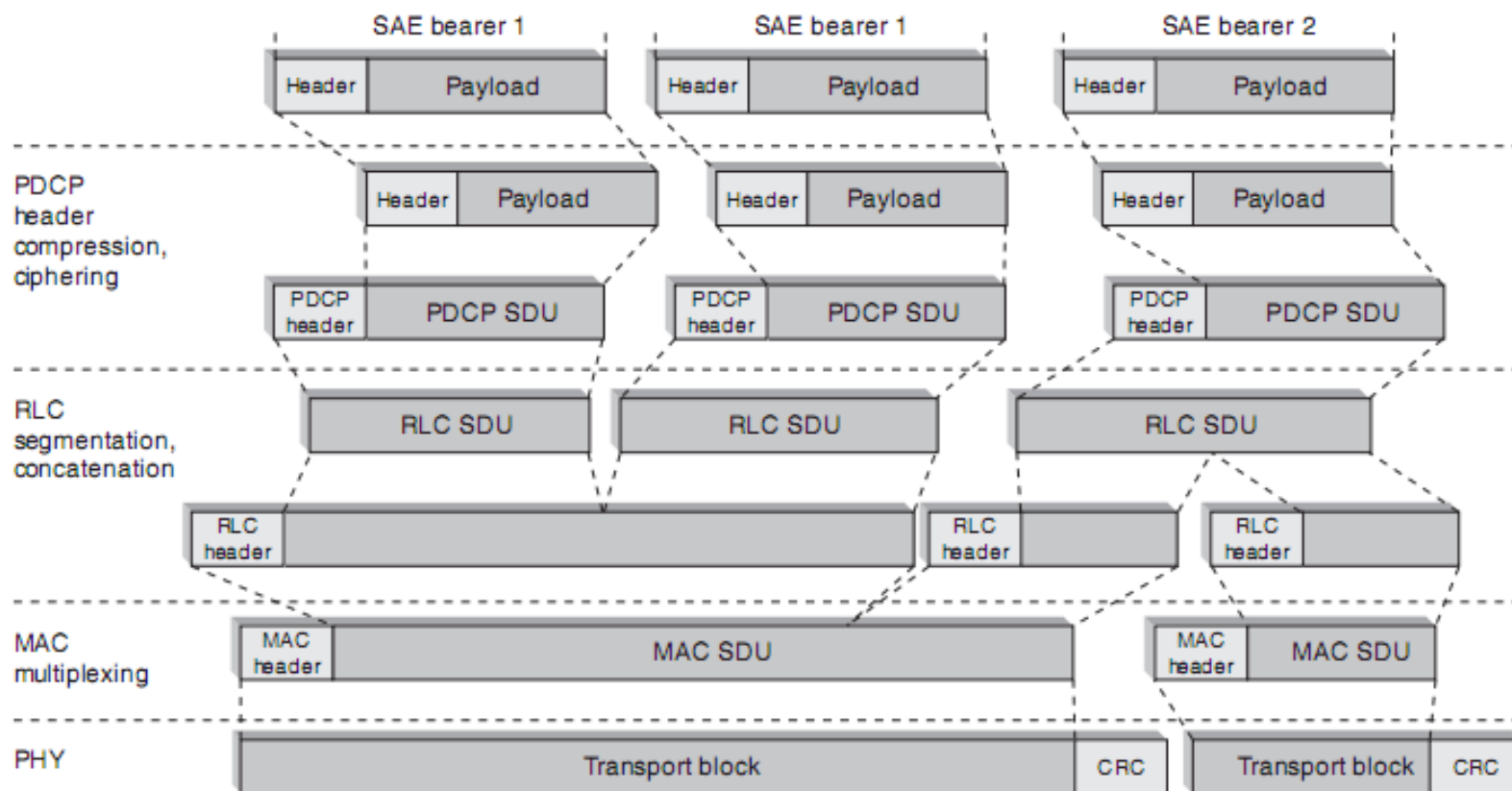
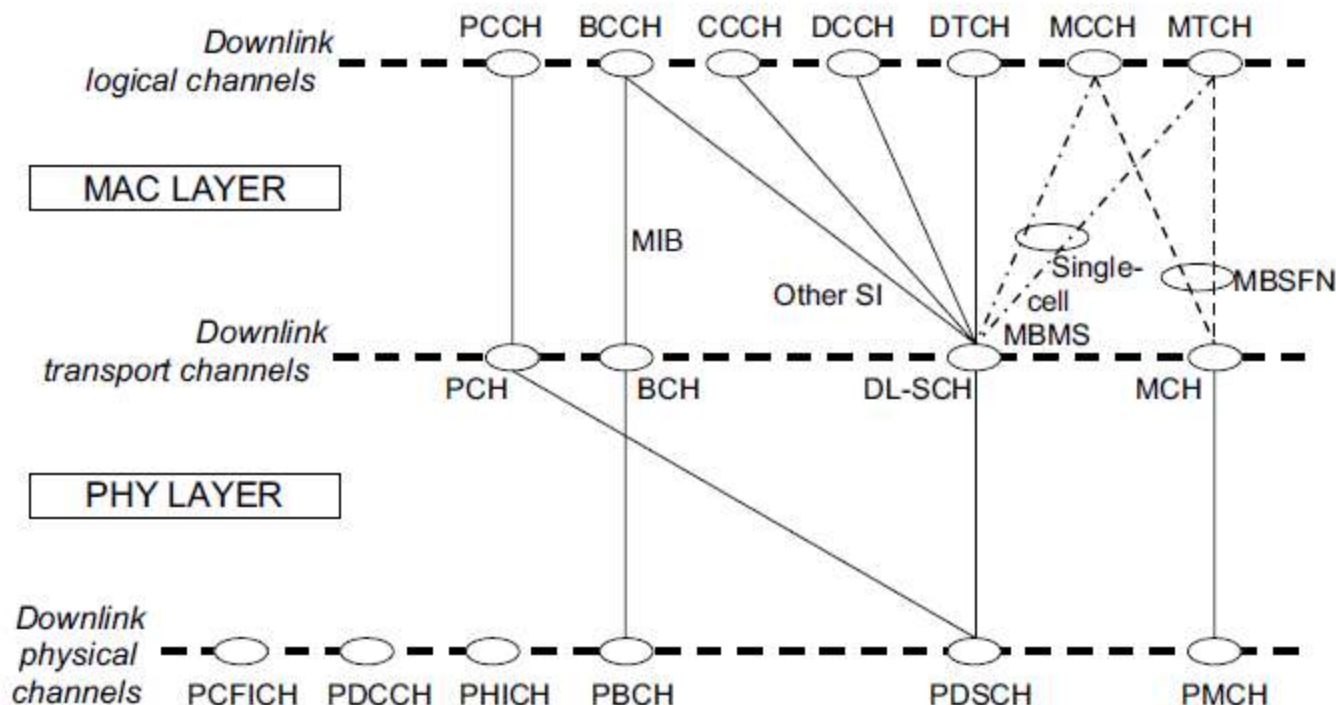


Figure 15.10 Example of LTE data flow.

下行信道映射关系



逻辑信道：RLC与MAC层间接口

- 广播控制信道(BCCH)
- 寻呼控制信道(PCCH)
- 公共控制信道(CCCH)
- 专用控制信道(DCCH)
- 多播控制信道(MCCH)
- 专用业务信道(DTCH)
- 多播业务信道(MTCH)

物理信道：直接在无线信道中发射

- 物理下行共享信道(PDSCH)
- 物理广播信道(PBCH)
- 物理多播信道(PMCH)
- 物理HARQ指示信道(PHICH)
- 物理下行控制信道(PDCCH)
- 物理控制格式指示信道(PCFICH)

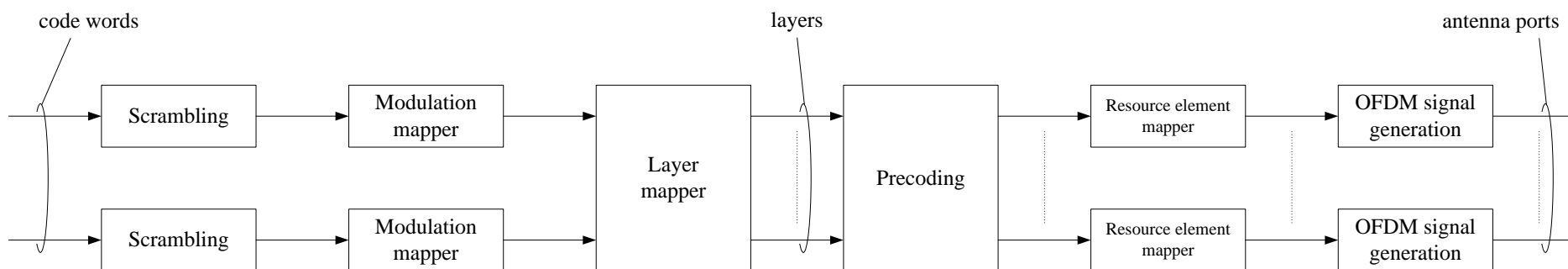
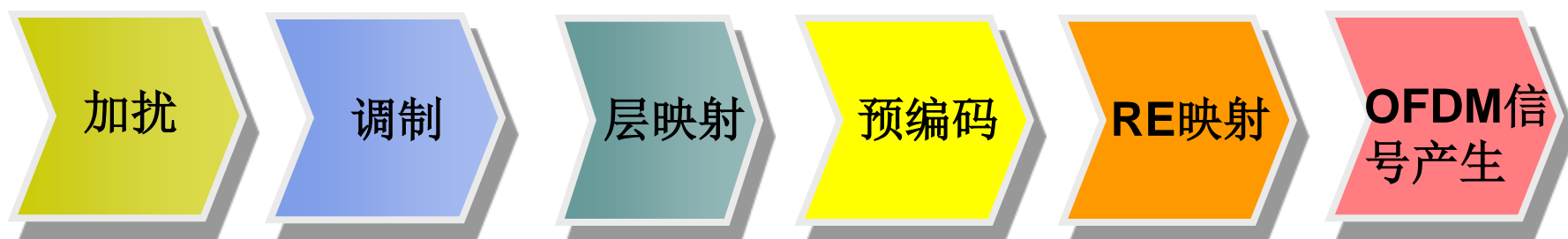
传输信道：MAC与PHY层间接口

- 广播信道(BCH)
- 寻呼信道(PCH)
- 下行共享信道(DL-SCH)
- 多播信道(MCH)

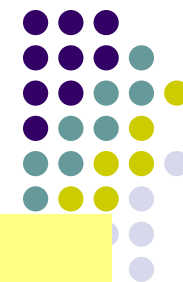
下行物理信道



下行物理信道一般处理流程



下行物理信道



PDSCH: 物理下行共享信道

调制方式: QPSK,
16QAM, 64QAM
功能: 承载下行数据传输和
寻呼信息。

PBCH: 物理广播信道

调制方式: QPSK
功能: 传递UE接入系统所必需的系统信息, 如带宽
天线数目、小区ID等

PMCH: 物理多播信道

调制方式: QPSK,
16QAM, 64QAM
功能: 物理多播信道, 传递
MBMS (单频网多播和广播) 相
关的数据

下行物理信道

PHICH: 物理HARQ指示信道

调制方式: BPSK
功能: 用于NodeB向UE 反馈
和PUSCH相关的ACK/NACK
信息。

PDCCH: 物理下行控制信道

调制方式: QPSK
功能: 下行物理控制信道, 用于指
示和PUSCH, PDSCH相关的
格式, 资源分配, HARQ信息

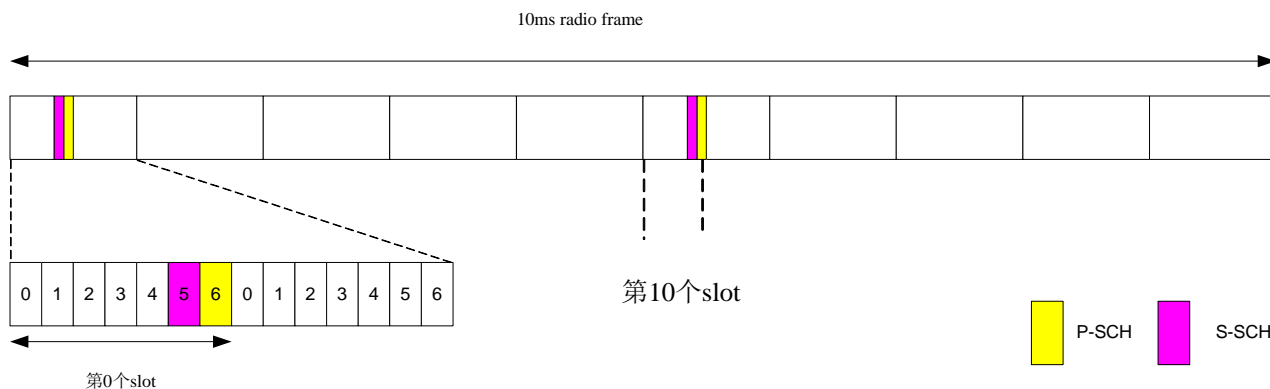
PCFICH: 物理控制格式指示信道

调制方式: QPSK
功能: 表示一个子帧中用于
PDCCH的OFDM符号数目

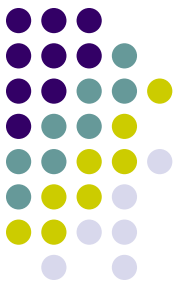
SCH（同步信道）



- 为了实现小区搜索，在下行方向传输如下信号：主同步信号，辅同步信号，终端获得与小区之间时间和频率的同步。
- P-SCH在一个无线帧中有两个，这两个是完全一样的。时域位置为第0个slot的倒数第一个符号；第10个slot的倒数第一个符号
- S-SCH在一个无线帧中也有两个，而这两个同步符号是有差别的。时域位置为第0个slot的倒数第二个符号；第10个slot的倒数第二个符号
- SCH 信道在下行系统带宽内的频域位置：无论系统带宽多大，SCH总是占用系统带宽中央的 1.25MHz 带宽。



PBCH（physical broadcast channel）物理广播信道

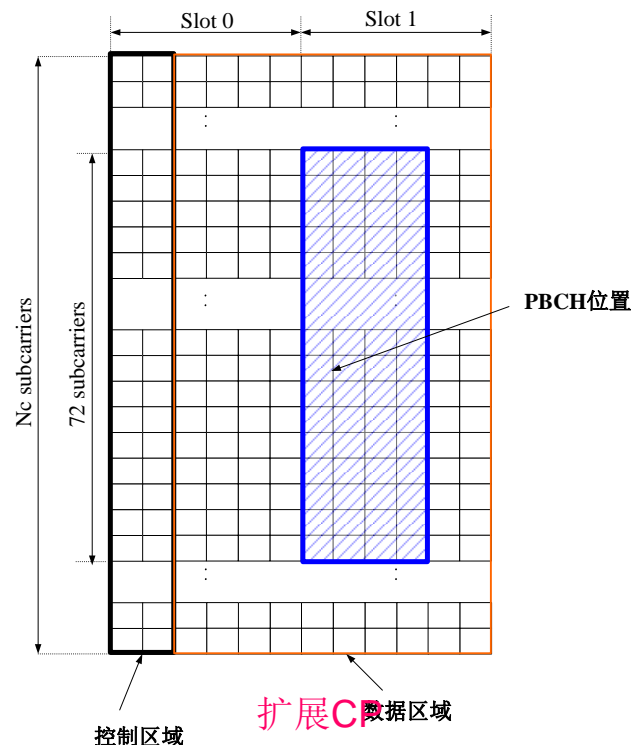
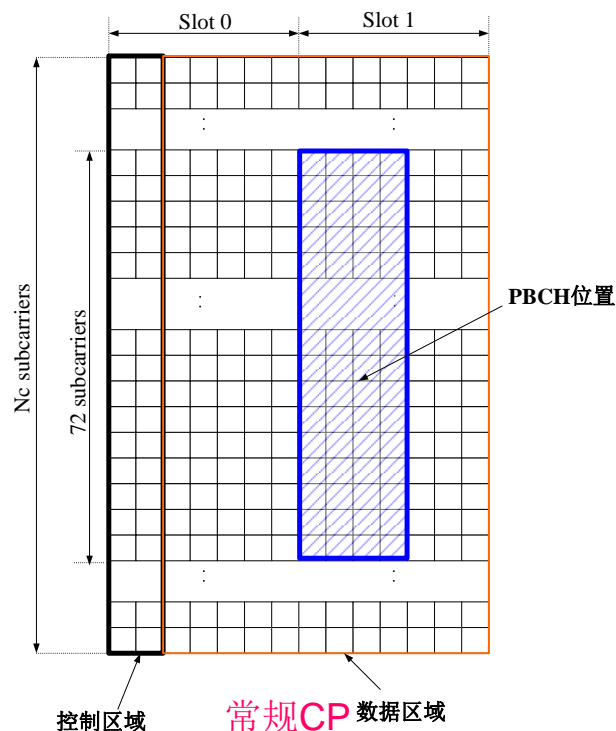


- PBCH（physical broadcast channel）物理广播信道承载的是传输信道BCH的信息。
- BCH广播信道主要传输小区系统信息，用于在小区搜索过程中向UE广播基本的系统信息，包含：下行系统带宽（约4bit）、发送天线个数（1bit or 2bit）、参考信号发射功率（0~6bit）；被最频繁重复发送的调度单元的调度信息等。
- BCH信息在PBCH物理广播信道和DBCH动态广播信道上广播的信息分别称为主信息块MIB（Master Information Block）和系统信息块SIB（system information block）。
- PBCH传送的TTI（PBCH信息的更新周期）为40ms，在40ms周期内传输4次PBCH，位于每一个无线帧的第一个子帧的第二个时隙的前4个符号。PBCH每40MS传不同的值，每40ms里每10ms传的内容是一样的。
- 频域上，PBCH占据系统带宽中央的1.08MHz的全部72个子载波。
- 广播信道对可靠性要求最高，因此其支持的物理层功能反而最少。BCH采用最可靠的调制方式QPSK，仅支持单天线和传输分集发送，物理层配置完全是静态的，因此不需要支持任何自适应功能。

PBCH (physical broadcast channel) 物理广播信道



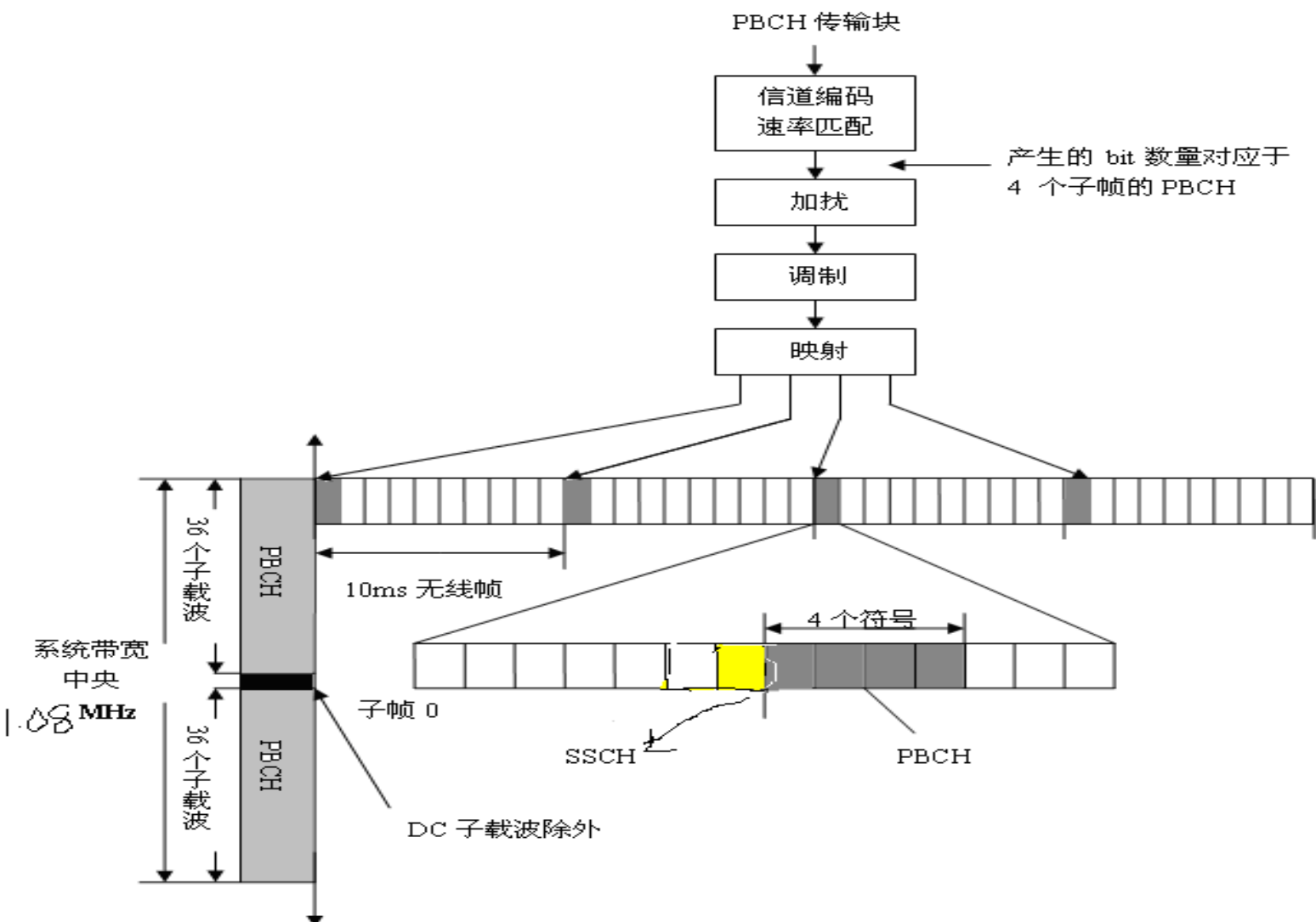
物理广播信道PBCH:



PBCH传送的TTI (PBCH信息的更新周期) 为40ms, 在40ms周期内传输4次PBCH, 位于每一个无线帧的第一个子帧的第二个时隙的前4个符号。PBCH每40MS传不同的值, 每40ms里每10ms传的内容是一样的。也就意味着, 40ms里正确接收到一个10ms就可以了。



PBCH处理过程



PDCCH (Physical downlink control channel)物理下行控制信道



□ 物理下行控制信道PDCCH:

■承载的控制信息DCI主要包括：下行数据传输的调度信息、上行数据传输的调度赋予和功率控制命令以及上行发送数据的ACK/NACK。

■PDCCH的传输带宽内可以同时包含多个PDCCH，一个控制信道承载一个MAC ID的调度信息。PDCCH中包含的下行信令是指导UE正确接收和发送数据的信息，用户是根据解CRC上的RNTI来识别的。

■PDCCH与PDSCH采用时分复用，PDCCH占据一个子帧的前N个符号， $N \leq 3$ 。

■在PDCCH上定义了两个专用的控制信道资源单位：RE组(RE Group, REG)和控制信道粒子(Control Channel Element, CCE)。

PDCCH格式	CCE个数	REG个数	PDCCH比特数目
0	1	9	72
1	2	18	144
2	4	36	288
3	8	72	576

资源单元组和控制信道单元

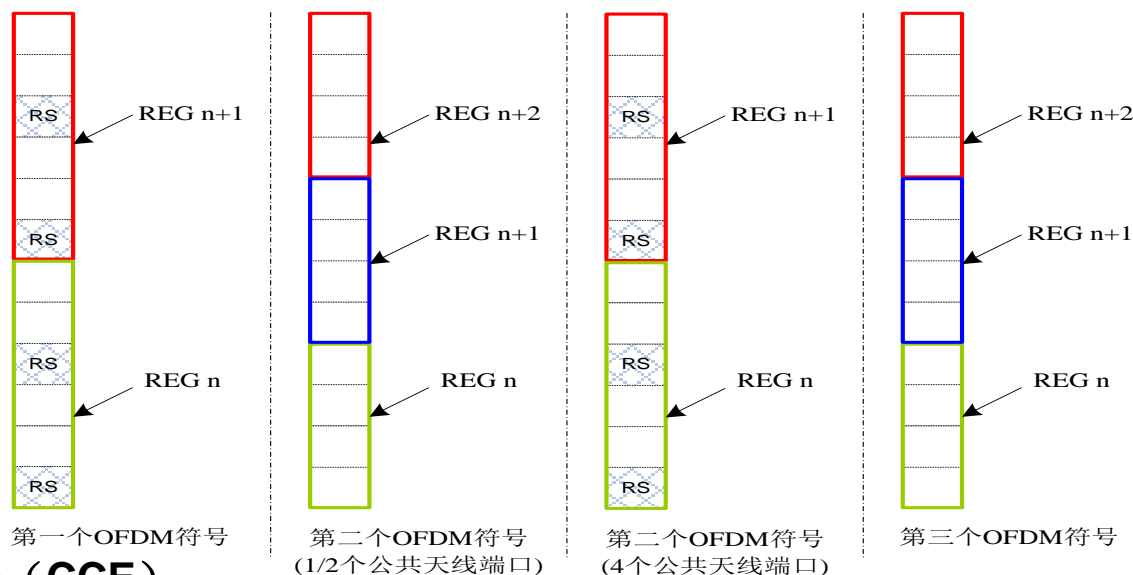


资源单元组 (REG)

- 控制区域中RE集合，用于映射下行控制信道

- 每个REG中包含4个数据RE

- 定义REG如此小的资源单位，主要是为了有效地支持 PCFICH(物理控制格式指示信道)、PHICH(物理HARQ指示符信道)等数据率很小的控制信道的资源分配



控制信道单元 (CCE)

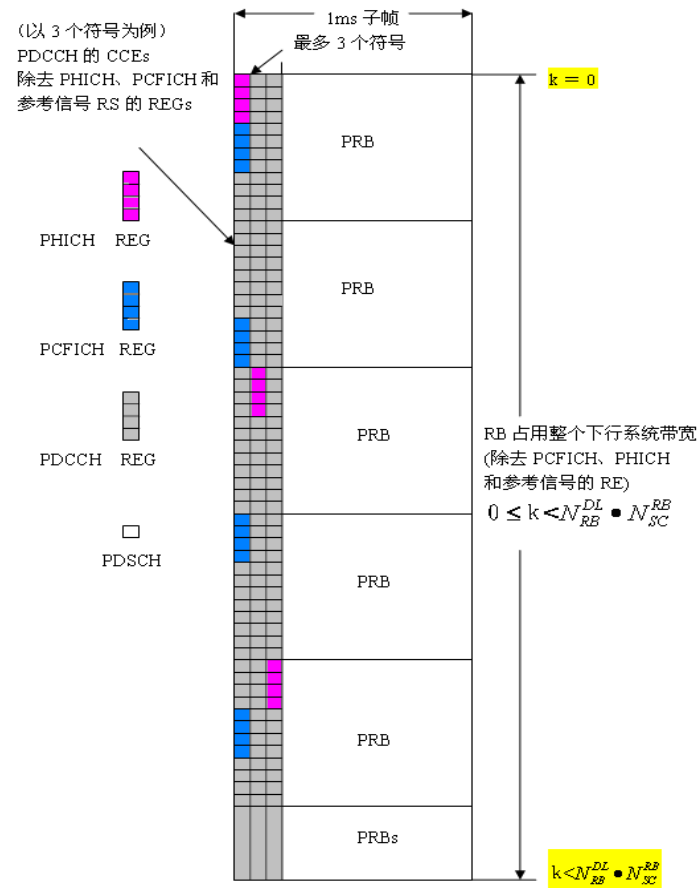
- 36RE，9REG组成

- 而定义相对较大的CCE，是为了用于数据量相对较大的PDCCH的资源分配。

PDCCH (Physical downlink control channel)物理下行控制信道



- PDCCH和数据信道的复用
选用TDM方式，在频域上
占用整个RB，时域上只占
用部分OFDM符号，放置在一
个子帧的前n个
($n \leq 3$)OFDM符号，每个
CCE应占满这个子帧内
PDCCH区域的所有OFDM
符号，以获得尽可能长的时
域长度。



PDCCH盲检测



- UE一般不知道当前DCI传送的是什么format的信息，也不知道自己需要的信息在哪个位置。但是UE知道自己当前在期待什么信息，
- 例如在Idle态UE期待的信息是paging, SI；发起Random Access后期待的是RACH Response；在有上行数据等待发送的时候期待UL Grant等。
- 对于不同的期望信息UE用相应的X-RNTI去和CCE信息做CRC校验，如果CRC校验成功，那么UE就知道这个信息是自己需要的，也知道相应的DCI format，调制方式，从而进一步解出DCI内容。这就是所谓的“盲检”过程。
- 小区内UE的标示如下：

标识类型	应用场景	获得方式	有效范围	是否与终端/卡设备相关
RA-RNTI	随机接入中用于指示接收随机接入响应消息	根据占用的时频资源计算获得（0001~003C）	小区内	否
T-CRNTI	随机接入中，没有进行竞争裁决前的CRNTI	eNB在随机接入响应消息中下发给终端（003D~FFF3）	小区内	否
C-RNTI	用于标识RRC Connect状态的UE	初始接入时获得（T-CRNTI升级为C-RNTI）（003D~FFF3）	小区内	否
SPS-CRNTI	半静态调度标识	eNB在调度UE进入SPS时分配（003D~FFF3）	小区内	否
P-RNTI	寻呼	FFFE（固定标识）	全网相同	否
SI-RNTI	系统广播	FFFF（固定标识）	全网相同	否

物理控制格式指示信道PCFICH



- PCFICH (physical control format indicator) 信道专门用于传输所谓的Cat0信令(即PDCCH在一个子帧中的时域长度 n)，PCFICH的大小仅为2bit，用来传输最基本的PDCCH格式信息。
- PDCCH格式信息是PDCCH的时域长度 n ，即PDCCH占用一个子帧的前几个OFDM符号。PDCCH最多可包含3个OFDM符号，因此 $n=1, 2, 3$ ，和数据时分复用。
- 1/16编码，QPSK调制，PCFICH映射到控制区域的第一个OFDM4个REG上

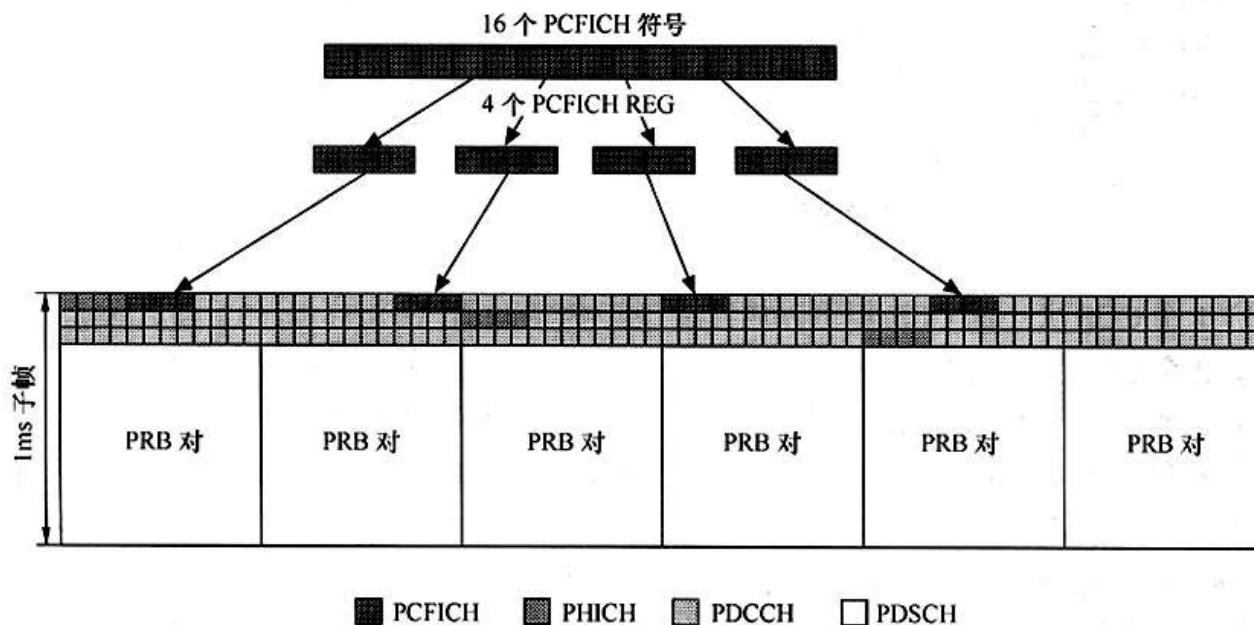


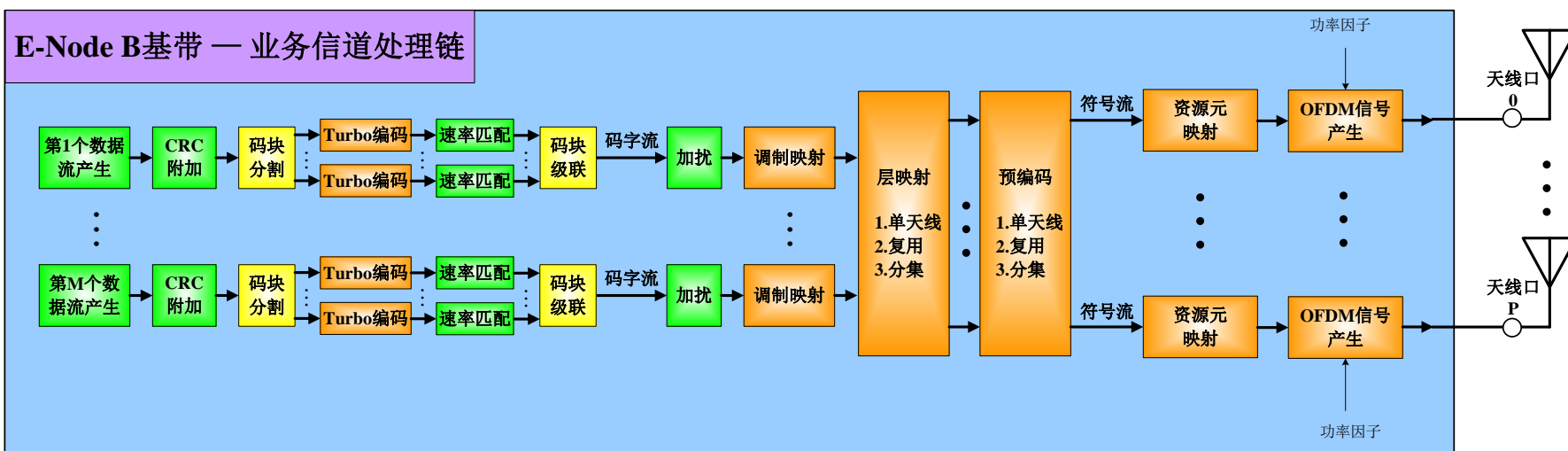
图 5-45 PCFICH 的资源映射 (以 CFI=3 为例)



下行共享信道PDSCH

- 物理下行共享信道主要承载传输数据，承载传输信道的下行共享信道DL-SCH和寻呼信道PCH。
- SIB系统信息块包含在DL-SCH中。
- SIB主要包括：
 - 一个或多个P L M N标识；
 - 跟踪区域编号；
 - 小区标识号；
 - 1 b i t 指示小区禁用状态指示，用于所有共享的P L M N；
 - 对每个共享P L M N均有1 b i t 预留给运营商使用；
 - 为所有共享PLMN使用一个公共的比特用于小区预留的扩展；
 - 调度信息；
 - SIB映射信息。
- UE需要先收听PCFICH信道,PCFICH信道用于描述PDCCH Physical downlink control channel的控制信息的放置位置和数，然后UE去接收PDCCH的信息.进而接收PDSCH的信息。

下行共享信道PDSCH



物理HARQ指示信道PHICH



- PHICH承载的是HARQ（混合自动重传）的ACK/NAK信息。
- 多个PHICHs构成一个PHICH组，映射到相同的RE资源上，组内的多个PHICHs的ACK/NAKs采用码分复用（乘以不同的正交序列）在一个PHICH信道内。
- 每个组内可以复用8个PHICHs（常规CP）或4个PHICHs（扩展CP）。
- PHICH包含3个REG，采用QPSK调制，可传输24bit信息。
- PHICH信令是和上一周期的上行数据紧密联系的，因此PHICH需要占用的资源与一个周期内的上行数据信道资源有一定关联。

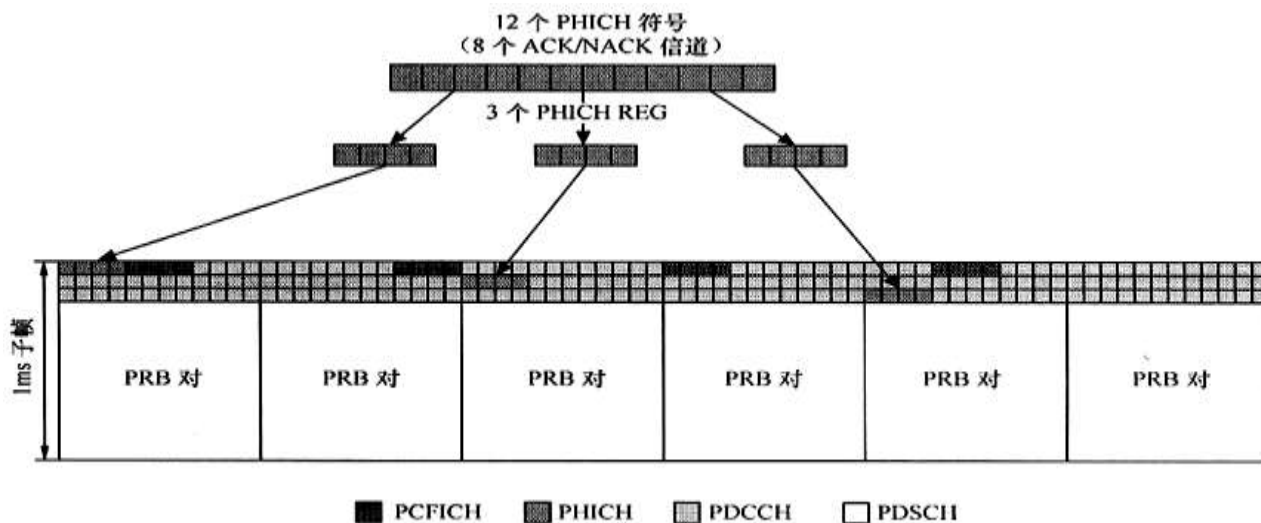


图 5-46 PHICH 的资源映射（以 PHICH 长度=3 为例）

上行信道的映射

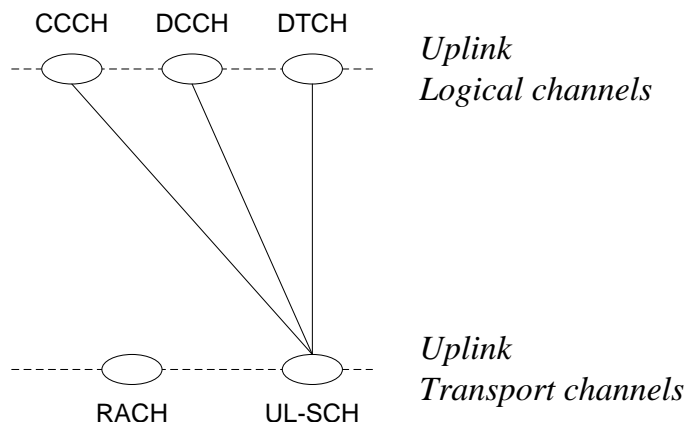


逻辑信道

公共控制信道 (CCCH)

专用控制信道 (DCCH)

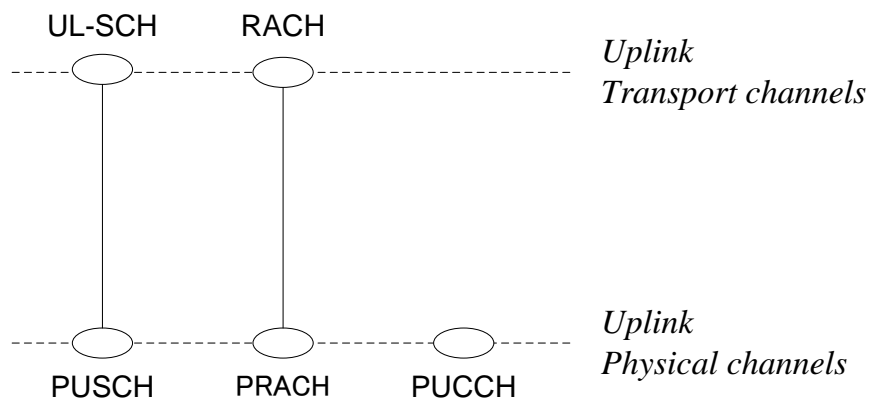
专用业务信道 (DTCH)



传输信道

随机接入信道 RACH

上行共享信道 UL-SCH



物理信道

物理上行共享信道 PUSCH

物理随机接入信道 PRACH

物理上行控制信道 PUCCH

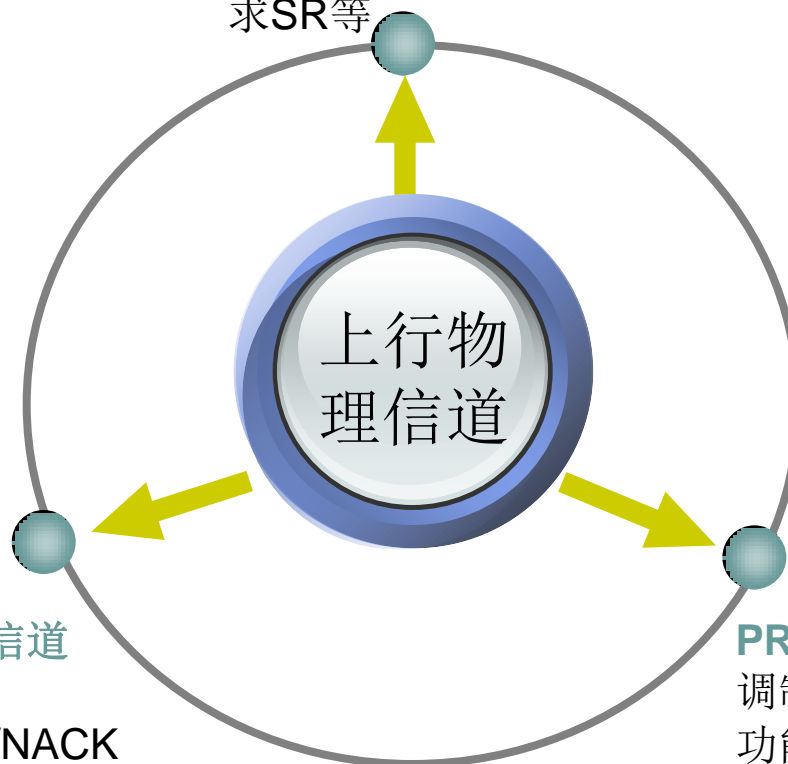


上行物理信道

PUSCH: 物理上行共享信道

调制方式: QPSK, 16QAM, 64QAM

功能: 主要传输UE的数据和控制信息的物理信道, CQI、HARQ-ACK、业务请求SR等



PUCCH: 物理上行控制信道

调制方式: QPSK

功能: UE用于发送ACK/NACK, CQI, SR, RI信息。

PRACH: 物理随机接入信道

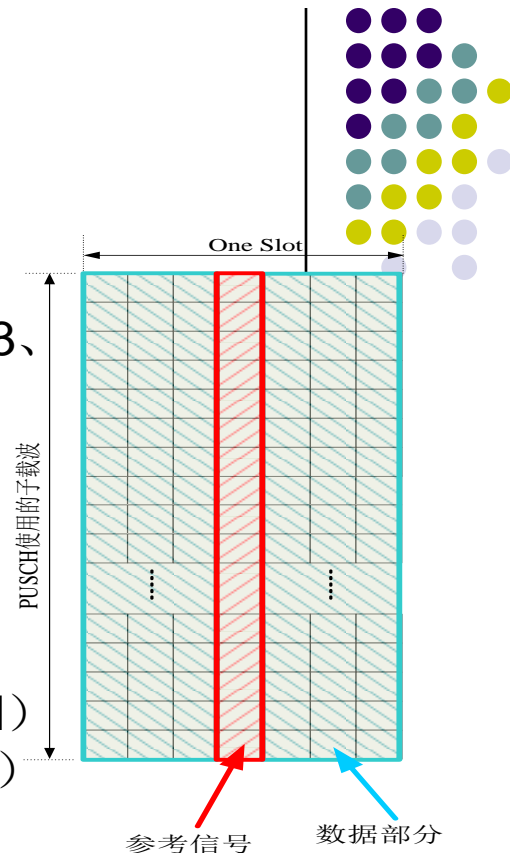
调制方式: QPSK

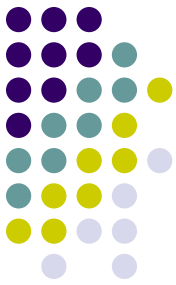
功能: 获取小区接入的必要信息进行时间同步和小区搜索等

上行物理共享信道PUSCH

- 用于承载上行业务数据；
- 上行资源只能选择连续的PRB，并且PRB个数满足2、3、5的倍数；
- 在RE映射时，PUSCH映射到子帧中的数据区域上；
- 在LTE中共有3种上行物理控制信息，即“调度请求”，“ACK/NAK”和“CQI反馈”。
- ACK/NAK和CQI反馈可在上行物理控制信道（PUCCH）上传输，也可以与数据复用在上行物理共享信（PUSCH）上传输。PUCCH仅支持周期性的上报，PUSCH仅支持非周期性的上报。

- PUSCH的基带信号产生的流程：

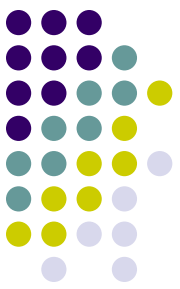




上行物理控制信道PUCCH

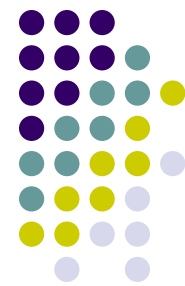
- 上行控制信道PUCCH，用于传输上行控制信息，ACK/NACK，CQI，SR，RI信息等。
- 有6种格式，用于承载HARQ-ACK，CQI，SR信息。支持多种格式，格式不同调制方法和每个子帧中的比特数不同。
- 对于同一个UE而言，PUCCH不与PUSCH同时传输

PUCCH格式	用途	调制方式	比特数
1	SR	N/A	N/A
1a	ACK/NACK	BPSK	1
1b	ACK/NACK	QPSK	2
2	CQI	QPSK	20
2a	CQI+ACK/NACK	QPSK+BPSK	21
2b	CQI+ACK/NACK	QPSK+QPSK	22



物理随机接入信道PRACH

- 随机接入是在**UE**获得下行同步的基础上，请求与网络通信之前的接入过程，随机接入可以分为两种类型：同步随机接入和非同步随机接入；
 - 同步随机接入：**UE**已经和系统取得上行同步，**UE**申请上行数据传输的资源。
 - 非同步随机接入：**UE**尚未和系统取得或丢失了上行同步



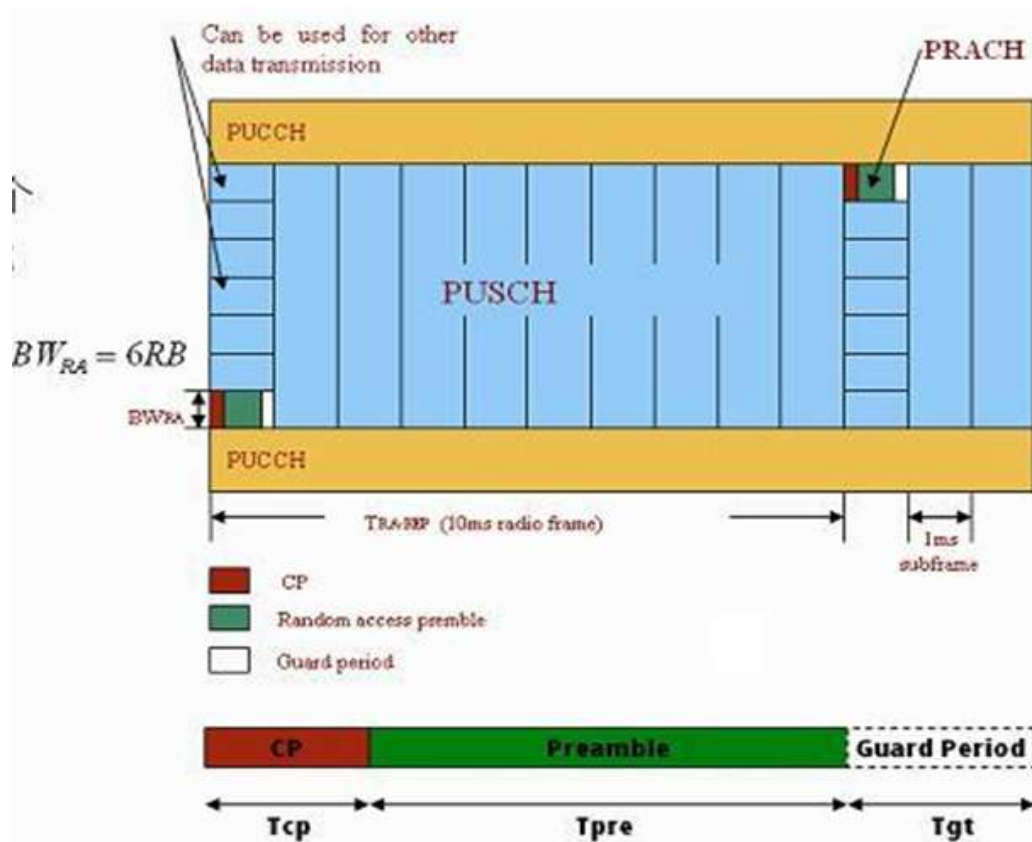
物理随机接入信道作用

- (1)请求初始接入：当一个用户在**LONG TERM**—**IDLE**状态时，表明网络并不精确地知道用户处于哪个小区，该用户也没有任何小区范围内特有的识别号(**C-RNTI**)。为了能够和基站进行通信，用户必须发起初始接入建立**RRC**连接，即从空闲状态转入连接状态并获得**C-RNTI**。这一步包含了初始接入和相关的信令流程。
- (2)建立/恢复上行同步：当**UE**和**NodeB**尚未进行同步或者失去同步时，需要进行上行同步。这过程可以由**UE**发起（**MAC**层触发）或者由网络发起（**PDCCH order**触发）。
- (3)**UL-SCH**资源请求：在**LONG TERM**中，由于专用信道不复存在，控制平面的数据将在共享信道传输，对于上行，每个用户需要向基站上报资源请求。基站将根据所有接收到的信息安排上行带宽给每个用户。资源请求可以根据相关因素(比如业务类型或**UE**处理阶段)在随机接入信道或者其它非竞争信道（如通过**PUCCH**申请**SR**资源调度）上进行上报。
- (4)小区切换接入：在**eNode B**之间切换之后接入到新的小区。

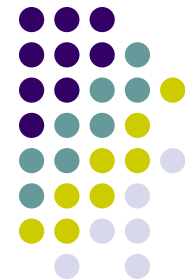
PRACH时频结构



- PRACH在频域上占用 6个 RB
- 每个 Subframe 中最多传送一个 PRACH
- PRACH的时间密度、频率位置、可用序列等以系统信息的形式在系统内广播。



提纲



- 物理层概述
- 物理资源
- 物理层信道和信号
- 物理层过程

小区搜索过程



为什么要进行小区搜索



完成**UE**与基站之间的时间和频率的同步，并识别小区**id**；

完成小区初搜后，**UE**接收基站发出系统信息；

小区搜索是**UE**接入系统的**第一步**，关系到能否快速，准确的接入系统。

小区搜索

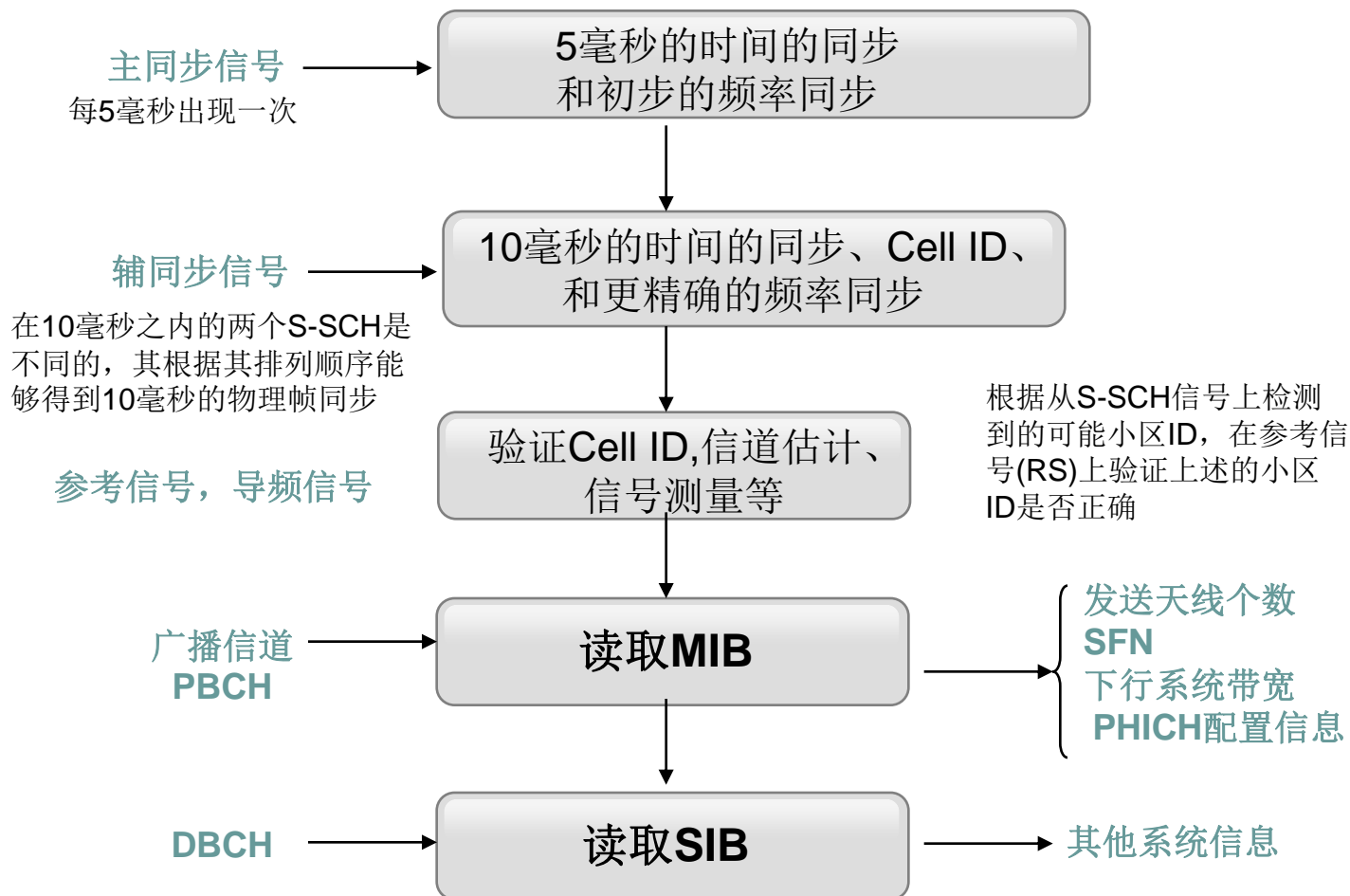


小区搜索过程



□ 小区初搜流程

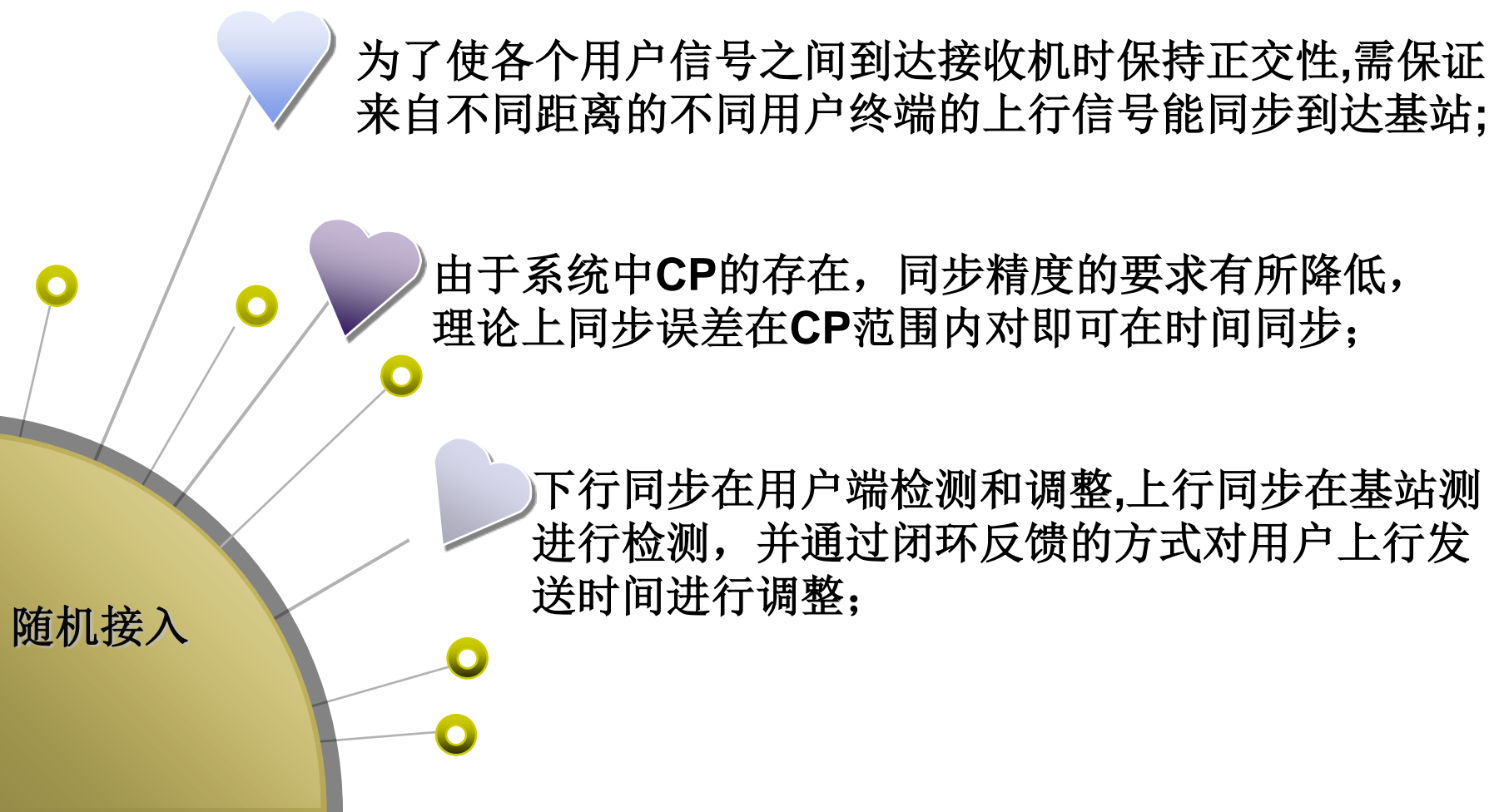
主同步信号 (P-SCH)





同步控制过程

什么是同步控制过程





上行同步控制过程

- UE在初始接入LTE的过程中，eNodeB通过测量UE的前导序列，在随机接入消息中（RAR）返回给UE 11位的初始TA值，UE根据RAR中的初始TA值，做相应的上行时间调整。
- UE在获得初始同步以后，随着时间的推移，由于信道情况的改变或者UE（以及eNodeB）的时钟漂移，UE可能重新变为失步状态。eNodeB为每个UE配置了一个Time Alignment Timer，规定了TA的有效期。
- 在Time Alignment Timer超时以后，如果UE未能收到任何的TA命令，那么UE认为上行已经失步，此时UE不能再进行任何的上行数据传输，而必须通过随机接入的过程来对上行的TA进行重新初始化。
- 与初始接入相应中的TA不同，此时的TA为6个Bit，在0到63之间取值，代表现时的TA与上一个TA之间的偏移值。

随机接入过程



为什么要进行随机接入过程



UE通过随机接入与基站进行信息交互，完成后续如呼叫，资源请求，数据传输等操作；

实现与系统的上行时间同步；

随机接入的性能直接影响到用户的体验，能够适应各种应用场景、快速接入、容纳更多用户的方案；

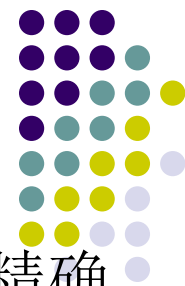
随机接入



随机接入分类和作用

- 随机接入是在**UE**开始与网络通信之前的接入过程。随机接入可以分为两种类型：同步随机接入和非同步随机接入；
 - 同步随机接入：**UE**已经和系统取得上行同步，**UE**申请上行数据传输的资源。
 - 非同步随机接入：**UE**尚未和系统取得或丢失了上行同步

随机接入的场景

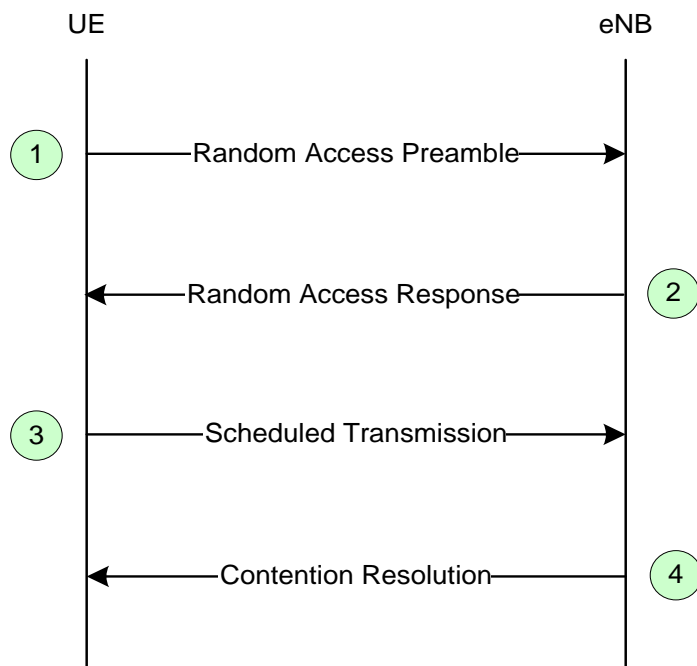


- 请求初始接入：当一个用户在**IDLE**状态时，网络并不精确地知道用户处于哪个小区，该用户也没有任何小区范围内特有的识别号(**C-RNTI**)。为了能够和基站进行通信，用户必须发起初始接入建立**RRC**连接，即从空闲状态转入连接状态并获得**C-RNTI**。
- 建立/恢复上行同步：当**UE**和**NodeB**尚未进行同步或者失去同步时，需要进行上行同步。这过程可以由**UE**发起或者由网络发起。
- **UL-SCH**资源请求：资源请求可以在随机接入信道或者其它非竞争信道（如通过**PUCCH**申请**SR**资源调度）上进行上报。
- 小区切换接入：在**eNode B**之间切换之后接入到新的小区。

随机接入过程

□竞争的随机接入流程

➤ 适用于初始接入



- 1. UE端通过在特定的时频资源上，发送可以标识其身份的preamble序列，进行上行同步
- 2. 基站端在对应的时频资源对preamble序列进行检测，完成序列检测后，发送随机接入响应。
- 3. UE端在发送preamble序列后，在后续的一段时间内检测基站发送的随机接入响应
- 4. UE在检测到属于自己的随机接入响应，该随机接入响应中包含UE进行上行传输的资源调度信息
- 5. 基站发送冲突解决响应，UE判断是否竞争成功

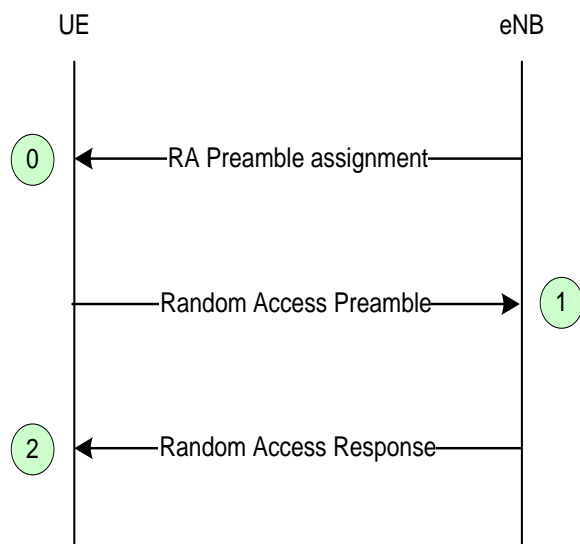


随机接入过程



□ 无竞争的随机接入流程

➤ 适用于切换或有下行数据到达且需要重新建立上行同步时



- 1.基站根据此时的业务需求，给UE分配一个特定的preamble序列。（该序列不是基站在广播信息中广播的随机接入序列组）
- 2.UE接收到信令指示后，在特定的时频资源发送指定的preamble序列
- 3.基站接收到随机接入preamble序列后，发送随机接入响应。进行后续的信令交互和数据传输。

上/下行调度



上行调度

1. **UE**向**eNB**请求上行资源
2. **UE**进行上行信道质量测量
3. **eNB**分配资源
4. **UE**传输数据
5. **eNB**指示是否需要重传
6. **UE**重传数据/发送新数据

下行调度

1. 下行信道质量测量，**UE**上报**CQI**
2. **eNB**分配下行资源
3. **eNB**在下行信道上传输数据
4. **UE**发送请求重传指示
5. **eNB**重传数据/发送新数据