

# LTE下行信道原理介绍

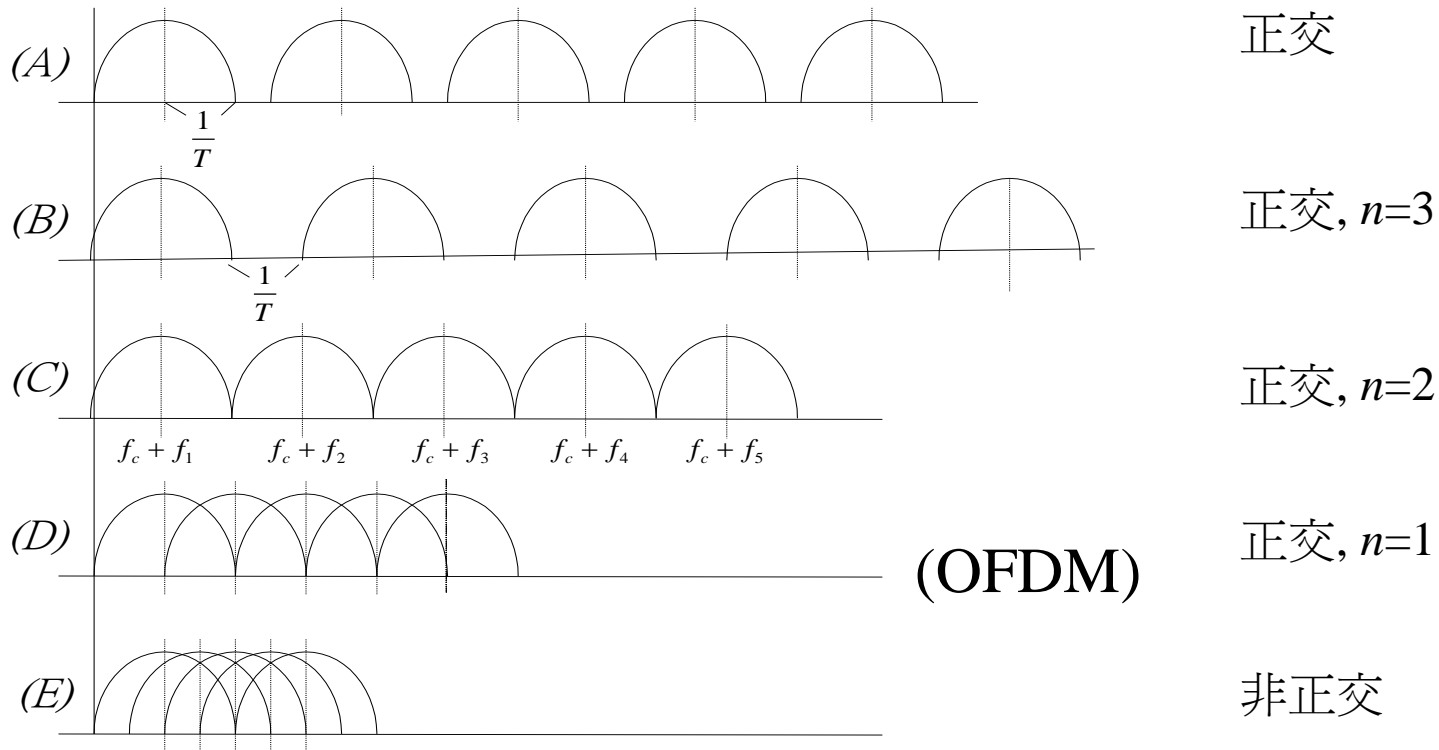
# 内容

- LTE下行物理层基础
- LTE下行控制信道概述

# 1

## LTE下行物理层基础

# LTE下行无线技术-OFDM 基本原理



- OFDM: Orthogonal Frequency Division Multiplexing
- 正交频分复用

# OFDM和多载波传输

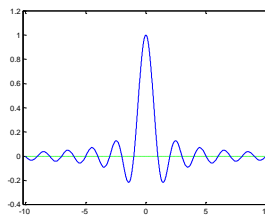
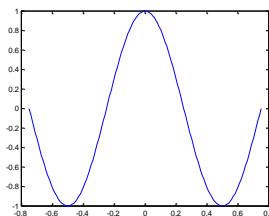
正交频分复用OFDM的秘诀:

—利用IFFT（反向快速傅立叶变换）进行频域->时域的转换进行信号的叠加处理

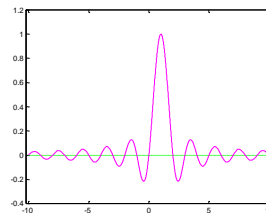
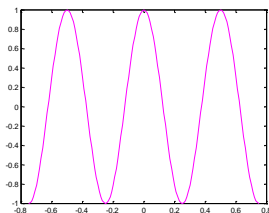
时域

频域

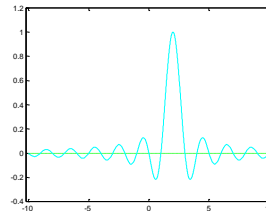
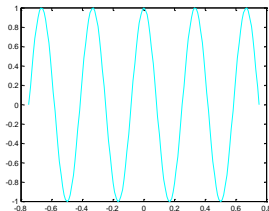
子载波  $f_1$



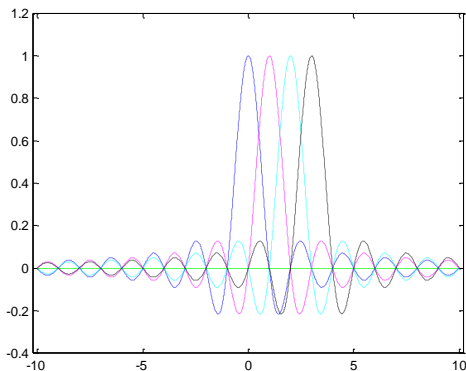
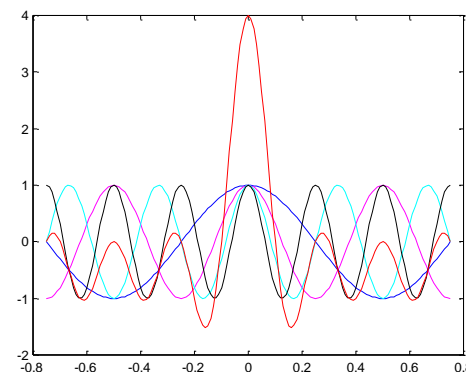
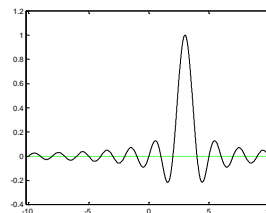
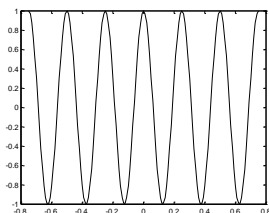
子载波  $f_2$



子载波  $f_3$

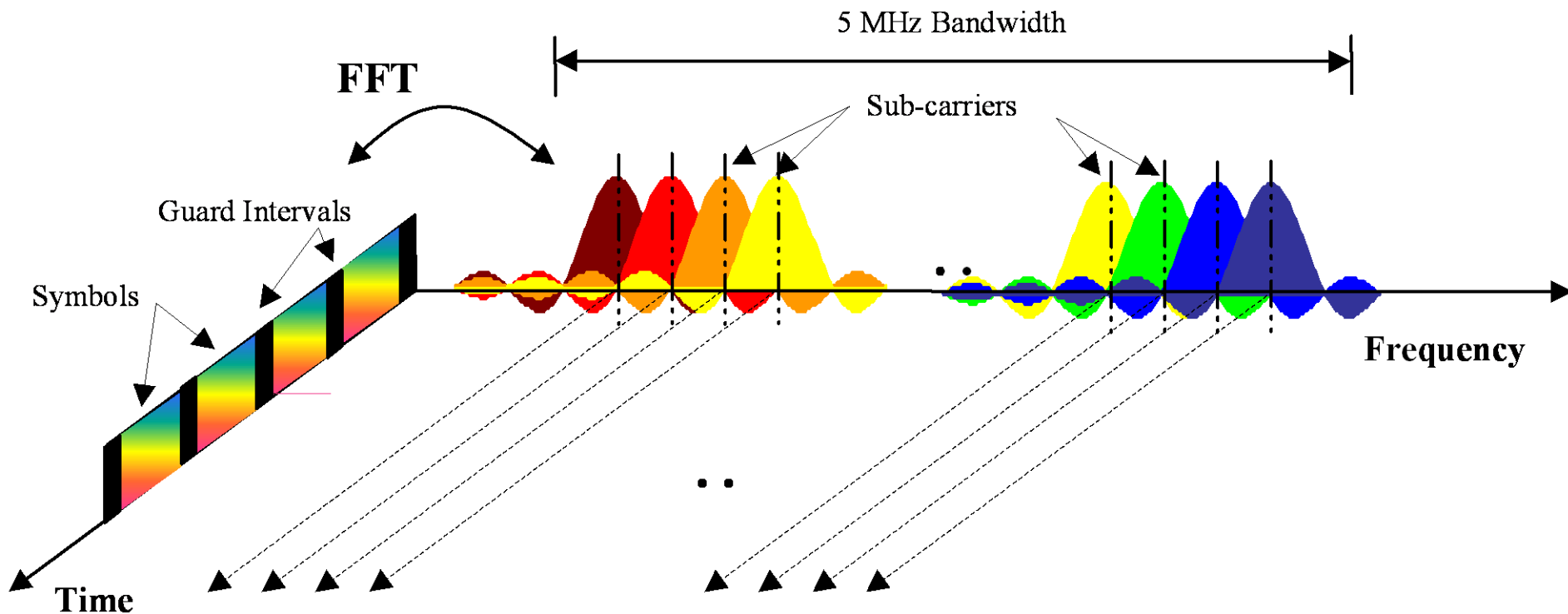


子载波  $f_4$



Res

# LTE下行无线技术-OFDM 基本原理



■ **OFDM**（正交频分复用）的基本原理是将高速的数据流分解为**N**个并行的低速数据流，在**N**个子载波上同时进行传输。这些在**N**子载波上同时传输的数据符号，最终叠加构成一个**OFDM**符号

# UMTS LTE 子载波间隔

---

- 子载波间隔：两种选择

1.  $\Delta f = 15\text{KHz}$

OFDM 符号间隔 =  $66.67\mu\text{s}$

用于除 MBMS外的 UL & DL 传输

频率偏移敏感度小于短子载波间隔

2.  $\Delta f = 7.5\text{KHz}$

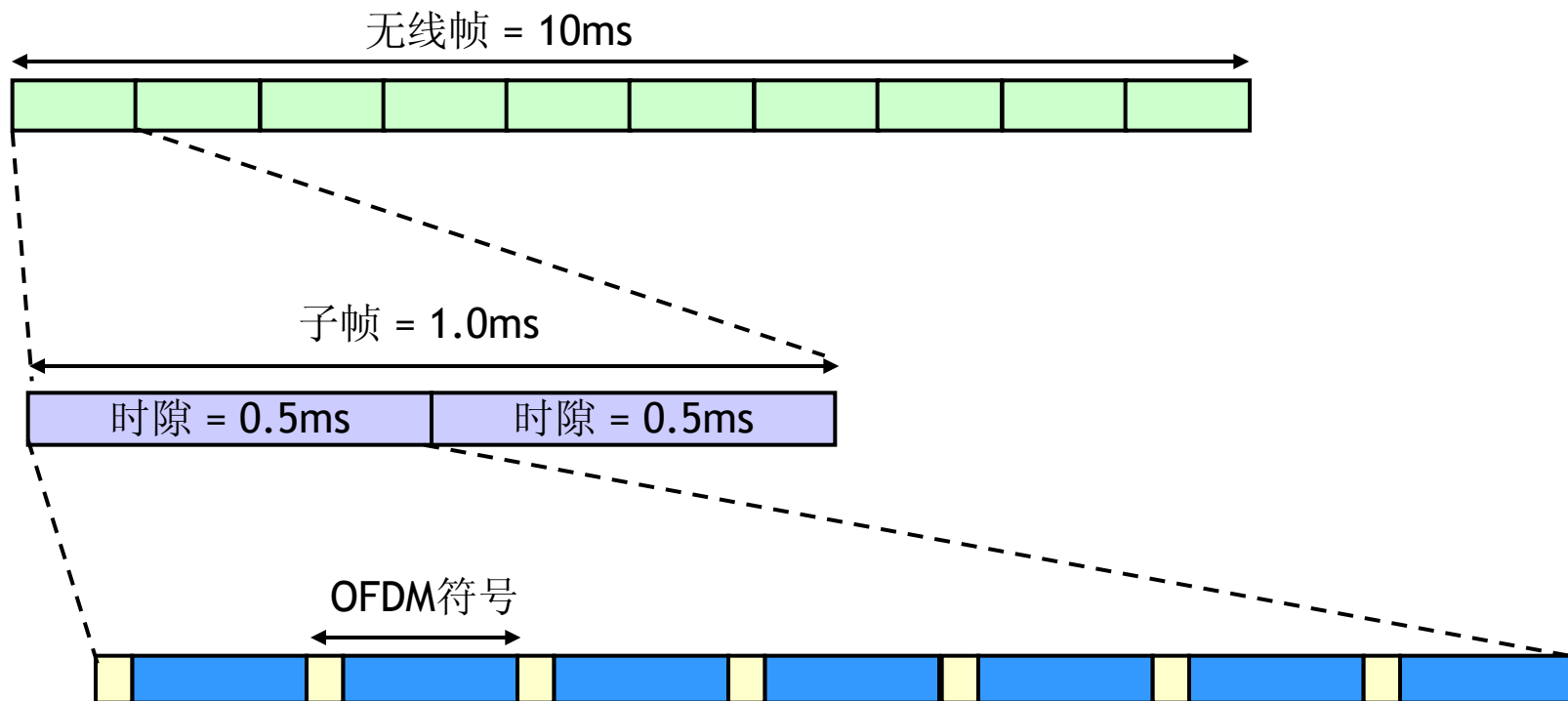
OFDM符号间隔 =  $133\mu\text{s}$

仅用于 MBMS-专用小区传输

频率偏移敏感度高

注：MBMS是多媒体多播业务，有利于移动网络提供高清无线广播电视服务

# LTE下行链路帧格式



- 子帧长度为1ms，包含30720 Ts(采样点)
  - 由两个0.5ms的时隙组成
- 每个0.5ms的时隙有7个OFDM符号 → 每个1ms子帧有14个OFDM符号

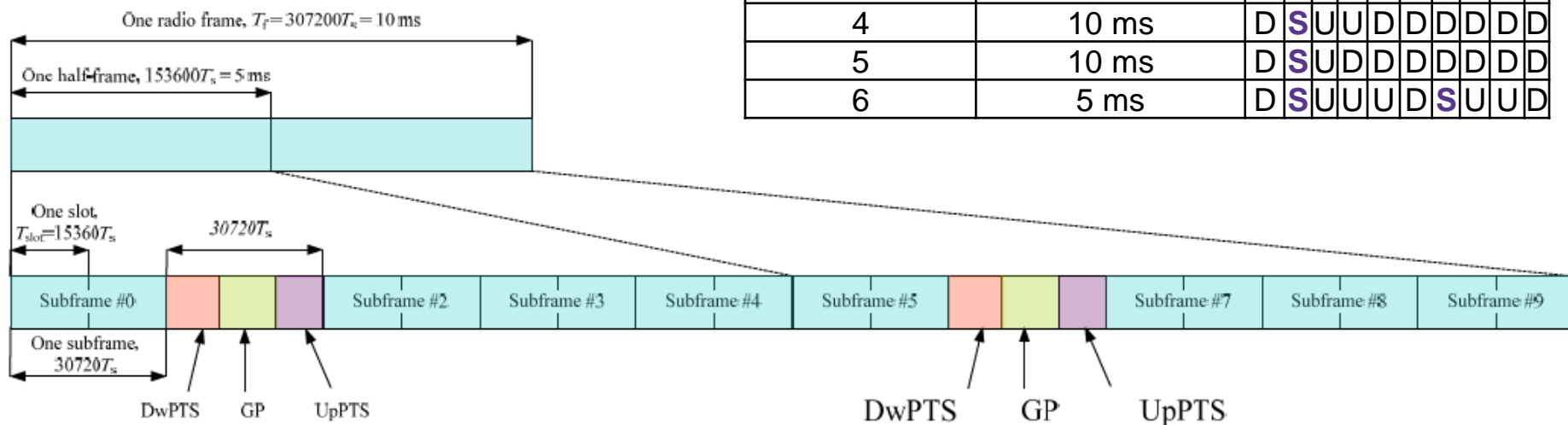


# LTE 无线帧结构

## ●TDD帧结构

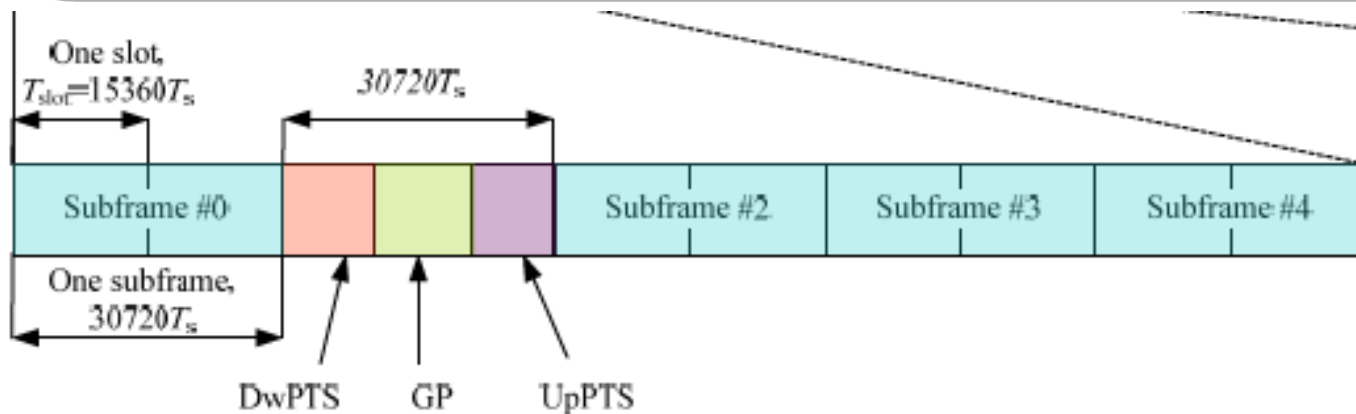
- 仅适用于**TDD(时分双工)**
- 帧长 $T_f = 307200 \cdot T_s = 10\text{ms}$ , 含两个5ms的半帧
- 每帧含1或2个特殊子帧, 特殊子帧数目与UL/DL比例相关
- 特殊子帧由三部分组成: DwPTS, GP, UpPTS
- DwPTS, GP, UpPTS的长度可变
- UL/DL比例可变

configuration	Switch-point periodicity	Subframe number									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D



# TDD帧格式

- **DwPTS**为动态长度，可支持 3/9/10/11/12个符号
  - 可传送下行信令和业务信道（PCFICH/PHICH/PDCCH/PDSCH）
  - 承载下行同步信息（P-SCH）
- **UpPTS**配置灵活，可支持1或2个符号。
  - 可传送短 RACH，降低开销
  - 或传送Sounding RS获得TDD信道环境信息，支持Beamforming
- 灵活的**GP** 设置，可以最小化GP的开销，同时支持不同的覆盖半径
  - 1~10个 OFDM符号大小的GP， 最大可以支持100Km的覆盖半径
- 灵活的上下行时隙配比，可以支持非对称业务和其它业务应用等
  - 7 个DL/UL配置比例: 3/1, 2/2, 1/3, 6/3, 7/2, 8/1, 4/5

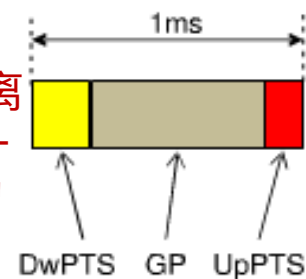


# TDL特殊子帧配置-3GPP TS36.211

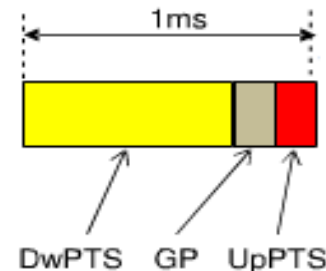
## • specialSubframePatterns 特殊子帧配置类型（0-8）

特殊子帧配置	Normal CP		
	DwPTS	GP	UpPTS
0	3	10	1
1	9	4	1
2	10	3	1
3	11	2	1
4	12	1	1
5	3	9	2
6	9	3	2
7	10	2	2
8	11	1	2

3:9:2 – 以避免远距离同频干扰或某些TD-S配置引起的干扰为目的



10:2:2 – 以提升下行吞吐量为目的



# LTE下行链路：信道结构和术语

## ■资源块(RB Resource Block)

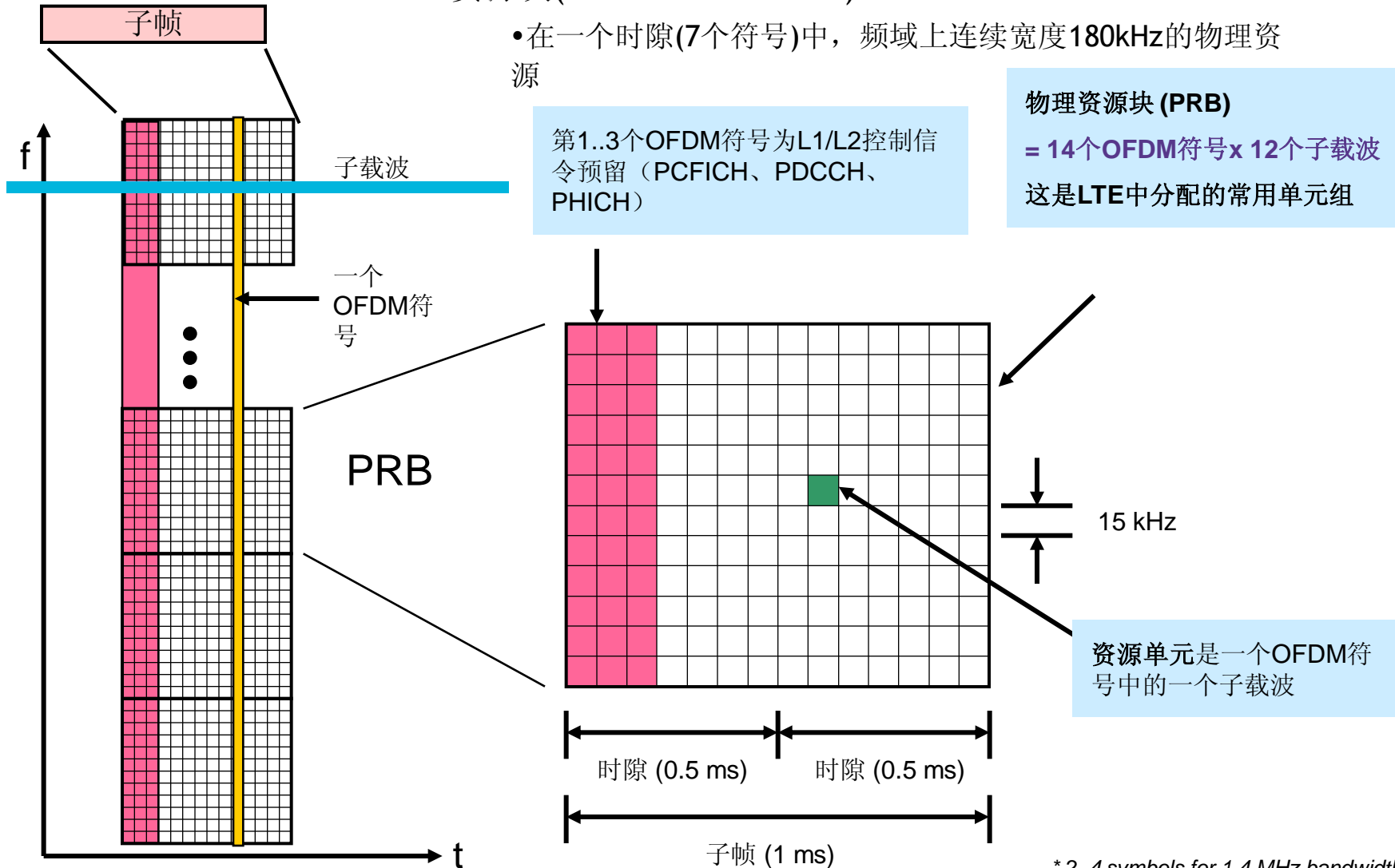
- 在一个时隙(7个符号)中，频域上连续宽度180kHz的物理资源

第1..3个OFDM符号为L1/L2控制信令预留 (PCFICH、PDCCH、PHICH)

## 物理资源块 (PRB)

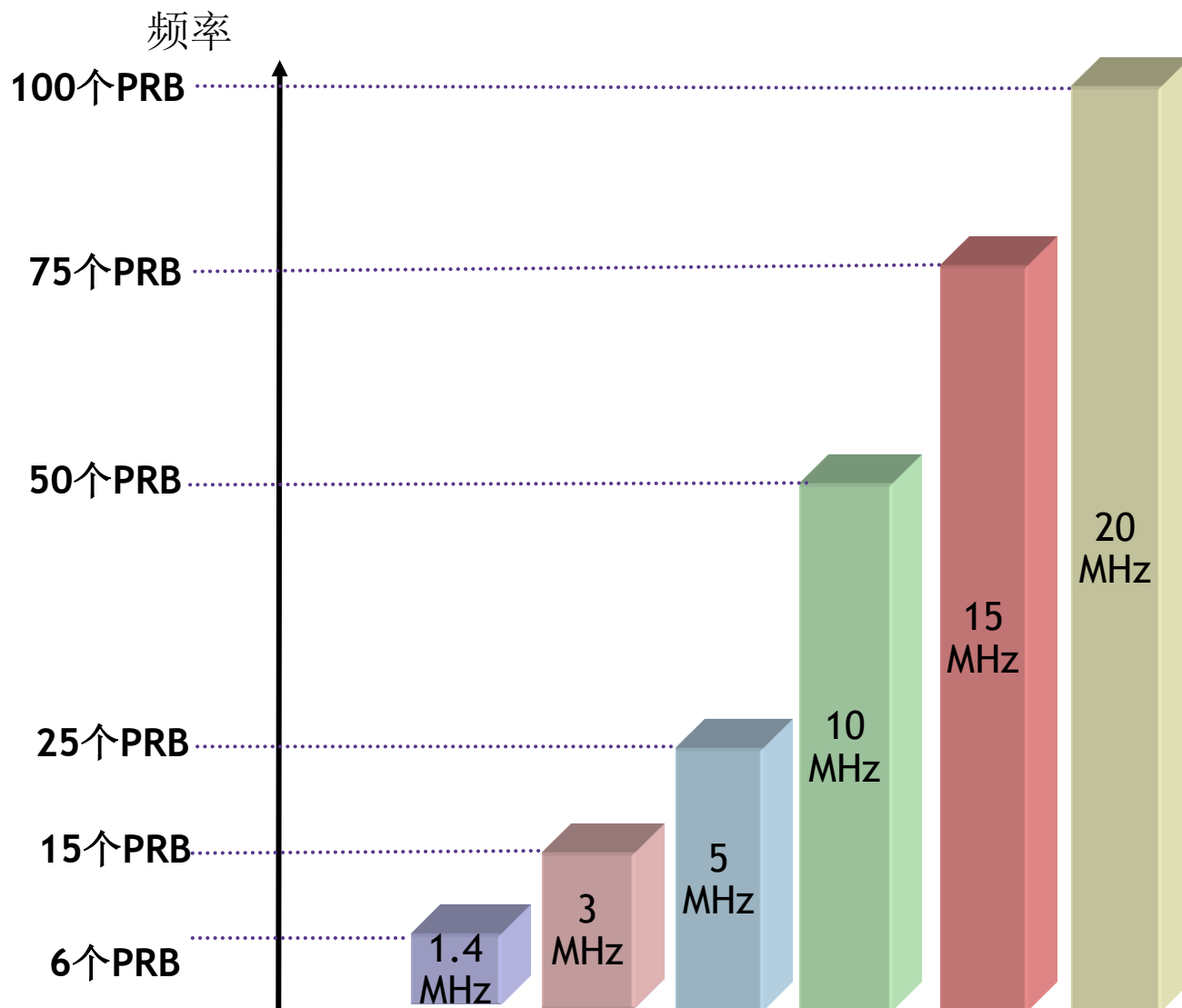
= 14个OFDM符号 x 12个子载波

这是LTE中分配的常用单元组



\* 2..4 symbols for 1.4 MHz bandwidth only

# LTE下行链路：资源块的最大数目



# 2

## LTE下行信道概述

# LTE下行链路：逻辑、传输和物理信道的映射

LTE大量使用共享信道 → PDSCH上承载了公共控制、寻呼和部分广播信息

**PCCH:** 寻呼控制信道

**BCCH:** 广播控制信道

**CCCH:** 公共控制信道

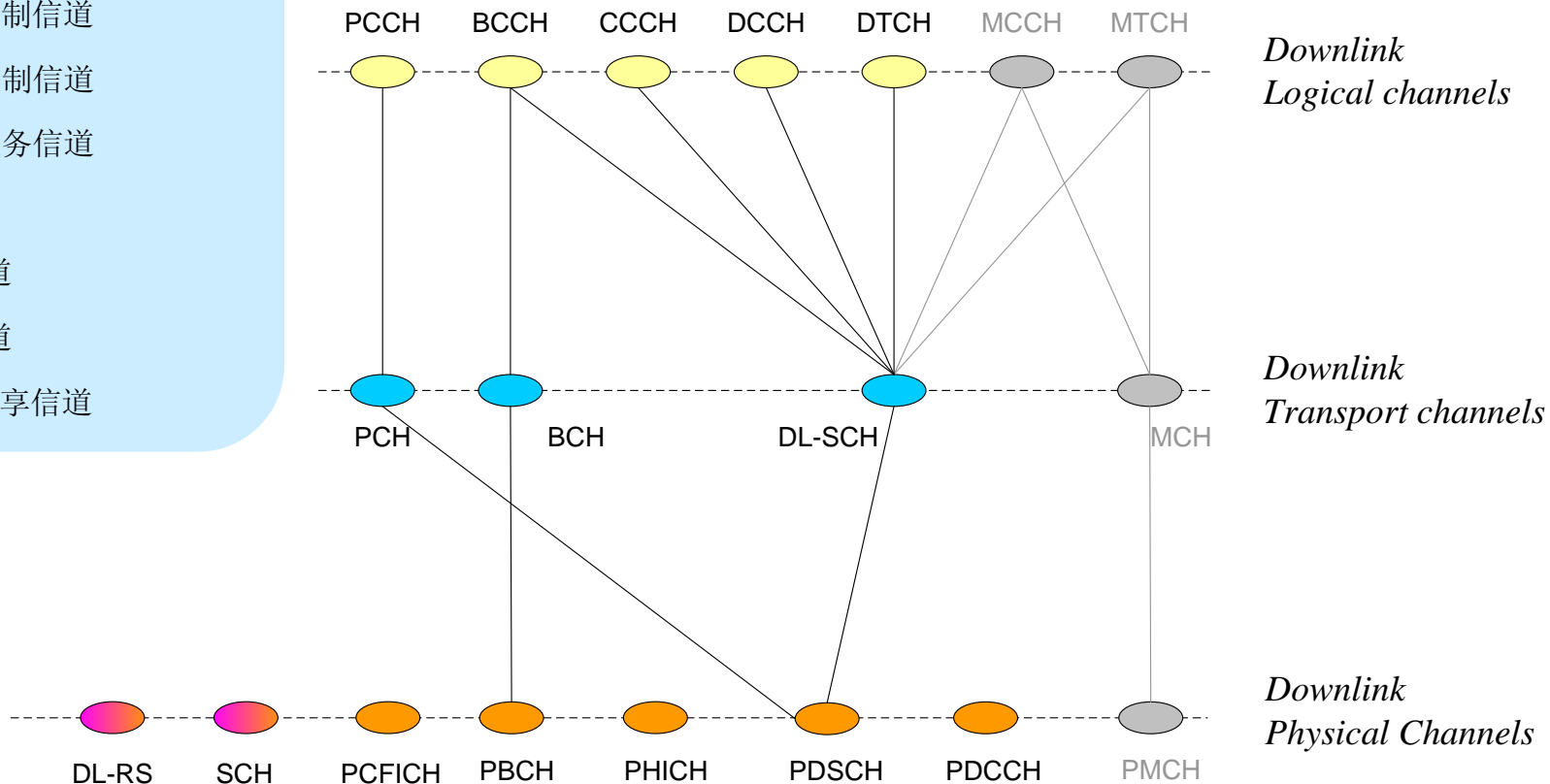
**DCCH:** 专用控制信道

**DTCH:** 专用业务信道

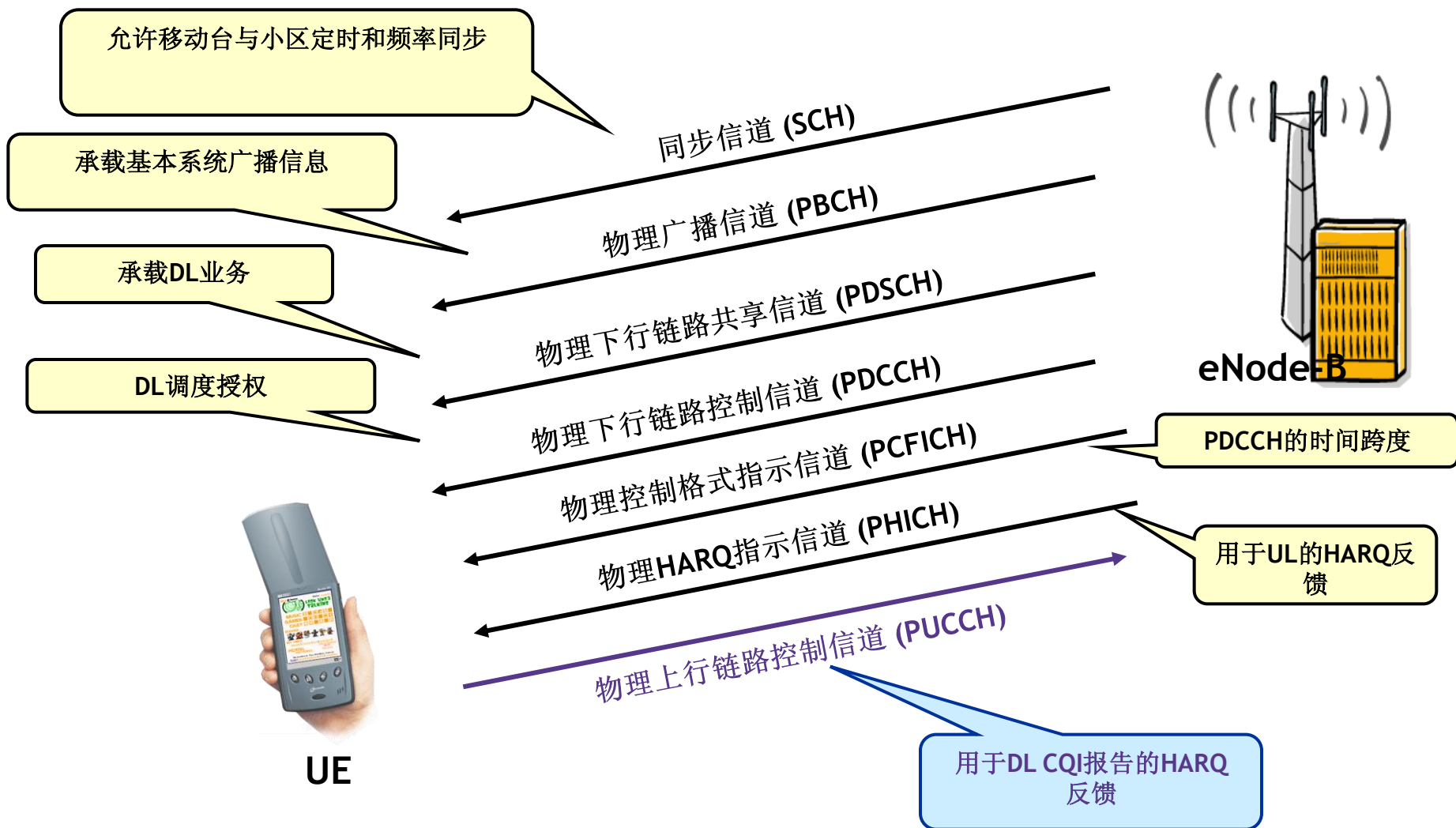
**PCH:** 寻呼信道

**BCH:** 广播信道

**DL-SCH:** DL共享信道



# 支持LTE下行链路的物理信道（单播）

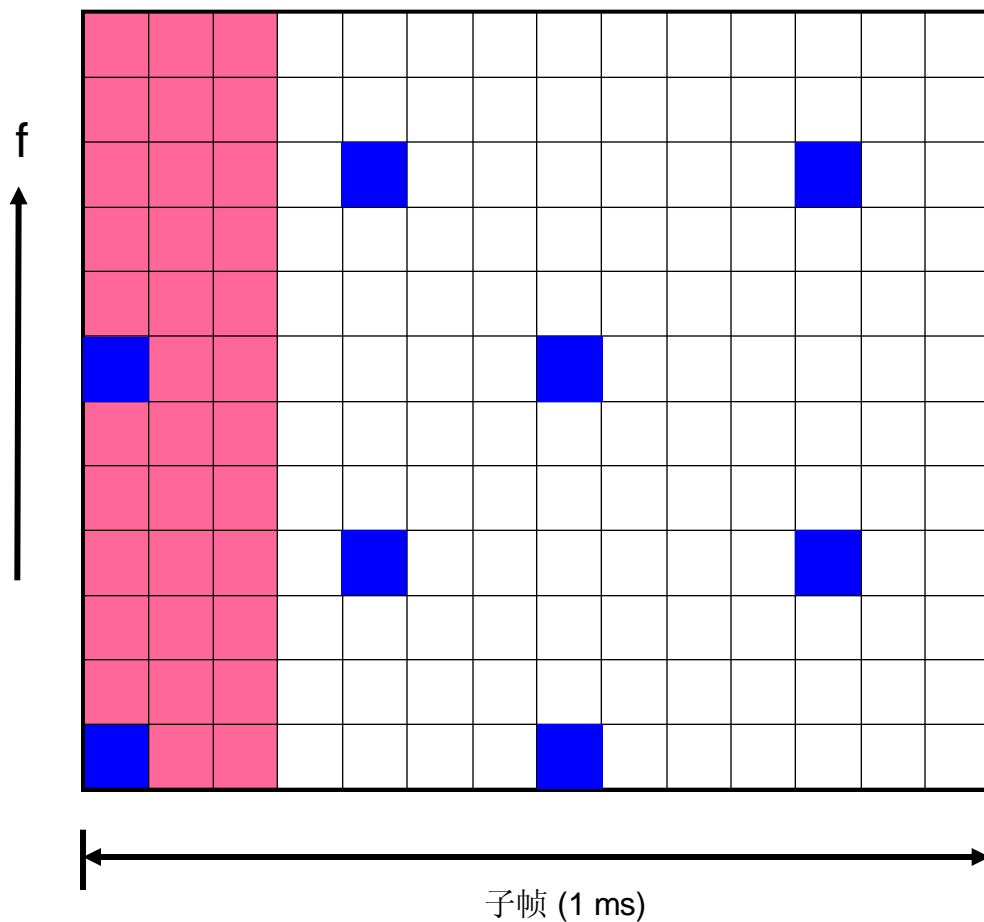




# LTE下行链路：公共参考信号（RS）结构

$$r_{l,n_s}(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m+1)), \quad m = 0, 1, \dots, 2N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - 1$$

物理资源块 (PRB)



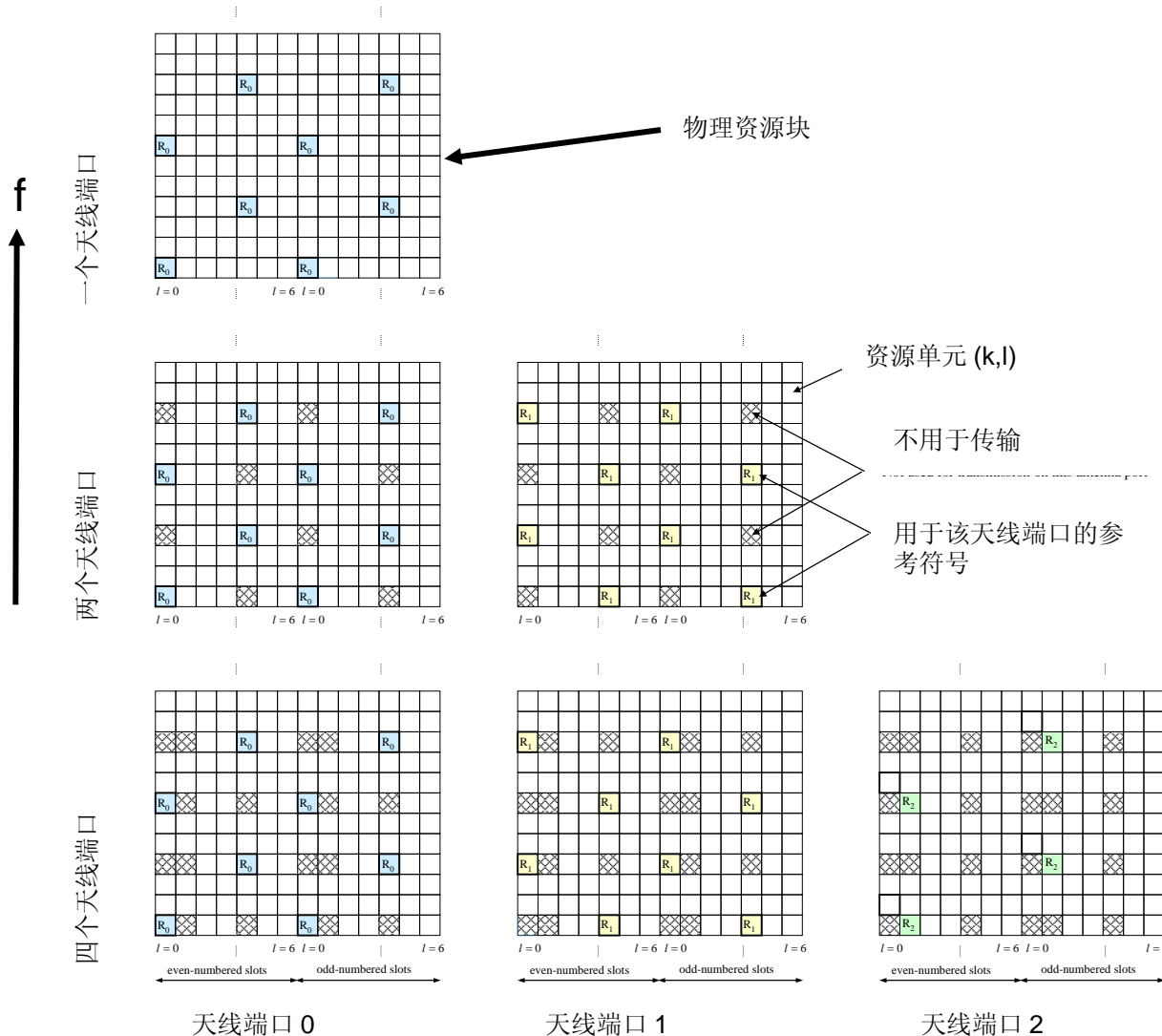
参考符号

- 参考信号交错于时频平面中；移动插值以便获得信道的2-D图片
- 序列通过以上公式生成

# LTE下行链路：用于1、2和4天线端口的公共RS结构

## RS开销

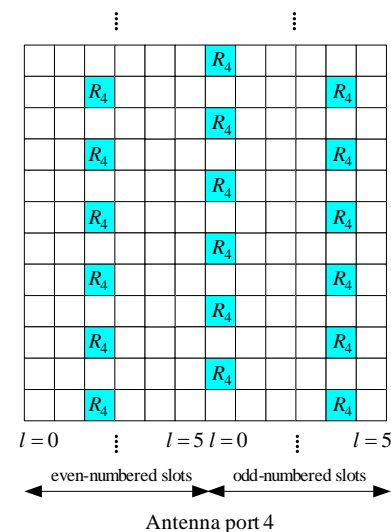
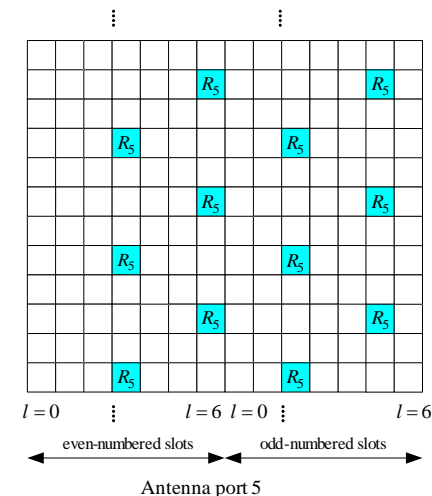
- 4.8%用于1 Tx
- 9.5%用于2 Tx
- 14.3%用于4 Tx



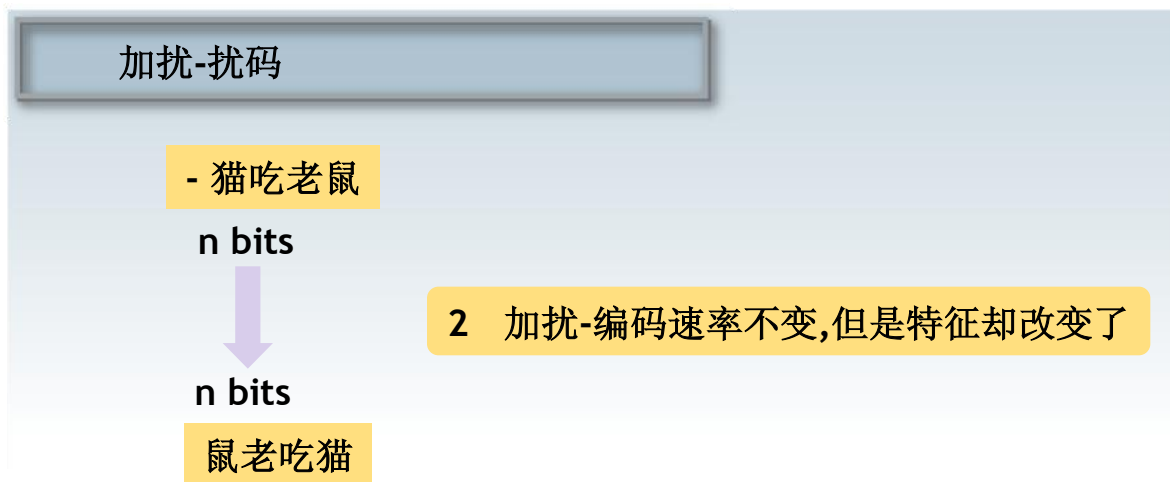
➤ 小区指定RS位置的频移以避免RS重叠

# LTE下行链路：虚拟天线的公共RS结构

- 虚拟单天线端口 5 (TD-LTE实现波束赋形技术-8根物理天线)
  - 区分不同智能天线
  - 不能支持多天线复用
- 虚拟单天线端口 4 (MBMS 使用)
  - 实现Physical Multicast channels (PMCH) 和PDSCH的隔离

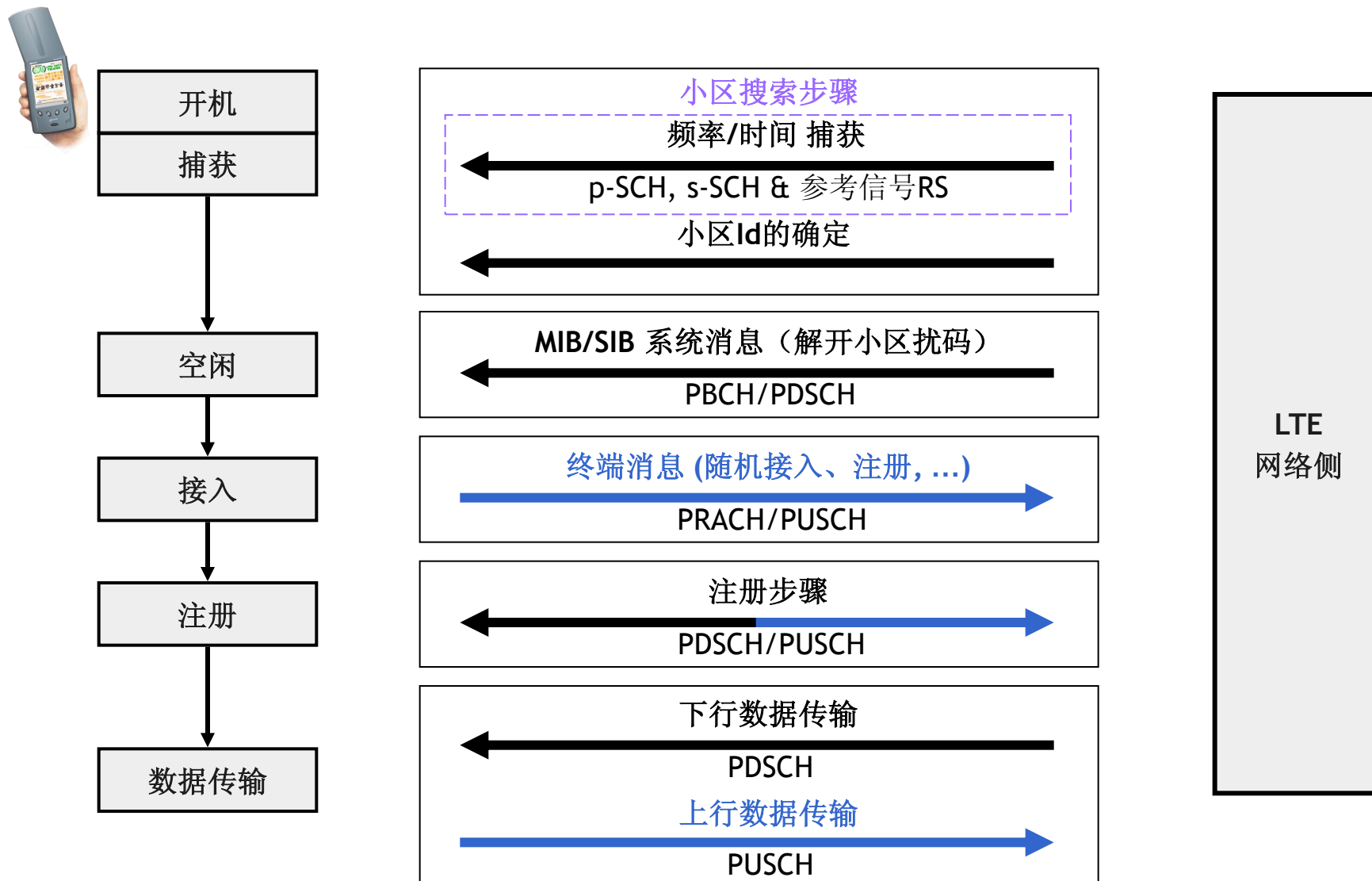


# LTE扰码应用

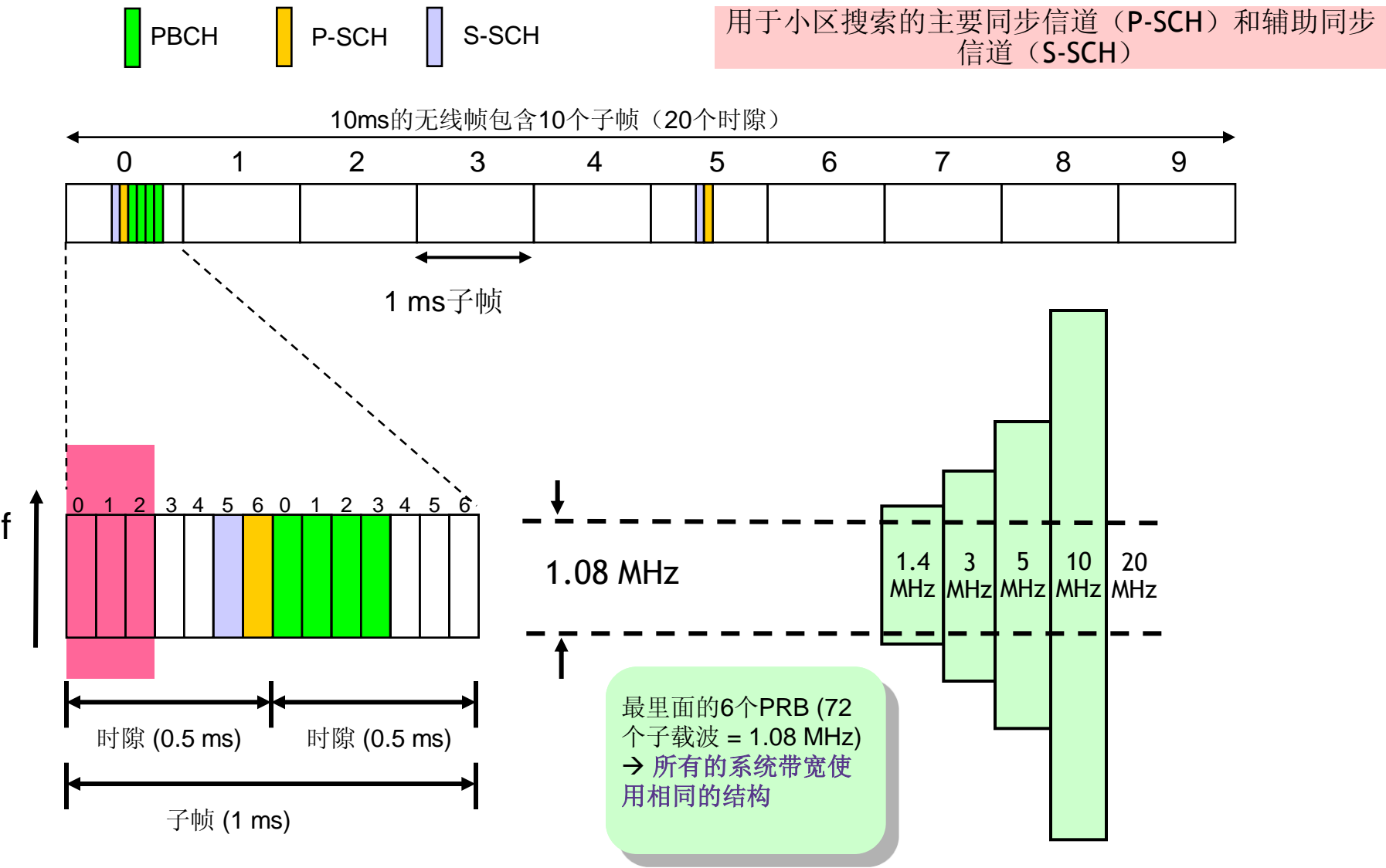


- LTE采用扰码是为了更好的实现不同小区的同频通信
- 下行扰码应用：
  1. 无扰码：同步信道 (SCH)
  2. 小区特征扰码：物理广播信道 (PBCH)、物理控制格式指示信道 (PCFICH)、物理下行链路控制信道 (PDCCH)和物理HARQ指示信道 (PHICH)
  3. 小区及手机分配号特征扰码：物理下行链路共享信道 (PDSCH)

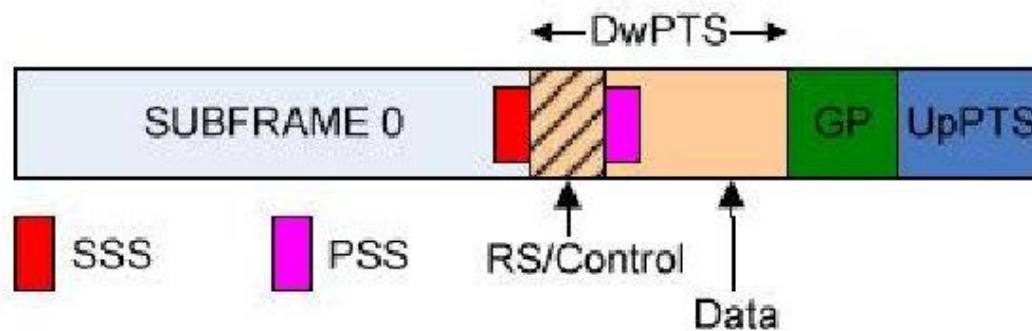
# 开机、连接到数据传输过程



# LTE下行链路：时域和频域中PBCH、SCH的位置-FDD



# LTE下行链路：时域和频域中PBCH、SCH的位置-TDD

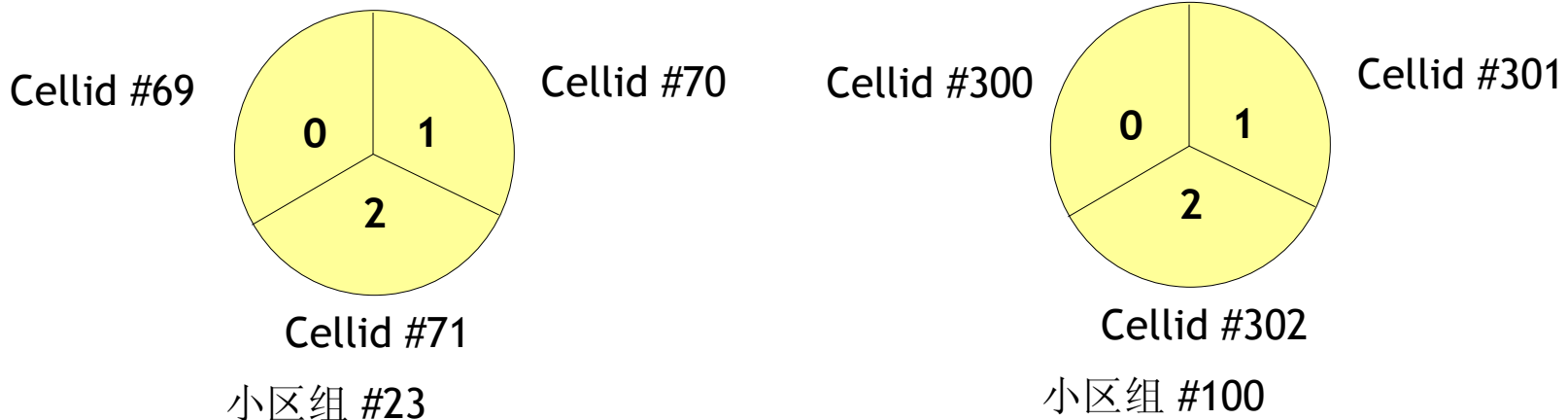


- TD-LTE的P-SCH在每5ms半帧对应的DwPTS的位置，即子帧1、6的第三个OFDM符号；
- TD-LTE的S-SCH在子帧0、5的最后一个OFDM符号位置；
- 其他完全一样

# 小区扰码同步

- 同步信号向UE提供小区id。
- LTE支持504种不同的小区标识。
  - 其分为168个小区id组，每个组有3个小区id。
- 小区id = 3\*小区组id + 组中的小区id

↑  
0到167由SSS提供      ↑  
0到2由PSS提供



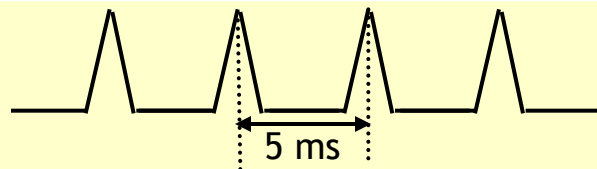


# 小区搜索

- 共有**504个物理层小区ID**，采用二阶同步识别，分成**168组**，每组包括**3个ID**

## 1. 终端搜索主同步信道P-SCH获得频率和时间信息

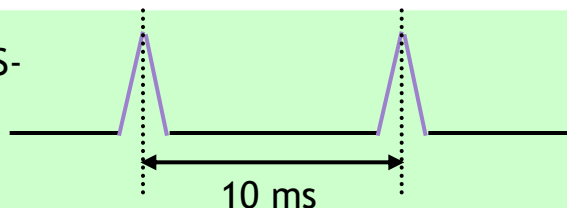
- 捕获**5ms**定时，在系统带宽的核心**72**个子载波；有**3种**可能的序列；
- 每个序列对应每组的一个**ID**编号



主同步

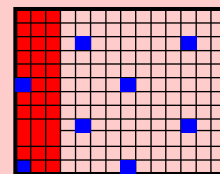
## 2. 一旦捕获P-SCH，关联位置的辅同步信道S-SCH就确定了，S-SCH的加扰采用本小区的P-SCH序列。

- 捕获**10ms**定时，S-SCH内容即**168**个组号；
- P-SCH (ID号) + S-SCH (组号) 得到小区物理层ID；



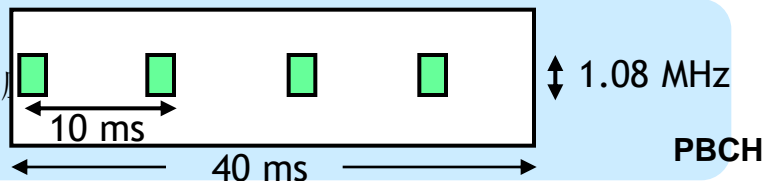
辅助同步

## 3. 知道了频率及时间同步信息，再加上所计算出的小区ID，可以知道小区专属参考信号的位置



参考信号

## 4. 一旦正常检测到小区专属参考信号，终端可以用小区ID对应的扰码解调广播信道PBCH，获取MIB信息



PBCH

## 5. 继续检测PDSCH信道的系统消息，直到获得足够信息

PDSCH

# LTE下行信道：系统信息广播

- 广播控制信道（BCCH）用于广播系统信息
  - 整个小区覆盖区域都需要侦听
- BCCH传送称作系统信息（SI）的RRC消息
  - **系统信息块（SIB）** 承载大部分系统信息，即RACH信息、重选、功率控制信息等，SIB内容很多，目前定义了12类，需要通过PDSCH发送
  - **主导信息块（MIB）** 承载了PDCCH解码所需的最小数量的信息，只有1类，在PBCH传送

## ▪ BCCH分为主要和动态部分

### 主要广播

承载MIB; 提供到PDCCH解码所需最小数量的信息的快速接入

映射到BCH → PBCH

### 动态广播

提供SIB，其信息在一个较长的时间周期内有效；

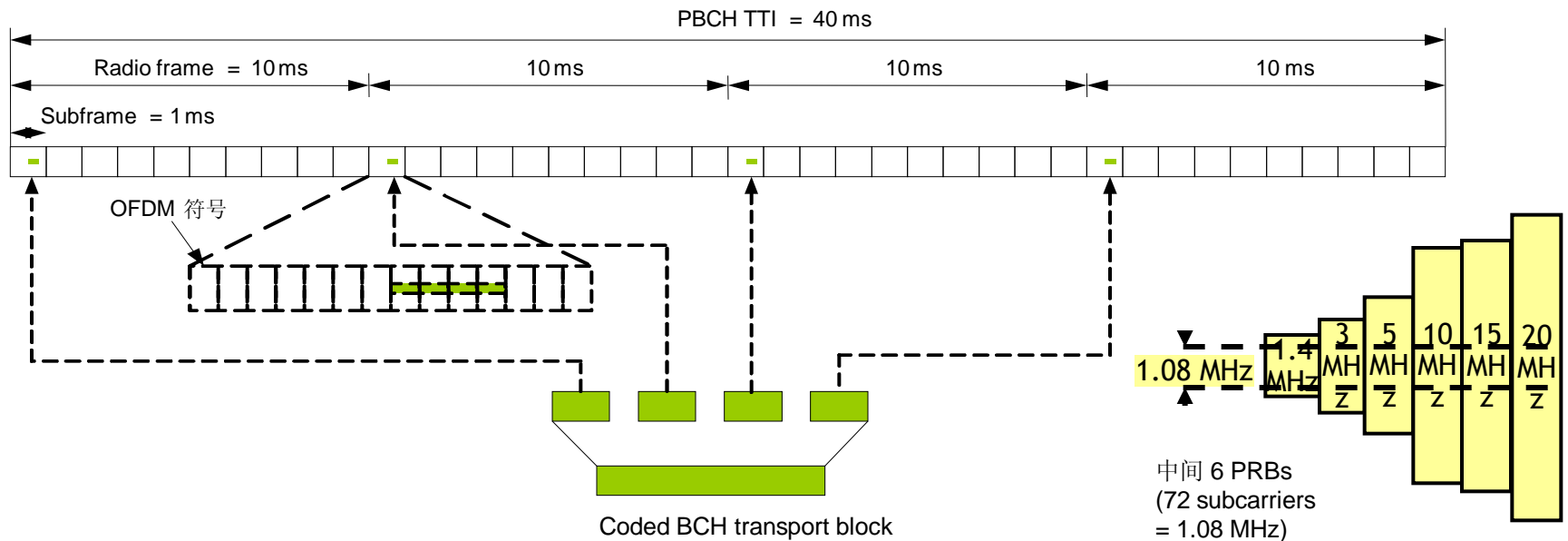
映射到DL-SCH → PDSCH

# 下行信道: PBCH

## ● 物理广播信道

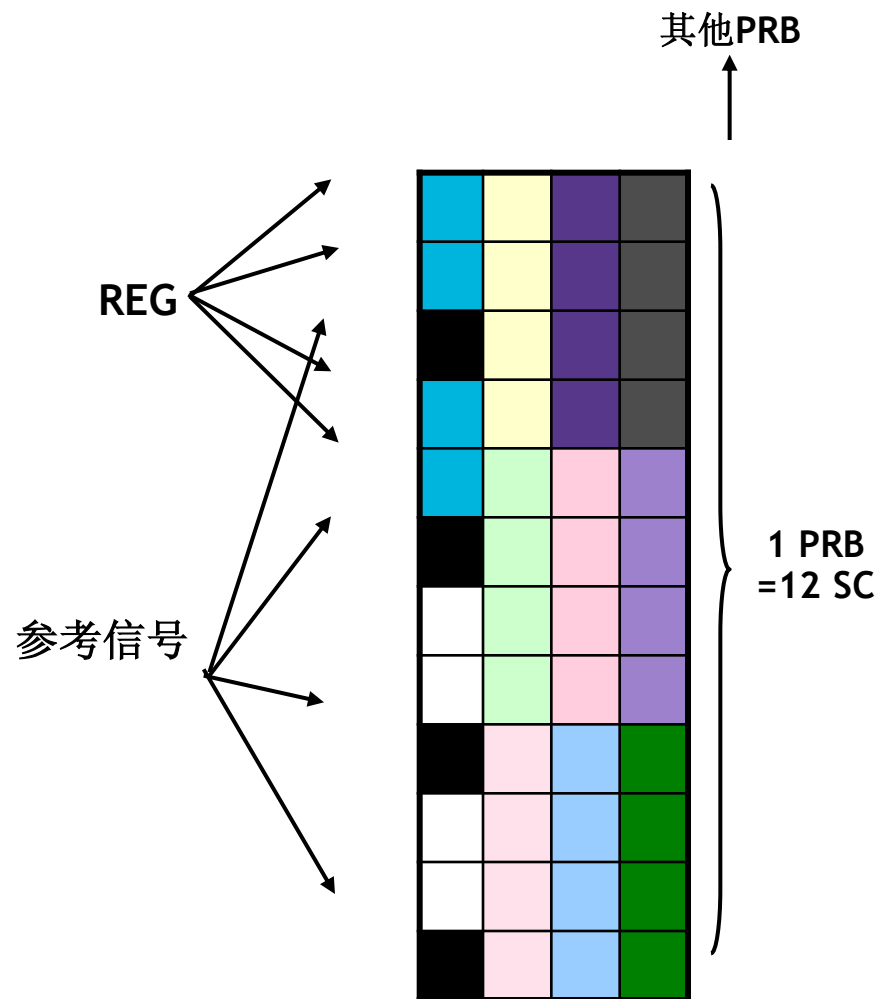
- 周期**40ms**
  - 子帧 #0, 时隙#1, 符号 #0,1,2,3
  - 4个可自解调数据块
- 带宽
  - **72** 个子载波, 占据频带中间**6RB**, **1.08Mhz**
- 天线端口号
  - 1/2/4 天线端口通过不同的**CRC**掩码可知
  - 多天线时采用发射分集方式发送

- 携带**MIB**消息, 共**24 bits**
  - 带宽信息
  - **PHICH** 配置信息
  - 系统帧号 (SFN)



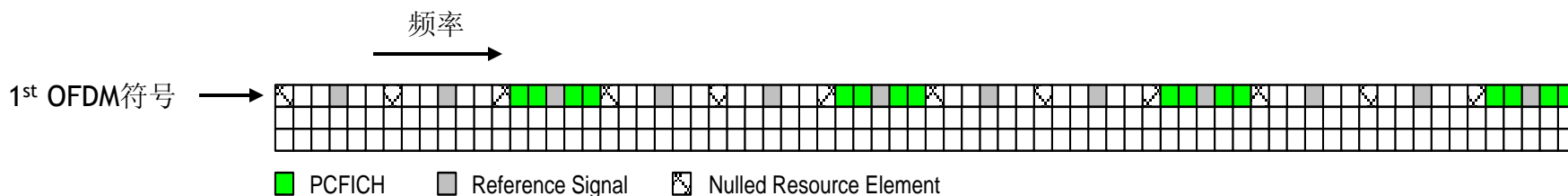
## DL: 控制信道结构-资源单元组 (REG)

- 1 REG: 4个连续可用RE
- PCFICH、PHICH和PDCCH的资源映射中使用了REG的概念。



# LTE下行链路：PCFICH传输

- 物理控制格式指示信道（PCFICH）指示了用于发射L1/L2控制（PDCCH、PHICH）的OFDM符号的数量(1、2、3 or 4)
  - CFI = {1, 2, 3, 4}（4保留为将来使用），编码为32比特
  - 使用QPSK调制
  - CFI用于指示当前子帧中控制区域占用的OFDM符号数目(1个，2个，3个)
- PCFICH使用4个REG（=16个RE）并且映射到固定位置的第一个OFDM符号
  - 为了分集，4个REG均匀分布于系统带宽
  - 起始位根据小区ID进行移动

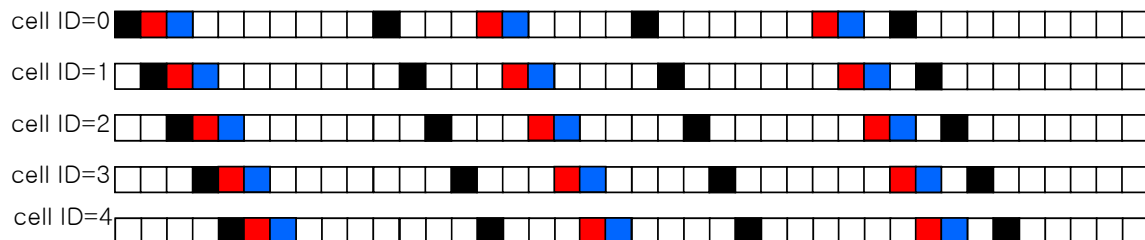


在ALU解决方案中使用SFBC（间隔频率块码）发射PCFICH

# LTE下行链路：PHICH传输

- 物理HARQ指示信道（PHICH）承载下行链路中的ACK/NACK，以便支持上行链路HARQ
- 多个PHICH映射到一个相同的REG集合，并且称为一个PHICH组
  - PHICH组占有3个REG（=12个RE）并且使用BPSK调制
  - PHICH组支持8个PHICH（即8个ACK/NACK），由正交序列隔离
  - PHICH根据上行用户数量分配PHICH组数量
- PHICH中的REG在频域和时域上是均匀分配的

■ REG for PCFICH ■ REG for PHICH group 1 ■ REG for PHICH group 2

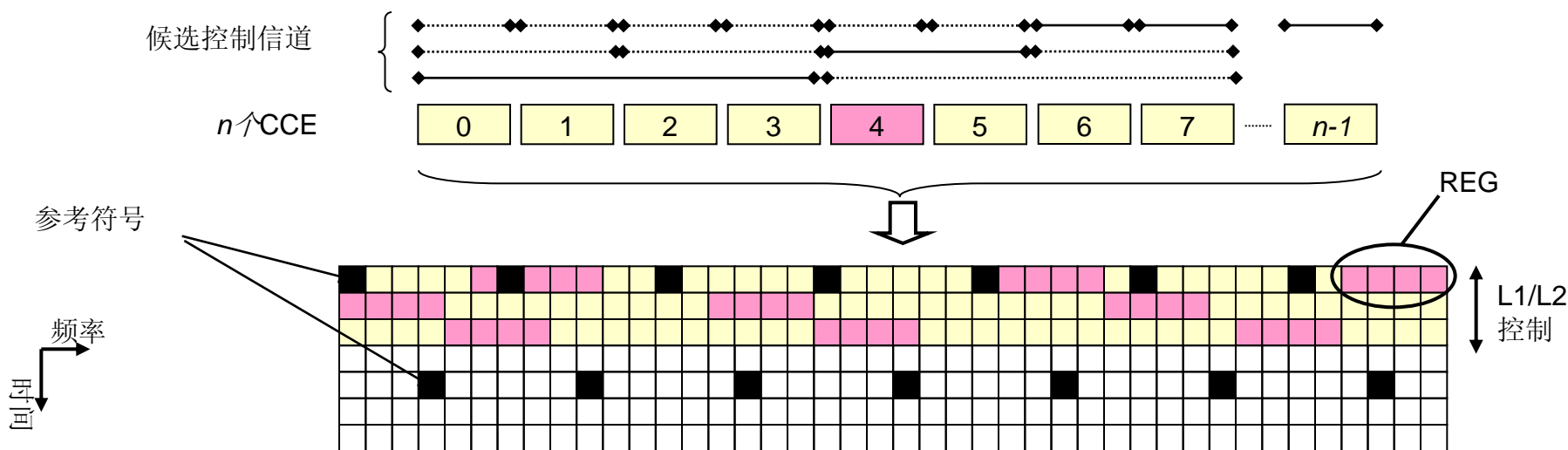


ALU允许PHICH组的编号可配置：7  
用于10 MHz

在ALU解决方案中，使用SFBC发射  
PHICH

# LTE下行链路：PDCCH传输

- 一个控制信道单元（CCE）定义为9个资源单元组（REG）的集合，此处一个REG对应于4个连续的可用RE  $\rightarrow$  所以一个CCE中含有36个RE
- PDCCH传输映射到一个1、2、4或者8个CCE的集合
  - 高级别聚合用于较差无线条件中的UE，并且能够支持有效载荷更大的DCI格式
  - CCE到REG的映射允许干扰随机性和多样化
  - CCE交织、小区特定加扰和偏移
- 两个CCE搜索空间：
  - 公共（聚合等级4和8） 设定公共信息如寻呼、系统信息的搜索范围
  - UE特定（聚合等级1、2、4、8） 设定专用信息如分配信息的搜索范围



# PDCCH（物理下行链路控制信道）内容

- PDCCH承载用于**调度授权和上行链路功率控制**的下行链路控制信息（DCI）
  - DCI使用 $R=1/3$ 的QPSK卷积码
  - 附加了16比特的CRC，其与UE ID（C-RNTI、RA-RNTI、P-RNTI、SI-RNTI）混合在一起

格式	目的	描述
0	UL PUSCH授权	RB分配、MCS、跳频标志、NDI、DM-RS的循环移位、CQI请求和2比特PUSCH TPC命令
1	用于单个码字的DL PDSCH授权	资源分配、信息头部、RB分配、MCS、HARQ PID、NDI、RV和2比特PUCCH TPC命令
1A	用于单个码字的紧凑型DL PDSCH授权	与格式1相同，但是RB分配的灵活性减小（即PRB必须是连续的）。应该用于DL信号。
1B	带有预编码信息的紧凑型DL PDSCH授权	与格式1A相同，带有为预编码发送的PMI信息
1C	非常紧凑的DL PDSCH授权	为增大覆盖减少了有效载荷；在相关PDSCH上总是使用QPSK，限制RB分配和TBS，无HARQ信息
1D	带有预编码和功率偏移信息的紧凑型DL PDSCH授权	与格式1A相同，为预编码、DL功率偏移发射PMI信息
2	CL MIMO DL授权	与格式1相同，但是MCS/NDI/RV服务于每个码字，并且对于每个码字包括了所选层上的信息和预编码矩阵编号。用于CL-MIMO模式中。
2A	OL MIMO DL授权	与格式2相同，没有预编码矩阵编号。用于OL-MIMO模式中。
3	2比特UL功率控制	用于14个UE的TPC命令加了16比特的CRC
3A	1比特UL功率控制	用于28个UE的TPC命令加了16比特的CRC

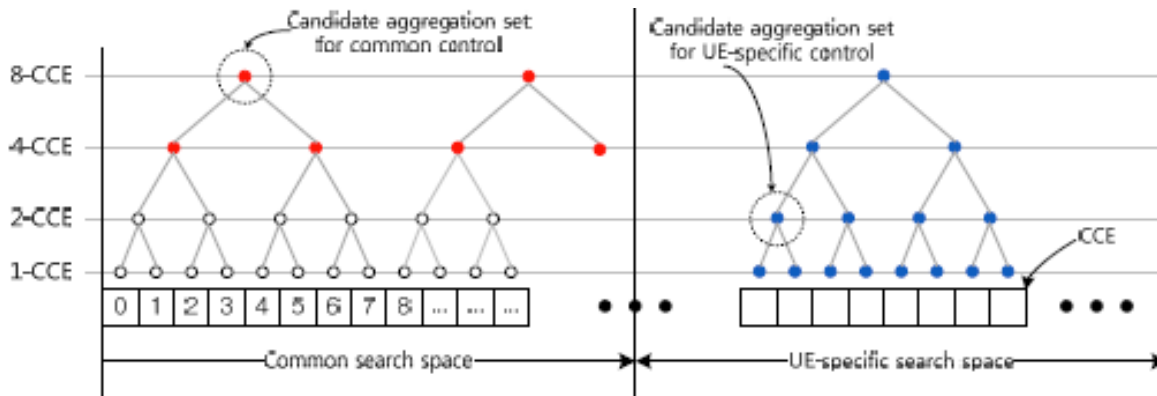


# 用于PDCCH的CCE映射

- 每个PDCCH使用一个或多个CCE进行传输
- $1 \text{ CCE} = 9 \times \text{REG} = 9 \times 4 \text{ REs} = 36 \text{ Res}$
- 一个PDCCH可以映射到1、2、4或8个 CCE（关联于参数设置和无线环境）

- 例如：每个PDCCH格式中的CCE数量（在10MHZ带宽情况下）：

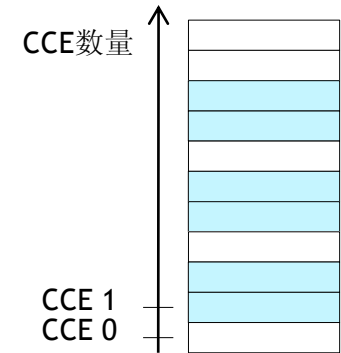
PDCCH格式	CCE数量	REG数量	PDCCH比特数量
0	1	9	72
1	2	18	144
2	4	36	288
3	8	72	576



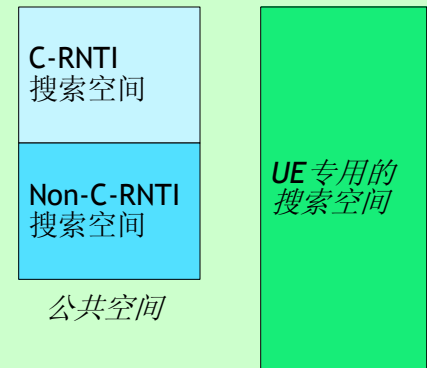
- CCE的汇聚：1、2、4、8个CCE的树状汇聚
  - 1-CCE从任何CCE位置开始
  - 2-CCE从二倍数的CCE位置开始 ( $i=0, 2, 4, 6, \dots$ )
  - 4-CCE从四倍数的CCE位置开始 ( $i=0, 4, 8, \dots$ )
  - 8-CCE从八倍数的CCE位置开始 ( $i=0, 8, \dots$ )

# PDCCH搜索空间

- L是汇聚级别，代表了L个连续的CCE
- PDCCH传输可以映射到1、2、4、或8个CCE上
- M(L) 是在汇聚级别L的PDCCH候选数量
  - 如：L=2且M(L)=3：系统带宽在汇聚级别2有3个可用的PDCCH候选



- 搜索空间是一组连续的CCE，用于限制每个UE的PDCCH放置的CCE集合
- 每个UE必须监视如下信息：
  - 公共搜索空间，对应CCE0到CCE15。由小区中的所有UE进行监视。  
可能与UE专用搜索空间重合
  - UE专用搜索空间，任何的在公共搜索空间内未预留的PDCCH都可以使用。用于UE专用的其他PDCCH



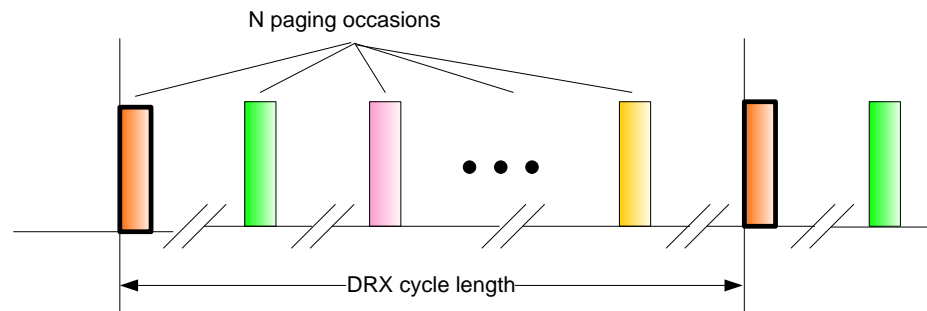
# LTE下行链路：PDCCH盲检测

- PDCCH盲检测-UE根据特征号搜索对应CCE的DCI格式
  - 利用“搜索空间”进行搜索
    - 一个搜索空间是一个位于特定聚合等级的连续CCE集
    - 用于搜索空间的起始CCE编号是子帧号和分配给UE的C-RNTI的函数
    - 在一个给定子帧中，UE监督器的候选控制信道的数量取决于所选的CCE聚合等级
      - CCE聚合等级=1或2时（UE特定），最大搜索6次
      - CCE聚合等级=4或8时（UE特定），最大搜索2次
      - CCE聚合等级=4时（公共），最大搜索4次
      - CCE聚合等级=8时（公共），最大搜索2次
  - UE进行PDCCH盲检的总次数不超过44次
- 每个子帧可用的CCE数（其决定了可用调度授权的总数）取决于系统带宽、CFI配置和PHICH资源

BW	可用CCE的数量			
	PRB数	1 符号配置 (CFI=1)	2 符号配置 (CFI=2)	3 符号配置 (CFI=3)
5MHz	25	3	12	20
10 MHz	50	8	25	41

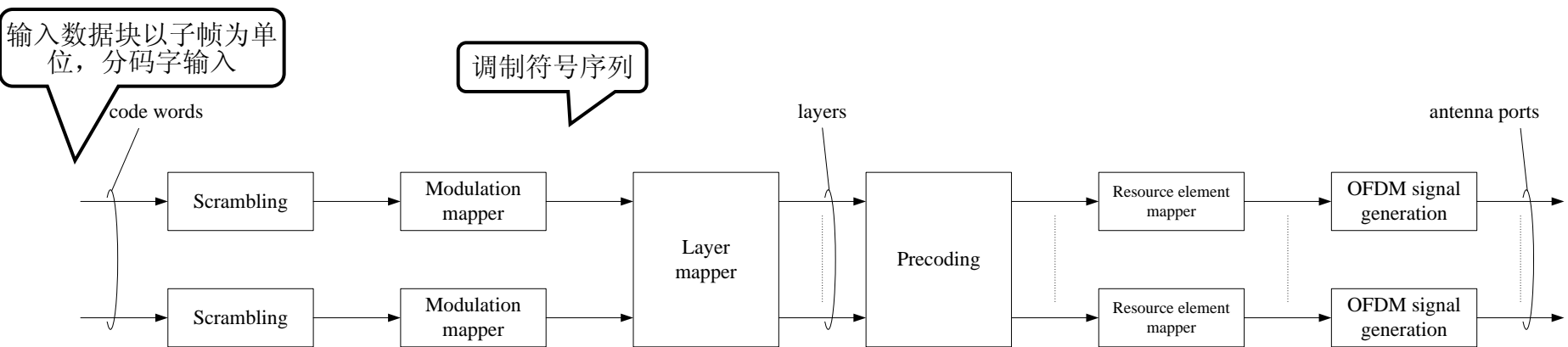
# LTE下行链路：寻呼信道

- LTE寻呼不使用专用物理信道
- 寻呼信道（PCH）使用下行链路共享信道结构
  - 寻呼指示位于PDCCH上（承载P-RNTI，也就是寻呼组ID）
  - 寻呼消息位于PDSCH上（承载实际UE ID）；仅使用QPSK
- 寻呼时刻分布于时间轴，周期进行



# 下行信道: PDSCH

- 加扰
  - 小区ID, 码字, 用户ID, 子帧
- 调制
  - QPSK / 16QAM / 64QAM
- 层映射
  - 1个码字: 1层 / 1码字, 2层 / 1码字, 4层 / 1码字
  - 2个码字: 2层 / 2码字, 2层 / 2码字, 4层 / 2码字
- 预编码
  - TxD, OL-MIMO, CL-MIMO, MU-MIMO



# LTE下行链路：信道总结

传输信道	编码机制	物理信道	调制
DL-SCH	Turbo $R=1/3$	PDSCH	QPSK, 16-QAM, 64-QAM
BCH	卷积码 $R=1/3$	PBCH	QPSK
PCH	Turbo $R=1/3$	PDSCH	QPSK

控制信息	编码机制	物理信道	调制
CFI	块码 $R=1/16$	PCFICH	QPSK
HI	重复 $R=1/3$	PHICH	BPSK
DCI	卷积码 $R=1/3$ 其重复/删余取决于CCE聚合等级	PDCCH	QPSK

谢谢

[www.alcatel-lucent.com](http://www.alcatel-lucent.com)