

# NR PRACH信道和随机接入流程简析

原创：孙老师 春天工作室 8月15日

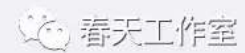


作者简介：**孙老师**（笔名），无线技术专家，多年来从事移动通信技术2G/3G/4G等相关技术研究工作和产品测试。出于个人兴趣和分享精神，目前业余时间在学习5G(NR)。所编写材料全部来自于3GPP规范和网络公开信息。这里借春天工作室(wireless-spring)平台，给同行们做一些分享，供参考并欢迎指正和垂询。

审核：春天哥      编辑：phy



# 1. PRACH信道



## PRACH信道

因为Zadoff-Chu (ZC) 序列具有良好的自相关性和互相关性，恒幅低峰均比等特性，LTE系统中使用Zadoff-Chu (ZC) 序列作为PRACH信道的上行同步序列。

在PRACH信道上发送的ZC序列，也称为PRACH Preamble，前导码。

LTE支持两种长度的ZC序列，根据根索引序列，通过循环移位生成多个序列

$$N_{\text{ZC}} = 839$$

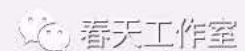
$$N_{\text{ZC}} = 139$$

NR中的PRACH信道沿用了LTE的ZC序列设计，  
支持两种长度ZC序列，和LTE一致，也通过循环移位生成多个序列。

$$L_{\text{RA}} = 839$$

$$L_{\text{RA}} = 139$$

名称不同，含义一样。  
以下以NR规范公式为准



## PRACH信道

ZC序列定义  $x_u(i) = e^{-j \frac{\pi i(i+1)}{L_{\text{RA}}}}, i = 0, 1, \dots, L_{\text{RA}} - 1$

经过循环移位后,  
ZC序列集合为

$$x_{u,v}(n) = x_u((n + C_v) \bmod L_{\text{RA}})$$

循环移位定义

$$C_v = \begin{cases} vN_{\text{CS}} & v = 0, 1, \dots, \lfloor L_{\text{RA}}/N_{\text{CS}} \rfloor - 1, N_{\text{CS}} \neq 0 & \text{for unrestricted sets} \\ 0 & N_{\text{CS}} = 0 & \text{for unrestricted sets} \\ d_{\text{start}} \lfloor v/n_{\text{shift}}^{\text{RA}} \rfloor + (v \bmod n_{\text{shift}}^{\text{RA}})N_{\text{CS}} & v = 0, 1, \dots, w-1 & \text{for restricted sets type A and B} \\ \bar{d}_{\text{start}} + (v-w)N_{\text{CS}} & v = w, \dots, w + \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}} - 1 & \text{for restricted sets type B} \\ \bar{\bar{d}}_{\text{start}} + (v-w-\bar{\bar{n}}_{\text{shift}}^{\text{RA}})N_{\text{CS}} & v = w + \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}}, \dots, w + \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}} + \bar{\bar{n}}_{\text{shift}}^{\text{RA}} - 1 & \text{for restricted sets type B} \end{cases}$$

$$w = n_{\text{shift}}^{\text{RA}} n_{\text{group}}^{\text{RA}} + \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}}$$

春天工作室

## 2. PRACH 限制集/非限制集

春天工作室

## PRACH 限制集/非限制集

在UE静止或者低速移动场景下，不考虑多普勒频移时，循环移位的使用没有限制（循环移位配置和覆盖半径的关系是另一回事）。

$$C_v = \begin{cases} vN_{CS} & v = 0, 1, \dots, \lfloor L_{RA}/N_{CS} \rfloor - 1, N_{CS} \neq 0 \\ 0 & N_{CS} = 0 \end{cases} \quad \begin{matrix} \text{for unrestricted sets} \\ \text{for restricted sets} \end{matrix}$$


即UE根据小区下发的高层参数 *zeroCorrelationZoneConfig*，即  $N_{CS}$ ，计算循环移位，再得到一共64个随机接入Preamble。

*zeroCorrelationZoneConfig*  
和  $N_{CS}$  对应关系（示例）

<i>zeroCorrelationZoneConfig</i>	Unrestricted set
0	0
1	13
2	15
3	18
4	22

对于一个根序列，经过循环移位后生成的Preamble个数为  $\lfloor L_{RA}/N_{CS} \rfloor$ ，如果小于64时，则根索引序号+1后，继续通过循环移位生成Preamble，直到满足64个Preamble。  
当循环移位配置为0时，直接通过根索引递增的方式，生成64个Preamble。

以上内容LTE和NR原理一致

 春天工作室

## PRACH 限制集/非限制集

在UE高速移动场景下，由于多普勒频移效应，频偏会导致基站在检测PRACH信道时，时域上出现额外的相关峰。

伪相关峰会影响基站对PRACH的检测，因此在UE高速移动场景下，针对不同根索引序列，要限制使用某些循环移位，来规避这个问题。


因此LTE PRACH的循环移位，支持限制集配置。

配置限制集后，在循环移位集合的计算上，公式变得复杂一些。

从应用场景上看，通常认为LTE支持UE移动速度可以达到350km/h，而NR则要求支持UE移动速度达到500km/h。

LTE和NR中，PRACH信道都支持非限制集，限制集A和限制集B配置。

NR的限制集B可以支持更高的高速场景，所能支持的循环移位个数更少。

 春天工作室



### 3. Preamble生成示例

#### Preamble生成示例—LTE和NR相同

以 $L_{RA} = 839$ 为例，逻辑根索引配置为20时，对应 $u=2$ ，下一个根索引对应 $u=837$

Table 6.3.3.1-3: Mapping from logical index  $i$  to sequencenumber  $u$  for preamble formats with  $L_{RA} = 839$ .

$i$	Sequence number $u$ in increasing order of $i$																			
0 - 19	129	710	140	699	120	719	210	629	168	671	84	755	105	734	93	746	70	769	60	779
20 - 39	2	837	1	838	56	783	112	727	148	691	80	759	42	797	40	799	35	804	73	766
40 - 59	146	693	31	808	28	811	30	809	27	812	29	810	24	815	48	791	68	771	74	765

下一个根索引

$$L_{RA} = 839 \quad u = 2 \quad u = 837$$

序列定义公式  $x_u(i) = e^{-j\frac{\pi u i(i+1)}{L_{RA}}}, i = 0, 1, \dots, L_{RA} - 1$

$$x_2(0) = e^{-j\frac{2\pi \cdot 0}{839}} \quad x_2(1) = e^{-j\frac{2\pi \cdot 1 \cdot 2}{839}} \quad x_2(2) = e^{-j\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 3}{839}} \quad \dots \quad x_2(838) = e^{-j\frac{2\pi \cdot 2 \cdot 839}{839}}$$

$x_2(n)$   $u=2$  的Preamble序列

## Preamble生成示例—LTE和NR相同

对于非限制集，参数 `zeroCorrelationZoneConfig` 对应循环移位

<code>zeroCorrelationZoneConfig</code>	Unrestricted set
0	0
1	13
2	15
3	18
4	22
5	26
6	32
7	38

以 `zeroCorrelationZoneConfig = 6` 为例

$$N_{\text{CS}} = 32$$

$$v = 0, 1, \dots, 25 \quad (839/32) \text{ 下取整} = 26 \text{ 个 循环移位}$$

$$C_v = 0, 32, 64, \dots, 832$$

$$x_{u,v}(n) = x_u((n + C_v) \bmod L_{\text{RA}})$$

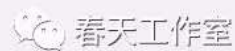
$$x_{2,0}(n) = x_2(n)$$

$$x_{2,1}(n) \rightarrow x_{2,1}(0) = e^{-j \frac{2\pi \cdot 32 \cdot 33}{839}} \quad x_{2,1}(1) = e^{-j \frac{2\pi \cdot 33 \cdot 34}{839}} \quad x_{2,1}(2) = e^{-j \frac{2\pi \cdot 34 \cdot 35}{839}} \quad \dots$$

$x_{2,25}(n)$  用  $u=2$  的根序列，生成了26个Preamble序列

$x_{837,0}(n)$  用  $u=837$  的根序列继续，生成了26个Preamble序列

$\dots$  用下一个根序列继续，直到一共生成了64个Preamble序列



## 4. NR PRACH格式定义

## NR PRACH格式定义—长序列

Table 6.3.3.1-1: PRACH preamble formats for  $L_{RA} = 839$  and  $\Delta f^{RA} \in \{1.25, 5\}$  kHz.

Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$N_{CP}^{RA}$	Support for restricted sets
0	839	1.25 kHz	$24576 \kappa$	$3168 \kappa$	Type A, Type B
1	839	1.25 kHz	$2 \cdot 24576 \kappa$	$21024 \kappa$	Type A, Type B
2	839	1.25 kHz	$4 \cdot 24576 \kappa$	$4688 \kappa$	Type A, Type B
3	839	5 kHz	$4 \cdot 6144 \kappa$	$3168 \kappa$	Type A, Type B

NR支持4种长度为839的Preamble的PRACH格式

PRACH Format 0/1/2/3

子载波间隔(1.25, 5)kHz

支持非限制集, 限制集A, 限制集B

$\kappa$  为NR中的时间单位系数

$$T_s = \kappa * T_c$$

$T_c$  为NR中的最小时间单位

$T_s$  为LTE中的最小时间单位  $\kappa = 64$

长序列仅FR1 (低频) 时支持

长序列的PRACH子载波间隔直接和Format格式对应, 无需另外配置;

**msg1-SubcarrierSpacing**  
Subcarrier spacing of PRACH. Only the values 15 or 30 kHz (<6GHz), 60 or 120 kHz (>6GHz) are applicable. Corresponds to L1 parameter 'prach-SubcarrierSpacing' (see 38.211, section FFS, Section). If absent, the UE applies the SCS as derived from the prach-ConfigurationIndex in RACH-ConfigGeneric (see 38.211, section XXX).

春天工作室

## NR PRACH格式定义—短序列

Table 6.3.3.1-2: Preamble formats for  $L_{RA} = 139$  and  $\Delta f^{RA} = 15 \cdot 2^\mu$  kHz where  $\mu \in \{0, 1, 2, 3\}$ .

Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$N_{CP}^{RA}$	Support for restricted sets
A1	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$288 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
A2	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$576 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
A3	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$864 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
B1	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$216 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
B2	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$360 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
B3	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$504 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
B4	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$12 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$936 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
C0	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$1240 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~
C2	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	~

NR支持9种长度为139的Preamble的PRACH格式

子载波间隔为{15, 30, 60, 120}kHz

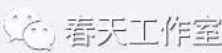
短序列PRACH仅支持非限制集

FR1 (低频) 时支持15, 30  
FR2 (高频) 时支持60, 120

短序列的PRACH子载波间隔需要RACH其它参数 **msg1-SubcarrierSpacing** 配置

春天工作室

# 5. PRACH格式定义



## PRACH格式定义—Format 0

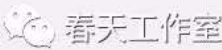
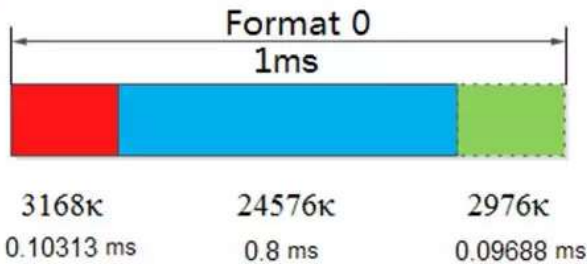
PRACH Format 0，沿用了LTE Format 0的时域设计，时长1ms

其中CP，Sequence，GAP长度和保持LTE Format 0一致。

GAP支持的最大覆盖距离14.53km

Format 0用于普通覆盖场景

Format	Support for restricted sets	$L_{RA}$	Support for restricted sets	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(\text{ms})$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(\text{ms})$	$N_{gap}$	$T_{gap}(\text{ms})$	$T(\text{ms})$
0	Type A, Type B	839	Type A, Type B	1.25 kHz	$24576\kappa$	0.80000	$3168\kappa$	0.10313	2976k	0.09688	1.00000





## PRACH格式定义—Format 1

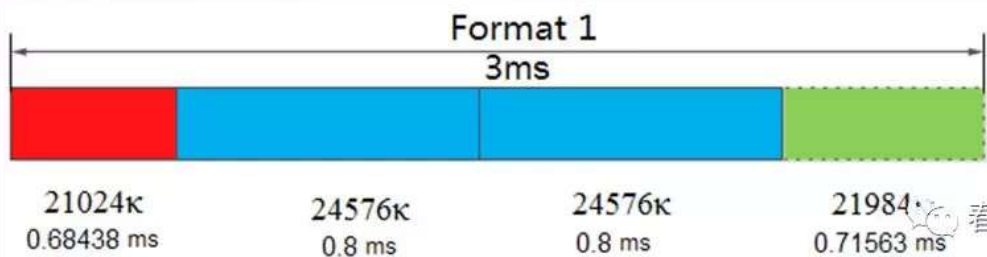
PRACH Format 1, 沿用了LTE Format 3时域设计, 时长3ms

其中CP, Sequence, GAP长度和保持LTE Format 3 一致。

GAP支持的最大覆盖距离107km

Format 1用于超远距离覆盖场景

Format	Support for restricted sets	$L_{RA}$	Support for restricted sets	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(\text{ms})$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(\text{ms})$	$N_{gap}$	$T_{gap}(\text{ms})$	$T(\text{ms})$
1	Type A, Type B	839	Type A, Type B	1.25 kHz	$2 \cdot 24576\kappa$	1.60000	$21024\kappa$	0.68438	21984k	0.71563	3.00000



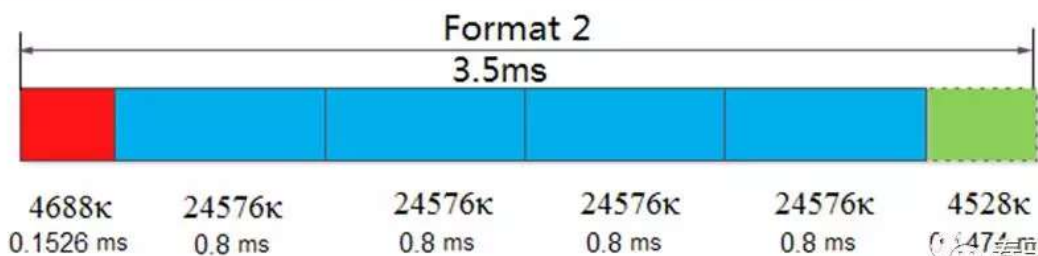
## PRACH格式定义—Format 2

PRACH Format 2, 有点特殊, 时长3.5ms

其中Sequence重复发送4次, 适用于需要覆盖增强的场景

GAP支持的最大覆盖距离为22.11 km

Format	Support for restricted sets	$L_{RA}$	Support for restricted sets	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(\text{ms})$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(\text{ms})$	$N_{gap}$	$T_{gap}(\text{ms})$	$T(\text{ms})$
2	Type A, Type B	839	Type A, Type B	1.25 kHz	$4 \cdot 24576\kappa$	3.20000	$4688\kappa$	0.15260	4528k	0.14740	3.50000



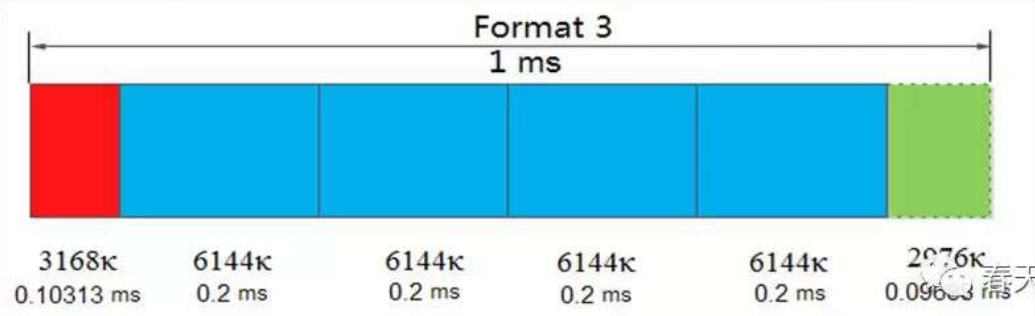
# PRACH格式定义—Format 3

PRACH Format 3, 时长1ms和Format 0一样

子载波间隔为5kHz, 适用于高速移动场景 (500km/h)

GAP支持的最大覆盖距离为14.53km

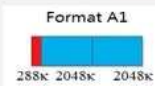
Format	Support for restricted sets	$L_{RA}$	Support for restricted sets	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(ms)$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(ms)$	$N_{gap}$	$T_{gap}(ms)$	$T(ms)$
3	Type A, Type B	839	Type A, Type B	5 kHz	$4 \cdot 6144\kappa$	0.80000	$3168\kappa$	0.10313	2976k	0.09688	1.00000



# PRACH格式定义—Format A1/A2/A3

PRACH A1/A2/A3, 短序列格式, 子载波间隔可配置(15, 30, 60, 120)kHz

Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(ms)$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(ms)$	$N_{gap}$	$T_{gap}$	$T(ms)$	OFDM Symbol
A1	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$2 \cdot 2048\kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.13333	$288\kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.00938	0	0.00000	0.14271	2
A2	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$4 \cdot 2048\kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.26667	$576\kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.01875	0	0.00000	0.28542	4
A3	139	$15 \cdot 2^\mu$ kHz	$6 \cdot 2048\kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.40000	$864\kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.02813	0	0.00000	0.42813	6

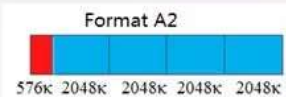


2 OFDM Symbol

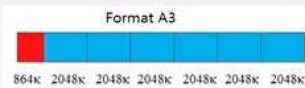
✓PRACH时长和2,4,6个OFDM Symbol对齐;

✓没有定义GAP;

✓适用于覆盖距离较近, UE位置集中的场景



4 OFDM Symbol



6 OFDM Symbol

以子载波间隔15kHz为例

## PRACH格式定义—Format B1/B2/B3/B4

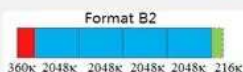
PRACH B1/B2/B3/B4, 短序列格式, 子载波间隔可配置{15, 30, 60, 120}kHz

Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(\text{ms})$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(\text{ms})$	$N_{gap}$	$T_{gap}$	$T(\text{ms})$	OFDM Symbol
B1	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.13333	$216 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.00703	72k	0.00234	0.14271	2
B2	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.26667	$360 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.01172	216k	0.00703	0.28542	4
B3	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.40000	$504 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.01641	360k	0.01172	0.42813	6
B4	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$12 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.80000	$936 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.03047	792k	0.02578	0.85625	12

以子载波间隔15kHz为例



2 OFDM Symbol

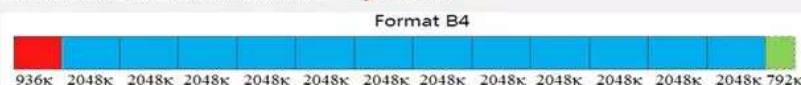


4 OFDM Symbol

•PRACH时长和2, 4, 6, 12个OFDM Symbol对齐



6 OFDM Symbol



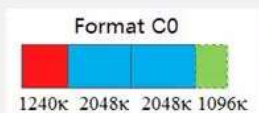
12 OFDM Symbol

## PRACH格式定义—Format C0/C2

PRACH C0/C2, 短序列格式, 子载波间隔可配置{15, 30, 60, 120}kHz

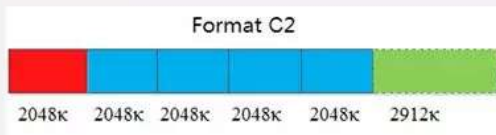
Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(\text{ms})$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(\text{ms})$	$N_{gap}$	$T_{gap}$	$T(\text{ms})$	OFDM Symbol
C0	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.06667	$1240 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.04036	1096k	0.03568	0.14271	2
C2	139	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.26667	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.06667	2912k	0.09479	0.42813	6

以子载波间隔15kHz为例



2 OFDM Symbol

•PRACH时长 和2/6个OFDM Symbol对齐  
•和其他短序列格式相比, GAP保护时长较大, 适用于覆盖距离较远的场景



6 OFDM Symbol

# NR PRACH格式定义

和LTE类似，通过PRACH 配置索引确定PRACH Format，时域发送帧号，子帧号，PRACH时隙，符号等时域信息。

规范38211定义三个表格，分别为对应FR1 FDD/SUL， FR1 TDD， FR2 TDD

Table 6.3.3.2-2: Random access configurations for FR1 and paired spectrum/supplementary uplink.

表格部分示例

PRACH Configuration Index <sup>a</sup>	Preamble format <sup>a</sup>	$n_{\text{SFN}} \bmod x = y^{\text{a}}$		Subframe number <sup>a</sup>	Starting symbol <sup>a</sup>	Number of PRACH slots within a subframe <sup>a</sup>	$N_{\text{t}}^{\text{RA,slot}}$ , number of time-domain PRACH occasions within a PRACH slot <sup>a</sup>	$N_{\text{dur}}^{\text{RA}}$ , PRACH duration <sup>a</sup>
		$x^{\text{a}}$	$y^{\text{a}}$					
0 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	$\infty^{\text{a}}$	$\infty^{\text{a}}$	0 <sup>a</sup>
1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	4 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	$\infty^{\text{a}}$	$\infty^{\text{a}}$	0 <sup>a</sup>
2 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	7 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	$\infty^{\text{a}}$	$\infty^{\text{a}}$	0 <sup>a</sup>
3 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	16 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	9 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	$\infty^{\text{a}}$	$\infty^{\text{a}}$	0 <sup>a</sup>
4 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	8 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	1 <sup>a</sup>	0 <sup>a</sup>	$\infty^{\text{a}}$	$\infty^{\text{a}}$	0 <sup>a</sup>

Table 6.3.3.2-3: Random access configurations for FR1 and unpaired spectrum.

Table 6.3.3.2-4: Random access configurations for FR2 and unpaired spectrum.

这三个表格，PRACH配置索引范围均为 0-255

## 6. NR PRACH时域配置特性



## NR PRACH时域配置特性

根据规范定义的配置表格，可以看出PRACH时域配置的特性：

对于长序列PRACH配置（低频时），PRACH时长为1/3/3.5ms

- FDD或者SUL时，PRACH时域配置比较灵活，约束少，可以稀疏配置，也可以密集配置。
- TDD时
  - Format 0/3（1ms），时域优先配置在子帧9（和上下行子帧配置相关）；在PRACH密集配置时，可以配置在子帧4/9（和上下行子帧配置相关）；在非常密集配置时，也可以配置在多个子帧上，例如7,8,9或者1,3,5,7,9等配置。
  - Format 1（3ms），配置在子帧7。
  - Format 2（3.5ms），配置在子帧6（符号0），在密集配置时，也可以在配置在子帧6（符号7）开始，节省了前面7个符号位置。

春天工作室

## NR PRACH时域配置特性

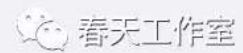
对于短序列PRACH配置（子载波间隔 $15 \times 2^{\mu}$  kHz，远大于长序列子载波间隔1.25/5kHz），PRACH时长较短，为2-12 OFDM符号，符号长度和子载波间隔相关。

- 一个子帧内可以包含多个PRACH时隙
- 一个PRACH时隙内可以有多个PRACH Occasions（PRACH发送时刻）
- 每个子帧内的PRACH开始符号可以较灵活配置
- PRACH从发送时刻开始的时长（OFDM符号）和格式相关

部分表格示例

PRACH Configuration Index <sup>1)</sup>	Preamble format <sup>2)</sup>	$n_{\text{SFN}} \bmod X = Y$ <sup>3)</sup>		Subframe number <sup>4)</sup>	Starting symbol <sup>5)</sup>	Number of PRACH slots within a subframe <sup>6)</sup>	$N_{\text{t}}^{\text{RA,slot}}$ number of time-domain PRACH occasions within a PRACH slot <sup>7)</sup>	$N_{\text{dur}}^{\text{RA}}$ PRACH duration <sup>8)</sup>
		$X$ <sup>9)</sup>	$Y$ <sup>9)</sup>					
67 <sup>1)</sup>	A1 <sup>2)</sup>	16 <sup>3)</sup>	1 <sup>3)</sup>	9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	2 <sup>6)</sup>	6 <sup>7)</sup>	2 <sup>8)</sup>
68 <sup>1)</sup>	A1 <sup>2)</sup>	8 <sup>3)</sup>	1 <sup>3)</sup>	9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	2 <sup>6)</sup>	6 <sup>7)</sup>	2 <sup>8)</sup>
74 <sup>1)</sup>	A1 <sup>2)</sup>	2 <sup>3)</sup>	1 <sup>3)</sup>	8,9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	2 <sup>6)</sup>	6 <sup>7)</sup>	2 <sup>8)</sup>
75 <sup>1)</sup>	A1 <sup>2)</sup>	2 <sup>3)</sup>	1 <sup>3)</sup>	4,9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	2 <sup>6)</sup>	6 <sup>7)</sup>	2 <sup>8)</sup>
76 <sup>1)</sup>	A1 <sup>2)</sup>	2 <sup>3)</sup>	1 <sup>3)</sup>	2,3,4,7,8,9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	1 <sup>6)</sup>	6 <sup>7)</sup>	2 <sup>8)</sup>
85 <sup>1)</sup>	A1 <sup>2)</sup>	1 <sup>3)</sup>	0 <sup>3)</sup>	1,3,5,7,9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	1 <sup>6)</sup>	6 <sup>7)</sup>	2 <sup>8)</sup>
86 <sup>1)</sup>	A1 <sup>2)</sup>	1 <sup>3)</sup>	0 <sup>3)</sup>	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9 <sup>4)</sup>	7 <sup>5)</sup>	1 <sup>6)</sup>	3 <sup>7)</sup>	2 <sup>8)</sup>
87 <sup>1)</sup>	A2 <sup>2)</sup>	16 <sup>3)</sup>	1 <sup>3)</sup>	9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	2 <sup>6)</sup>	3 <sup>7)</sup>	4 <sup>8)</sup>
88 <sup>1)</sup>	A2 <sup>2)</sup>	8 <sup>3)</sup>	1 <sup>3)</sup>	9 <sup>4)</sup>	0 <sup>5)</sup>	2 <sup>6)</sup>	3 <sup>7)</sup>	4 <sup>8)</sup>

## 7. NR PRACH信道

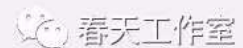


### NR PRACH信道和小区覆盖半径

关于PRACH信道格式 和 所支持的小区最大覆盖半径

根据PRACH信道格式分析小区支持的最大覆盖半径，需要考虑用户间干扰和符号间干扰

- **用户间干扰** — 基站接收到的小区最远用户的PRACH最后时域位置，不能和下一个上下行资源冲突。PRACH信道GAP时长可以保护用户间干扰。
- **符号间干扰** — 小区最远用户的PRACH发送信号经过空中无线信道多径传输后，符号之间的干扰不能超过CP时长保护的範圍。这个和空口信道模型相关，通常按照通用模型计算。**\*按不同计算标准，结果会存在小的偏差**
- 小区中循环移位的大小 $N_{cs}$ 和小区最大覆盖半径之间也有关系。通常情况下，是根据PRACH格式和规划的小区覆盖半径，来规划 $N_{cs}$ 的大小，不是用 $N_{cs}$ 的值来限定小区最大覆盖半径。



## NR PRACH小区覆盖半径

NR中PRACH信道格式和所支持的小区最大覆盖半径关系，按照以上原则来分析，这里不详细计算。

参考结果如下：

Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(ms)$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(ms)$	$N_{gap}$	$T_{gap}(ms)$	$T(ms)$	支持的覆盖半径(km)
0	839	1.25 kHz	$24576\kappa$	0.80000	$3168\kappa$	0.10313	2976k	0.09688	1.00000	14.53
1	839	1.25 kHz	$2 \cdot 24576\kappa$	1.60000	$21024\kappa$	0.68438	21984k	0.71563	3.00000	107.34
2	839	1.25 kHz	$4 \cdot 24576\kappa$	3.20000	$4688\kappa$	0.15260	4528k	0.14740	3.50000	22.11
3	839	5 kHz	$4 \cdot 6144\kappa$	0.80000	$3168\kappa$	0.10313	2976k	0.09688	1.00000	14.53

短序列格式，以SCS=15kHz为例

Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$T_u(ms)$	$N_{CP}^{RA}$	$T_{cp}(ms)$	$N_{gap}$	$T_{gap}(ms)$	$T(ms)$	支持的覆盖半径(km)
A1	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.13333	$288 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.00938	0	0.00000	0.14271	0.94
A2	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.26667	$576 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.01875	0	0.00000	0.28542	2.11
A3	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.40000	$864 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.02813	0	0.00000	0.42813	3.52
B1	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.13333	$216 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.00703	72k	0.00234	0.14271	0.47
B2	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.26667	$360 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.01172	216k	0.00703	0.28542	1.06
B3	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.40000	$504 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.01641	360k	0.01172	0.42813	1.76
B4	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$12 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.80000	$936 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.03047	792k	0.02578	0.85625	3.87
C0	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.06667	$1240 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.04036	1096k	0.03568	0.14271	5.30
C2	139	$15 \cdot 2^{-\mu}$ kHz	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.26667	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	0.06667	2912k	0.09479	0.42813	9.30

春天工作室

## 8. NR PRACH时域资源

春天工作室



## NR PRACH时域资源

根据PRACH时域信号定义，确定时域资源

### PRACH时域信号定义

$$s_i^{(p,\mu)}(t) = \sum_{k=0}^{L_{RA}-1} a_k^{(p,RA)} \cdot e^{j2\pi(k + K\tilde{\kappa}_1 + \tilde{\kappa})\Delta f_{RA}(t - N_{CP,l}^{RA}T_c - t_{start}^{RA})}$$

$$K = \Delta f / \Delta f_{RA}$$

$$k_1 = k_0^\mu + N_{BWP,l}^{start} N_{sc}^{RB} + n_{RA}^{start} N_{sc}^{RB} + n_{RA} N_{RB}^{RA} N_{sc}^{RB} - N_{grid}^{size,\mu} N_{sc}^{RB} / 2$$

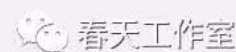
$$k_0^\mu = (N_{grid}^{start,\mu} + N_{grid}^{size,\mu} / 2) N_{sc}^{RB} - (N_{grid}^{start,\mu_0} + N_{grid}^{size,\mu_0} / 2) N_{sc}^{RB} 2^{\mu_0 - \mu}$$

其中  $t_{start}^{RA} \leq t < t_{start}^{RA} + (N_u + N_{CP,l}^{RA})T_c$

$t_{start}^{RA}$  表示PRACH preamble 在一个子帧中的开始位置  $\Delta f_{RA} \in \{1.25, 5, 15, 30\}$  kHz

或者在一个60kHz时隙中的位置  $\Delta f_{RA} \in \{60, 120\}$  kHz

不同格式PRACH，时域长度已经确定，  
只要确定在子帧中的开始位置，时域资源就完全确定了。



## NR PRACH时域资源

公式进一步解读

$$t_{start}^{RA} = t_{start,l}^\mu$$

$$t_{start,l}^\mu = \begin{cases} 0 & l = 0 \\ t_{start,l-1}^\mu + (N_u^\mu + N_{CP,l-1}^\mu) \cdot T_c & \text{otherwise} \end{cases}$$

符号位置  $l$   $l = l_0 + n_t^{RA} N_{dur}^{RA} + 14 n_{slot}^{RA}$

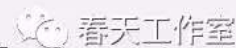
$l_0$  为起始符号位置，根据配置表格得到

$n_t^{RA}$  为一个PRACH时隙内的PRACH发送时刻，从0到  $N_t^{RA,slot} - 1$ ，  
 $L_{RA} = 139$  时根据配置表格得到， $L_{RA} = 839$  时固定为1

$N_{dur}^{RA}$  根据PRACH配置索引表格得到

$n_{slot}^{RA}$  在  $\Delta f_{RA} \in \{1.25, 5, 15, 60\}$  kHz 时， $n_{slot}^{RA} = 0$   
在  $\Delta f_{RA} \in \{30, 120\}$  kHz 时，根据配置表格得到，如果配置为1，则  $n_{slot}^{RA} = 1$   
其他情况下  $n_{slot}^{RA} \in \{0, 1\}$

对于  $\Delta f_{RA} \in \{1.25, 5\}$  kHz  $\mu = 0$ ，其他情况下， $\mu$ 按照子载波间隔配置





## NR PRACH时域资源示例

Random access configurations for FR1 and unpaired spectrum

PRACH Configuration Index <sup>1)</sup>	Preamble format <sup>2)</sup>	$n_{SFN} \bmod x = y$ <sup>3)</sup>		Subframe number <sup>4)</sup>	Starting symbol <sup>5)</sup>	Number of PRACH slots within a subframe <sup>6)</sup>	$N_{t,slot}^{RA}$ number of time-domain PRACH occasions within a PRACH slot <sup>7)</sup>	$N_{dur,dur}^{RA}$ PRACH duration <sup>8)</sup>
		$x$	$y$					
103	A1	1	0	2,7	0	2	6	2

↑ 以上表配置索引103为例

PRACH格式为A1,

支持子载波间隔  $\Delta f_{RA} \in \{15, 30\}$  kHz

根据公式计算PRACH开始的符号位置

$$l = l_0 + n_t^{RA} N_{dur,dur}^{RA} + 14 n_{slot}^{RA}$$

$\Delta f_{RA} = 15$  kHz 得到  $l = 0, 2, 4, 6, 8, 10$ , 即子帧2/7内6次PRACH occasion发送时刻

$\Delta f_{RA} = 30$  kHz 得到  $l = 0, 2, 4, 6, 8, 10, 14, 16, 18, 20, 22, 24$ , 即子帧2/7内, 每个时隙内6次PRACH occasion发送时刻

$$l_0 = 0$$

$$n_t^{RA} = 6$$

$$n_{dur,dur}^{RA} = 2$$

$$\Delta f_{RA} = 15 \text{ kHz } n_{slot}^{RA} = 0$$

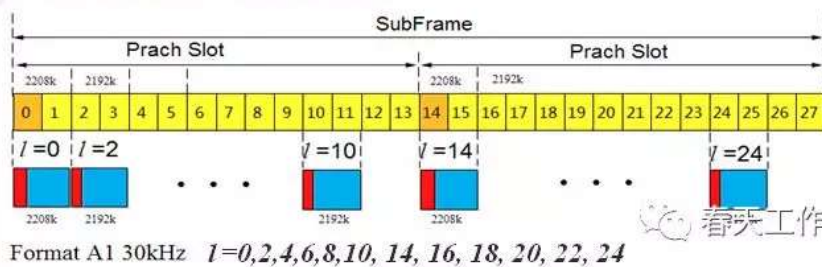
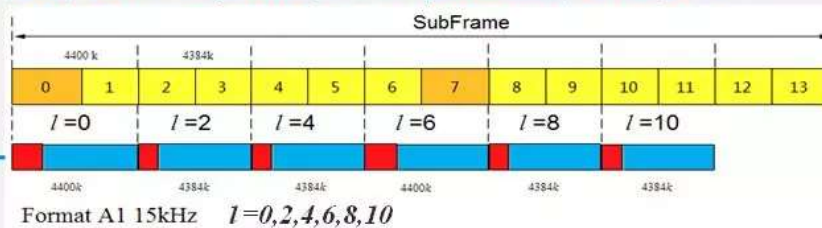
$$\Delta f_{RA} = 30 \text{ kHz } n_{slot}^{RA} = 0, 1$$

## NR PRACH时域资源示例

LTE每个子帧#0和#7符号的CP长度会加长 $16T_s$ 。NR沿用这一设计, 对于15kHz子载波间隔, #0和#7符号加长16k; 对于30kHz子载波间隔, #0和#14符号加长16k。

PRACH在时域上也需要这一处理。即PRACH位置和0/0.5 ms位置重叠时, CP增加16k

$$N_{CP,l}^{RA} = N_{CP}^{RA} + n \cdot 16k$$



## NR PRACH时域资源示例

如果PRACH 格式指示为A1/B1, A2/B2, A3/B3格式 (混合格式) 时

部分表格示例

Table 6.3.3.2-3: Random access configurations for FR1 and unpaired spectrum.

PRACH Configuration Index	Preamble format	$n_{\text{SFN}} \bmod x = y$		Subframe number	Starting symbol	Number of PRACH slots within a subframe	$N_{\text{RA,slot}}^{\text{RA}} = \text{number of time-domain PRACH occasions within a PRACH slot}$	$N_{\text{RA,dur}}^{\text{RA}} = \text{PRACH duration}$
		$x$	$y$					
211	A1/B1	2	1	9	2	1	6	2
224	A1/B1	1	0	1,3,5,7,9	2	1	6	2
225	A1/B1	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	8	1	3	2
226	A2/B2	2	1	9	0	1	3	4
240	A2/B2	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	6	1	2	4
255	A3/B3	1	0	0,1,2,3,4,5,6,7,8,9	2	1	2	6

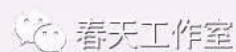
则一个PRACH时隙中的最后一个PRACH Occasion为B1/B2/B3格式

一个PRACH时隙中, 前面位置的PRACH Occasion为A1/A2/A3格式

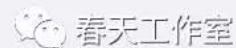
A格式和B格式时长一致 (2/4/6 OFDM符号)

差别在于CP和GAP长度, A格式无GAP

B2, B3两种格式不支持单独配置, 只能配置为A2/B2, A3/B3混合格式



## 9. NR PRACH频域资源



## PRACH频域资源

规范38211中对于PRACH频域资源的定义（用不同子载波间隔的PUSCH RB数量表示）

Table 6.3.3.2-1: Supported combinations of  $\Delta f$  and  $\Delta f^{\text{RA}}$  the corresponding value of  $\bar{k}$

$L_{\text{RA}}$	$\Delta f^{\text{RA}}$ for PRACH	$\Delta f$ for PUSCH	$N_{\text{RB}}^{\text{RA}}$ , allocation expressed in number of RBs for PUSCH	$\bar{k}$
839	1.25	15	6	7
839	1.25	30	3	1
839	1.25	60	2	133
839	5	15	24	12
839	5	30	12	10
839	5	60	6	7
139	15	15	12	2
139	15	30	6	2
139	15	60	3	2
139	30	15	24	2
139	30	30	12	2
139	30	60	6	2
139	60	60	12	2
139	60	120	6	2
139	120	60	24	2
139	120	120	12	2

## NR PRACH频域配置参数

PRACH信道信号定义  
频域资源相关信息也包含在内

$$s_l^{(p, \mu)}(t) = \sum_{\bar{k}=0}^{L_{\text{RA}}-1} a_{\bar{k}}^{(p, \text{RA})} \cdot e^{j2\pi(\bar{k} + K\bar{k}_1 + \bar{K})\Delta f_{\text{RA}}(t - N_{\text{CP},i}^{\text{RA}}T_c - t_{\text{start}}^{\text{RA}})}$$

$$K = \Delta f / \Delta f_{\text{RA}}$$

$$\bar{k}_1 = k_o^\mu + N_{\text{BWP},i}^{\text{start}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + n_{\text{RA}}^{\text{start}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + n_{\text{RA}} N_{\text{RB}}^{\text{RA}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - N_{\text{grid}}^{\text{size}, \mu} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2$$

$$k_o^\mu = (N_{\text{grid}}^{\text{start}, \mu} + N_{\text{grid}}^{\text{size}, \mu} / 2) N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - (N_{\text{grid}}^{\text{start}, \mu_0} + N_{\text{grid}}^{\text{size}, \mu_0} / 2) N_{\text{sc}}^{\text{RB}} 2^{\mu_0 - \mu}$$

其中,

$\mu_0$  为UE配置的载波中最大的 $\mu$  值

$N_{\text{BWP},i}^{\text{start}}$  为配置的上行初始BWP（或者激活上行BWP）的最低RB索引

$n_{\text{RA}}^{\text{start}}$  为配置的PRACH频域资源在BWP（初始或激活）中的最低RB索引，对应 *msg1-FrequencyStart*

$n_{\text{RA}} \in \{0, 1, \dots, M-1\}$  M为配置的PRACH频域资源个数对应 *msg1-FDM* 范围为1, 2, 4, 8

## NR PRACH频域配置特性

在PRACH频域资源上，NR有LTE类似之处。

例如：PRACH 和PUSCH子载波间隔分别为1.25和15kHz时，

PRACH占用864子载波，对应6个PUSCH RB。

实际发送使用839个子载波（下边缘7个子载波保护，对应  $\bar{k}$ ）-- 和LTE一致

和LTE差异之处：

NR中频域上可以配置多个频域FDM的PRACH Occasion (1/2/4/8)；

要考虑上行不同子载波间隔情况下，中心频率的偏移  $K_0^\mu$

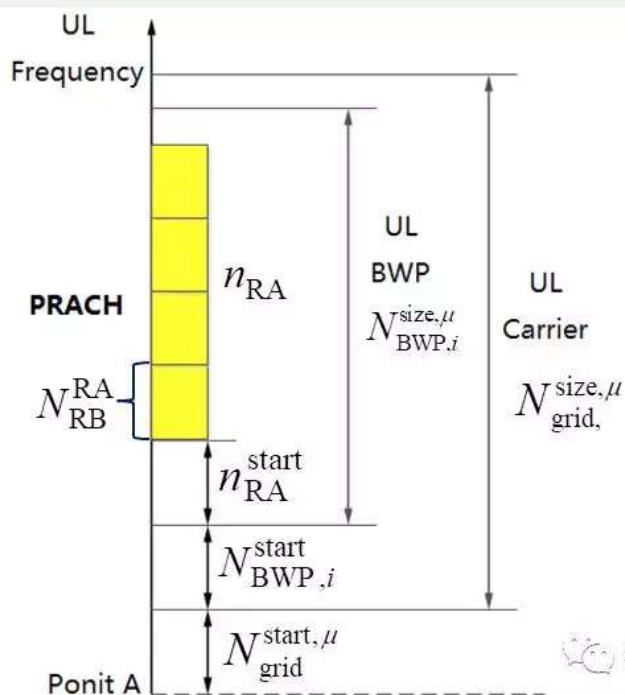
频域资源偏移配置，LTE上相对于上行带宽边缘，而NR中相对于上行初始BWP。

春天工作室

## NR PRACH频域配置示例

$$\text{msg1-FDM}=4$$

$$n_{\text{RA}} = 0, 1, 2, 3$$



春天工作室



## 10. SSB和RACH信道配置

### RACH信道配置

在空闲态UE初始接入（也就是SA）时，获取RACH信道配置

SIB1-> UplinkConfigCommon -> initialUplinkBWP(BWP-UplinkCommon)

-> RACH-ConfigCommon

```

RACH-ConfigCommon ::=
    SEQUENCE {
        rach-ConfigGeneric          RACH-ConfigGeneric,
        totalNumberOfRA-Preambles   INTEGER (1..63)    OPTIONAL,  -- Need S
        ssb-perRACH-OccasionAndCB-PreamblesPerSSB CHOICE {
            oneEighth  ENUMERATED {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
            oneFourth  ENUMERATED {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
            oneHalf    ENUMERATED {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
            one        ENUMERATED {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},
            two        ENUMERATED {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32},
            four       INTEGER (1..16),
            eight      INTEGER (1..8),
            sixteen    INTEGER (1..4)
        }
    }
  
```

.....

接下页

## RACH信道配置

接上页

```

RACH-ConfigCommon ::=
    groupBconfigured
    ra-Msg3SizeGroupA
    spare7, spare6, spare5, spare4, spare3, spare2, spare1},
    messagePowerOffsetGroupB
    numberOfRA-PreamblesGroupA
    }
    ra-ContentionResolutionTimer ENUMERATED { sf8, sf16, sf24, sf32, sf40, sf48, sf56, sf64},
    rsrp-ThresholdSSB
    rsrp-ThresholdSSB-SUL
    prach-RootSequenceIndex
    l839
    l139
    },
    msg1-SubcarrierSpacing
    restrictedSetConfig
    msg3-transformPrecoding
    ...
}
SEQUENCE {.....
SEQUENCE {
    ENUMERATED { b56, b144, b208, b256, b282, b480, b640, b800, b1000,
    ENUMERATED { minusinfinity, dB0, dB5, dB8, dB10, dB12, dB15, dB18},
    INTEGER(1..64)
    }
    RSRP-Range
    RSRP-Range
    CHOICE {
        INTEGER(0..837),
        INTEGER(0..137)
    },
    SubcarrierSpacing
    ENUMERATED {unrestrictedSet, restrictedSetTypeA, restrictedSetTypeB},
    ENUMERATED {enabled}
}

```

春天工作室

## RACH信道配置

### RACH信道相关配置参数

```

RACH-ConfigGeneric ::=
    prach-ConfigurationIndex
    msg1-FDM
    msg1-FrequencyStart
    zeroCorrelationZoneConfig
    preambleReceivedTargetPower
    preambleTransMax
    powerRampingStep
    ra-ResponseWindow
    ...
SEQUENCE {
    INTEGER(0..255), PRACH索引配置
    ENUMERATED {one, two, four, eight}, 频域个数
    INTEGER(0..maxNrofPhysicalResourceBlocks-1), 频域起始位置
    INTEGER(0..15), Ncs
    INTEGER(-202..-60),
    ENUMERATED {n3, n4, n5, n6, n7, n8, n10, n20, n50, n100, n200},
    ENUMERATED {dB0, dB2, dB4, dB6},
    ENUMERATED {sl1, sl2, sl4, sl8, sl10, sl20, sl40, sl80},
}
preambleReceivedTargetPower
preambleTransMax
powerRampingStep
ra-ResponseWindow

```



配置参数意义和LTE中配置参数一致

春天工作室

## SSB和PRACH关联关系

LTE中，下行广播信息MIB/SIB基于广播机制，不支持波束管理；

NR中，下行广播信息SSB/RMSI，初始接入也可以支持波束Beam管理机制；

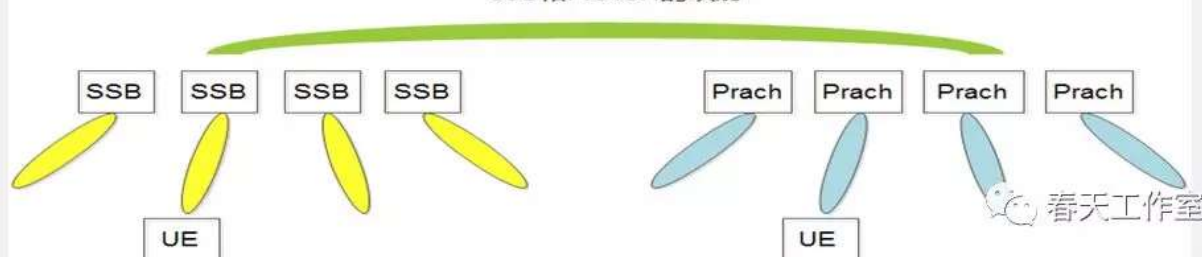
SSB在时域周期内有多次发送机会，可以分别对应不同波束；

\* (SSB和波束的对应，属于具体实现)

因此NR中，只有当SSB的波束扫描信号“覆盖”到UE时，UE才有机会发送PRACH随机接入。

即：PRACH的发送时刻需要和SSB发送的时刻（索引）建立关联关系。同时基站根据UE上行PRACH的资源位置，决定下行RAR发送的波束

SSB和PRACH的映射



## RACH信道配置—SSB和RACH发送时刻关系

SSB 块在一个周期内（ $\text{ssb-PositionsInBurst}$ ，5ms）有 $N_{\text{Tx}}^{\text{SSB}}$ 次发送机会（Pattern对应 Case A/B/C/D/E），最大值为 $L=4/8/64$ ，实际发送个数  $N_{\text{Tx}}^{\text{SSB}}$

PRACH在时域和频域上有多个发送时刻，每个SSB块要和PRACH发送时刻建立映射关系。

同时引入一个association period关联周期的概念，用于定义  $N_{\text{Tx}}^{\text{SSB}}$  个SSB块和时域上多少个PRACH 周期内关联。

### SSB和PRACH occasion关联周期映射表

Table 8.1-1: Mapping between PRACH configuration period and SS/PBCH block to PRACH occasion association period

PRACH configuration period (msec)	Association period (number of PRACH configuration periods)
10	{1, 2, 4, 8, 16}
20	{1, 2, 4, 8}
40	{1, 2, 4}
80	{1, 2}
160	{1}



## SSB和PRACH关联周期

## 示例

$N_{Tx}^{SSB}$	PRACH occasion	PRACH configuration period(ms)/ Association period			
1	1	10/1	20/1	40/1	160/1
4	1	10/4	20/4	40/4	/
4	2	10/2	20/2	40/2	/
8	4	10/2	20/2	40/2	/
64	4	10/16	/	/	/
64	16	10/8	20/8	/	/

一个SSB周期内  
SSB块的发送个数

PRACH周期内, 时频域  
occasion的总个数

PRACH周期 / 关联周期对应  
PRACH周期的个数

•SSB和PRACH Occasion之间的映射关系, 可以是1->N (1对多), 也可以N->1 (多对1) 的关系:

•每个SSB必须映射到至少一个PRACH Occasion

•在时间上SSB和PRACH occasion在关联周期内映射,

•SSB全部映射完后的PRACH Occasion后, 没有SSB对应的PRACH Occasion不能使

•关联周期最大为160ms

春天工作室

## RACH信道配置—SSB和RACH发送时刻关系

ssb-perRACH-OccasionAndCB-PreamblesPerSSB

oneEighth {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},

oneFourth {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},

oneHalf {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},

one {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32,n36,n40,n44,n48,n52,n56,n60,n64},

two {n4,n8,n12,n16,n20,n24,n28,n32},

four {1..16},

eight {1..8},

sixteen {1..4}

RACH参数配置中ssb-perRACH-OccasionAndCB-PreamblesPerSSB用于配置:

•每个RACH时刻对应的SSB个数, 从1/8-16个

•每个SSB所能使用的基于竞争的Preamble个数

示例:

ssb-perRACH-Occasion = 1/8, n=60



ssb-perRACH-Occasion = 1, n=56



ssb-perRACH-Occasion = 4, n=12



春天工作室



## SSB和RACH Occasion对应关系

当 $\text{ssb-perRACH-Occasion} > 1$ ，即多个SSB对应1个RACH Occasion时，

从  $n \cdot 64/N$  开始的连续CB-PreamblesPerSSB个CB preambles对应于SSB  $n$ ， $0 \leq n \leq N-1$ ，

其中 $N = \text{ssbPerRachOccasion}$ 。

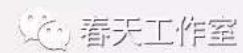
例如： $\text{ssb-perRACH-Occasion} = 4$ ， $\text{CB-PreamblesPerSSB} = 12$ ，

则4个SSB对应的CB Preamble分别为0-11, 16-27, 32-43, 48-59

当 $\text{ssb-perRACH-Occasion} < 1$ ，即一个SSB对应多个RACH Occasion时，

SSB索引和RACH中的CB Preamble对应关系，顺序为：

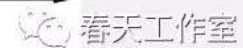
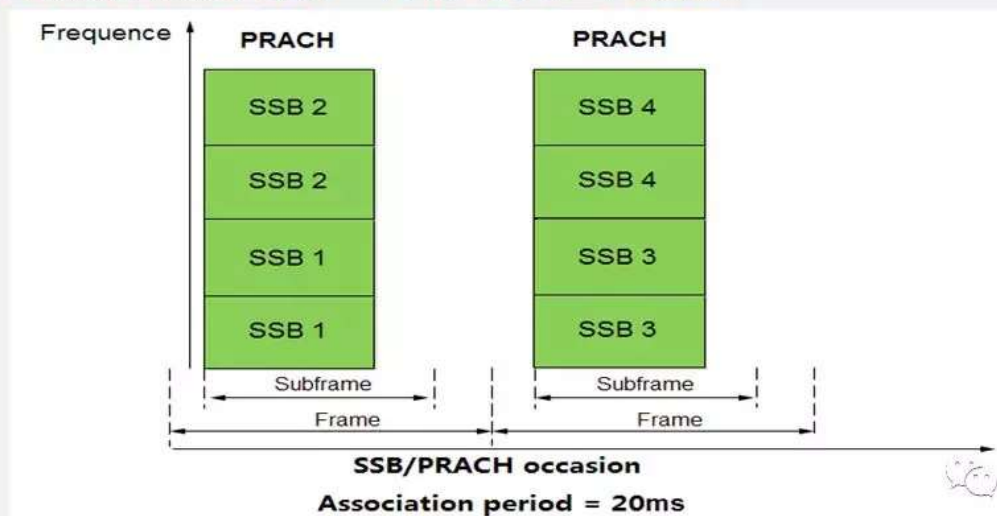
- 1 每个PRACH Occasion中的CB Preamble按照Preamble Index次序递增；
- 2 当配置RACH FDM时（即频域多个RACH Occasion），按照频域索引递增；
- 3 当配置PRACH时隙内，多个PRACH Occasion时，按照PRACH时隙内索引递增；
- 4 当配置多个PRACH时隙时，按照PRACH时隙索引递增



## SSB和RACH Occasion对应示例

$\text{ssb-perRACH-Occasion} = 1/2$ ， $\text{msg1-FDM} = 4$ ， $N_{\text{TX}}^{\text{SSB}} = 4$

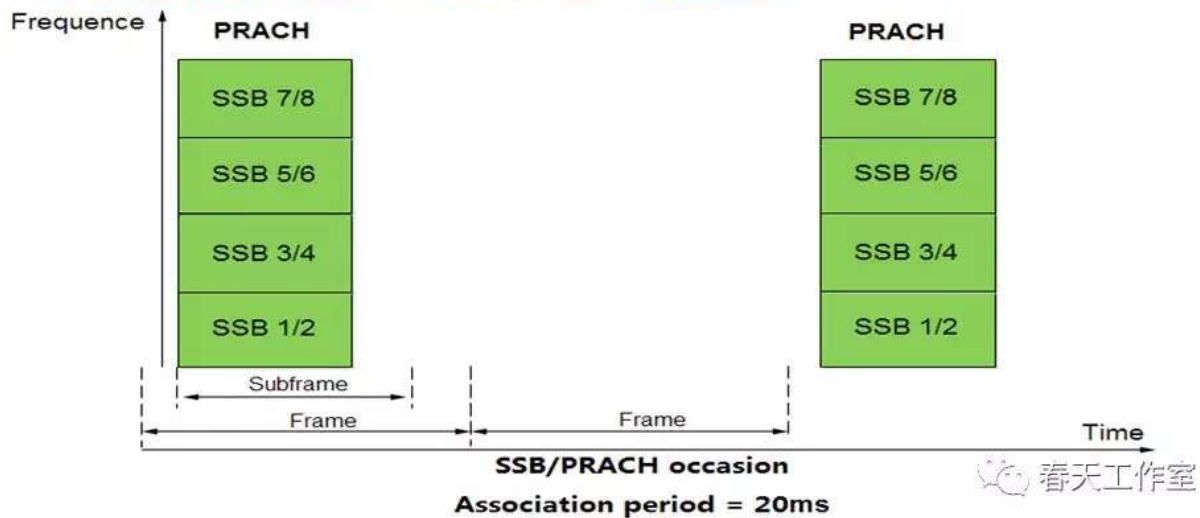
PRACH周期1 Frame，每帧中一个子帧，每子帧一个occasion



## SSB和RACH Occasion对应示例

ssb-perRACH-Occasion = 2, msg1-FDM=4  $N_{TX}^{SSB} = 8$

PRACH周期2 Frame, 每帧中一个子帧, 每子帧一个occasion



## SIB1中其它配置参数

```

SIB1 ::= SEQUENCE {
    frequencyOffsetSSB          ENUMERATED {khz-5, khz5}          OPTIONAL, -- Need R
    ssb-PositionsInBurst        SEQUENCE {
        inOneGroup              BIT STRING (SIZE (8)),
        groupPresence            BIT STRING (SIZE (8))          OPTIONAL -- Cond above6GHzOnly
    },
    ssb-PeriodicityServingCell  ENUMERATED {ms5, ms10, ms20, ms40, ms80, ms160, spare1, spare2},
    ss-PBCH-BlockPower          INTEGER (-60..50),
    uplinkConfigCommon          UplinkConfigCommon OPTIONAL,
    supplementaryUplink          UplinkConfigCommon OPTIONAL
}
-- FFS: Add additional (selection) criteria determining when/whether the UE shall use the SUL frequency
} OPTIONAL, -- Cond SUL
tdd-UL-DL-Configuration       TDD-UL-DL-ConfigCommon OPTIONAL, -- Cond TDD
tdd-UL-DL-configurationCommon2 TDD-UL-DL-ConfigCommon OPTIONAL, -- Cond TDD
pdcch-ConfigCommon            PDCCH-ConfigCommon OPTIONAL,
pucch-ConfigCommon            PUCCH-ConfigCommon OPTIONAL,
lateNonCriticalExtension       OCTET STRING OPTIONAL,
nonCriticalExtension           SEQUENCE{} OPTIONAL

```

春天工作室

## SIB1中其它接入相关参数

TDD时的上下行子帧/符号配置

tdd-UL-DL-Configuration      TDD-UL-DL-ConfigCommon      OPTIONAL, -- Cond TDD  
tdd-UL-DL-configurationCommon2      TDD-UL-DL-ConfigCommon      OPTIONAL, -- Cond TDD

PRACH occasion所在时域位置 需要对应上行符号

\*上下行配置不详细展开描述

在一个PRACH时隙内, 在SSB块之后, 至少  $N_{\text{gap}}$  个Symbols符号以后开始发送

$N_{\text{gap}}$  values for different preamble subcarrier spacing configurations  $\mu$

Preamble subcarrier spacing	$N_{\text{gap}}$
1.25 kHz or 5 kHz	0
15 kHz or 30 kHz or 60 kHz or 120 kHz	2

对于 PRACH格式B4  $N_{\text{gap}}=0$

春天工作室

## SIB1中其它接入相关参数

上行公共配置

配置上行频率（上行NR频段列表, PointA, 载波列表, SCS, P-MAX等）信息, 上行初始BWP（起始位置, 带宽, SCS, CP）信息

```
UplinkConfigCommon ::= SEQUENCE {
    frequencyInfoUL          FrequencyInfoUL          OPTIONAL,
                                -- Cond InterFreqHOAndServCellAddAndSIB1
    initialUplinkBWP          BWP-UplinkCommon          OPTIONAL, -- Cond ServCellAddAndSIB1
    timeAlignmentTimerCommon  TimeAlignmentTimer
}

BWP-UplinkCommon ::= SEQUENCE {
    genericParameters          BWP,
    rach-ConfigCommon          SetupRelease { RACH-ConfigCommon }  OPTIONAL, -- Need M
    pusch-ConfigCommon          SetupRelease { PUSCH-ConfigCommon }  OPTIONAL, -- Need M
    pucch-ConfigCommon          SetupRelease { PUCCH-ConfigCommon }  OPTIONAL, -- Need M
    ...
}
```

\*PUSCH和PUCCH信道配置, 在此不详细描述

春天工作室



## SIB1中其它接入相关参数

### PDCCH 公共配置

```

PDCCH-ConfigCommon ::=
    SEQUENCE {
        controlResourceSetZero    INTEGER (0..15) OPTIONAL, -- Cond InitialBWP-Only
        commonControlResourceSet  ControlResourceSet OPTIONAL, -- Need R
        searchSpaceZero           INTEGER (0..15) OPTIONAL, -- Cond InitialBWP-Only
        commonSearchSpace         SEQUENCE (SIZE(1..4)) OF SearchSpace OPTIONAL,
        searchSpaceSIB1           SearchSpaceId OPTIONAL, -- Need R
        searchSpaceOtherSystemInformation SearchSpaceId OPTIONAL, -- Need R
        pagingSearchSpace         SearchSpaceId OPTIONAL, -- Need R
        ra-SearchSpace            SearchSpaceId OPTIONAL, -- Need R
        ...
    }
  
```

对于controlResourceSetZero和searchSpaceZero, 这两个字段, 0-15, 含义和 pdccch-ConfigSIB1一致, 在初始下行BWP配置时必须携带 (NSA), 而在SIB1中无需下发 (SA)

commonControlResourceSet—额外配置的用于RAR接收的CORESET, 不配置时RAR使用CORESET 0。如果配置时, CORESET 频域所在BWP, 为初始DL BWP。

commonSearchSpace-- 配置额外的公共搜索空间, 不配置时, 默认都用SearchSpace 0  
\*CORESET和SearchSpace配置和特点, 在此不详细描述

## 随机接入流程

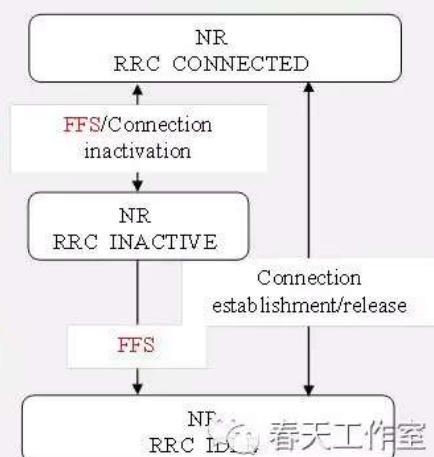
NR中, 触发UE发起随机接入的事件类型和LTE类似:

包括:

- UE在Idle状态下的初始接入
- RRC连接重建立
- RRC连接态时, 上行失步状态下, 下行数据到达
- RRC连接态时, 上行失步状态下上行数据到达或者无可用的SR资源时
- 切换
- 波束管理中, 波束失败恢复过程, 发起随机接入
- 从RRC Inactive状态到RRC连接状态

NR新增加

### NR RRC层状态转换示意图





## PRACH 资源的选择

UE获得随机接入所需配置后，可以发起初始随机接入流程，首先要选择Preamble资源

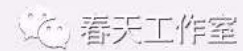
UE初始接入时：

选择一个满足RSRP门限要求的SSB（SSB和PRACH对应），发起接入，如果都不满足RSRP门限，则选择任意一个SSB。

如果MSG3没有发送过，则根据Group A/B配置，判定MSG3大小，选择Group A或者Group B的Preamble资源；

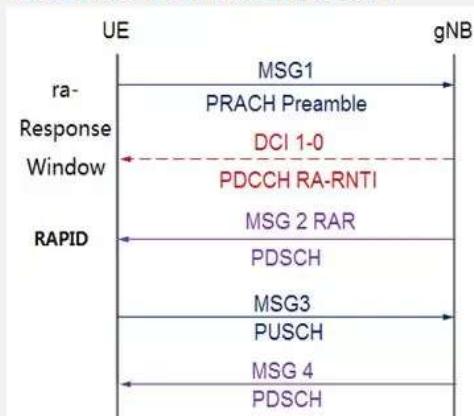
如果MSG3重传，则选择Group A的Preamble资源。

从当前SSB的Preamble Group中等概率的随机选择RA-PreambleIndex；

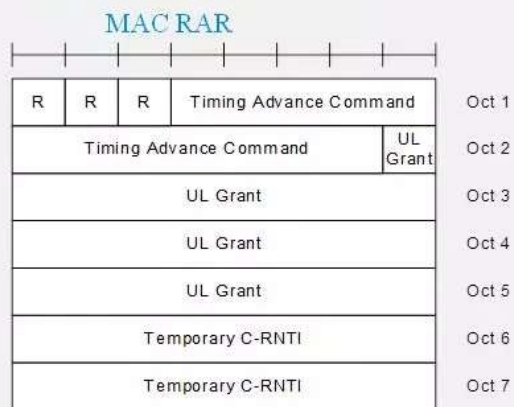


## 随机接入流程

NR随机接入总体流程和LTE类似

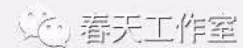


MAC RAR结构定义和LTE类似



NR初始随机接入过程中：

PRACH上行功控，Preamble重传，Backoff机制，Temp C-RNTI分配，RAPID匹配，冲突解决，MSG3功控，MSG3/4重传等机制均和LTE类似



## 波束切换

LTE中，UE发送MSG1后，在随机接入响应窗口RA-ResponseWindow范围内没有收到RAR，UE需要重发MSG1，重发时，要进行功率攀升（Ramping）

**对于NR，重发MSG1时，UE要考虑是否需要重新选择SSB的波束。**

在满足RSRP门限内的SSB，可以更换SSB波束，也可以沿用上一轮的波束。

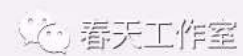
如果所有SSB都不满足RSRP门限，选择任意SSB。

当UE继续用上次发送SSB波束重发MSG1时，需要功率攀升

当UE更换SSB波束发送MSG1时，不需要进行功率攀升。

优先用功率攀升重发，还是优先更换满足门限的SSB波束？

规范没有强制要求，和UE实现有关。



## 随机接入流程小结

个人理解小结：

NR的PRACH信道基于LTE设计，针对不同应用场景，频段部署，增加了更多的格式；

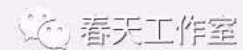
随机接入流程的触发，基于竞争和基于非竞争接入等概念，NR和LTE差别不大；

NR中，随机接入流程最大的变化，就是基于波束的接入：

下行基于SSB索引，上行基于PRACH Occasion。

随机接入流程中的其他技术特点，NR和LTE原理基本一致，具体细节上有差别。

**看懂了随机接入，无线通信基本就学会了！**



其他未竟问题，欢迎联系微信  
icehero312进行进一步的讨论和切磋。



( 后注： 孙老师的作品，总是满满诚意，力透纸背，工匠精神，仔细读来，如沐春风，而且很多繁难的问题，会茅塞顿开。本文仅排版，phy兄，就差不多花了1天时间。我也审核了2遍，历时1天+。本人水平和精力有限，审核后仍不能保证面面俱到，欢迎大家垂询和斧正。 另，孙老师，预计会在春天工作室（wireless-spring）做一个系列的NR的解读。下一篇孙老师会介绍 NR的 信道。 你懂的，信道在无线中的地位。敬请期待和关注。 ----- 春天哥 20180815 )

春天工作室 管理员 微信：



春天工作室 春天哥 微信：






## 付费入群 (VIP) 流程:

春天工作室技术讨论群，秉承了最纯粹的理念“**纯技术交流和切磋，相互尊重/实事求是、理论+实践**”，目前已经成为行业著名的技术研究社群。群里专家云集，讨论范围广袤，涵盖**234G/5G/IOT/V2X**，包含**RAN / 核心网 / 终端/芯片**等，群员来自“设备商、运营商、芯片商、终端商、研究院、设计院、通信公司、高校”等。是国内高端的专业级的技术讨论群，且与春天工作室(wireless-spring)微信公众平台互为依托，旨在打造业内和谐的纯粹的高素质专业技术交流和学习平台。

### 付费加入技术讨论群 (VIP会员) 的步骤如下:

1. 联系管理员 **清风** (扫描右侧二维码)。
2. 管理员会询问**三个基本技术问题**，以验证是否是同行。
3. 待管理员完成准入控制后，需付费入群，目前恢复为以前规则，**暂定为VIP会员 499/年**。VIP会员将获得包括“**优先答疑 / 技术指导 / 获取部分原稿 / 未来可能的针对VIP陆续推出的增值服务**”等专属服务。
4. 付费后，管理员会发放VIP群邀请和链接。**VIP付费会员，可根据需要选择进入4个群**。VIP会员仍需承诺遵守群规则，但原则只要不是严重违反群规则，一般不会清出。每月的统计的有效发言不在之列。可以跟随着春天工作室一起学习和成长。)



 春天工作室



7个不分专业的全方向群，分别是：

“春天工作室：藏经阁”  
“春天工作室：达摩院”  
“春天工作室：般若堂”  
“春天工作室：光明顶”  
“春天工作室：无量山”  
“春天工作室：聚贤庄”  
“春天工作室：思过崖”

4个细分了专业方向的群，分别是：

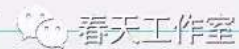
“春天工作室：终端芯片技术讨论群”  
“春天工作室：3GPP规范（4G/5G）讨论群”  
“春天工作室：蜂窝物联网技术讨论群”  
“春天工作室：网规网优及性能提升讨论群”

✓ 付费VIP会员可任意选择**4个群**，付费后，告知管理员需要加入的群组，管理员发放邀请后，点链接即可入群。每群以200人为上限。

✓ VIP会员价格：**499/年**

✓ 会员费用，将主要用于春天工作室的长期发展和维护（如：发放稿酬、春天工作室日常运维、不定期的线下活动等）。

✓ 从即日起，暂时不会再推出免费入群名额。最终解释权归春天工作室所有。



- 
- 春天工作室 致力于打造国内专业级无线技术研究平台。本平台由春天哥创办，主要专注于234G/5G/IoT/V2X等无线相关的技术研究。[春天工作室 简要说明](#)
  - 春天工作室崇尚的风格是：原创+精品 / 理论+实践。春天工作室崇尚的理念是：传播知识，更传播知识的力量。
  - 专业范畴内的技术讨论可直接联系春天哥，[微信icehero312](#)。申请入群、索要底稿、商务合作等其他非专业范畴的请联系 [管理员微信：hydyhydy007](#)。或者扫码，附图如下。精力有限。非诚勿扰。
  - 欢迎投稿：[华山论剑：春天工作室\(wireless-spring\)至诚邀请并欢迎各位同仁和专家们来稿！](#)
-



“传播知识，更传播知识的力量”

赞赏码

春天工作室

(因微信公众号原因，暂无法设置作者微信和赞赏的关联，故这里采用了赞赏码的形式)

阅读 4206

32

精选留言

写留言



突然春天

3

感谢群里的 river兄 指正。勘误：P23页，PRACH格式定义—Format C0/C2，其中C0格式的图，中间有一处笔误，即多画了一个2048K的。即  $1240K + 2048K + 1096K$ ，加起来还是2个OFDM symbol。而非  $1240K + 2048K + 2048K + 1096K$ 。其他参数均无误。规范在 383211 6.3.3.1。  
———— by 春天哥 20180816



sy

3

赞，孙老师的讲课水平更高



沈工

2

精品好文，重点突出，深入浅出，思路清晰，受益匪浅，期待后续。

作者

感谢沈总一直以来的关注和支持



张建国

花了两天时间看了孙老师的这篇文章，看完之后真是醍醐灌顶，把我长久以来的疑惑都给解决了，给个赞！



嘻嘻

请问，协议里为什么会在6.3.3.2的资源定义的地方，定义了，为了满足表格时隙编号，子载波需要被假设为， $fr1$ 为15khz， $fr2$ 为60khz！谢谢！

作者

不知你问的是哪个地方的，是哪个的6.3.3.2？ 38211么？ 描述明确和严谨才会是一个好问题，不要让人去猜去找。 一般 FR1 15 FR2 60或120，是因FR2频率范围太广。同时，频域子载波间隔大，意味着时域上短，从而可以短帧设计，时延也会相应减少，比如URLCC场景

---