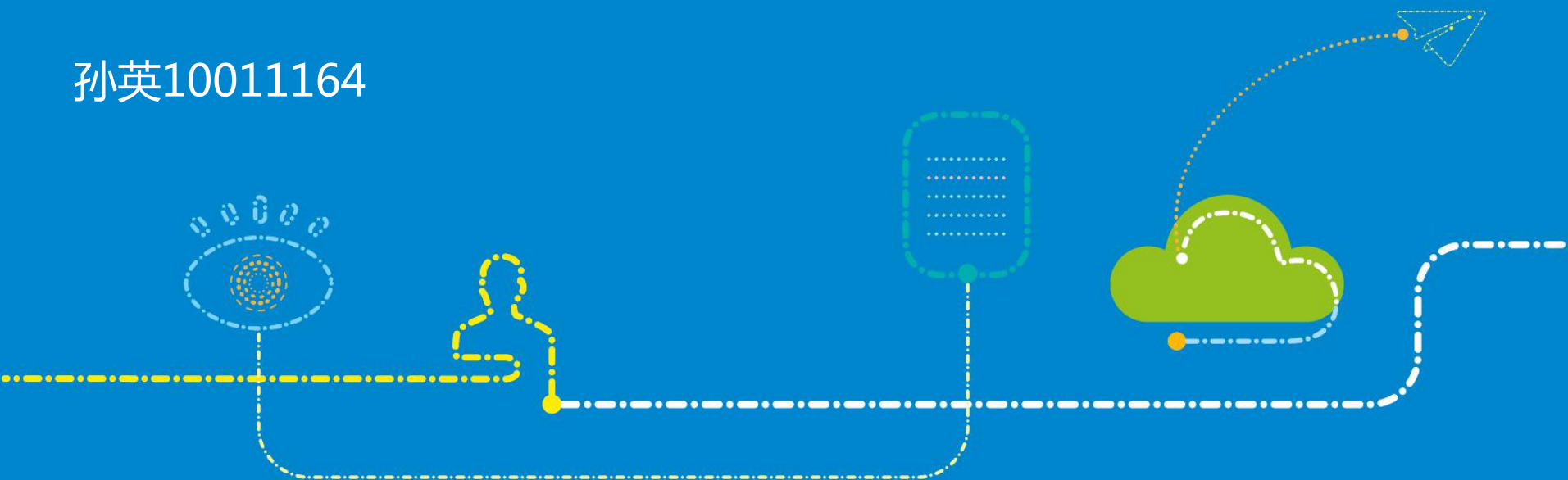


NB-IoT技术交流

--物理层简介

FDD商用性能二部

孙英10011164



■ 第一部分 NB-IoT操作模式

■ 第二部分 下行物理层

- 下行物理层总体
- NRS
- NPSS/NSSS/Channel Raster
- NPBCH
- NPDCCH
- NPDSCH

■ 第三部分 上行物理层

- 上行物理层总体
- NPUSCH
- NPRACH



NB-IoT三种Operation mode

NB-IoT should support 3 different modes of operation:

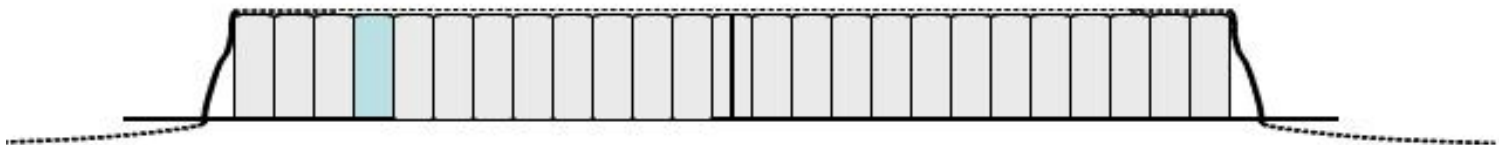
- Stand-alone operation
- Guard band operation
- In-band operation
 - 相同PCID
 - 不同PCID



Scenario 1: Stand-alone operation



Scenario 2: Guard band operation



Scenario 3: In-band operation

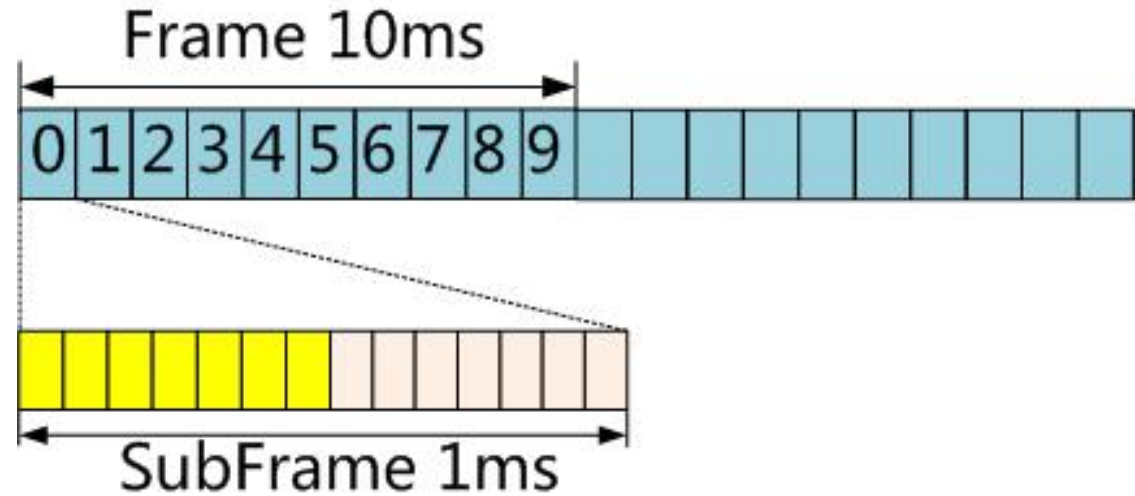
NB-IoT下行物理层总体

- OFDMA on the downlink
- 15 kHz sub-carrier spacing for all the modes

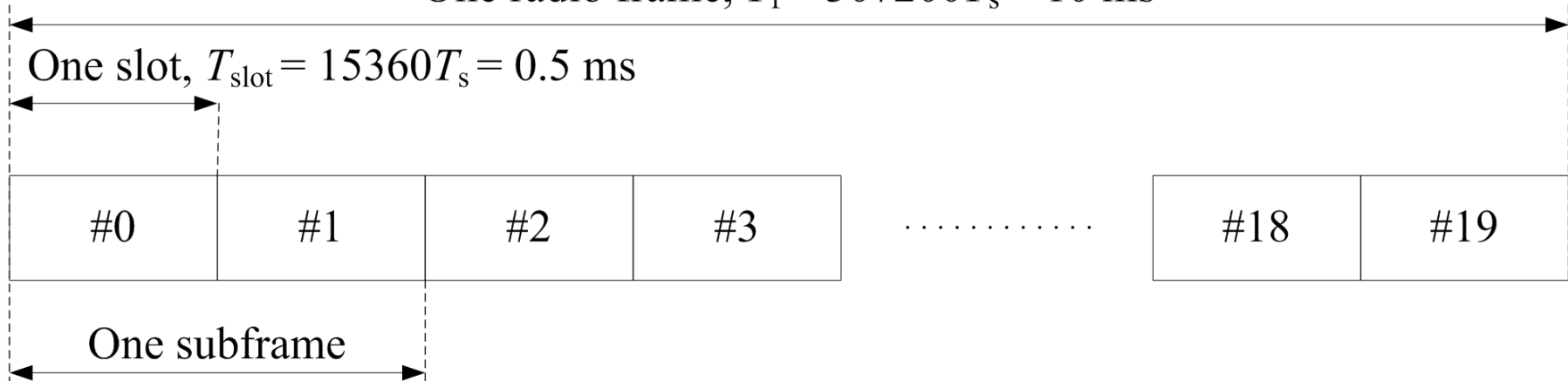
	NB-IoT	Legacy LTE (R8)
技术	OFDM	OFDM
带宽	180kHz	1.4M—20MHz (6种)
子载波间隔	15kHz	15kHz
子帧	1ms	1ms
Slot	0.5ms	0.5ms
循环前缀CP	Normal	Normal CP , Extend CP

NB-IoT下行帧结构

• Same as LTE frame structure type1



One radio frame, $T_f = 307200T_s = 10 \text{ ms}$



NB-IoT下行物理信道汇总

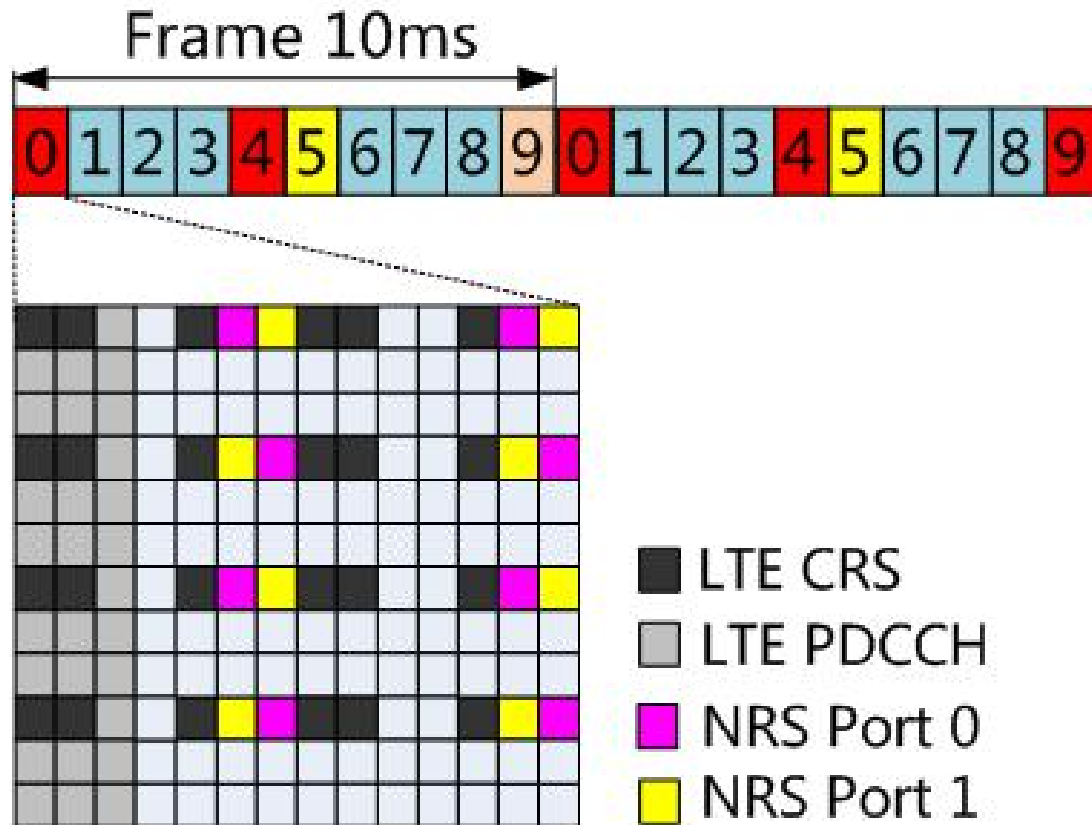
	NB-IoT	Legacy LTE (R8)
PSS/SSS	Y	Y
PBCH	Y	Y
RS	NRS (Cell-specific)	CRS Cell-specific MBSFN reference signals UE-specific reference signals
PCFICH	N	Y
PHICH	N	Y
PDCCH	Y	Y
PDSCH	Y	Y

- 三种操作模式下: Stand-alone , In-band , Guard Band 都支持NRS。
- NRS用于物理下行信道解调 , RSRP/RSRQ测量。
- 支持1或者2天线端口 , 映射到Slot的最后两个OFDM符号。
- NRS在频域与LTE CRS相同频率偏移 : $V\text{-shift} = PCID \bmod 6$ 。
- In-band相同PCI , NB-IoT使用天线端口0和1 (和LTE CRS一致)
 - 此外情况 , NB-IoT使用天线端口1000和1001

	NB-IoT	Legacy LTE
RS天线端口数	1, 2	1, 2 , 4
Port号	0,1或者1000,1001	0,1,2,3
OFDM符号	5, 6	0, 1, 4
三种模式下 (更新)	#0 , #4 , #9 (非NSSS) 以及其它需要解调信道 (PBCH/SIB1-NB PDSCH/NPDSCH/NPDCCH的子帧	

NRS

三种模式下，发送NRS的时域示意图



下行功率分配

- NRS天线端口数量1
 - NRS的EPRE和普通RE (NPBCH/NPDSCH/NPDCCH) 相同
- NRS天线端口数量2
 - NRS的EPRE比普通RE (NPBCH/NPDSCH/NPDCCH) 高3dB
- 在In-band 且相同PCI情况下 ,
 - LTE CRS也用于NB-IoT终端下行解调和测量
 - 默认LTE CRS和NRS天线端口数量相同
- 通过SIB消息中的nrs-CRS-PowerOffset-r13 字段通知UE
{-6, -4.77, -3, -1.77, 0, 1, 1.23, 2, 3, 4, 4.23, 5, 6, 7, 8, 9}
dB.

如果没有信令通知UE，默认LTE和NB-IoT功率相等。

NB-IoT RB power dynamic range for in-band or guard band operation

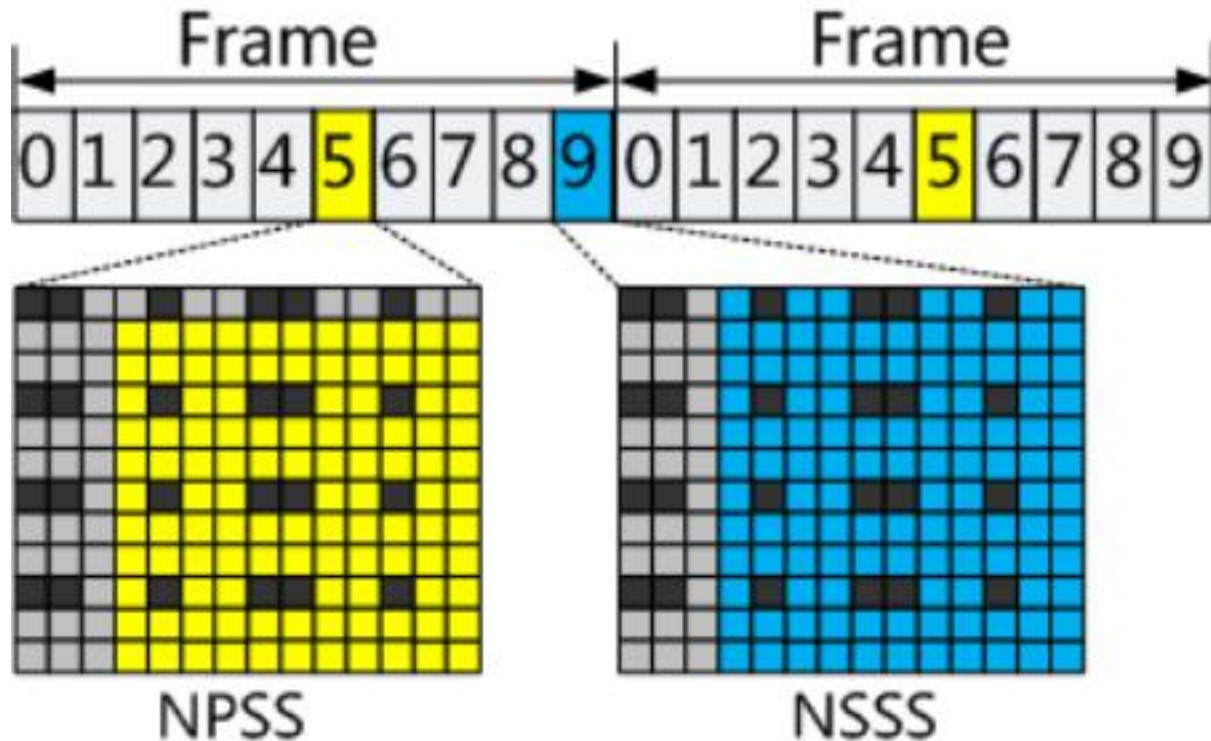
- NB-IoT RB功率动态范围（俗称power boosting）定义为：
- NB-IoT载波（In-band的一个PRB，guard band的180kHz带宽）功率和**全带宽所有载波（包括LTE和NB）**的平均功率的差值。
- NB-IoT功率动态范围至少6dB；
- 6dB功率动态范围，仅针对一个NB-IoT的PRB

NPSS/SSS

	NB-IoT	Legacy LTE (R8)
PSS/SSS频域	PSS 11 个子载波 SSS 12个子载波	中心频率的72 个子载波 实际使用上下各31个子载波
PSS时域	5子帧，占用11个symbols	每帧中0, 5子帧，占1个symbol
SSS时域	9子帧，占用11个symbols	每帧中0, 5子帧，占1个symbol
周期	PSS 10ms，SSS 20ms (偶数帧)	PSS 5ms, SSS 10ms
PSS Sequence	长度11的ZC序列	长度为63的ZC序列，确定 $N_{ID}^{(2)}$
SSS Sequence	长度为131的ZC序列和 Hadamard 序列组成	2个31长度m序列和PN序列组成 确定 $N_{ID}^{(1)}$
PCI	0-503，由NSSS指示 由ZC root index and a binary scrambling sequence得到	$N_{ID}^{cell} = 3 N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)}$
其它	NSSS通过4个时域循环偏移值 得到80ms边界	

NPSS/SSS 时频域资源映射

In-band 模式，LTE 4 天线端口



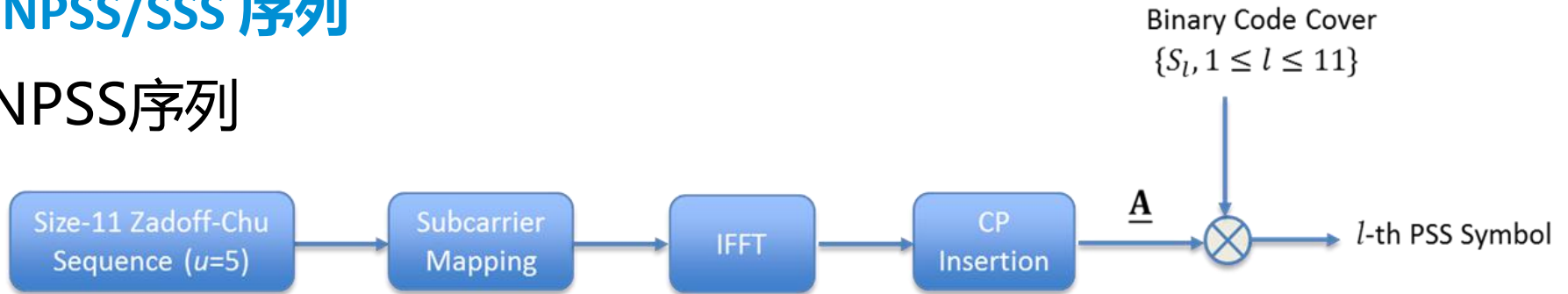
In-band 模式下 NB-IoT PSS/SSS根据LTE天线端口数来避开LTE CRS

Stand-alone 和Guard band模式下无需避开LTE CRS

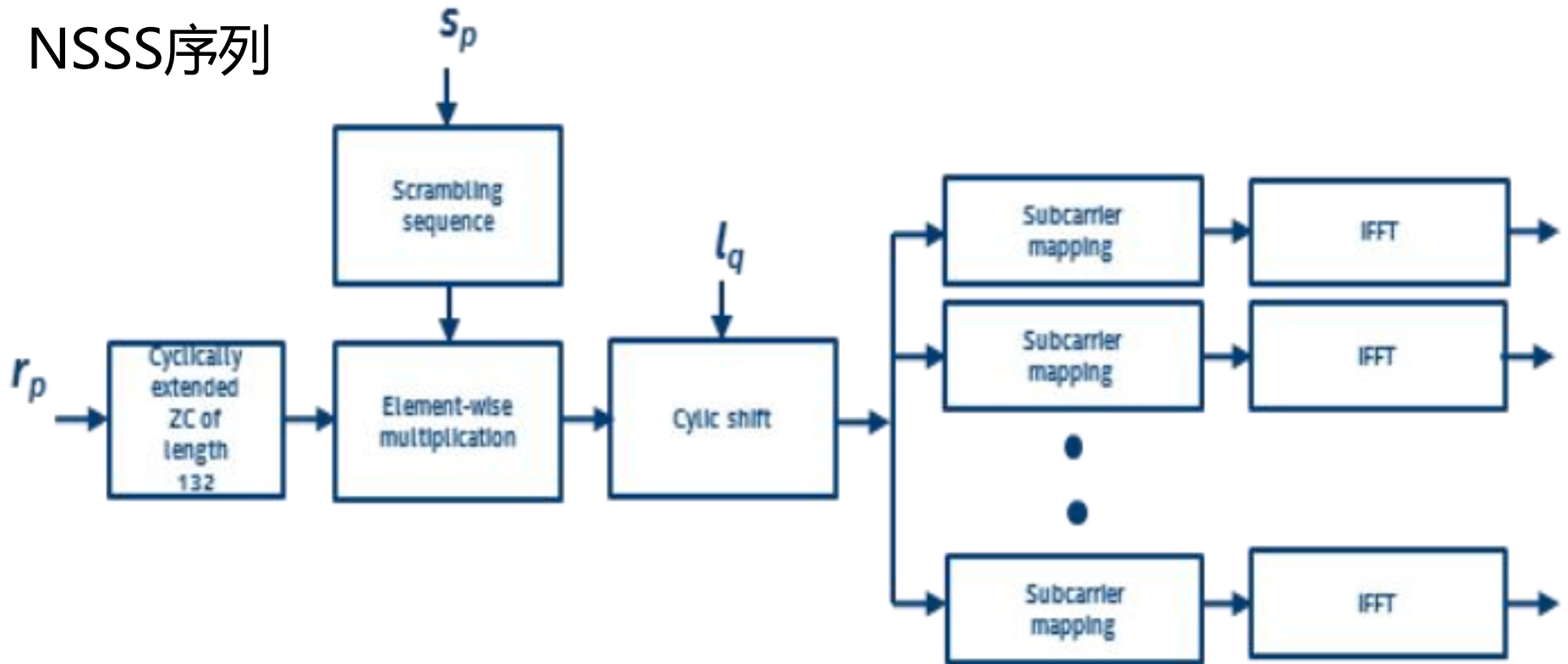
其它信道要使用5, 9子帧（偶数帧）发送的全部推迟

NPSS/SSS 序列

NPSS序列



NSSS序列



NPSS/SSS 序列

NPSS序列

$$d_l(n) = S(l) \cdot e^{-j \frac{\pi u n (n+1)}{11}}, \quad n = 0, 1, \dots, 10$$

$S(3), \dots, S(13)$									
1	1	1	1	-1	-1	1	1	1	-1
1									1

NSSS序列

$$d(n) = b_q(m) e^{-j 2 \pi \theta_f n} e^{-j \frac{\pi u n' (n'+1)}{131}}$$

$$n = 0, 1, \dots, 131$$

$$n' = n \bmod 131$$

$$m = n \bmod 128$$

$$u = N_{ID}^{N_{cell}} \bmod 126 + 3$$

$$q = \left\lfloor \frac{N_{ID}^{N_{cell}}}{126} \right\rfloor$$

θ_f 频率循环移位，和帧号相关，四种间隔确定80ms
边界

$$b_q(n) = \text{Hadamard}_{s_q}^{128 \times 128}(\bmod(n, 128)), q = 0, 1, 2, 3$$

$$s_0 = 0, s_1 = 31, s_2 = 63, s_3 = 127$$

使用4条132长的Hadamard序列作为扰码序列，
PCID 与 ZC序列的根索引和扰码序列索引的组合对应

NB-IoT—Channel Raster

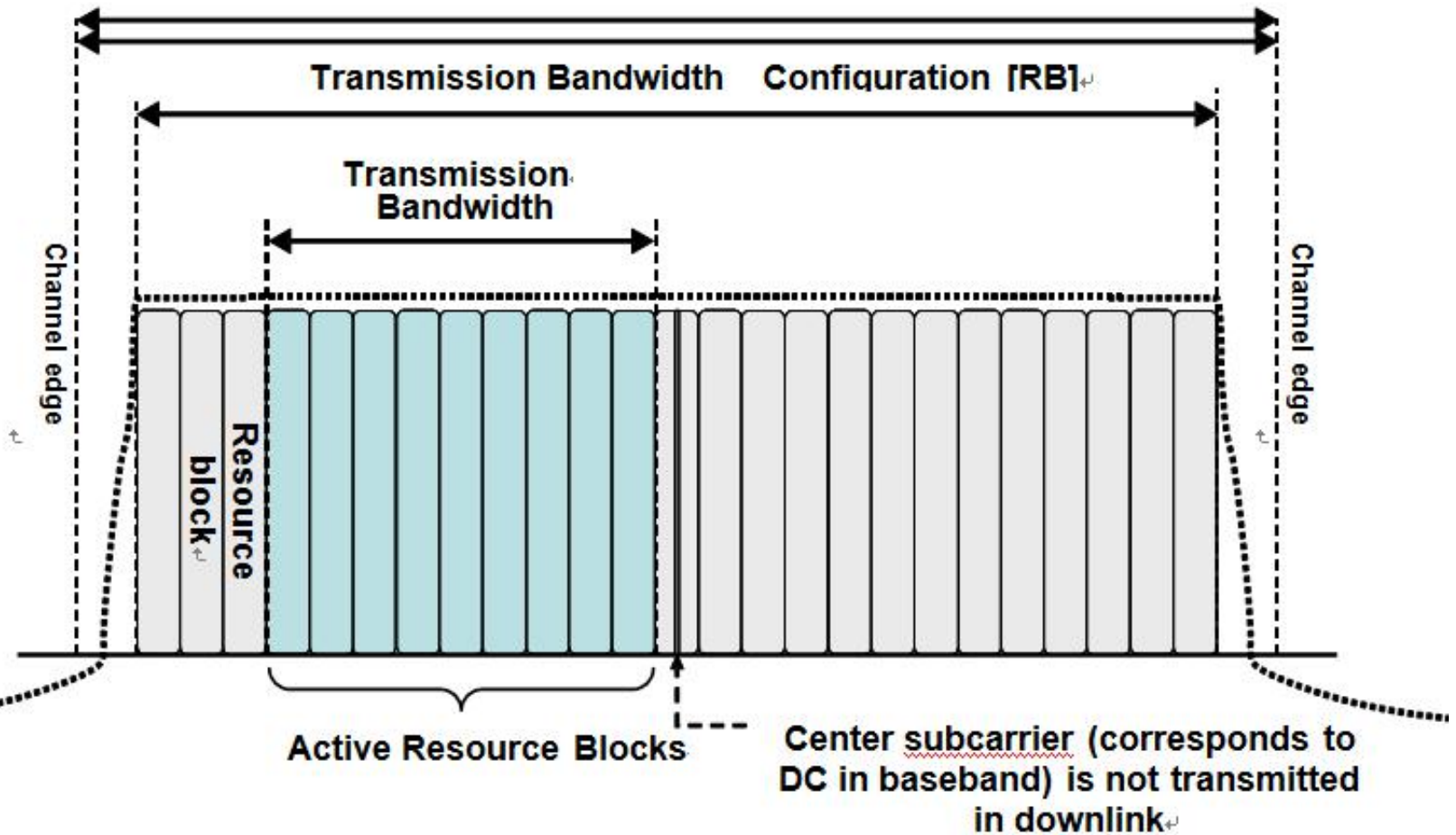
The channel raster is 100 kHz for all bands, which means that the carrier centre frequency must be an integer multiple of 100 kHz.

$$F_{DL} = F_{DL_low} + 0.1(N_{DL} - N_{Offs-DL})$$

- 在三种操作模式下，UE都要满足100kHz channel raster要求
- Stand-alone模式
 - NPSS/NSSS中心频率直接对齐100kHz channel raster
- Guard band 模式下
 - 传输NB-IoT载波的中心频率与LTE系统带宽中心的偏移是fd kHz。
 - 每个fd对应的NB-IoT载波都在Guard band内，载波中心频率和100kHz的channel raster的频率的频率偏移最多为7.5kHz。
 - fd到LTE边缘频率偏移也满足15kHz的整数倍
 - NB-IOT载波尽可能靠近LTE的PRB边缘，远离系统带宽边缘。

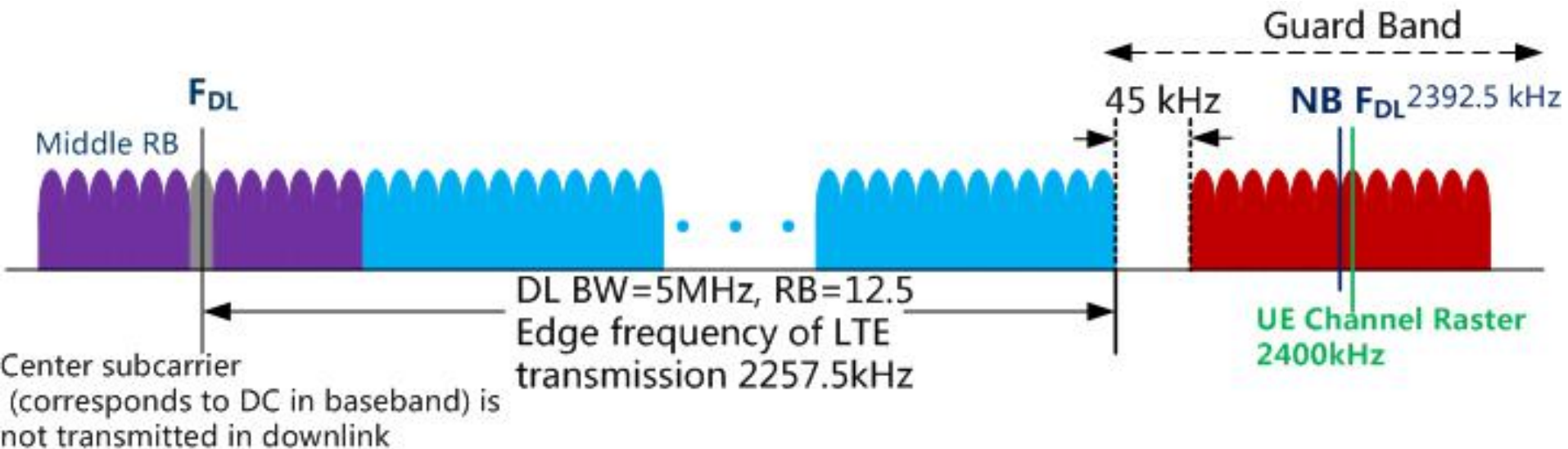
Channel Raster—Guard Band

Channel Bandwidth [MHz]



Channel Raster—Guard Band示例图

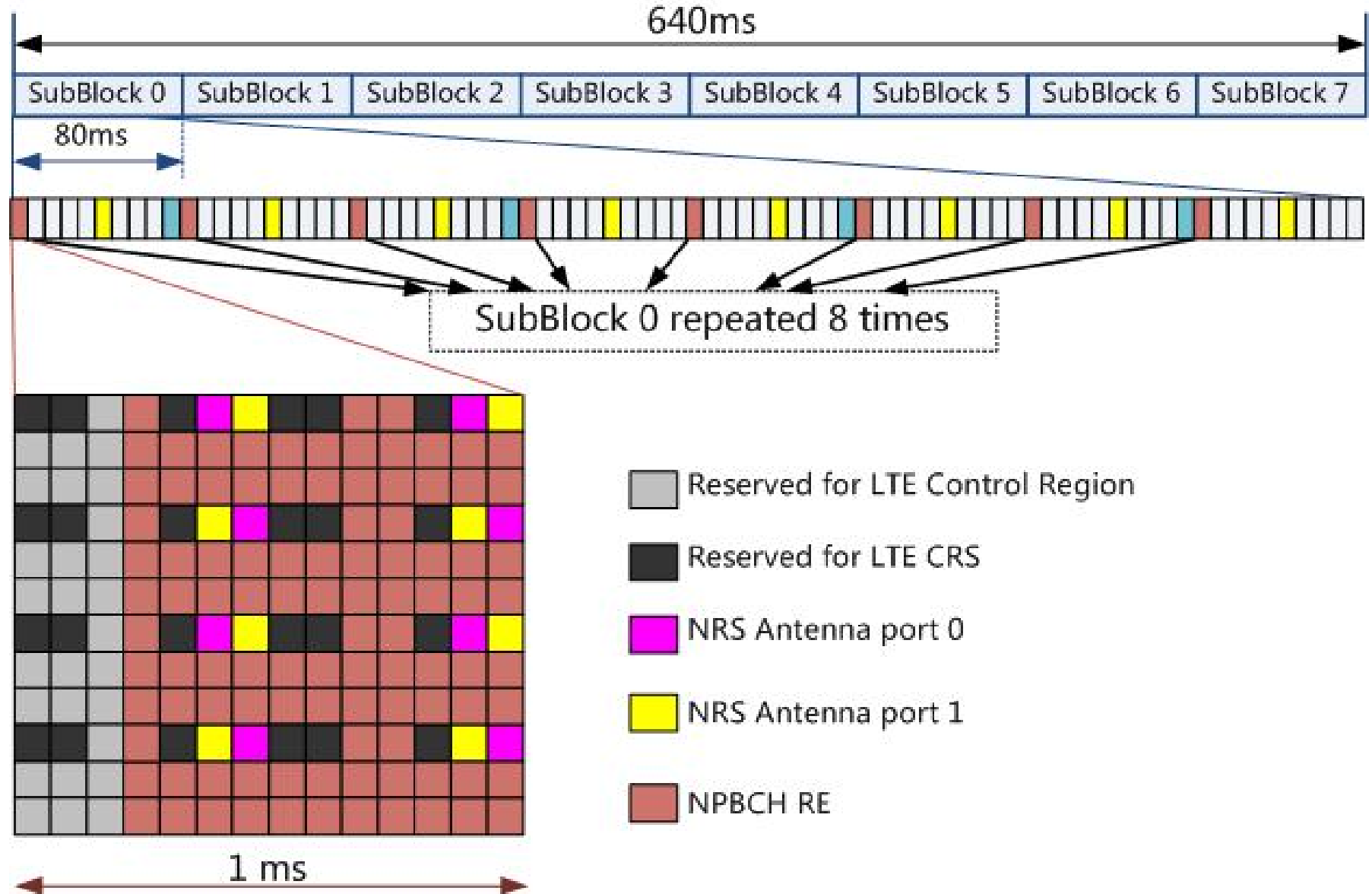
LTE system bandwidth	Edge frequency of LTE transmission (kHz)	NB-IoT carrier centre frequency closest to 100kHz channel raster (kHz)	Frequency offset from the 100 kHz channel raster (kHz)	Edge-to-edge separation of LTE and NB-IoT (kHz)
5 MHz	± 2257.5	± 2392.5	7.5	45



NPBCH & PBCH

PBCH	NB-IoT	Legacy LTE
频域	12 个子载波	带宽中心附近72 个子载波
时域	0子帧	0子帧
周期	640ms	40ms
Symbol	子帧中第四个Symbol开始的11个	子帧中后一个时隙的头4个Symbol
长度	34 bit	24 bit
CRC校验	16bit , 两种CRC掩码确定天线端口数1,2	16bit , 三种CRC掩码确定天线端口数1,2,4
SFN	MIB SFN 4bit 8种扰码 , 3bit。NSSS , 80ms	MIB SFN 高8bit 4种扰码确定SFN低2bit
编码	TBCC	TBCC
调制	QPSK调制	QPSK调制
多天线	单天线或者SFBC	单天线/SFBC/C-SFBC FSTD

NPBCH时频域映射



NPBCH内容

```
MasterInformationBlock-NB ::= SEQUENCE {
    systemFrameNumber-MSB-r13    BIT STRING (SIZE (4)),
    hyperSFN-LSB-r13             BIT STRING (SIZE (2)),
    schedulingInfoSIB1-r13       INTEGER (0..15),
    systemInfoValueTag-r13       INTEGER (0..31),
    ab-Enabled-r13               BOOLEAN,
    operationModeInfo-r13        CHOICE {
        inband-SamePCI-r13        Inband-SamePCI-NB-r13,
        inband-DifferentPCI-r13   Inband-DifferentPCI-NB-r13,
        guardband-r13             Guardband-NB-r13,
        standalone-r13            Standalone-NB-r13
    },
    spare                         BIT STRING (SIZE (11))
}
```

ChannelRasterOffset-NB-r13 ::= ENUMERATED {khz-7dot5, khz-2dot5, khz2dot5, khz7dot5}

```
Guardband-NB-r13 ::= SEQUENCE {
    rasterOffset-r13      ChannelRasterOffset-NB-r13,
    spare                 BIT STRING (SIZE (3))
}

Inband-SamePCI-NB-r13 ::= SEQUENCE {
    extra-CRS-SequenceInfo-r13 INTEGER (0..31)
}

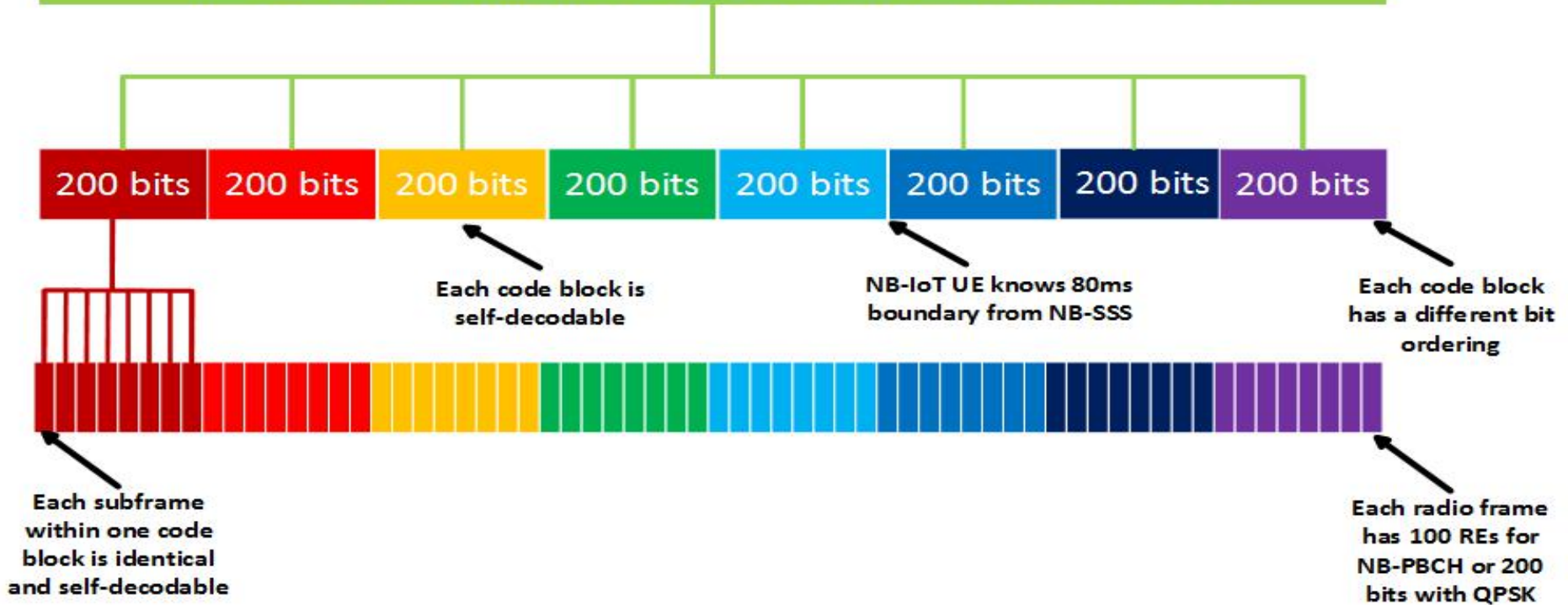
Inband-DifferentPCI-NB-r13 ::= SEQUENCE {
    extra-NumCRS-Ports-r13    ENUMERATED {same, four},
    rasterOffset-r13          ChannelRasterOffset-NB-r13,
    spare                     BIT STRING (SIZE (2))
}

Standalone-NB-r13 ::= SEQUENCE {
    spare                     BIT STRING (SIZE (5))
}
```

NPBCH信道处理流程

BCH passes
one NB-MIB to
the PHY every
TTI equals 640
ms

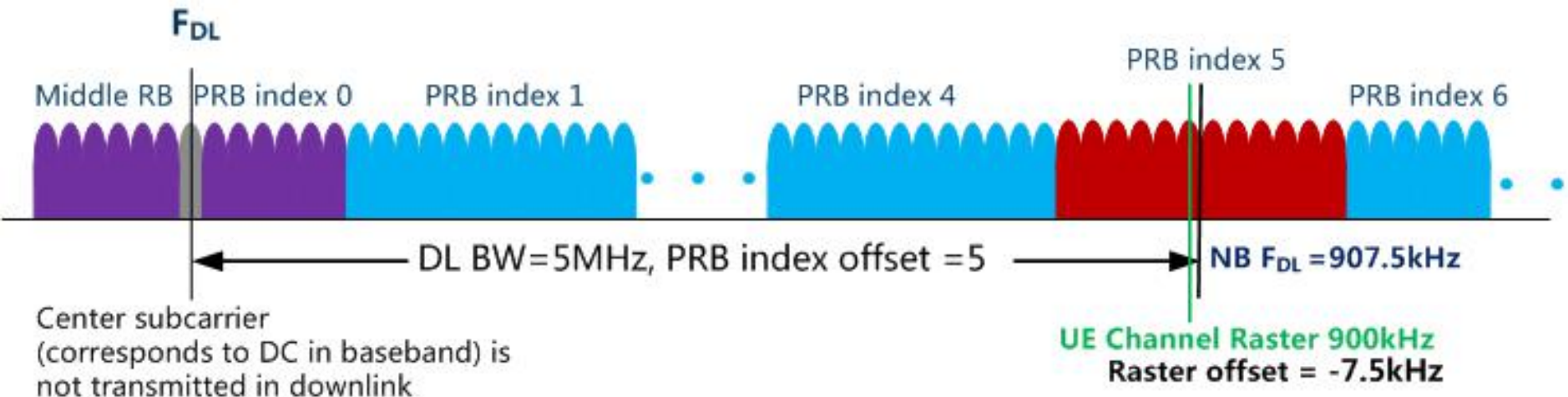
After CRC attachment and channel coding,
the encoded bits are rate matched to 1,600 bits
which are then segmented into 8 code blocks of 200 bits each



In Band模式下PRB偏置和Channel Raster

In Band/相同PCI, extra-CRS-SequenceInfo

取值	奇数/偶数带宽	PRB偏置	信道Raster偏置
0	odd	-35	7.5kHz
1	odd	-30	7.5kHz
2	odd	-25	7.5kHz
3	odd	-20	7.5kHz
4	odd	-15	7.5kHz
5	odd	-10	7.5kHz
6	odd	-5	7.5kHz
7	odd	5	-7.5kHz



NPDCCH&PDCCH

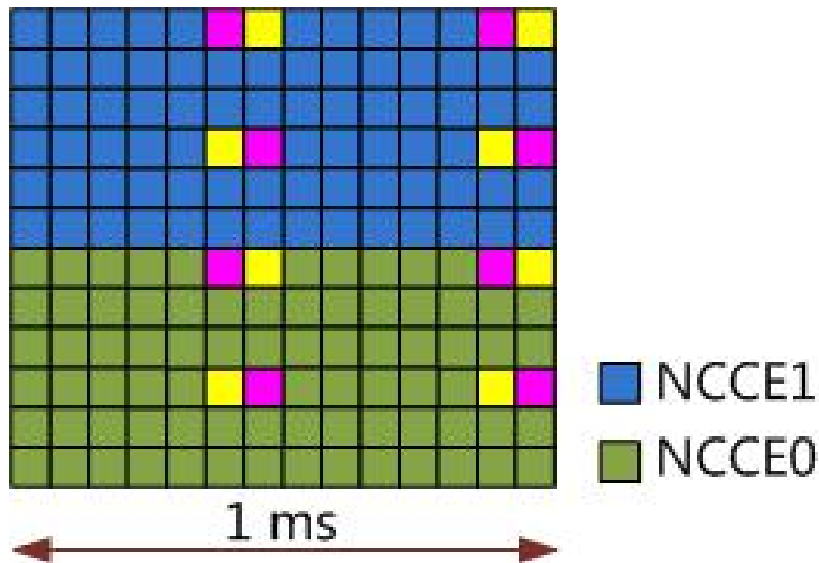
PDCCH	NB-IoT	Legacy LTE (R8)
频域	12 个子载波	全带宽
时域	In-Band 下SIB1消息指示开始的OFDM符号 其它模式，全部symbols	CFI=[1,2,3]
资源映射	支持NCCE0和NCCE1	频域4个RE组成REG 时频域9个REG组成CCE
REG	不支持	支持
聚合等级	1 CCE & 2 CCE	1, 2 , 4 , 8 CCE聚合等级
调度特点	跨子帧调度	同子帧调度
搜索空间	CSS & USS	CSS & USS
重复传输	支持	不支持
调制	QPSK调制	QPSK调制

NPDCCH—NCCE时频域资源映射

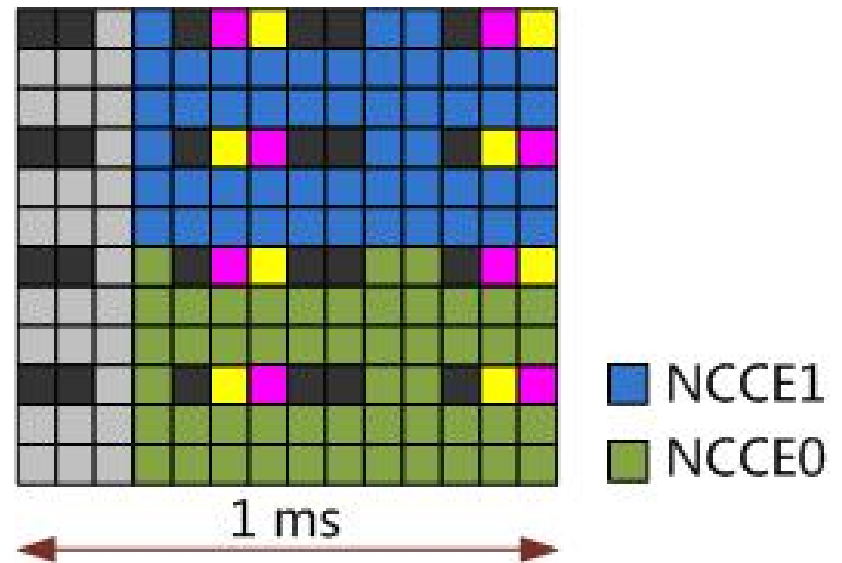
NPDCCH所使用的CCE频域上大小为6个子载波

Stand-alone/Guard band模式下，使用所有OFDM符号

In-Band模式下，SIB1配置的起始OFDM符号（LTE control region size）。



Stand-alone/Guard Band 模式

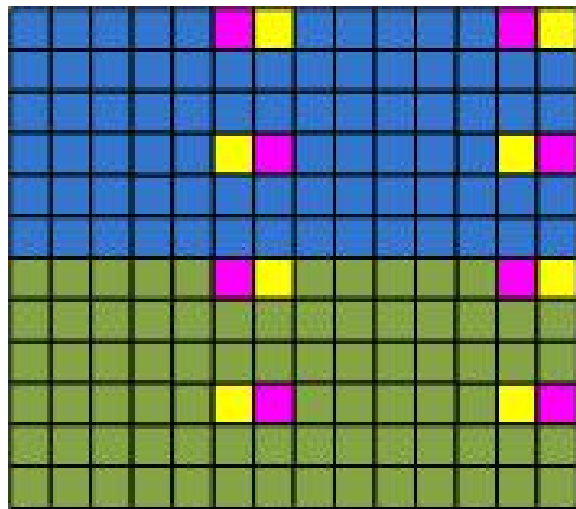


In-Band 模式

NPDCCH—Format

NPDCCH format	Number of NCCEs
0	1
1	2

- NPDCCH最大聚合等级: 2 , AL=2的两个CCE位于相同子帧
- 重复传输仅支持AL=2

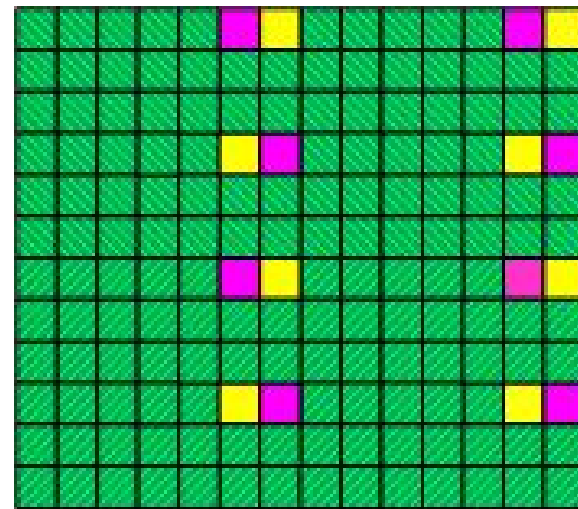


AL = 1

■ NCCE1

■ NCCE0

NPDCCH Format 0



AL = 2

■ NCCE1

■ NCCE0

NPDCCH Format 1

NPDCCH—DCI内容

所有覆盖类型，所有操作模式下，DCI大小相同；
通过1 bit区分UL Grant和DL Grant

- Format N0 (UL Grant)
- Format N1 (DL Grant)
- Format N2 (Paging DCI)

DCI Format N0 UL Grant内容



Field	Size
CRC	16
UL/DL differentiation flag	1
New data indicator	1
Sub-carriers indication	15 kHz子载波间隔，用5bits表示资源分配 3.75kHz子载波间隔，用6bits表示资源分配
Scheduling delay between end of NPDCCH transmission and start of data transmission	最小值为8ms。取值集合为{8, 16, 32, 64}，单位为ms
Number of resource units	3 bits to indicate one among {1、 2、 3、 4、 5、 6、 8、 10}
Repetition number	3 bits to indicate one among {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}
DCI subframe repetition number	2bit，取值为Rmax、 Rmax/2、 Rmax/4、 Rmax/8
Modulation and coding scheme	4 bits
Redundancy Versions	1 bit

NPDCCH搜索空间

- 定义三种搜索空间，
 - UE-specific search space , USS
 - Type1-NPDCCH common search space , CSS for Paging
 - Type2-NPDCCH common search space , CSS for RAR
- 仅在AL=2时，可以配置重复传输
- 在无NPDCCH重复传输的情况下，任何子帧中，3种盲检候选集
- 在NPDCCH重复传输的情况下，任何子帧中，4种盲检候选集
- 盲检候选集 定义 {AL, #repetition, #blind decodes}

NPDCCH—搜索空间-USS

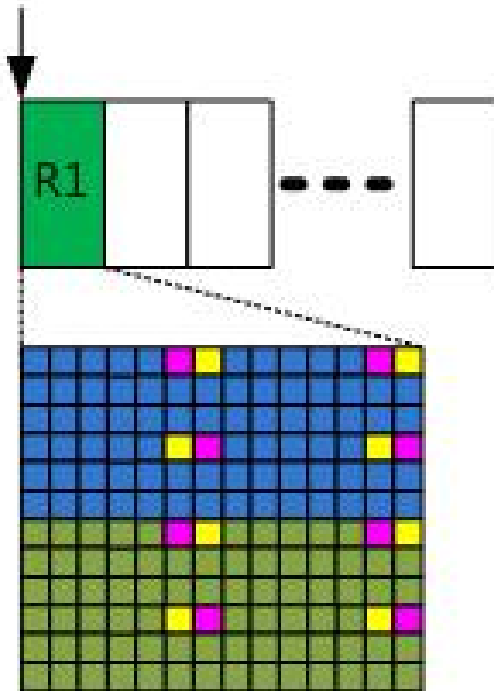
根据 R_{\max} 配置的不同，UE需要监控的候选集 {AL, #repetition, #blind decodes} 如下：

$\{1, 1, 2\}, \{2, 1, 1\}$	for $R_{\max} = 1$
$\{1, 1, 2\}, \{2, 1, 1\}, \{2, 2, 1\}$	for $R_{\max} = 2$
$\{2, 1, 1\}, \{2, 2, 1\}, \{2, 4, 1\}$	for $R_{\max} = 4$
$\{2, R_{\max}/8, 1\}, \{2, R_{\max}/4, 1\}, \{2, R_{\max}/2, 1\}, \{2, R_{\max}, 1\}$	for $R_{\max} \geq 8$

- 对于重复次数为 R_i 的NPDCCH候选集，UE需要从搜索空间起始到结束，对每个 R_i （Repetition重复次数）Valid子帧进行盲检。
- R_{\max} 表示的是valid子帧。
- R_{\max} 取值范围 {1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024, 2048}
- R_{\max} 和Start of NPDCCH search space 通过RRC信令通知UE。

NPDCCH—搜索空间-USS

Start of NPDCCH USS



Candidates
{AL, #repetition, #blind decodes}

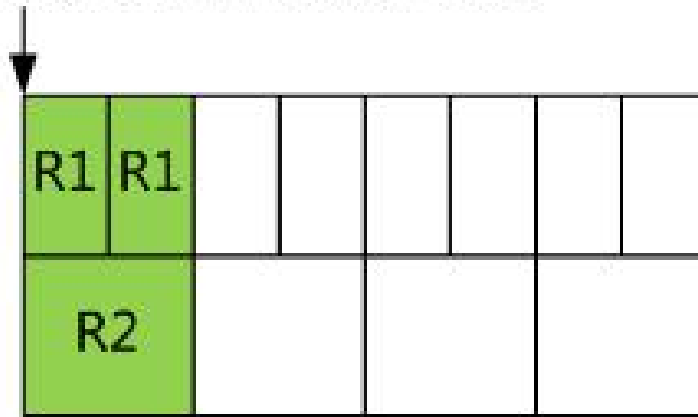
R1 {1, 1, 2}

R1 {2, 1, 1}

RMax = 1

NPDCCH—搜索空间-USS

Start of NPDCCH USS



$R_{Max} = 2$

Candidates

{AL, #repetition, #blind decodes}

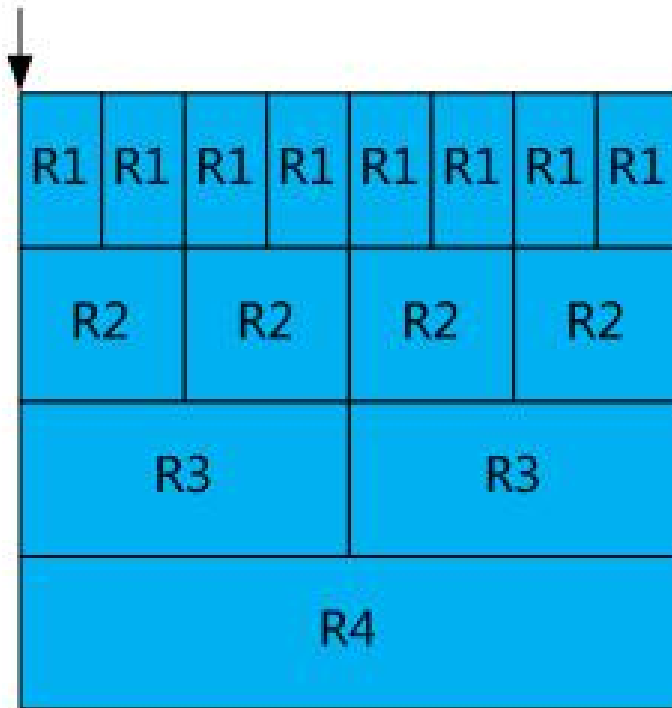
R1 {1, 1, 2}

R1 {2, 1, 1}

R2 {2, 2, 1}

NPDCCH—搜索空间-USS

Start of NPDCCH USS



$R_{Max} = 16$

Candidates
{AL, #repetition, #blind
decodes}

R1 {2, 2, 1}

R2 {2, 4, 1}

R3 {2, 8, 1}

R4 {2, 16, 1}

NPDCCH—公共搜索空间

Type2-NPDCCH 公共搜索空间 (CSS for RAR/Msg3 retransmission/Msg4)

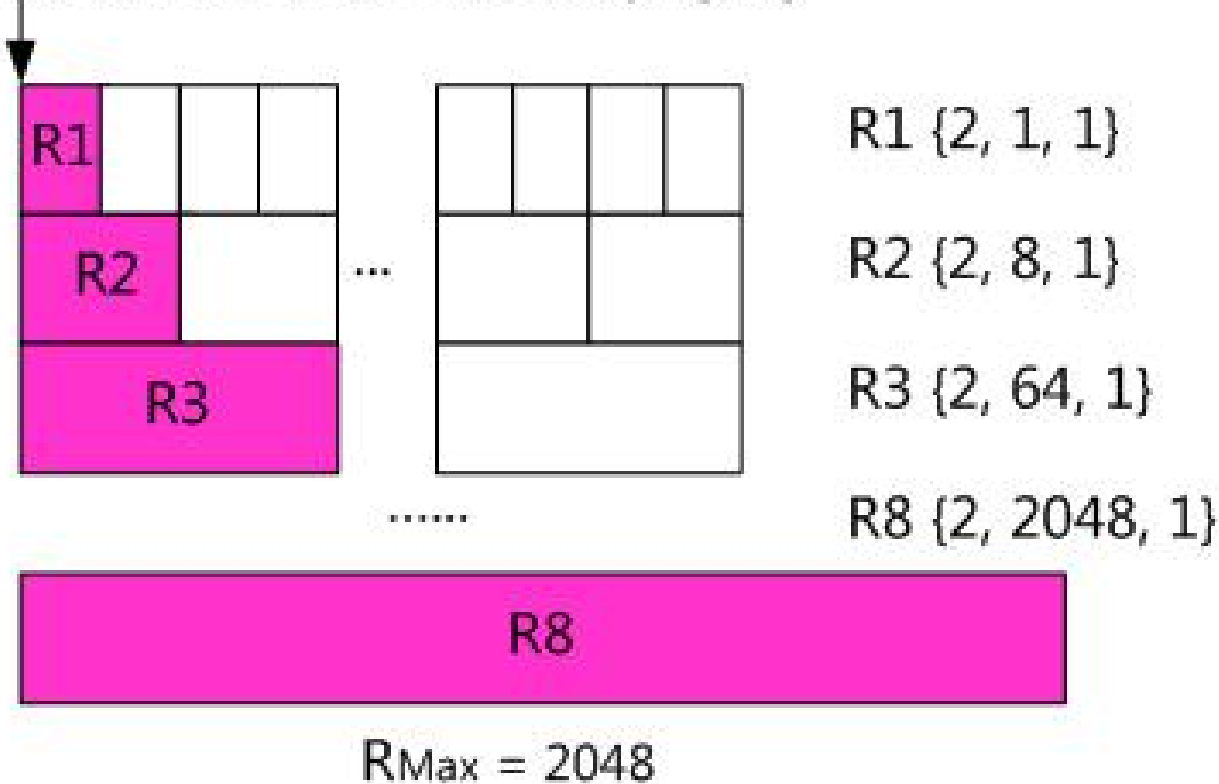
{2, 1, 1}	for Rmax = 1
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}	for Rmax = 2
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}, {2, 4, 1}	for Rmax = 4
{2, Rmax /8, 1}, {2, Rmax /4, 1}, {2, Rmax /2, 1}, {2, Rmax, 1}	for Rmax >= 8

Type1-NPDCCH 公共搜索空间 (CSS for Paging)

{2, 1, 1}	for Rmax = 1
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}	for Rmax = 2
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}, {2, 4, 1}	for Rmax = 4
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}, {2, 4, 1}, {2, 8, 1}	for Rmax = 8
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}, {2, 4, 1}, {2, 8, 1}, {2, 16, 1}	for Rmax = 16
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}, {2, 4, 1}, {2, 8, 1}, {2, 16, 1}, {2, 32, 1}	for Rmax = 32
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}, {2, 4, 1}, {2, 8, 1}, {2, 16, 1}, {2, 32, 1}, {2, 64, 1}	for Rmax = 64
{2, 1, 1}, {2, 2, 1}, {2, 4, 1}, {2, 8, 1}, {2, 16, 1}, {2, 32, 1}, {2, 64, 1}, {2, 128, 1}	for Rmax = 128
{2, 1, 1}, {2, 4, 1}, {2, 8, 1}, {2, 16, 1}, {2, 32, 1}, {2, 64, 1}, {2, 128, 1}, {2, 256, 1}	for Rmax = 256
{2, 1, 1}, {2, 4, 1}, {2, 16, 1}, {2, 32, 1}, {2, 64, 1}, {2, 128, 1}, {2, 256, 1}, {2, 512, 1}	for Rmax = 512
{2, 1, 1}, {2, 8, 1}, {2, 32, 1}, {2, 64, 1}, {2, 128, 1}, {2, 256, 1}, {2, 512, 1}, {2, 1024, 1}	for Rmax = 1024
{2, 1, 1}, {2, 8, 1}, {2, 64, 1}, {2, 128, 1}, {2, 256, 1}, {2, 512, 1}, {2, 1024, 1}, {2, 2048, 1}	for Rmax = 2048

NPDCCH—CSS for Paging

Start of NPDCCH CSS for paging



- 对于CSS for paging，UE只需要从搜索开始位置，盲检每个重复次数Ri对应的候选集

NPDCCH—搜索空间起始位置

搜索空间 (USS/CSS for RAR) 的起始子帧，满足以下公式

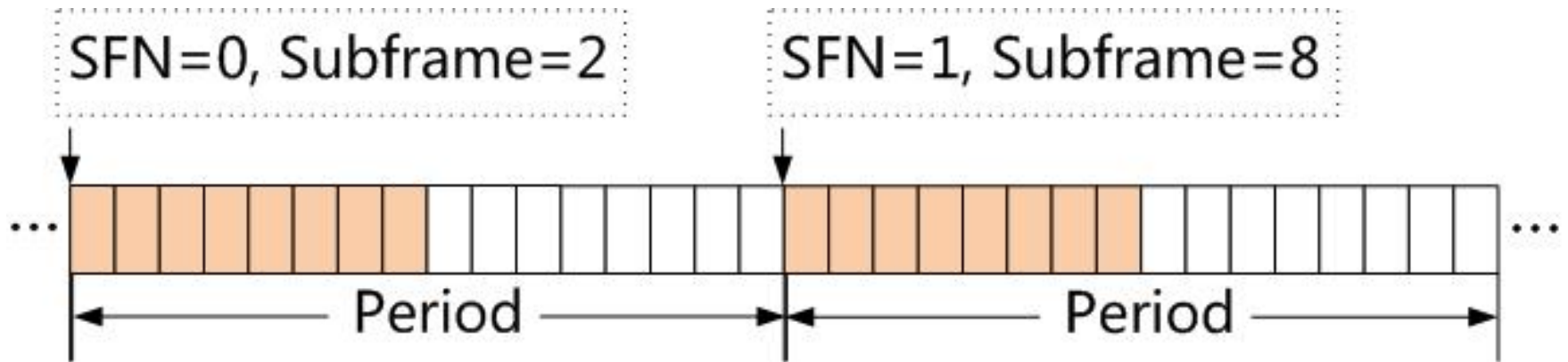
$$(10n_f + \lfloor n_s/2 \rfloor) \bmod T = \lfloor \alpha_{\text{offset}} T \rfloor$$

n_f 帧号， n_s 时隙号， $T = R_{\text{max}} * G$ (Start of NPDCCH USS)

$G = \{1.5, 2, 4, 8, 16, 32, 48, 64\}$

α_{offset} is signaled via RRC $\{0, 1/8, 1/4, 3/8\}$

以 $R_{\text{max}} = 8$ ， $G=2$ ， T (Period) =16, Offset = 1/8为例



NPDCCH—DL GAP配置

- 为防止NPDCCH/NPDSCH长时间连续传输阻塞其它用户的下行信道传输。
- 增加一些Gap子帧作为无效子帧，以用于其它用户。
- 当NPDCCH/NPDSCH重复传输的子帧，和GAP子帧重叠时，NPDCCH/NPDSCH推迟到下个valid子帧发送。
- GAP配置参数通过SIB信令下发

GAP门限 (X1)	GAP周期	GAP Size
{32,64,128,256}	{64,128,256,512}	{1/8, 1/4, 3/8, 1/2} *GAP周期

- 当NPDCCH的Rmax**大于等于**X1门限后，GAP生效；
- 在Multi-PRB配置时，可以对于Anchor PRB和Non-Anchor PRB单独配置DL GAP
- DL GAP配置不影响上下行之间的时间计算关系
- DL GAP不用于SIB传输
- GAP配置对paging 的NPDCCH和PDSCCH都有效

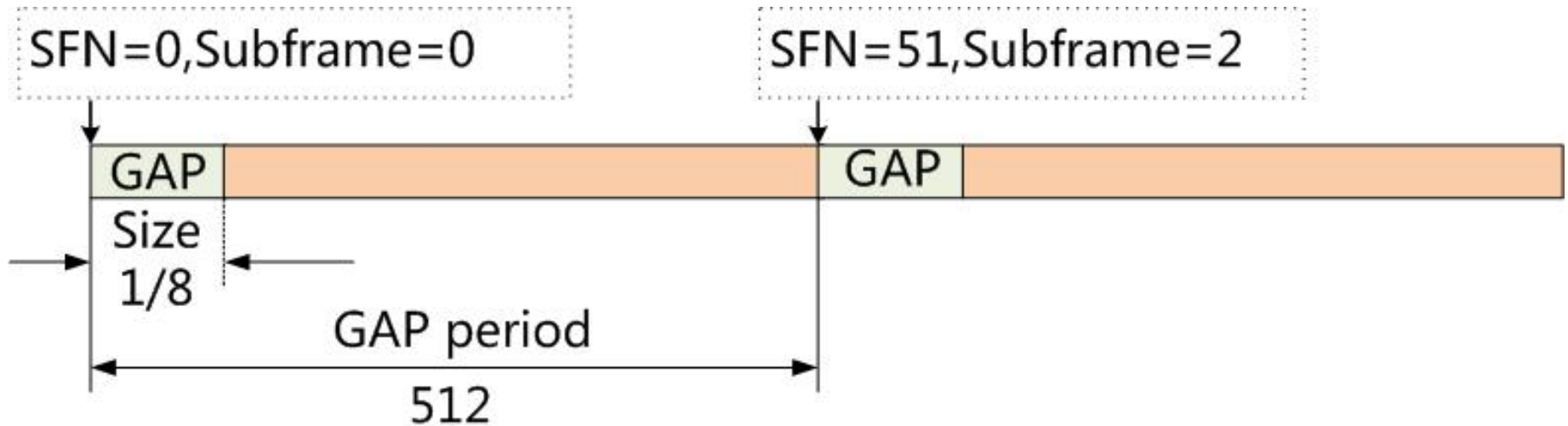
NPDCCH—DL GAP配置时域示例

GAP门限配置 = 32

UE的NPDCCH重发次数 R_{\max} = 64 , GAP生效 ;

GAP周期512 , GAP size= 1/8

$$(10 n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor) \bmod T_g = 0$$



Valid/Invalid子帧配置

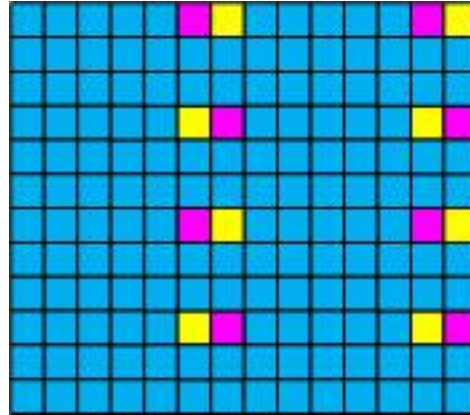
- 在In-band模式下，UE不知道MBMS业务所使用的子帧，为避开干扰，在SIB1-NB消息中下发Valid/Invalid子帧配置位图。
- Guard band和Stand-alone模式下，没有此需求，为了保持前向兼容性，也保留位图配置。
- 40ms for inband，即{11111。。。111111001111}表示
- 10ms for stand-alone/Guard band，即{111111111111}表示
- 在位图配置的invalid子帧上，NPSS/NSSS/NPBCH/SIB1-NB都要推迟发送

NPDSCH & PDSCH

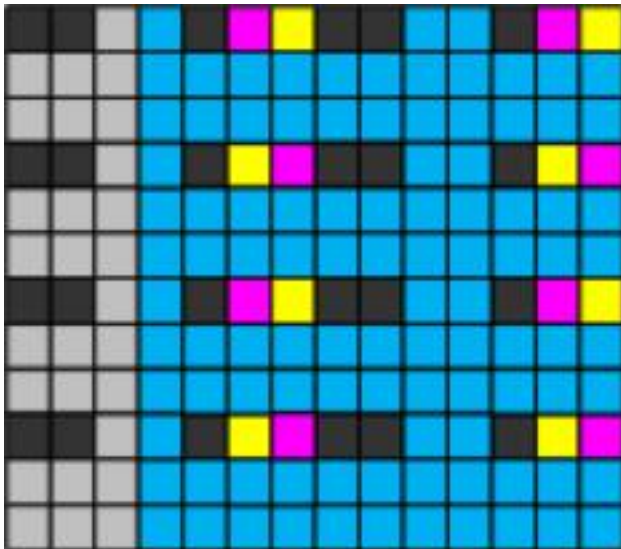
PDSCH	NB-IoT	Legacy LTE (R8)
频域	12 个子载波	可以使用全带宽
时域	除NPSS/NSSS/ NPBCH/NPDCCH以外的， 下行Valid子帧。 每个子帧中起始OFDM Symbol根据规则确定	每个子帧Data Region中的 OFDM Symbol
编码	TBCC	1/3 Turbo
调制	QPSK	QPSK , 16QAM , 64QAM
传输模式	单端口 2端口 , SFBC	TM1,2,3,4,6...等
资源分配单位	Resource Unit RU	PRB
RV版本	不支持	RV版本0,1,2,3

NPDSCH时域

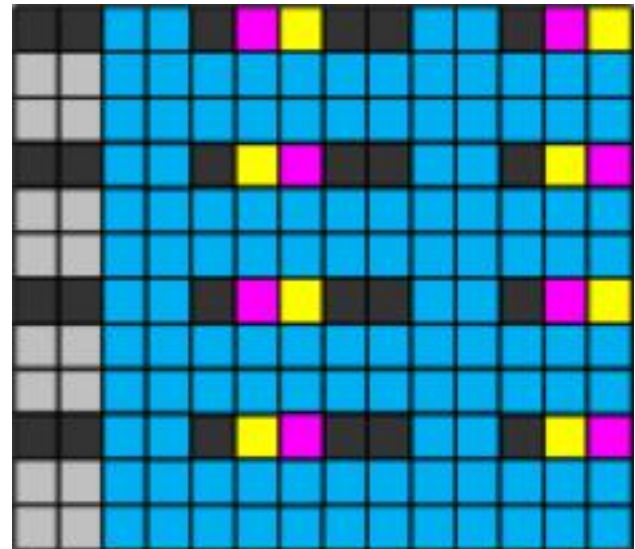
Stand-alone/Guard Band



In-Band模式下
SIB1-NB使用的NPDSCH子帧
从 $l=3$ symbol开始



In-Band模式下
非SIB1-NB使用的NPDSCH子帧
起始位置由*extraControlRegionSize*决定



NPDSCH delay

NPDCCH和NPDSCH之间的调度时延由DCI指示，使用3bits指。

n 表示NPDCCH空间所有重复的最后一个子帧，在 $n+5$ 下行子帧结束后，解码

N 个NPDSCH子帧 $k_i, i=0,1,\dots,N-1$ 。

DCI中的调度延时字段 I_{Delay} ，决定 k_0

I_{Delay}	k_0	
	$R_{\text{max}} < 128$	$R_{\text{max}} \geq 128$
0	0	0
1	4	16
2	8	32
3	12	64
4	16	128
5	32	256
6	64	512
7	128	1024

DL TB Size & MCS

In-band模式下支持 I_{TBS} 0-9

Stand-alone和Guard band模式下支持0-12

NB-IoT MCS index (LTE R11 MCS index) I_{MCS}	Modulation order Q_m	NB-IoT TBS index (LTE R11 MCS index) I_{TBS}
0(0)	2	0(0)
1(1)	2	1(1)
2(2)	2	2(2)
3(3)	2	3(3)
4(4)	2	4(4)
5(5)	2	5(5)
6(6)	2	6(6)
7(7)	2	7(7)
8(8)	2	8(8)
9(9)	2	9(9)
10	2	10(10)
11	2	11(11)
12	2	12(12)

DL TB Size

I_{TBS}	N_{SF}							
	1	2	3	4	5	6	8	10
0	16	32	56	88	120	152	208	256
1	24	56	88	144	176	208	256	344
2	32	72	144	176	208	256	328	424
3	40	104	176	208	256	328	440	568
4	56	120	208	256	328	408	552	680
5	72	144	224	328	424	504	680	N/A
6	88	176	256	392	504	600	N/A	N/A
7	104	224	328	472	584	680	N/A	N/A
8	120	256	392	536	680	N/A	N/A	N/A
9	136	296	456	616	N/A	N/A	N/A	N/A
10	144	328	504	680	N/A	N/A	N/A	N/A
11	176	376	584	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
12	208	440	680	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

SIB1-NB消息发送

- In-Band模式下，SIB1-NB 从#3 Symbol开始
- Stand-alone和Guard Band模式下，SIB1-NB 从#0 Symbol开始
- SIB1-NB TB块映射到8个子帧上发送，为连续16个无线帧中每隔一个无线帧的子帧上发送。8个子帧是连续的16个物理无线帧中过的8个奇数无线帧或8个偶数无线帧中的子帧#4。
- SIB1-NB的周期是256个无线帧（ 16×16 ），支持的重复次数 $R_{\text{SIB1-NB}}$ 4,8,16
- MIB-NB中指示SIB1-NB的TBS和重复次数，不同TBS的数目是4个。
- 在一个SIB1-NB周期内，SIB1-NB的重复在时间上是等间隔出现。重复的起始帧号依赖于PCID。
 - 对于SIB1-NB以外的SIB消息，调度信息在SIB1-NB中指示。
 - 一个SIB1-NB消息的传输块在连续的8个有效下行子帧发送，支持重复发送，重复次数和重复间隔配置。
 - NB-IoT中不使用SI-RNTI加扰的PDCCH调度SI消息的发送

SIB1-NB消息

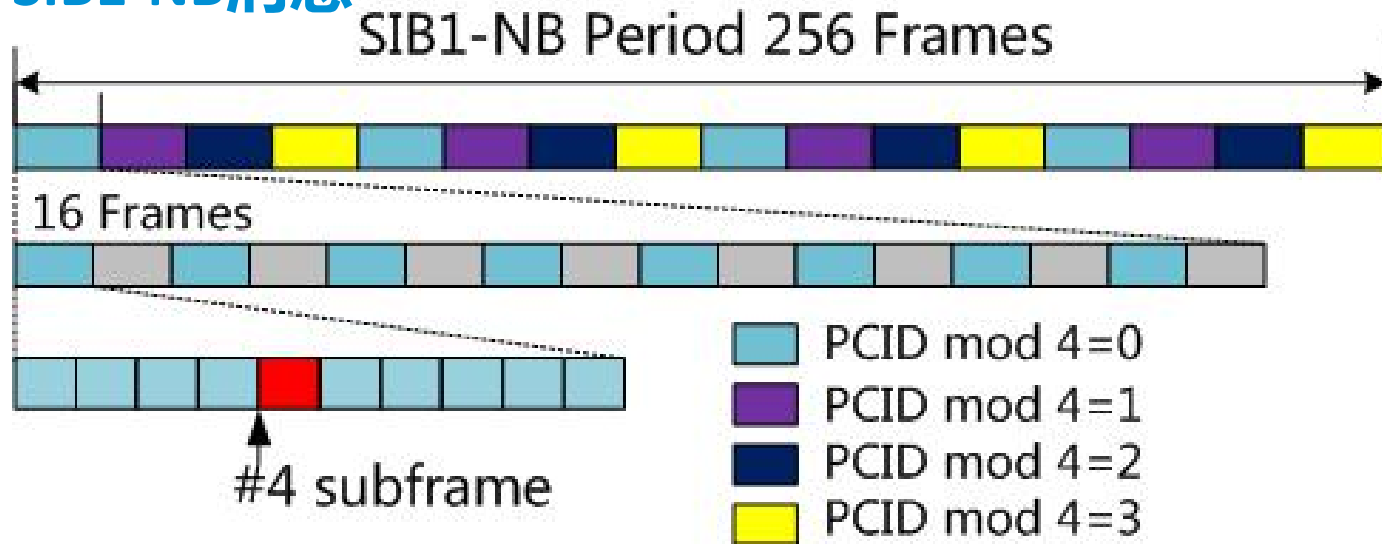
PCID确定SIB1-NB重复开始的无线帧

$R_{SIB1-NB}$	PCID	重复开始的无线帧
4	$PCID \bmod 4 = 0$	$SFN \bmod 256 = 0$
	$PCID \bmod 4 = 1$	$SFN \bmod 256 = 16$
	$PCID \bmod 4 = 2$	$SFN \bmod 256 = 32$
	$PCID \bmod 4 = 3$	$SFN \bmod 256 = 48$
8	$PCID \bmod 2 = 0$	$SFN \bmod 256 = 0$
	$PCID \bmod 2 = 1$	$SFN \bmod 256 = 16$
16	$PCID \bmod 2 = 0$	$SFN \bmod 256 = 0$
	$PCID \bmod 2 = 1$	$SFN \bmod 256 = 1$

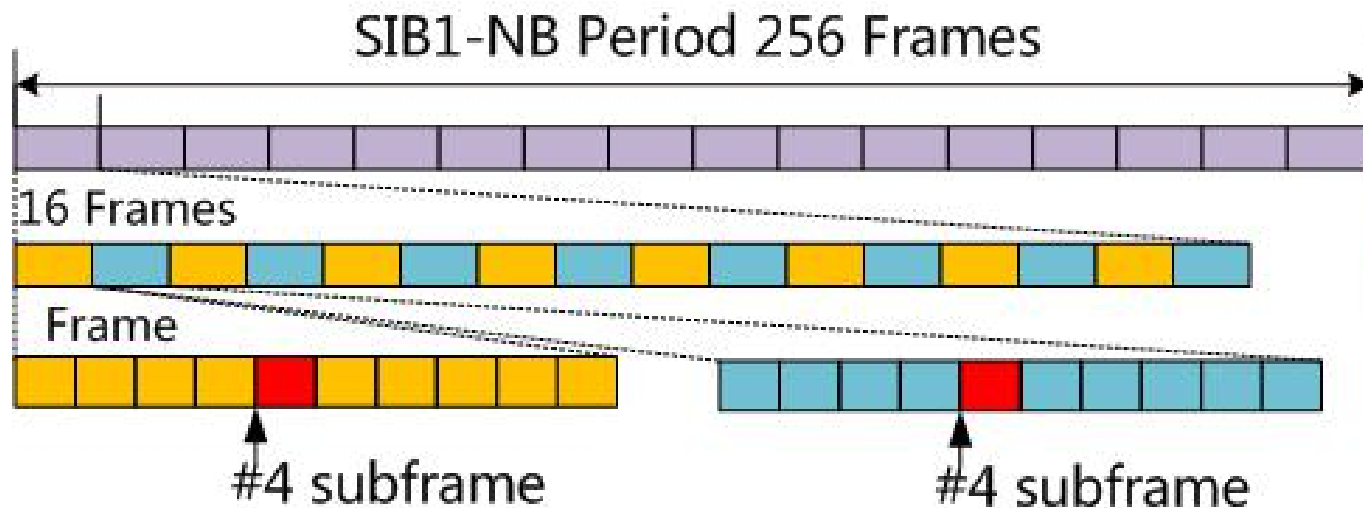
发送SIB1-NB的NPDSCH TBS表

I_{TBS}	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10	11	12	13	14	15
TBS	208	208	208	328	328	328	440	440	440	680	680	680	Reserved			

SIB1-NB消息



$$R_{\text{SIB1-NB}} = 4$$



$$R_{\text{SIB1-NB}} = 16$$

■ 第一部分 NB-IoT操作模式

■ 第二部分 下行物理层

- 下行物理层总体
- NRS
- NPSS/NSSS/Channel Raster
- NPBCH
- NPDCCH
- NPDSCH

■ 第三部分 上行物理层

- 上行物理层总体
- NPUSCH
- NPRACH

NB-IoT上行物理层总体

	NB-IoT	Legacy LTE (R8)
技术	SC-FDMA	SC-FDMA
带宽	180kHz	1.4M—20MHz (6种)
子载波间隔	15kHz (Multi tone) 15kHz (Single tone) 3.75kHz (Single tone) 3.75kHz (PRACH)	15 kHz 1.25kHz (PRACH)
CP	Normal CP	Normal /Extend CP
调制	PI/2 BPSK (Single tone) PI/4 QPSK (Single tone) QPSK (Multi tone)	QPSK 16QAM 64QAM
DMRS	Y	Y

NB-IoT—上行物理信道

	NB-IoT	Legacy LTE (R8)
PRACH	Y	Y
PUCCH	N	Y
PUSCH	NPUSCH Format 1 NPUSCH Format 2	Y
Sounding RS	N	Y
DMRS	Y	Y

NPUSCH modulation schemes

NPUSCH format	N_{sc}^{RU}	Modulation scheme
1	1	BPSK, QPSK
	>1	QPSK
2	1	BPSK

NPUSCH– Resource Grid

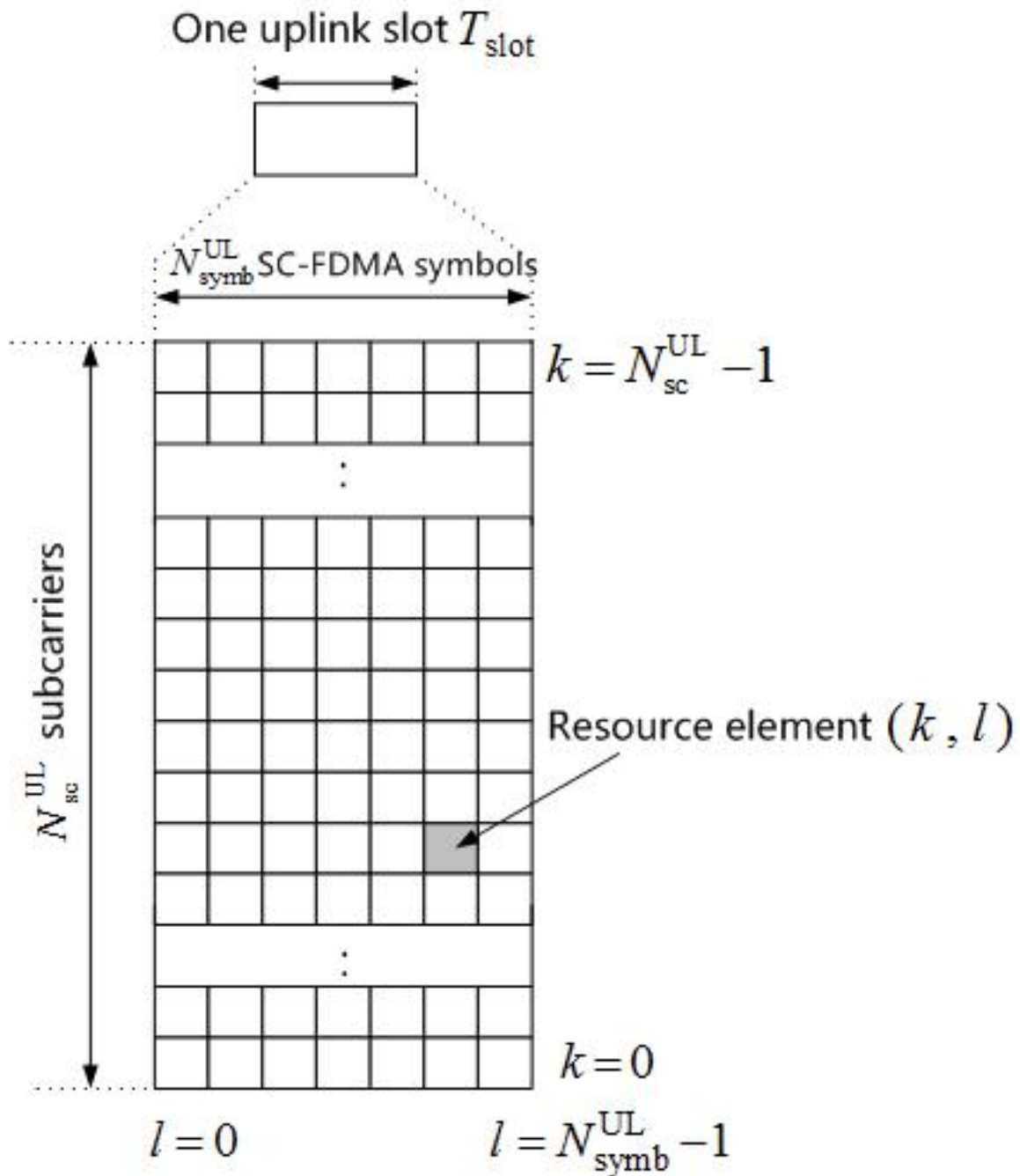
时隙slot number

$$\Delta f = 15 \text{ kHz}$$

$$n_s \in \{0, 1, \dots, 19\}$$

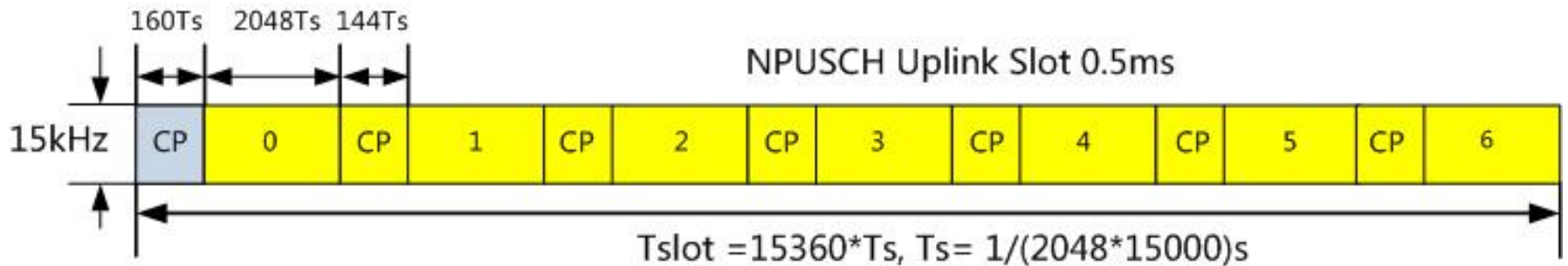
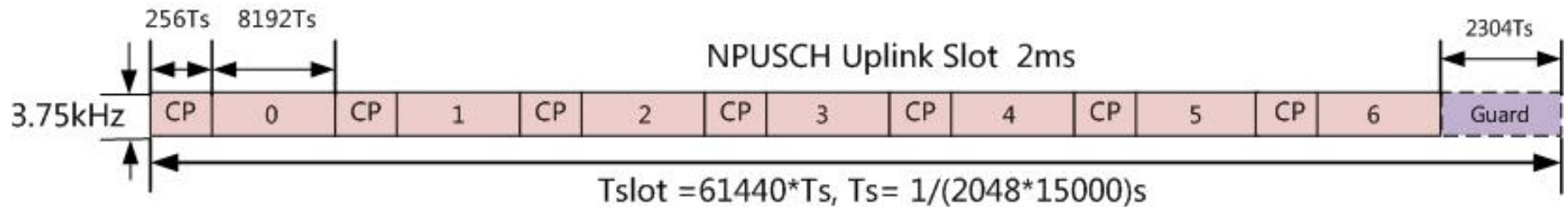
$$\Delta f = 3.75 \text{ kHz}$$

$$n_s \in \{0, 1, \dots, 4\}$$



NPUSCH- 时隙结构

Subcarrier spacing	N_{sc}^{UL}	T_{slot}
$\Delta f = 3.75 \text{ kHz}$	48	$61440 \cdot T_s$
$\Delta f = 15 \text{ kHz}$	12	$15360 \cdot T_s$



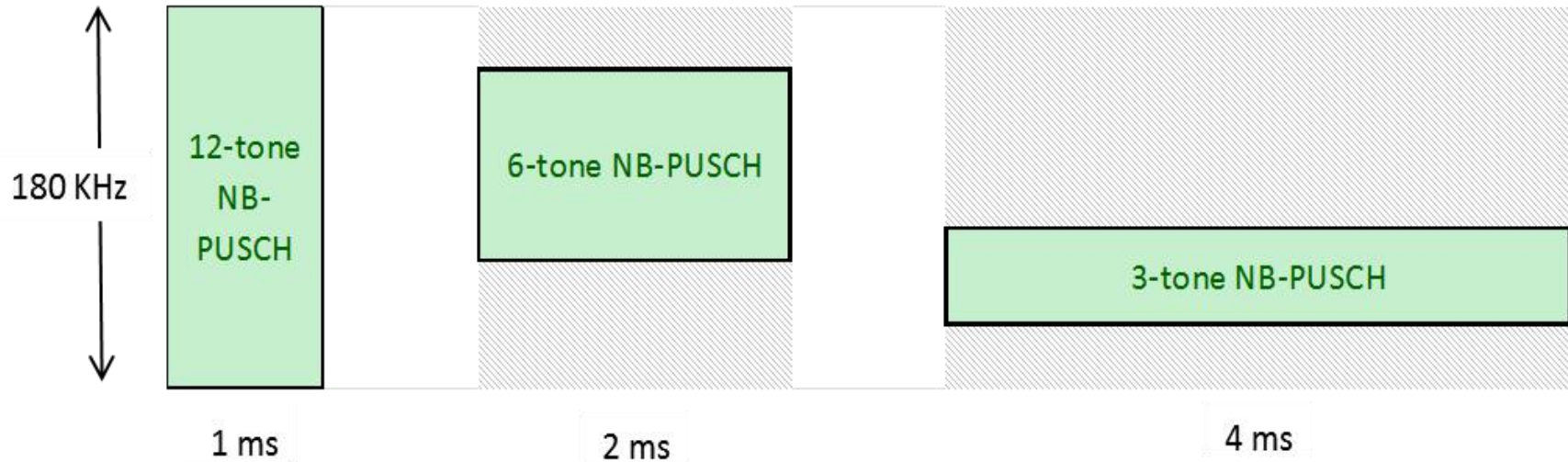
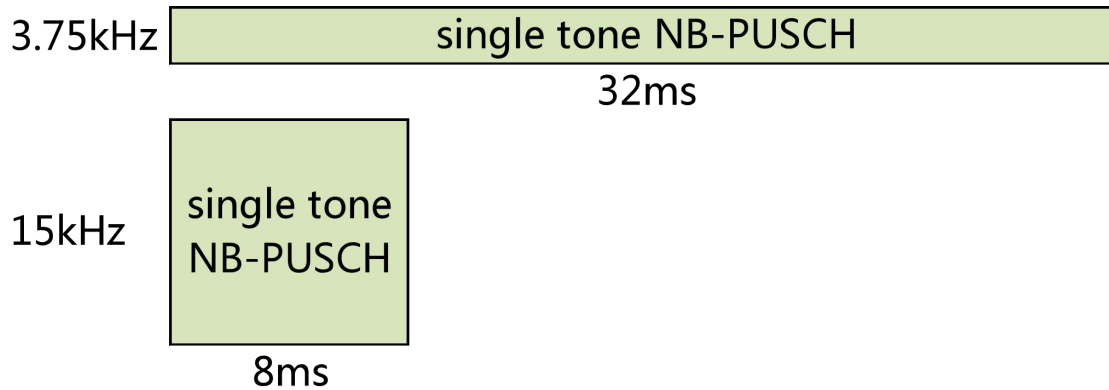
NPUSCH--Resource Unit

NPUSCH format	Δf	N_{sc}^{RU}	N_{slots}^{UL}	时长	N_{symb}^{UL}
1	3.75 kHz	1	16	32 ms	7
	15 kHz	1	16	8 ms	
		3	8	4 ms	
		6	4	2 ms	
		12	2	1 ms	
2	3.75 kHz	1	4	8 ms	
	15 kHz	1	4	2ms	

NPUSCH--Resource Unit

对于NPUSCH Format1 RU

- 3.75k single tone , 32ms
- 15k single tone , 8ms
- 15k multi tone
 - 12 tones 1ms
 - 6 tones 2ms
 - 3 tones 4ms



UL TBSize & MCS

Multi tone

I_{MCS}	Modulation	I_{TBS}
0	QPSK	0
1	QPSK	1
2	QPSK	2
3	QPSK	3
4	QPSK	4
5	QPSK	5
6	QPSK	6
7	QPSK	7
8	QPSK	8
9	QPSK	9
10	QPSK	10
11	QPSK	11
12	QPSK	12

Single tone

I_{MCS}	Modulation	I_{TBS}
0	pi/2-BPSK	0
1	pi/2-BPSK	2
2	pi/4-QPSK	1
3	pi/4-QPSK	3
4	pi/4-QPSK	4
5	pi/4-QPSK	5
6	pi/4-QPSK	6
7	pi/4-QPSK	7
8	pi/4-QPSK	8
9	pi/4-QPSK	9
10	pi/4-QPSK	10

UL TBSize

I_{TBS}	N_{RU}							
	1	2	3	4	5	6	8	10
0	16	32	56	88	120	152	208	256
1	24	56	88	144	176	208	256	344
2	32	72	144	176	208	256	328	424
3	40	104	176	208	256	328	440	568
4	56	120	208	256	328	408	552	696
5	72	144	224	328	424	504	680	872
6	88	176	256	392	504	600	808	1000
7	104	224	328	472	584	712	1000	
8	120	256	392	536	680	808		
9	136	296	456	616	776	936		
10	144	328	504	680	872	1000		
11	176	376	584	776	1000			
12	208	440	680	1000				

NPUSCH

- NPUSCH，支持两个RV版本0和RV2
 - 对于Multi tone和single tone，RV0和RV2分别由1bit DCI来指示。
- RV2支持所有 I_{TBS}
- DCI用 4bits表示 I_{TBS}
 - 对于multi tone，支持 I_{TBS} 范围0-12
 - 对于single tone，支持 I_{TBS} 范围0-10
 - π /BPSK 用于 I_{TBS} 0和2
 - π /4 QPSK，用于其它的 I_{TBS}

上行调度时延

- NPDCCH DCI N0结束子帧n , UE在 $n+k_0$ 子帧结束后发送NPUSCH format 1 ;

$$N = N_{\text{Rep}} N_{\text{RU}} N_{\text{slots}}^{\text{UL}}$$

- 发送N个连续NB-IoT UL slots n_i with $i = 0, 1, \dots, N-1$;

k_0 for DCI format N0

I_{Delay}	k_0
0	8
1	16
2	32
3	64

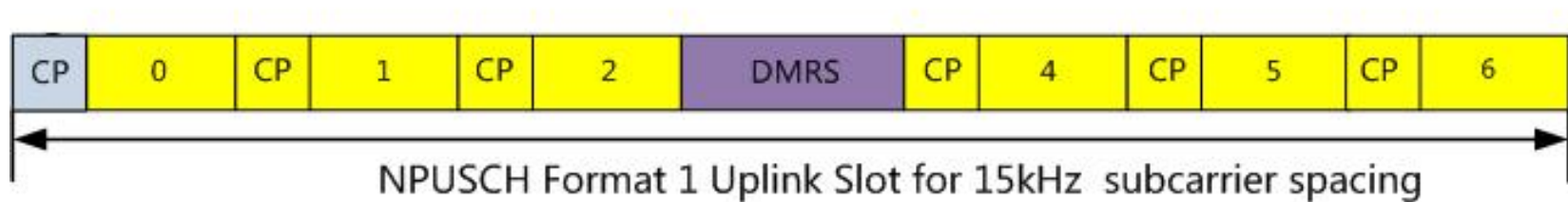
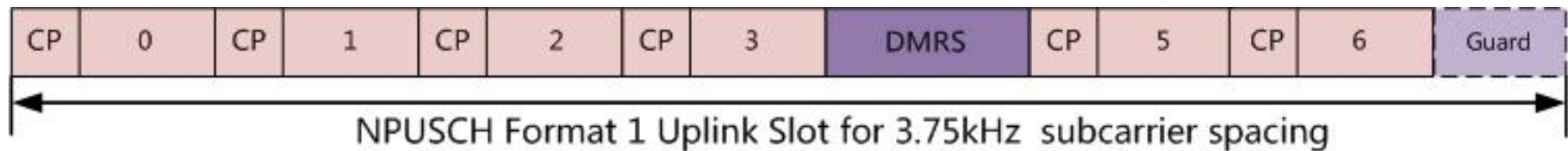
NPUSCH & PUSCH

PUSCH	NB-IoT	Legacy LTE R8
频域	两种子载波间隔 3.75k间隔，single tone 15k间隔，Single tone 15k间隔，12/6/3 tones	15kHz子载波间隔， RB，12个子载波
时域	15kHz和Legacy LTE对齐 3.75kHz下，定义2ms Slot	1ms子帧调度周期
信息	NPUSCH 1 上行数据 NPUSCH 2 ACK/NACK	PUSCH上行数据，也可以携带 ACK/NACK
资源分配	按照RU分配资源 不同频域带宽对应不同RU资源 时长	按RB分配资源 RB数量为2, 3, 5倍数
编码	1/3 Turbo	1/3 Turbo
调制	Single Tone Pi/2-BPSK Pi/4-QPSK Multi Tone QPSK	QPSK，16QAM
RV版本	支持RV0，RV2	支持RV 0,1,2,3

NB-DMRS

- NPUSCH format 1 , 每个NB-Slot有1个符号用于DMRS
- NPUSCH format 2 , 每个NB-Slot有3个符号用于DMRS

NPUSCH format	Values for l	
	$\Delta f = 3.75 \text{ kHz}$	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$
1	4	3
2	0, 1, 2	2, 3, 4



NPRACH时域

NPRACH采用single tone方式发送，子载波间隔3.75kHz

NPRACH支持时频域划分复用，不支持Preamble码分复用。

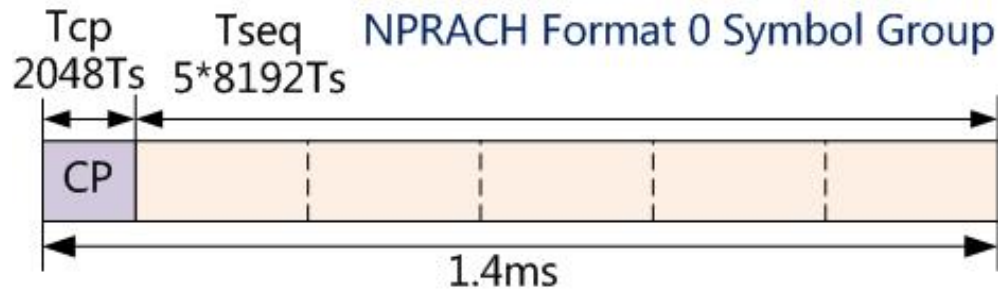
针对不同小区大小，支持2种CP长度，66.7us和266.7us

Symbol Group 定义如下：

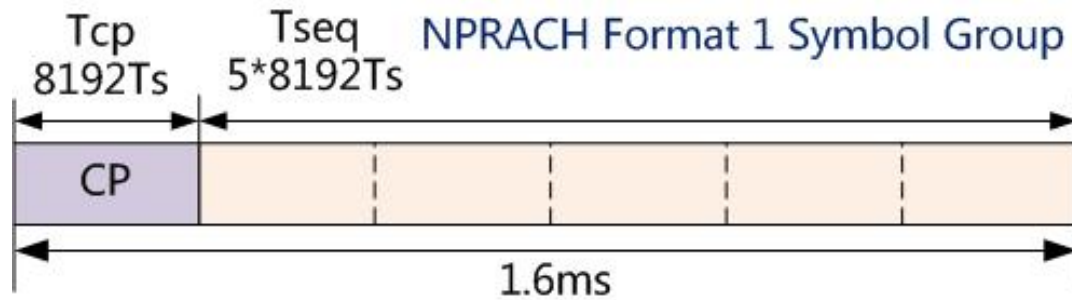
Preamble format	T_{CP}	T_{SEQ}
0	$2048 T_s$	$5 \cdot 8192 T_s$
1	$8192 T_s$	$5 \cdot 8192 T_s$

4个Symbol Group组成一个NPRACH信道

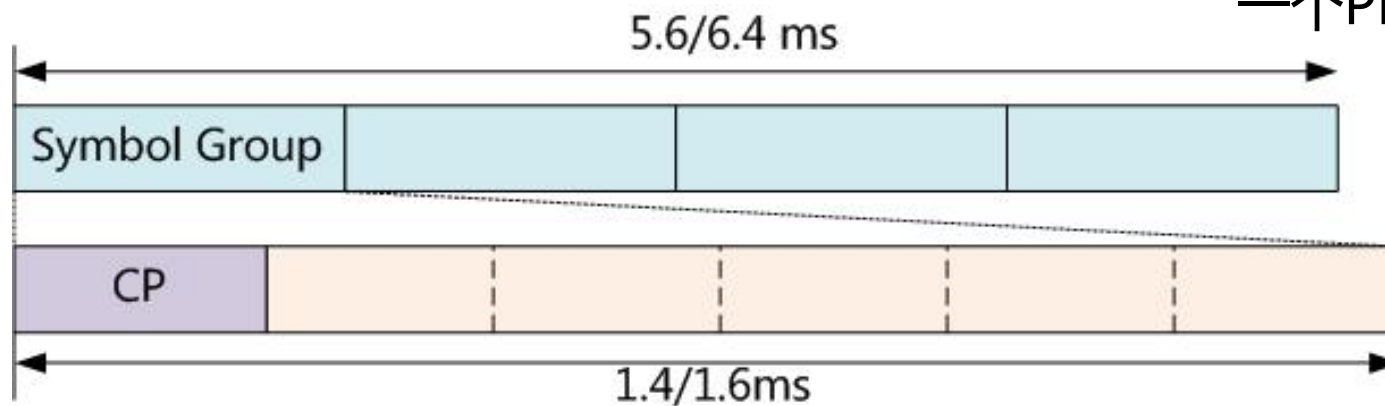
NPRACH –Symbol Group时域



- CP+5个Symbols构成 Symbol Group
- CP长度：66.7和266.7us
- Sequence长度：266.7us

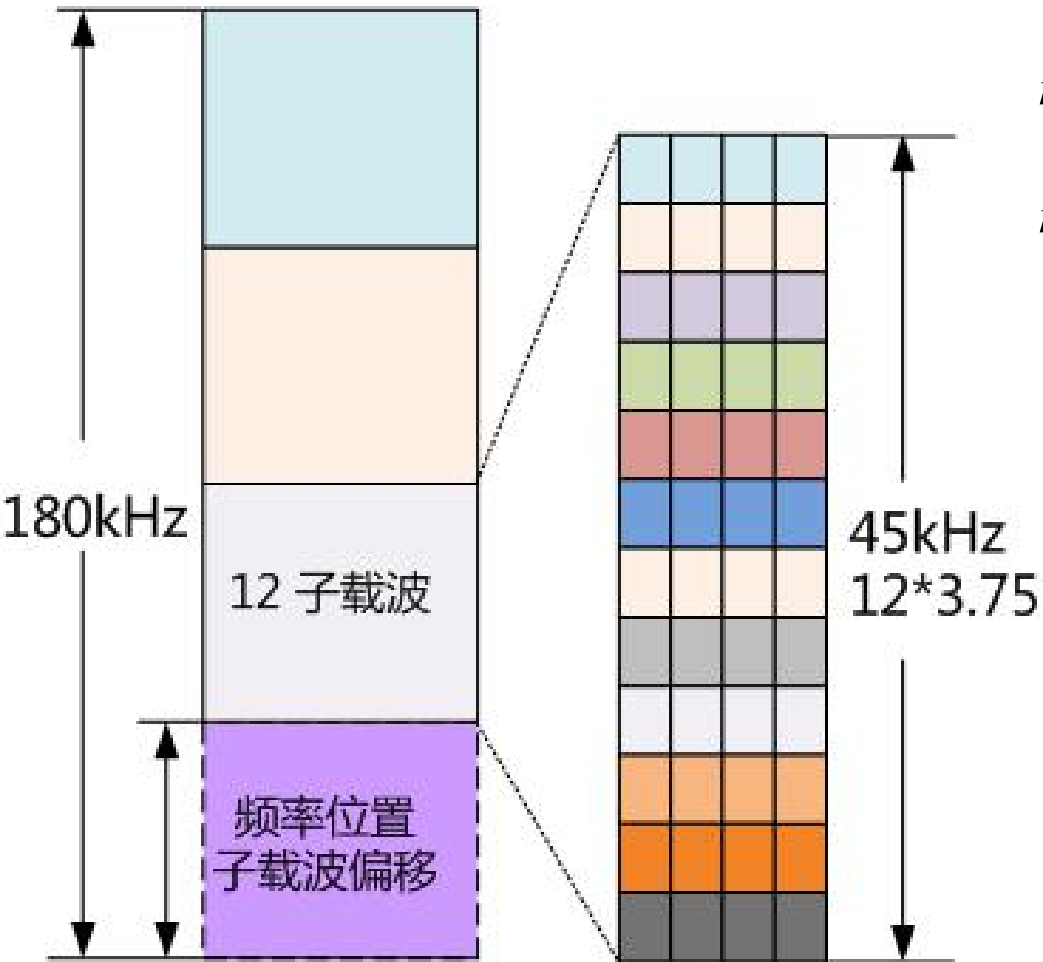


- 4个 Symbol Group 一个PRACH信道



NPRACH-频域

频域参数



$nprach\text{-}SubcarrierOffset$ $N_{scoffset}^{NPRACH}$

$nprach\text{-}NumSubcarriers$ N_{sc}^{NPRACH}

NPRACH频域配置

子载波 数量	频率位置--子载波偏移						
	0	12	24	36	2	18	34
12	0 – 11	12 – 23	24 – 35	36 – 47	2 – 13	18 – 29	34 – 45
24	0 – 23	12 – 35	24 – 47	Invalid	2 – 25	18 – 41	Invalid
36	0 – 35	12 – 47	Invalid	Invalid	2 – 37	Invalid	Invalid
48	0 – 47	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid	Invalid

NPRACH频域配置

为支持multi-tone MSG3 传输，NPRACH频域子载波分为两个集合

- 引入一个新的参数：
 - prach-SubcarrierRangeStart {0, 1/3, 2/3, 1} N_{MSG3}^{NPRACH}
- 仅支持single tone MSG3 UE使用频域下部的子载波集合
支持multi-tone MSG3 UE使用频域上面的子载波集合

$$\{0, 1, \dots, N_{sc}^{NPRACH} N_{MSG3}^{NPRACH} - 1\}$$

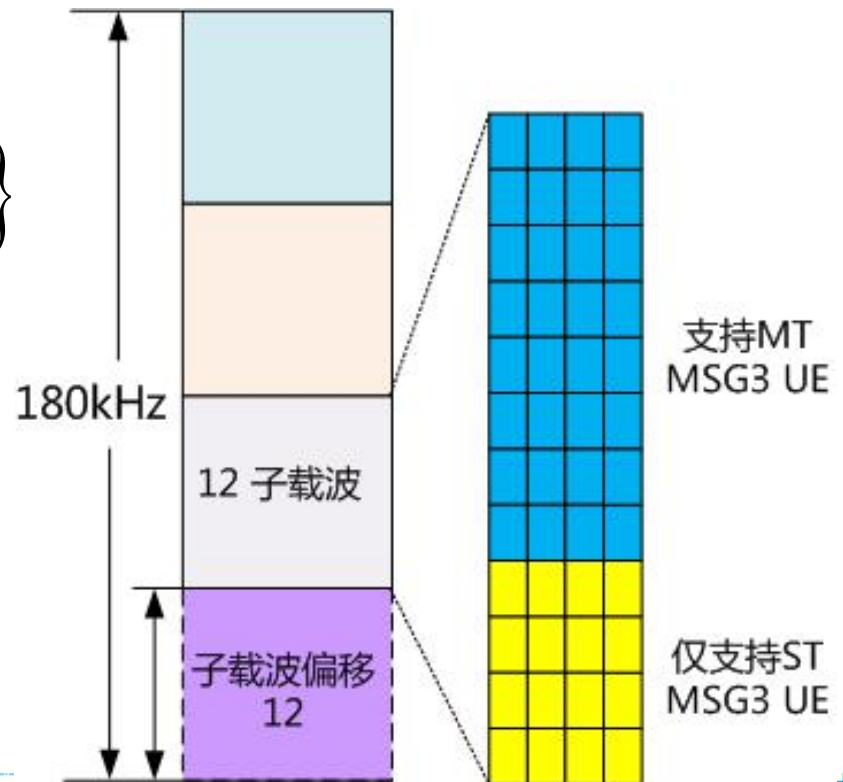
$$\{N_{sc}^{NPRACH} N_{MSG3}^{NPRACH}, \dots, N_{sc}^{NPRACH} - 1\}$$

示例图

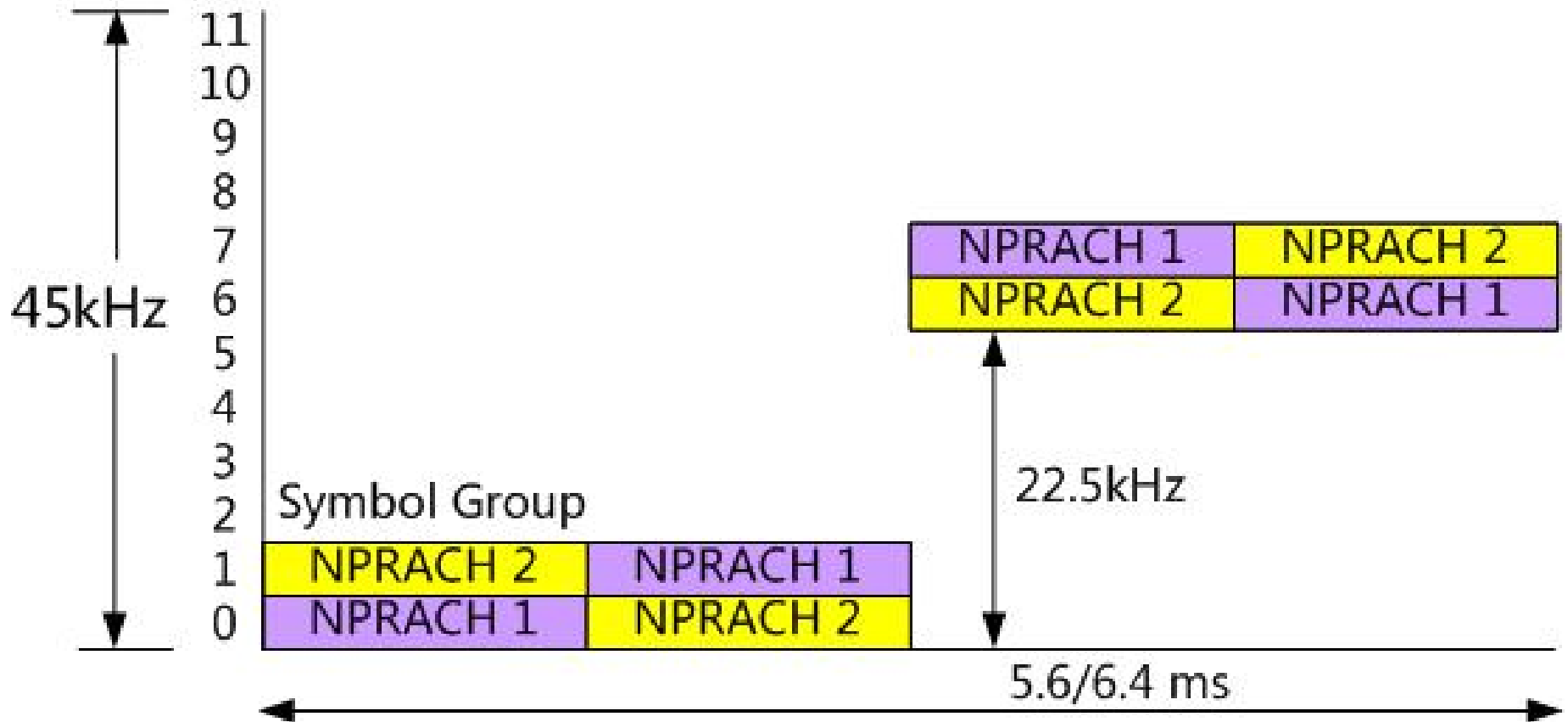
$$N_{sc}^{NPRACH} = 12$$

$$N_{scoffset}^{NPRACH} = 12$$

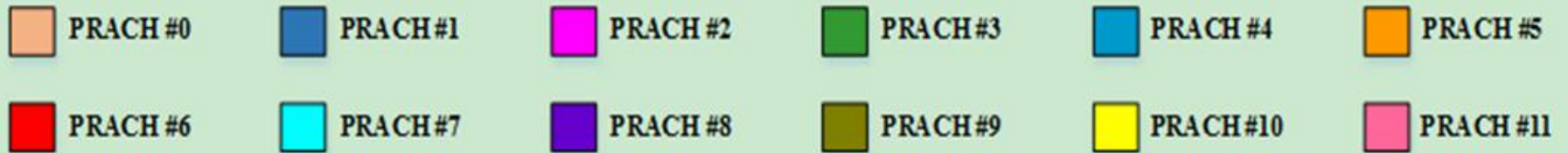
$$N_{MSG3}^{NPRACH} = 1/3$$



NPRACH-跳频示例



NPRACH—时分/频分复用示例



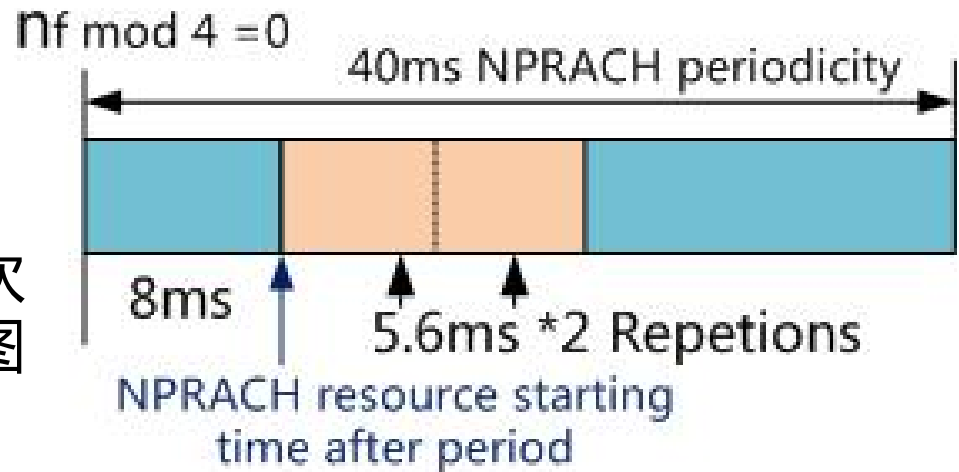
NPRACH时域周期配置

<i>nprach-Periodicity</i>	Periodicity of an NPRACH resource	{40, 80, 160, 240, 320, 640, 1280, 2560}
<i>nprach-StartTime</i>	NPRACH resource starting time after period	{8, 16, 32, 64, 128, 256, 512, 1024}
PRACH CP length	Cyclic prefix length for NPRACH transmission	{66.7, 266.7}
<i>nprach-NumRepetitions</i>	Number of repetitions for NPRACH transmission	{1, 2, 4, 8, 16, 32, 64, 128}

NPRACH 周期起始帧号满足

$$n_f \bmod \left(N_{\text{period}}^{\text{NPRACH}} / 10 \right) = 0$$

短CP，周期40ms，重复传输2次
时域示意图



NPRACH & PRACH

PRACH	NB-IoT	Legacy LTE R8
频域	3.75kHz 子载波间隔 1个PRACH Band 45kHz , 最多配置4个 band Offset可配置	1.25kHz 子载波间隔 6个RB , 使用了839个子载波 Offset可配置
时域	CP+5 Symbols为一个Symbol group 时域上4个Symbol groups为一个信道 两种CP长度	FDD有四种格式 , 对应不同CP , Sequence和Guard长度。 通过PRACH Index配置出现周期和Format
Preamble Sequence	常数序列 , 不同Symbol group上不变	长度为839的ZC序列 , 由根索引和循环移位根据规则生成
信道 (资源) 数量	根据频域和时域配置确定。	一个小区64个Preamble
复用方式	不同UE通过FDM/TDM复用 , 不支持Preamble复用	相同时频资源 , 不同Preamble码分复用

UL GAP

•NPUSCH UL GAP

- In case of NPUSCH repetitions, after transmissions of $256 \cdot 30720T_s$ time units, a gap of $40 \cdot 30720T_s$ time units shall be inserted where the NPUSCH transmission is postponed.

•NPRACH UL GAP

- In case of NPRACH repetitions, after transmissions of $64(T_{CP} + T_{SEQ})$ time units(358.4/409.6), a gap of $40 \cdot 30720T_s$ time units shall be inserted where the NPRACH transmission is postponed.

NB-IoT 多载波操作

- In-Band/Guard Band模式下，NB-IoT支持多载波操作。
 - NB-IoT UE在RRC_IDLE下，驻留在发送NPSS/NSSS/NPBCH/SIB-NB的载波，也称为Anchor 载波。
 - UE在RRC_CONNECTED状态下，可以通过UE专用RRC信令，配置到一个不同于Anchor载波的PRB上，也称为Non-anchor载波。
- Non-anchor载波无需满足100kHz channel raster要求。
- Non-anchor载波可以配置不同于Anchor载波的GL GAP，也可以不配置。
- In-band模式下，Non-anchor载波的位置待确定。
- 目前来看支持In-band+ In-band，In-band + Guard band，Stand alone + stand alone载波的组合。
- 不支持Stand-alone + In-band /Guard band的组合。
- Stand alone + stand alone频率间隔不超过20M

微信扫描以下二维码，免费加入【5G 俱乐部】，还赠送整套：5G 前沿、NB-IoT、4G+ (VoLTE) 资料。

