

Marshall : v1.0.0 版本已过时 , 5G NR 物理层规范已更新到 v1.1.0 版本。

## 帧结构与物理资源

### 一、概述

在本规范中 , 除非另有说明 , 在时域中的各个域的大小表示为若干时间单位

$T_s = 1/(\Delta f_{\max} \cdot N_f)$   $T_s = 1/(\Delta f_{\max} \cdot N_f)$  , 其中  $\Delta f_{\max} = 480 \cdot 10^3$   $\Delta f_{\max} = 480 \cdot 10^3$  Hz ,  $N_f = 4096$   $N_f = 4096$  。 常量  $K = \Delta f_{\max} N_f / (\Delta f_{\text{ref}} N_{f,\text{ref}}) = 64$   $K = \Delta f_{\max} N_f / (\Delta f_{\text{ref}} N_{f,\text{ref}}) = 64$  , 其中  $\Delta f_{\text{ref}} = 15 \cdot 10^3$  Hz  $\Delta f_{\text{ref}} = 15 \cdot 10^3$  Hz ,  $N_{f,\text{ref}} = 2048$   $N_{f,\text{ref}} = 2048$  。

### 二、波形参数

支持多种 OFDM 波形参数 , 如 Table 4.2-1 所示 , 其中载波带宽部分的  $\mu$  和 CP 由高层参数给定 , 下行链路由 DL\_BWP\_μ 和 DL\_BWP\_cp 给定 , 上行链路由 UL\_BWP\_μ 和 UL\_BWP\_cp 给定。

**Table 4.2-1: Supported transmission numerologies.**

$\mu$	$\Delta f = 2^{\mu} \cdot 15$ [kHz]	Cyclic prefix
0	15	Normal
1	30	Normal
2	60	Normal, Extended
3	120	Normal
4	240	Normal
5	480	Normal

### 三、帧结构

#### 帧和子帧

下行与上行链路传输于帧中，一帧的时域为  $T_f = (\Delta f_{\max} N_f / 100) \cdot T_s = 10 \text{ ms}$ ，一帧包含 10 个子帧，每个子帧时域为  $T_{sf} = (\Delta f_{\max} N_f / 1000) \cdot T_s = 1 \text{ ms}$ 。每个子帧中的连续 OFDM 符号数为  $N_{\text{subframe}, \mu} = N_{\text{slotsymb}} N_{\text{subframe}, \mu}$ ， $N_{\text{slotNsymsubframe}, \mu} = N_{\text{symslot}} N_{\text{slotsubframe}, \mu}$ 。每帧分为两个相等大小的半帧，每个半帧包含 5 个子帧。

There is one set of frames in the uplink and one set of frames in the downlink on a carrier.

来自 UE 的上行帧  $i$  应在 UE 对应的下行帧开始前  $T_{TA} = N_{TA} T_s$  传输。

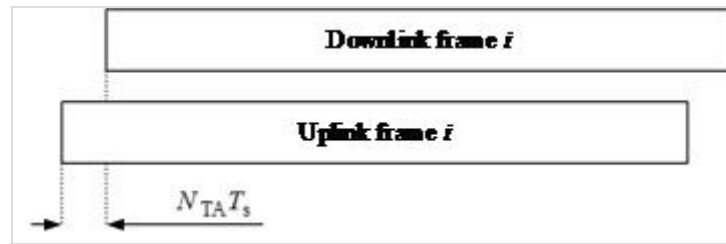


Figure 4.3.1-1: Uplink-downlink timing relation

## 时隙

对于子载波间隔配置 $\mu$ ，时隙在子帧内按递增顺序编号  $n_{\mu s} \in \{0, \dots, N_{\text{subframe}, \mu \text{slot}} - 1\}$ ，在帧内按递增顺序编号  $n_{\mu s, f} \in \{0, \dots, N_{\text{frame}, \mu \text{slot}} - 1\}$ 。一个时隙内有  $N_{\text{slotsymb}} N_{\text{symb slot}}$  个连续的 OFDM 符号， $N_{\text{slotsymb}} N_{\text{symb slot}}$  依赖于 CP 长度，并且由 Tables 4.3.2-1 和 4.3.2-2 给定。子帧内的起始时隙  $n_{\mu s}$  与子帧内起始 OFDM 符号  $n_{\mu s} N_{\text{slotsymb}} N_{\text{symb slot}}$  在时间上对齐。

**Table 4.3.2-1: Number of OFDM symbols per slot,  $N_{\text{symb}}^{\text{slot}}$ , for normal cyclic prefix.**

$\mu$	$N_{\text{symb}}^{\text{slot}}$	$N_{\text{slot}}^{\text{frame}, \mu}$	$N_{\text{slot}}^{\text{subframe}, \mu}$
0	14	10	1
1	14	20	2
2	14	40	4
3	14	80	8
4	14	160	16
5	14	320	32

**Table 4.3.2-2: Number of OFDM symbols per slot,  $N_{\text{slot}}^{\text{symb}, \mu}$ , for extended cyclic prefix.**

$\mu$	$N_{\text{symb}}^{\text{slot}}$	$N_{\text{slot}}^{\text{frame}, \mu}$	$N_{\text{slot}}^{\text{subframe}, \mu}$
2	12	40	4

**Table 4.3.2-3: Slot formats.**

SFI	Symbols used in DL	GP	Symbols used in UL
0			
1			
2			
3			
4			
5			
6			
7			

### Agreements:

- A slot can contain all downlink, all uplink, or {at least one downlink part and at least one uplink part}

- There are also agreements on various semi-static configurations with different periodicities

## 四、物理资源

### 天线端口

天线端口定义为,在同一天线端口上,某一符号上的信道可以由另一符号上的信道推知。

如果一个天线端口上某一符号传输的信道的大尺度性能可以被另一天线端口上某一符号传输的信道所推知,则这两个天线端口被称为 quasi co-located。大尺度性能包括一个或多个延时扩展,多普勒扩展,多普勒频移,平均增益,平均时延和空间接收参数。

### 资源格

对于每种波形参数和载波,资源格由  $N_{\mu RB,x} N_{RBsc} N_{RB,x} N_{scRB}$  个子载波和  $N_{subframe,\mu} N_{symb} N_{subframe,\mu}$  个 OFDM 符号定义,其中  $x$  表示 DL 或 UL,  $N_{max,\mu RB,x} N_{RB,x} N_{max,\mu}$  由 Table 4.4.2-1 给定。在不至于混淆的情况下,下标  $x$  可省略。每个天线端口  $p$ ,每个子载波间隔配置  $\mu$  以及每个传输方向(上行或下行)对应一个资源格。

**Table 4.4.2-1: Minimum and maximum number of resource blocks.**

$\mu$	$N_{RB,DL}^{min,\mu}$	$N_{RB,DL}^{max,\mu}$	$N_{RB,UL}^{min,\mu}$	$N_{RB,UL}^{max,\mu}$
0	24	275	24	275
1	24	275	24	275
2	24	275	24	275
3	24	275	24	275
4	24	138	24	138
5	24	69	24	69

## 资源元素

天线端口  $p$  和子载波间隔配置  $\mu$  下的资源格中每个元素被称为资源元素 (Resource Element, RE)，它用索引对  $(k,l)$  唯一地标识，其中  $k=0,\dots,N_{\mu RB}N_{RBsc}-1$   $k=0,\dots,N_{RB\mu}N_{scRB}-1$  是频域索引， $l$  是时域符号索引。

天线端口  $p$  和子载波间隔配置  $\mu$  下的 RE  $(k,l)$  表示为  $(k,l)_{p,\mu}$ ，相应的复数值表示为  $a_{(p,\mu)k,l}(p,\mu)$ 。在不至于混淆的情况下，或在没有特定的天线端口或子载波间隔的情况下，索引  $p$  和  $\mu$  可以省略，简写为  $a_{(p)k,l}(p)$  或  $a_{k,l}$ 。

一个资源元素 (RE) 分为 4 类：‘uplink’，‘downlink’，‘flexible’，or ‘reserved’。

- 如果 RE 被配置为 ‘reserved’，UE 不应在上行链路中对该 RE 发送任何内容，也不对下行链路中的 RE 内容作出任何假设。

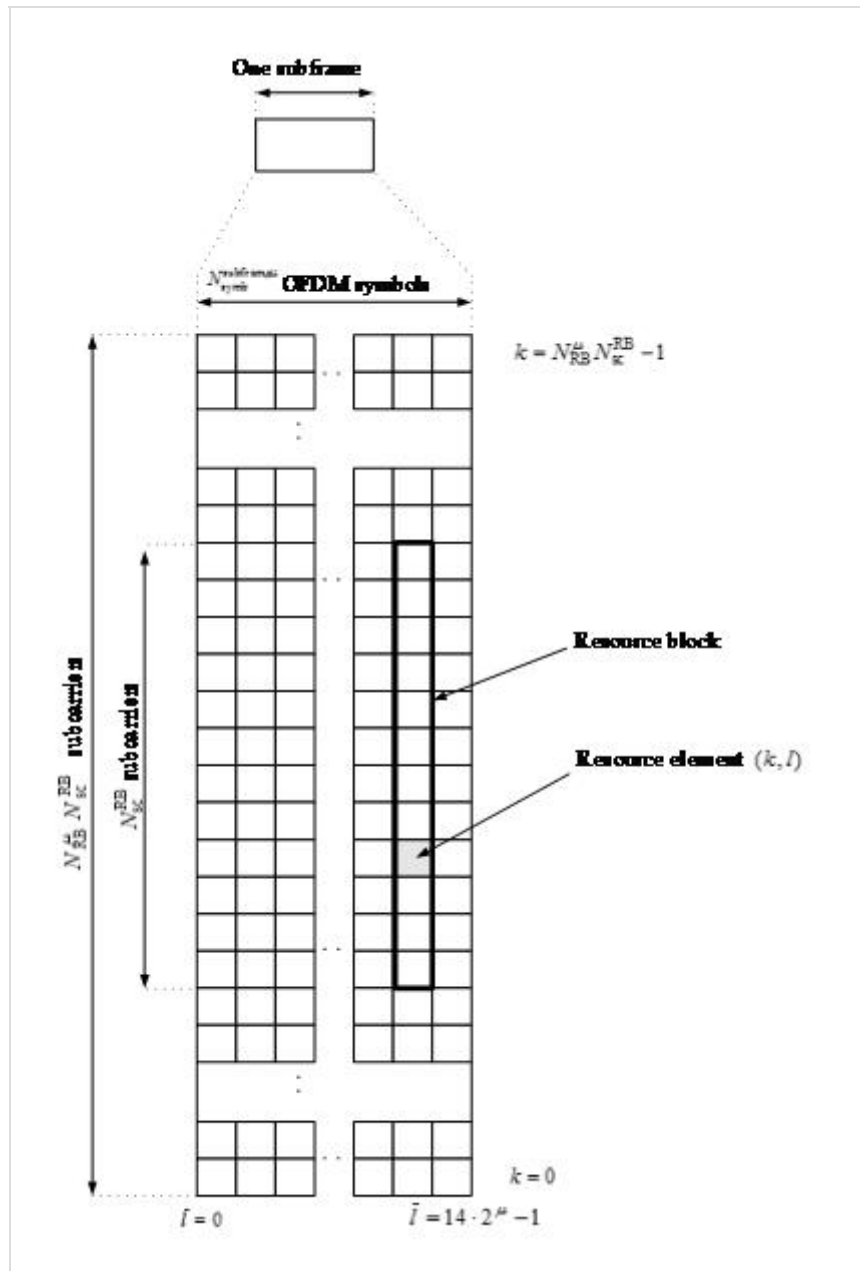


Figure 4.4.3-1: Resource grid and resource block

## 资源块

一个物理资源块 ( PRB ) 在频域上定义为  $N_{\text{RBsc}} = 12 N_{\text{scRB}} = 12$  连续的子载波。

PRB 在频域上从 0 到  $N_{\mu\text{RB}} - 1$  编号。频域上的 PRB 数  $n_{\text{PRB}}$  和 RE  $(k, l)$  的关系由下式给定：

$$n_{\text{PRB}} = kN_{\text{RBsc}} \quad n_{\text{PRB}} = kN_{\text{scRB}}$$

## 载波带宽 part

对于给定的载波上的波形参数  $\mu_i$ ，载波带宽 part ( bandwidth part , BWP ) 是一组连续的 PRB。BWP 中的 RB 从 0 到  $N_{\mu\text{RB},x} - 1$  编号，其中  $x$  表示 DL 或 UL，with  $N_{\text{BWP}i}$  being the offset between PRB 0 in the absolute resource block grid in clause 1.4.4 and PRB 0 in carrier bandwidth part number  $i$ 。BWP 中的 RB 数应满足  $N_{\min, \mu\text{RB}, x} \leq N_{\mu\text{RB}, x} \leq N_{\max, \mu\text{RB}, x}$ ，其中最小值和最大值在 Table 4.4.2-1 中给定。

下行链路中，UE 可配置具有一个或多个载波 BWP，所述载波 BWP 的子集在给带时间处于激活状态。UE 不希望在 BWP 以外的频带接收 PDSCH 或 PDCCH。

在上行链路中，UE 可配置为具有一个或多个载波 BWP，所述载波 BWP 的子集在给定时间处于激活状态。UE 不希望在 BWP 以外的频带发送 PUSCH 或 PUCCH。

## 载波聚合

在多个小区中的传输可以被聚合，除了主小区外，最多可以使用 15 个辅小区。除非另有说明，本规范中的描述适用于多达 16 个服务小区中的每一个。



## 通用函数

### 调制映射器

调制映射器采用二进制 0 或 1 作为输入，产生复值调制符号作为输出。

#### $\pi/2$ -BPSK

对于  $\pi/2$ -BPSK 调制，比特  $b(i)$  根据下式映射为复值调制符号  $x$

$$x = e^{j\pi/2} \sqrt{2} \sqrt{[(1-2b(i)) + j(1-2b(i))]} = e^{j\pi/2} \sqrt{2} [(1-2b(i)) + j(1-2b(i))]$$

#### BPSK

对于 BPSK 调制，比特  $b(i)$  根据下式映射为复值调制符号  $x$

$$x = \sqrt{2} \sqrt{[(1-2b(i)) + j(1-2b(i))]} = \sqrt{2} [(1-2b(i)) + j(1-2b(i))]$$

#### QPSK

对于 QPSK 调制，成对比特  $b(i), b(i+1)$  根据下式映射为复值调制符号  $x$

$$x = \sqrt{2} \sqrt{[(1-2b(i)) + j(1-2b(i+1))]} = \sqrt{2} [(1-2b(i)) + j(1-2b(i+1))]$$

#### 16QAM

对于 16QAM 调制 ,四位比特  $b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3)$

根据下式映射为复值调制符号  $x$

$$x = \sqrt{\frac{1}{2}} [(1-2b(i))(2-(1-2b(i+2))) + j(1-2b(i+1))(2-(1-2b(i+3)))]$$

$$x = \sqrt{\frac{1}{2}} [(1-2b(i))(2-(1-2b(i+2))) + j(1-2b(i+1))(2-(1-2b(i+3)))]$$

## 64QAM

对于 64QAM 调制 , 六位比特

$b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3), b(i+4), b(i+5)$  根据下式映射为复值调制符号  $x$

$$x = \sqrt{\frac{1}{6}} [(1-2b(i))(4-(1-2b(i+2))(2-(1-2b(i+4)))) + j(1-2b(i+1))(4-(1-2b(i+3))(2-(1-2b(i+5))))]$$

$$x = \sqrt{\frac{1}{6}} [(1-2b(i))(4-(1-2b(i+2))(2-(1-2b(i+4)))) + j(1-2b(i+1))(4-(1-2b(i+3))(2-(1-2b(i+5))))]$$

## 256QAM

对于 256QAM 调制 , 八位比特

$b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3), b(i+4), b(i+5), b(i+6), b(i+7)$  根据下式映射为复值调制符号  $x$

$$x=1170-\sqrt{[(1-2b(i))(8-(1-2b(i+2)))(4-(1-2b(i+4)))(2-(1-2b(i+6))))]+j(1-2b(i+1))(8-(1-2b(i+3)))(4-(1-2b(i+5)))(2-(1-2b(i+7))))}]x=1170[(1-2b(i))(8-(1-2b(i+2)))(4-(1-2b(i+4)))(2-(1-2b(i+6))))+j(1-2b(i+1))(8-(1-2b(i+3)))(4-(1-2b(i+5)))(2-(1-2b(i+7))))}]$$

## 伪随机序列生成

伪随机序列由长度为 31 的 Gold 序列定义。长度为 MPNMPN 的输出序列  $c(n)$ ，其中  $n=0,1,\dots,MPN-1$ ，由下式定义

$$c(n)=(x_1(n+NC)+x_2(n+NC))\bmod 2 \\ x_1(n+31)=(x_1(n+3)+x_1(n))\bmod 2 \\ x_2(n+31)=(x_2(n+3)+x_2(n+2)+x_2(n+1)+x_2(n))\bmod 2 \\ c(n)=(x_1(n+NC)+x_2(n+NC))\bmod 2 \\ x_1(n+31)=(x_1(n+3)+x_1(n))\bmod 2 \\ x_2(n+31)=(x_2(n+3)+x_2(n+2)+x_2(n+1)+x_2(n))\bmod 2$$

其中  $NC=1600$ ，第一  $m$  序列应由

$x_1(0)=1, x_1(n)=0, n=1,2,\dots,30$  初始化。第二  $m$  序列的初始化由  $c_{init}=\sum_{i=0}^{30} x_2(i) \cdot 2^i$  表示，其值取决于序列的应用。

## OFDM 基带信号生成

对除 PRACH 以外的任何物理信道或信号，对于一个子帧内的 OFDM 符号  $l$ ，天线端口  $p$  和子载波间隔配置  $\mu$  下的时间连续信号  $s_{(p,\mu)}(t)$  定义为

$$s_{(p,\mu)}(t)=\sum_{k=-N_{\mu RB}N_{RBsc}/2}^{N_{\mu RB}N_{RBsc}/2-1} a_{(p,\mu)}(k,l) \cdot e^{j2\pi(k+k_0)\Delta f(t-N_{CP,l}-T_s)} \\ s_{(p,\mu)}(t)=\sum_{k=-N_{RB\mu}N_{scRB}/2}^{N_{RB\mu}N_{scRB}/2-1} a_{(p,\mu)}(k,l) \cdot e^{j2\pi(k+k_0)\Delta f(t-N_{CP,l}-T_s)}$$

其中  $0 \leq t < (N_u + N_{\mu CP, l})T_s$   $0 \leq t < (N_u + N_{CP, l} \mu)T_s$  且  $k' = k + N_{\mu RB} N_{RBsc} / 2$

$k' = k + N_{RB} \mu N_{scRB} / 2$ 。The value of  $k_0$  is such that the lowest numbered subcarrier in a resource block for subcarrier spacing configuration  $\mu$  coincides with the lowest numbered subcarrier in a resource block for any subcarrier spacing configuration less than  $\mu$ .

子载波间隔配置  $\mu$  下的 OFDM 符号  $l$  的起始位置为

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

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

其中

$$N_u = 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu} \quad N_{CP, l} = 512 \kappa \cdot 2^{-\mu} \quad 144 \kappa \cdot 2^{-\mu} + 16 \kappa \quad 144 \kappa \cdot 2^{-\mu}$$

extended cyclic prefix normal cyclic prefix

$$\text{and } l = 0 \text{ or } l = 7 \text{ otherwise } \quad 2_{\mu} N_u = 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu} \quad N_{CP, l} = \begin{cases} 512 \kappa \cdot 2^{-\mu} \\ 144 \kappa \cdot 2^{-\mu} + 16 \kappa \end{cases}$$

extended cyclic prefix normal cyclic prefix and  $l = 0$  or  $l = 7$   $144 \kappa \cdot 2^{-\mu}$  otherwise  $2_{\mu}$

对于 PRACH, 天线端口  $p_p$  下的时间连续信号  $S_{(p, \mu)l}(t)$  定义为

$$S_{(p, \mu)l}(t) = \sum_{k=-L_{RA}/2}^{L_{RA}/2-1} a_{(p, RA)}(k) \cdot e^{j2\pi(k+k_0)\Delta f_{RA}(t-N_{CP, l} \cdot T_s)} s_l(p, \mu)(t) =$$

$$\sum_{k=-L_{RA}/2}^{L_{RA}/2-1} a_{k'}(p, RA) \cdot e^{j2\pi(k+k_0)\Delta f_{RA}(t-N_{CP, l} \cdot T_s)}$$

其中  $0 \leq t < (N_u + N_{\mu CP, l})T_s$   $0 \leq t < (N_u + N_{CP, l} \mu)T_s$  且  $k' = k + L_{RA}/2$   $k' = k +$

$L_{RA}/2$ 。

一个子帧内 PRACH 前导的起始位置由  $t_{RAstart}$  给定, 假设子帧始于  $t=0$ , 其中

- 对于  $\Delta f_{RA} \in \{15, 30, 60, 120\}$  kHz, 有

$$t_{RAstart} = t_{\mu start}, t_{startRA} = t_{start}, l_{\mu} \text{ for some } l_{\mu}$$

$L_{RA}$  和  $N_u$  在 3.3.3 节给定, 并且有  $N_{CP,l} = N_{RACP} + n \cdot 16$

$N_{CP,l} = N_{CPRA} + n \cdot 16$ , 其中

- 对于  $\Delta f_{RA} \in \{1.25, 5\}$  kHz,  $n=0$
- 对于  $\Delta f_{RA} \in \{15, 30, 60, 120\}$  kHz,  $n$  is the number of times the interval  $[t_{RAstart}, t_{RAstart} + (N_{RAu} + N_{RACP})T_s]$  overlaps with either time instance 0 or time instance  $(\Delta f_{max} N_f / 500) \cdot T_s = 0.5 \text{ ms}$  in a subframe

## 调制和上变频

对于天线端口  $p$  和子载波间隔配置  $\mu$ , 复值 OFDM 基带信号调制和上变频至载频  $f_0$

$$\text{Re}\{s_{(p,\mu)}(t) \cdot e^{j2\pi f_0 t}\}$$

## 五、上行链路

## 概述

### 物理信道概述

上行链路物理信道对应于一组资源元素（REs）的集合，用于承载源自高层的信息。本规范定义了如下上行信道：

- 物理上行共享信道（PUSCH）
- 物理上行控制信道（PUCCH）
- 物理随机接入信道（PRACH）

### 物理信号概述

上行物理信号是物理层使用的但不承载任何来自高层信息的信号。本规范定义了如下上行物理信号：

- 解调参考信号（Demodulation reference signals，DM-RS）
- 相位跟踪参考信号（Phase-tracking reference signals，PT-RS）
- 探测参考信号（Sounding reference signal，SRS）

### 物理资源

本规范定义了下列用于上行链路的天线端口：

- Antenna ports starting with 1000 for DM-RS associated with PUSCH
- Antenna ports starting with 2000 for DM-RS associated with PUCCH
- Antenna ports starting with 3000 for SRS
- Antenna port 4000 for PRACH

## 物理信道

### 物理上行共享信道

#### 加扰

对于每个码字  $q$ ，比特块  $b_{(q)}(0), \dots, b_{(q)}(M_{(q)}\text{bit} - 1)$  应当在调制前被加扰，其中  $M_{(q)}\text{bit}$  是在物理信道上传输的码字  $q$  的比特数，加扰后的比特块为  $b_{\sim(q)}(0), \dots, b_{\sim(q)}(M_{(q)}\text{bit} - 1)$ 。

根据如下公式进行加扰

$$b_{\sim(q)}(i) = (b_{(q)}(i) + c_{(q)}(i)) \bmod 2$$

其中加扰序列  $c_{(q)}(i)$  由 2.2 节中给定。

注：RAN1 还没有正式同意 PUSCH 加扰部分的内容，3.3.1.1 和 3.3.1.2

节可能需要重新调整。

#### 调制

对于每个码字  $q$ ，加扰比特块  $b_{(q)}(0), \dots, b_{(q)}(M_{(q)}\text{bit} - 1)$

1)  $b_{(q)}(0), \dots, b_{(q)}(M_{(q)}\text{bit} - 1)$  根据 Table 6.3.1.2-1 中的调制方式进行调制，具体调

制方法见 2.1 节，得到复值调制符号块  $d_{(q)}(0), \dots, d_{(q)}(M_{(q)}\text{symb} - 1)$

1)  $d_{(q)}(0), \dots, d_{(q)}(M_{\text{symb}}(q) - 1)$ 。

**Table 6.3.1.2-1: Supported modulation schemes.**

Transform precoding disabled	Transform precoding enabled
	$\pi/2$ -BPSK
QPSK	QPSK
16QAM	16QAM
64QAM	64QAM
256QAM	256QAM

层映射

每个码字的复值调制符号根据 Table 7.3.1.3-1 最多映射到 4 个层。码字  $q$  的复值调

制符号  $d_{(q)}(0), \dots, d_{(q)}(M_{(q)}\text{symb} - 1)$  被映射到层

$x(i) = [x_{(0)}(i) \dots x_{(v-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{layersymb}} - 1$

1)  $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}\text{layer} - 1$ ，其中  $v$  是层数， $M_{\text{layersymb}}$  是每层的调制

符号数。

变换预编码



如果变换预编码 ( transform precoding ) 不可用, 对于层  $\lambda=0,1,\dots,v-1$   $\lambda=0,1,\dots,v-1$  有  $y(\lambda)(i)=x(\lambda)(i)y(\lambda)(i)=x(\lambda)(i)$ 。

如果变换预编码可用,  $v=1$  且复值符号块  $x(0)(0),\dots,x(0)(M_{\text{layersymb}}-1)$  对于单层  $\lambda=0$  被分为  $M_{\text{layersymb}}/M_{\text{PUSCHsc}}M_{\text{symsymb}}/M_{\text{scPUSCH}}$  个集合, 每个集合对应于一个 OFDM 符号。变换预编码根据如下公式进行

$$y(0)(l \cdot M_{\text{PUSCHsc}} + k) = \frac{1}{\sqrt{M_{\text{PUSCHsc}}}} \sum_{i=0}^{M_{\text{PUSCHsc}}-1} x(0)(l \cdot M_{\text{PUSCHsc}} + i) e^{-j2\pi i k / M_{\text{PUSCHsc}}} \quad k=0,\dots,M_{\text{PUSCHsc}}-1$$

$$l=0,\dots,M_{\text{layersymb}}/M_{\text{PUSCHsc}}-1$$

$$y(0)(l \cdot M_{\text{scPUSCH}} + k) = \frac{1}{\sqrt{M_{\text{scPUSCH}}}} \sum_{i=0}^{M_{\text{scPUSCH}}-1} x(0)(l \cdot M_{\text{scPUSCH}} + i) e^{-j2\pi i k / M_{\text{scPUSCH}}} \quad k=0,\dots,M_{\text{scPUSCH}}-1$$

$$l=0,\dots,M_{\text{symsymb}}/M_{\text{scPUSCH}}-1$$

得到复值符号块  $y(0)(0),\dots,y(0)(M_{\text{layersymb}}-1)$ 。

$M_{\text{PUSCHsc}} = M_{\text{PUSCHRB}} \cdot N_{\text{RBsc}} M_{\text{scPUSCH}} = M_{\text{RBPUSCH}} \cdot N_{\text{scRB}}$ , 其中

$M_{\text{PUSCHRB}} M_{\text{RBPUSCH}}$  表示 PUSCH 就 RB 而言的带宽, 并且满足

$$M_{\text{PUSCHRB}} = 2^{\alpha_2} \cdot 3^{\alpha_3} \cdot 5^{\alpha_5} \leq N_{\text{ULRB}} M_{\text{RBPUSCH}} = 2^{\alpha_2} \cdot 3^{\alpha_3} \cdot 5^{\alpha_5} \leq N_{\text{RBUL}}$$

其中  $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$  是非负整数集合。

## 预编码

根据如下公式对向量块  $[y_{(0)}(i) \dots y_{(v-1)}(i)]^T$  ,

$i=0,1,\dots,M_{\text{layersymb}}-1$   $i=0,1,\dots,M_{\text{symblayer}}-1$  进行预编码

$$z_{(0)}(i) \dots z_{(P-1)}(i) = W y_{(0)}(i) \dots y_{(v-1)}(i) \quad z_{(0)}(i) \dots z_{(P-1)}(i) = W [y_{(0)}(i) \dots y_{(v-1)}(i)]$$

其中  $i=0,1,\dots,M_{\text{apsymb}}-1$   $i=0,1,\dots,M_{\text{symbap}}-1$  ,

$$M_{\text{apsymb}} = M_{\text{layersymb}} M_{\text{symbap}} = M_{\text{symblayer}}.$$

对基于非码本的传输，预编码矩阵  $W$  在 TS 38.214 规范中得到。

对基于码本的传输，预编码矩阵  $W$  由 Table 6.3.1.5-1 给定，其中 TPMI 索引由调度上行传输的 DCI 中获得。

Table 6.3.1.5-1: Precoding matrix $W$ .		
TPMI index	$W$	
	$v=1$	$v=2$
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	
4 (With transform precoding only)	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 0 \end{bmatrix}$	
5 (With transform precoding only)	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 \\ 1 \end{bmatrix}$	

## 映射到物理资源

为满足 TS 38.213 规范对 PUSCH 传输功率  $P_{\text{PUSCH}}$  的要求,对于 PUSCH 传输所使用的每个天线端口,复值符号块  $z(p)(0), \dots, z(p)(M_{\text{apsymb}} - 1)$  应当乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{PUSCH}}$ , 然后从  $z(p)(0)$  开始依次映射到 RE  $(k,l)_{p,\mu}$  上, 并且 RE 满足如下条件:

- 它们位于用于传输所分配的资源中, 且
- 它们不用于 DM-RS 相关的传输
- they are not in the OFDM symbols used for transmission of the associated DM-RS in case of transform precoding not enabled.

If transform precoding is not enabled, the mapping to resource elements  $(k,l)_{p,\mu}$  not reserved for other purposes shall be in increasing order of first the antenna port index  $p$ , then the index  $k$  over the assigned physical resource blocks, and then the index  $l$ , starting with  $l = l_0$ . (注:  $l_0$  is the start of UL transmission. Need some reference to 213/214)

## 物理上行控制信道

PUCCH 支持多种格式, 如 Table 6.3.2-1 所示。对于单个 UE, 支持采用格式 0 或格式 2 的 2 个 PUCCH 同时传输, 或支持采用格式 1 或格式 3 的其中一个 PUCCH 与采用格式 0 或格式 2 的其中一个 PUCCH 同时传输。

**Table 6.3.2-1: PUCCH formats.**

PUCCH format	Length in OFDM symbols	Number of bits
0	1 – 2	$\leq 2$
1	4 – 14	$\leq 2$
2	1 – 2	$> 2$
3	4 – 14	$> 2, < N$
4	4 – 14	$> N$

## PUCCH 格式 0

### 序列选择

定义一组序列  $\{x_0(n), x_1(n), x_2(n), x_3(n)\}$ ，每组序列长度为 12。

比特块  $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$  其中  $M_{\text{bit}} \in \{1, 2\}$  是 PUCCH 传输的比特数，根据下式选择序列

$$y(n) = x_j(n) \quad j = \sum_{i=0}^{M_{\text{bit}}-1} b(i) \cdot 2^i$$

映射到资源元素

为满足 TS 38.213 规范对 PUCCH 传输功率  $P_{\text{PUCCH},0}$  的要求，序列  $y(n)$  应当乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{PUCCH},0}$ 。在天线端口  $p = 2000$ ，先按  $k$ ，再按  $l$  的递增顺序从  $y(0)$  开始映射到 RE  $(k, l)_{p,\mu}$ 。

## PUCCH 格式 1

## 序列调制

比特块  $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$  按照 2.1 节所述的方法进行调制，若  $M_{\text{bit}} = 1$ ，则使用 BPSK，若  $M_{\text{bit}} = 2$ ，则使用 QPSK，得到一个复值符号  $d(0)$ 。

复值符号  $d(0)$  应根据下式乘以一个序列  $r_{(\alpha_p)u,v}(n)$

$$y_{(p)}(n) = d(0) \cdot r_{(\alpha_p)u,v}(n), \quad n = 0, 1, \dots, N_{\text{PUCCHseq}} - 1$$

复值符号  $y_{(p)}(0), \dots, y_{(p)}(N_{\text{PUCCHseq}} - 1)$  应根据下式采用正交序列  $w_{n_{(p)oc}}(i)$  进行块扩展 (block-wise spread)

$$z_{(p)}(m \cdot N_{\text{PUCCHseq}} + n) = w_{n_{(p)oc}}(m) \cdot y_{(p)}(n)$$

其中

$$m = 0, \dots, N_{\text{PUCCHSF}} - 1, \quad n = 0, \dots, N_{\text{PUCCHseq}} - 1$$

## 映射到物理资源

为满足 TS 38.213 规范对 PUCCH 传输功率  $P_{\text{PUCCH},1}$  的要求，序列

$z(p)(n)$  应当乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{PUCCH},1}$ ，序列从  $z(p)(0)$  开始映射到 RE  $(k,l)_{p,\mu}$ ，RE 满足下列所有条件：

- 它们位于用于传输的 RB 中，
- 它们不用于 DM-RS 相关的传输

The mapping to resource elements  $(k,l)_{p,\mu}$  not reserved for other purposes shall be in increasing order of first the index  $k$  over the assigned physical resource blocks, and then the index  $l$ .

## PUCCH 格式 2

## PUCCH 格式 3

## PUCCH 格式 4

## 物理随机接入信道

### 序列生成

随机接入前导  $x_{u,v}(n)$  应根据下式生成

$$x_{u,v}(n) = x_u((n + C_v) \bmod L_{RA}) \quad x_u(i) = e^{-j\pi u i(i+1)/L_{RA}}, i=0,1,\dots,L_{RA}-1$$

$$1_{x_{u,v}(n) = x_u((n + C_v) \bmod L_{RA}) \quad x_u(i) = e^{-j\pi u i(i+1)/L_{RA}}, i=0,1,\dots,L_{RA}-1$$

频域符号表示应根据下式生成

$$y_{u,v}(n) = \sum_{m=0}^{L_{RA}-1} x_{u,v}(m) \cdot e^{-j2\pi mn L_{RA}} \quad y_{u,v}(n) = \sum_{m=0}^{L_{RA}-1} x_{u,v}(m) \cdot e^{-j2\pi mn L_{RA}}$$

其中  $L_{RA}=839$  或  $L_{RA}=[127 \text{ or } 139]$  根据前导格式确定，前导格式由 Tables 6.3.3.1-1 和 6.3.3.1-2 给定。

循环移位  $C_v$  给定为

$$C_v = \begin{cases} \frac{v}{N_{CS}} \text{ for unrestricted sets type A and B} \\ \frac{v}{N_{CS}} + (v \bmod N_{CS}) \text{ for restricted sets type B} \end{cases}$$

where  $N_{CS} = \begin{cases} L_{RA} & \text{for unrestricted sets type A and B} \\ L_{RA} / 2 & \text{for restricted sets type B} \end{cases}$

其中  $N_{CS}$  在 Table 6.3.3.1-3 中给定，高层参数 `restrictedSetConfig` 决定了受限集合的类型，6.3.3.1-1 和 6.3.3.1-2 指示了对不同前导格式的受限集合的类型。

变量  $d_u$  给定为

$$d_u = \begin{cases} qL_{RA} - q & 0 \leq q < L_{RA}/2 \\ \text{otherwise} & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中  $q$  是满足  $(qu) \bmod L_{RA} = 1$  的最小非负整数。循环移位的受限集合参数依赖于  $d_u$ 。

- 对于  $N_{CS} \leq d_u < L_{RA}/3$

$$\begin{aligned} n_{RAshift} &= d_u / N_{CS} & d_{start} &= 2d_u + n_{RAshift}N_{CS} & n_{RAgroup} &= L_{RA}/d_{start} \\ n_{RAshift}^- &= \max((L_{RA} - 2d_u - n_{RAgroup}d_{start})/N_{CS}, 0) & n_{shiftRA} &= d_u / N_{CS} \\ d_{start} &= 2d_u + n_{shiftRA}N_{CS} & n_{groupRA} &= L_{RA}/d_{start} \\ n_{shiftRA}^- &= \max((L_{RA} - 2d_u - n_{groupRA}d_{start})/N_{CS}, 0) \end{aligned}$$

- 对于  $L_{RA}/3 \leq d_u \leq (L_{RA} - N_{CS})/2$

$$\begin{aligned} n_{RAshift} &= (L_{RA} - 2d_u) / N_{CS} & d_{start} &= L_{RA} - 2d_u + n_{RAshift}N_{CS} & n_{RAgroup} &= \\ & d_u / d_{start} & n_{RAshift}^- &= \min(\max((d_u - n_{RAgroup}d_{start})/N_{CS}, 0), n_{RAshift}) \\ n_{shiftRA} &= (L_{RA} - 2d_u) / N_{CS} & d_{start} &= L_{RA} - \\ & 2d_u + n_{shiftRA}N_{CS} & n_{groupRA} &= d_u / d_{start} \\ n_{shiftRA}^- &= \min(\max((d_u - n_{groupRA}d_{start})/N_{CS}, 0), n_{shiftRA}) \end{aligned}$$

对于受限集合类型 B，参数规定为：

- 对于  $N_{CS} \leq d_u < L_{RA}/5$



$$\begin{aligned} nRA_{\text{shift}} &= d_u / NCS \quad d_{\text{start}} = 4d_u + nRA_{\text{shift}} NCS \\ nRA_{\text{group}} &= LRA / d_{\text{start}} \quad nRA_{\text{shift}} = \max((LRA - 4d_u - nRA_{\text{group}} d_{\text{start}}) / NCS, 0) \\ n\text{shift}RA &= d_u / NCS \\ d_{\text{start}} &= 4d_u + n\text{shift}RA NCS \\ n\text{group}RA &= LRA / d_{\text{start}} \quad n\text{shift}RA = \max((LRA - 4d_u - n\text{group}RA d_{\text{start}}) / NCS, 0) \end{aligned}$$

○ 对于  $LRA/5 \leq d_u \leq (LRA - NCS)/4$

$$\begin{aligned} nRA_{\text{shift}} &= (LRA - 4d_u) / NCS \quad d_{\text{start}} = LRA - 4d_u + nRA_{\text{shift}} NCS \\ nRA_{\text{group}} &= d_u / d_{\text{start}} \quad nRA_{\text{shift}} = \min(\max((d_u - nRA_{\text{group}} d_{\text{start}}) / NCS, 0), nRA_{\text{shift}}) \\ n\text{shift}RA &= (LRA - 4d_u) / NCS \quad d_{\text{start}} = LRA - 4d_u + n\text{shift}RA NCS \\ n\text{group}RA &= d_u / d_{\text{start}} \quad n\text{shift}RA = \min(\max((d_u - n\text{group}RA d_{\text{start}}) / NCS, 0), n\text{shift}RA) \end{aligned}$$

○ 对于  $(LRA + NCS)/4 \leq d_u < 2LRA/7$

$$\begin{aligned} nRA_{\text{shift}} &= (4d_u - LRA) / NCS \quad d_{\text{start}} = 4d_u - LRA + nRA_{\text{shift}} NCS \\ d_{\text{start}} &= LRA - 3d_u + nRA_{\text{group}} d_{\text{start}} + nRA_{\text{shift}} NCS \\ d_{\text{start}} &= LRA - 2d_u + nRA_{\text{group}} d_{\text{start}} + nRA_{\text{shift}} NCS \\ nRA_{\text{group}} &= d_u / d_{\text{start}} \quad nRA_{\text{shift}} = \max((LRA - 3d_u - nRA_{\text{group}} d_{\text{start}}) / NCS, 0) \\ nRA_{\text{shift}} &= \min((1 - \min(1, nRA_{\text{shift}}))(d_u - nRA_{\text{group}} d_{\text{start}}) + \min(1, nRA_{\text{shift}})(4d_u - LRA - nRA_{\text{shift}} NCS)) / NCS \\ n\text{shift}RA &= (4d_u - LRA) / NCS \quad d_{\text{start}} = 4d_u - LRA + n\text{shift}RA NCS \\ d_{\text{start}} &= LRA - 3d_u + n\text{group}RA d_{\text{start}} + n\text{shift}RA NCS \\ d_{\text{start}} &= LRA - 2d_u + n\text{group}RA d_{\text{start}} + n\text{shift}RA NCS \\ n\text{group}RA &= d_u / d_{\text{start}} \quad n\text{shift}RA = \min(\max((d_u - n\text{group}RA d_{\text{start}}) / NCS, 0), n\text{shift}RA) \end{aligned}$$

$$\begin{aligned} \text{shiftRA} &= \max((\text{LRA} - 3d_u - \text{ngroupRAstart}) / \text{NCS}, 0) \\ n\text{shiftRA} &= \min(d_u - \text{ngroupRAstart}, (4d_u - \text{LRA} - n\text{shiftRA} \text{NCS}) / \text{NCS}) \\ n\text{shiftRA} &= ((1 - \min(1, n\text{shiftRA})) (d_u - \text{ngroupRAstart}) + \min(1, n\text{shiftRA}) (4d_u - \text{LRA} - n\text{shiftRA} \text{NCS})) / \text{NCS} \\ n\text{shiftRA} &= 0 \end{aligned}$$

- 对于  $2\text{LRA}/7 \leq d_u \leq (\text{LRA} - \text{NCS})/3$

$$\begin{aligned} n\text{RAshift} &= (\text{LRA} - 3d_u) / \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= \text{LRA} - 3d_u + n\text{RAshift} \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= 0 \\ n\text{RAgroup} &= d_u / d_{\text{start}} \\ n\text{RAshift} &= \max((4d_u - \text{LRA} - n\text{RAgroup} d_{\text{start}}) / \text{NCS}, 0) \\ n\text{RAshift} &= \min(d_u - n\text{RAgroup} d_{\text{start}}, (\text{LRA} - 3d_u - n\text{RAshift} \text{NCS}) / \text{NCS}) \\ n\text{RAshift} &= 0 \\ n\text{shiftRA} &= (\text{LRA} - 3d_u) / \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= \text{LRA} - 3d_u + n\text{shiftRA} \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= 0 \\ n\text{groupRA} &= d_u / d_{\text{start}} \\ n\text{shiftRA} &= \max((4d_u - \text{LRA} - \text{ngroupRAstart}) / \text{NCS}, 0) \\ n\text{shiftRA} &= \min(d_u - \text{ngroupRAstart}, (\text{LRA} - 3d_u - n\text{shiftRA} \text{NCS}) / \text{NCS}) \\ n\text{shiftRA} &= 0 \end{aligned}$$

- 对于  $(\text{LRA} + \text{NCS})/3 \leq d_u < 2\text{LRA}/5$

$$\begin{aligned} n\text{RAshift} &= (3d_u - \text{Nzc}) / \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= 3d_u - \text{Nzc} + n\text{RAshift} \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= 0 \\ n\text{RAgroup} &= d_u / d_{\text{start}} \\ n\text{RAshift} &= \max((\text{LRA} - 2d_u - n\text{RAgroup} d_{\text{start}}) / \text{NCS}, 0) \\ n\text{RAshift} &= 0 \\ n\text{shiftRA} &= (3d_u - \text{Nzc}) / \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= 3d_u - \text{Nzc} + n\text{shiftRA} \text{NCS} \\ d_{\text{start}} &= 0 \\ n\text{groupRA} &= d_u / d_{\text{start}} \\ n\text{shiftRA} &= \max((\text{LRA} - 2d_u - \text{ngroupRAstart}) / \text{NCS}, 0) \\ n\text{shiftRA} &= 0 \end{aligned}$$

Format	$L_{\text{RA}}$	$\Delta f^{\text{RA}}$	$N_{\text{u}}$	$N_{\text{CP}}^{\text{RA}}$	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

**Table 6.3.3.1-2: Preamble formats for  $L_{RA} = [127 \text{ or } 139]$  and  $\Delta f^{RA} = 15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$  where  $\mu \in \{0, 1, 2, 3\}$**

Format	$L_{RA}$	$\Delta f^{RA}$	$N_u$	$N_{CP}^{RA}$	Support for restricted sets
A0	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$144 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
A1	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$288 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
A2	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$576 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
A3	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$864 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B1	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$216 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B2	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$360 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B3	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$6 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$504 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
B4	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$12 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$936 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
C0	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$1240 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-
C2	[127 or 139]	$15 \cdot 2^\mu \text{ kHz}$	$4 \cdot 2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	$2048 \kappa \cdot 2^{-\mu}$	-

**Table 6.3.3.1-3:  $N_{CS}$  for preamble formats 0-1**

zeroCorrelationZoneConfig	$N_{CS}$ value		
	Unrestricted set	Restricted set type A	Restricted set type B
0	0	15	15
1	13	18	18
2	15	22	22
3	18	26	26
4	22	32	32
5	26	38	38
6	32	46	46
7	38	55	55
8	46	68	68
9	59	82	82
10	76	100	100
11	93	128	118
12	119	158	137
13	167	202	-
14	279	237	-
15	419	-	-

## 映射到物理元素

前导序列应根据下式映射到物理资源

$$a_{(p,RA)k} = \beta_{PRACH} y_{u,v}(k) \quad k=0,1,\dots,L_{RA}-1 \quad a_{(p,RA)} = \beta_{PRACH}$$

$$PRACH y_{u,v}(k) \quad k=0,1,\dots,L_{RA}-1$$

其中  $\beta_{PRACH}$  是幅值因子，为满足 TS 38.213 规范对 PRACH 传输功率

$P_{PRACH}$  的要求，前导序列应乘以  $\beta_{PRACH}$ ， $p=4000$  是天线端口。基带信号应根据 2.3 节使用 Table 6.3.3.1-1 或 Table 6.3.3.1-2 的参数生成。

## 物理信号

### 参考信号

### 用于 PUSCH 的 DM-RS

#### 序列生成

若对 PUSCH 的转换预编码不启用，则参考信号序列  $r(m)$  根据下式生成

$$r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \sqrt{1-2\alpha} c(2m) + j \sqrt{1-2\alpha} c(2m+1) \right) \quad r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( \sqrt{1-2\alpha} c(2m) + j \sqrt{1-2\alpha} c(2m+1) \right)$$

其中伪随机序列  $c(i)$  在《NR 物理信道与调制》2.2 节中定义。

若对 PUSCH 的转换预编码启用，则参考信息  $r(m)$  根据下式生成

$$r(m) = e^{-j\pi qm(m+1)L} r(m) = e^{-j\pi qm(m+1)L}$$

Note: Agreement says "Support ZC-sequence for UL

DFT-S-OFDM DMRS" but unclear if this refers to the sequences

in LTE (ZC-derived/computer generated) or "pure" ZC.

## 资源映射

PUSCH DM-RS 根据 type 1 或 type 2 映射到物理资源，DM-RS 的类型由高层参数 UL-DMRS-config-type 给定。

UE 应根据以下规则将序列  $r(m)$  映射到 REs

- if transform precoding is not enabled,

$$a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{\text{DMRS}w_f(k')} \cdot w_t(l') \cdot r(2m+k'+m_0) \quad k = \{k_0 + 4m + 2k' + \Delta$$

$k_0 + 6m + k' + \Delta$  Configuration type 1 Configuration type 2  $k'$

$$= 0, 1, l = l' + l'_{ak}, l_{(p,\mu)} = \beta_{\text{DMRS}w_f(k')} \cdot w_t(l') \cdot r(2m+k'+m_0) \quad k = \{k_0 + 4m + 2k' + \Delta$$

Configuration type 1  $k_0 + 6m + k' + \Delta$  Configuration type 2  $k' = 0, 1, l = l' + l'$

- if transform precoding is enabled

$$a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{\text{DMRS}} w_f(k') \cdot w_t(l') \cdot r(2m+k'+m_0)k=k_0+4m+2k'+\Delta k'$$

$$=0,1|l=l'+l'_{\text{ak}},l(p,\mu) = \beta_{\text{DMRS}} w_f(k') \cdot w_t(l') \cdot r(2m+k'+m_0)k=k_0+4m+2k'+\Delta k'$$

$$=0,1|l=l'+l'$$

其中  $l$  是指相对于 PUSCH 传输的起始,  $w_f(k')$ ,  $w_t(l')$ , 和  $\Delta$  在 Tables 6.4.1.1.2-1 and 6.4.1.1.2-2 中给定。

时域索引  $l'$  和所支持的天线端口  $p$  根据 Table 6.4.1.1.2-3 中的 DM-RS duration 确定。

**Table 6.4.1.1.2-1: Parameters for PUSCH DM-RS configuration type 1 for single-symbol DM-RS.**

$p$	$\Delta$	$w_f(k')$		$w_t(l')$	
		$k'=0$	$k'=1$	$l'=0$	$l'=1$
1000	0	+1	+1	+1	+1
1001	0	+1	-1	+1	+1
1002	1	+1	+1	+1	+1
1003	1	+1	-1	+1	+1
1004	0	+1	+1	+1	-1
1005	0	+1	-1	+1	-1
1006	1	+1	+1	+1	-1
1007	1	+1	-1	+1	-1

**Table 6.4.1.1.2-2: Parameters for PUSCH DM-RS configuration type 2 for single-symbol DM-RS.**

$p$	$\Delta$	$w_f(k')$		$w_t(l')$	
		$k'=0$	$k'=1$	$l'=0$	$l'=1$
1000	0	+1	+1	+1	+1
1001	0	+1	-1	+1	+1
1002	2	+1	+1	+1	+1
1003	2	+1	-1	+1	+1
1004	4	+1	+1	+1	+1
1005	4	+1	-1	+1	+1
1006	0	+1	+1	+1	-1
1007	0	+1	-1	+1	-1
1008	2	+1	+1	+1	-1
1009	2	+1	-1	+1	-1
1010	4	+1	+1	+1	-1
1011	4	+1	-1	+1	-1

Table 6.4.1.1.2-3: PUSCH DM-RS duration  $l'$ .

DM-RS duration	$l'$	Supported antenna ports $p$	
		Configuration type 1	Configuration type 2
single-symbol DM-RS	0	1000 – 1003	1000 – 1005
double-symbol DM-RS	0, 1	1000 – 1007	1000 – 1011

Table 6.4.1.1.2-4: PUSCH DM-RS starting position  $\bar{l}$

UL-DMRS-add-pos	Starting position $\bar{l}$			
	Single-symbol DM-RS PUSCH mapping type A	Single-symbol DM-RS PUSCH mapping type B	Double-symbol DM-RS PUSCH mapping type A	Double-symbol DM-RS PUSCH mapping type B
0	$l_0$	$l_0$	$l_0$	$l_0$
1	$l_0+7$			
2	$l_0+9$			
3	$l_0+11$			

相位跟踪参考信号

序列生成

资源映射

## 用于 PUCCH 的 DM-RS

用于 PUCCH 格式 1 的 DM-RS

探测参考信号

序列生成

探测参考信号序列根据下式生成

$$r(m)=r_{(\alpha)u,v}(m)r(m)=r_{u,v}(\alpha)(m)$$

其中  $r_{(\alpha)u,v}(n)r_{u,v}(\alpha)(n)$  由 XXX 给定。



## 资源映射

探测参考信号应在上行天线端口  $3000 + i3000 + i$  上发送，其中  $i$  是  $i=0$  或  $i=0,1$  或  $i=0,1,2,3$  其中之一。

## 下行链路

## 下行链路

## 概述

### 物理信道概述

下行链路物理信道对应于一组资源元素（REs）的集合，用于承载源自高层的信息。本规范定义了如下下行信道：

- 物理下行共享信道（PDSCH）
- 物理广播信道（PBCH）
- 物理下行控制信道（PDCCH）

### 物理信号概述

下行物理信号是物理层使用的但不承载任何来自高层信息的信号。本规范定义了如下下行物理信号：

- 解调参考信号 ( Demodulation reference signals , DM-RS )
- 相位跟踪参考信号 ( Phase-tracking reference signals , PT-RS )
- 信道状态信息参考信号 ( Channel-state information reference signal , CSI-RS )
- 主同步信号 ( Primary synchronization signal , PSS )
- 辅同步信号 ( Secondary synchronization signal , SSS )

## 物理资源

本规范定义了下列用于下行链路的天线端口：

- Antenna ports starting with 1000 for DM-RS associated with PDSCH
- Antenna ports starting with 2000 for DM-RS associated with PDCCH
- Antenna ports starting with 3000 for CSI-RS
- Antenna ports starting with 4000 for SS/PBCH block transmission

## 物理信道

### 物理下行共享信道

#### 加扰

对于每个码字  $q$ ，UE 应假设比特块  $b_{(q)}(0), \dots, b_{(q)}(M_{(q)}\text{bit} -$

$1)b_{(q)}(0), \dots, b_{(q)}(M_{(q)}\text{bit} - 1)$  应在调制前被加扰，其中  $M_{(q)}\text{bit}$  是在物理信道

上传的码字  $q$  的比特数，加扰后的比特块为  $b_{\sim(q)}(0), \dots, b_{\sim(q)}(M_{(q)}\text{bit} - 1)$ 。根据如下公式进行加扰

$$b_{\sim(q)}(i) = (b_{(q)}(i) + c_{(q)}(i)) \bmod 2$$

其中加扰序列  $c_{(q)}(i)$  由 2.2 节给出。

## 调制

对于每个码字  $q$ ，UE 应假设加扰比特块  $b_{\sim(q)}(0), \dots, b_{\sim(q)}(M_{(q)}\text{bit} - 1)$  根据 Table 7.3.1.2-1 中的调制方式进行调制，具体调制方法见《NR 物理信道与调制》2.1 节，得到复值调制符号块  $d_{(q)}(0), \dots, d_{(q)}(M_{(q)}\text{symb} - 1)$ 。

**Table 7.3.1.2-1: Supported modulation schemes.**

Modulation scheme
QPSK
16QAM
64QAM
256QAM

## 层映射

UE 假设每个码字的复值调制符号根据 Table 7.3.1.3-1 被映射到一层或多层上发送。码字  $q$  的复值调制符号  $d_{(q)}(0), \dots, d_{(q)}(M_{(q)}\text{symb} - 1)$  被映射到层  $x(i) = [x_{(0)}(i) \dots x_{(v-1)}(i)]^T$ ， $T_x(i) = [x_{(0)}(i) \dots x_{(v-1)}(i)]^T$ ，

$i=0,1, \dots, M_{\text{layersymb}} - 1$   $i=0,1, \dots, M_{\text{symblayer}} - 1$  , 其中  $U$  是层数 ,

$M_{\text{layersymb}} M_{\text{symblayer}}$  是每层的调制符号数。

**Table 7.3.1.3-1: Codeword-to-layer mapping for spatial multiplexing**

Number of layers	Number of codewords	Codeword-to-layer mapping $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$	
1	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)}$
2	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i+1)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 2$
3	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(3i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(3i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(0)}(3i+2)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 3$
4	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(4i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(4i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(0)}(4i+2)$ $x^{(3)}(i) = d^{(0)}(4i+3)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 4$
5	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(1)}(3i)$ $x^{(3)}(i) = d^{(1)}(3i+1)$ $x^{(4)}(i) = d^{(1)}(3i+2)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 2 = M_{\text{symb}}^{(1)} / 3$
6	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(3i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(3i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(0)}(3i+2)$ $x^{(3)}(i) = d^{(1)}(3i)$ $x^{(4)}(i) = d^{(1)}(3i+1)$ $x^{(5)}(i) = d^{(1)}(3i+2)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 3 = M_{\text{symb}}^{(1)} / 3$
7	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(3i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(3i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(0)}(3i+2)$ $x^{(3)}(i) = d^{(1)}(4i)$ $x^{(4)}(i) = d^{(1)}(4i+1)$ $x^{(5)}(i) = d^{(1)}(4i+2)$ $x^{(6)}(i) = d^{(1)}(4i+3)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 3 = M_{\text{symb}}^{(1)} / 4$
8	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(4i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(4i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(0)}(4i+2)$ $x^{(3)}(i) = d^{(0)}(4i+3)$ $x^{(4)}(i) = d^{(1)}(4i)$ $x^{(5)}(i) = d^{(1)}(4i+1)$ $x^{(6)}(i) = d^{(1)}(4i+2)$ $x^{(7)}(i) = d^{(1)}(4i+3)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 4 = M_{\text{symb}}^{(1)} / 4$

## 预编码

$$y_{(0)}(i) : y_{(P-1)}(i) = x_{(0)}(i) : x_{(v-1)}(i) [y_{(0)}(i) : y_{(P-1)}(i)] = [x_{(0)}(i) : x_{(v-1)}(i)]$$

where  $P = vP = v$ .

## 资源映射

UE 应假设对物理信道的传输所使用的每个天线端口，复值符号块  $y_{(p)}(0), \dots, y_{(p)}(M_{\text{apsymb}} - 1)$  应符合 38.xxx 下行功率分配的规定，并且从  $y_{(p)}(0)$  开始映射到 REs  $(k, l)$ ，REs 满足以下所有条件：

- 它们位于分配给传输的资源块中
- 根据 TS 38.214，它们被声明可用于 PDSCH

向没有其他用途的 REs  $(k, l)_{p, \mu}$  上映射，以递增顺序先按天线端口索引  $p$ ，再按分配的物理资源索引  $k$ ，然后按索引  $l$  映射，索引  $l$  以 TS 38.213 规范的描述以  $l = l_0 = l_0$  为起始。

UE 可以假设在一个 PRB bundle 内使用相同的预编码，一个 PRB bundle 由 2 个或 4 个 PRBs 组成。PRB bundle 基于 absolute 资源格定义。

## 物理下行控制信道

### 控制信道单元

物理下行控制信道由一个或多个控制信道单元 ( control-channel elements , CCE ) 组成 , CCE 数由 Table 7.3.2.1-1 指示。

**Table 7.3.2.1-1: Supported PDCCH aggregation levels.**

Aggregation level	Number of CCEs
1	1
2	2
4	4
8	8

### 控制资源集

一个控制资源集 ( Control-resource set , CORESET ) 由  $N_{\text{CORESETRB}} N_{\text{RB}} N_{\text{CORESET}}$  个频域 RB 和  $N_{\text{CORESETsymb}} \in \{1,2,3\} N_{\text{symbCORESET}} \in \{1,2,3\}$  个时域符号组成 ,  $N_{\text{CORESETRB}} N_{\text{RB}} N_{\text{CORESET}}$  通过高层参数 CORESET-freq-dom 给定 ,  $N_{\text{CORESETsymb}} N_{\text{symbCORESET}}$  通过高层参数 CORESET-time-dur 给定 , 其中仅当高层参数 DL-DMRS-typeA-pos = 3 时支持  $N_{\text{CORESETsymb}} = 3 N_{\text{symbCORESET}} = 3$ 。

一个 CCE 由 6 个资源粒子组 ( resource-element group , REG ) 组成 , 一个 REG 等于一个 OFDM 符号上的 RB。一个 CORESET 内的 REGs 按时域优先的方式以递增顺序编号 , 在 CORESET 内从第 1 个 OFDM 符号且最低的 RB 以 0 开始编号。

UE 可以配置多个 CORESET。每个 CORESET 只与一个 CCE-to-REG 映射关联。

对于一个 CORESET, CCE-to-REG 映射可以交织( interleaved ),也可以不交织( non-interleaved ), 这由高层参数 CORESET-Trans-type 来配置, 并且由 REG bundles 来描述:

- REG bundle  $i$  定义为 REGs  $\{iL, iL+1, \dots, iL+L-1\}$ , 其中  $L$  是 REG bundle size, REG bundle size 由高层参数 CORESET-REG-bundle-size 配置,  $i=0, 1, \dots, N_{\text{CORESET-REG-bundle-size}}-1$  是 CORESET 内的 REG 数。
- CCE  $j$  由 REG bundles  $\{f(6j/L), f(6j/L+1), \dots, f(6j/L+6/L-1)\}$  组成, 其中  $f(\cdot)$  是交织器。

对于非交织的 CCE-to-REG 映射,  $L=6$  且  $f(j)=j$ 。

对于交织的 CCE-to-REG 映射, 对于  $N_{\text{CORESET-symb}}=1$ , 有  $L \in \{2, 6\}$ ; 对于  $N_{\text{CORESET-symb}} \in \{2, 3\}$ , 有  $L \in \{N_{\text{CORESET-symb}}, 6\}$ 。

UE 可假设在一个 REG bundle 内在频域上使用相同的预编码。

加扰

## PDCCH 调制

UE 应假设比特块  $b_0, \dots, b_{M_{\text{bit}}-1}$  进行 QPSK 调制,



QPSK 调制采用《NR 物理信道与调制》2.1.3 节所描述的方法，得到复值调制符号块  $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}}-1)$ 。

## 资源映射

UE 应假设用于监测 PDCCH 的 CCEs 中，复值符号块  $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}}-1)$  乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{PDCCH}}$ ，然后按照先  $l$  后  $k$  的递增顺序映射到  $\text{REs}(k, l)_{p, \mu(k, l)_{p, \mu}}$ 。

## 物理广播信道

### 调制

UE 应假设比特块  $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}}-1)$  采用 QPSK 调制，QPSK 调制采用《NR 物理信道与调制》2.1 节所描述的方法，得到复值调制符号块  $d_{\text{PBCH}}(0), \dots, d_{\text{PBCH}}(M_{\text{symb}}-1)$ 。

### 资源映射

资源映射在本文 1.4.3 节中描述。

## 物理信号

### 参考信号

## 用于 PDSCH 的 DM-RS

### 序列生成

UE 应假设参考信号序列  $r(m)$  定义为

$$r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( (1 - 2j) c(2m) + j(1 - 2j) c(2m+1) \right) \quad r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( (1 - 2j) c(2m) + j(1 - 2j) c(2m+1) \right)$$

其中伪随机序列  $c(i)$  在《NR 物理信道与调制》2.2 节中定义。

Note: Sequence defined on a global scale relative to (FFS) SSB block  
or RRC-configured reference point.

### 资源映射

UE 应假设 PDSCH DM-RS 根据 type 1 或 type 2 映射到 REs, DM-RS 的类型由高层参数 DL-DMRS-config-type 给定。

UE 应假设序列  $r(m)$  根据如下公式映射到 RE

$$a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{\text{DMRS}} w_f(k') \cdot w_t(l') \cdot r(2m + k' + m_0) \quad k = \{k_0 + 4m + 2k' + \Delta$$

$$k_0 + 6m + k' + \Delta \text{ Configuration type 1 Configuration type 2 } k' = 0, 1, l = l' + l'_{\text{ak}}, l(p,\mu) = \beta_{\text{DMRS}} w_f(k') \cdot w_t(l') \cdot r(2m + k' + m_0) \quad k = \{k_0 + 4m + 2k' + \Delta$$

$$\text{Configuration type 1 } k_0 + 6m + k' + \Delta \text{ Configuration type 2 } k' = 0, 1, l = l' + l'$$

其中  $l$  定义为相对于时隙的起始,  $w_f(k')$ ,  $w_t(l')$  和  $\Delta$  由 Tables 7.4.1.1.2-1 and 7.4.1.1.2-2 给定。

时域索引  $l'$  和所支持的天线端口  $p$  依赖于 DM-RS duration, DM-RS duration 根据 Table 7.4.1.1.2-3 确定。 $l'$  依赖于高层参数 DL-DMRS-add-pos, DL-DMRS-add-pos 由 Table 7.4.1.1.2-4 给定。 $l_0$  依赖于映射类型:

- 对于 PDSCH 映射类型 A: 如果高层参数 DL-DMRS-typeA-pos = 3 则  $l_0 = 3$ , 以及  $l_0 = 2$
- 对于 PDSCH 映射类型 B:  $l_0$  是 DM-RS 映射到所调度的 PDSCH 资源中的第 1 个 OFDM 符号

**Table 7.4.1.1.2-1: Parameters for PDSCH DM-RS configuration type 1 for single-symbol DM-RS.**

$p$	$\Delta$	$w_f(k')$		$w_t(l')$	
		$k' = 0$	$k' = 1$	$l' = 0$	$l' = 1$
1000	0	+1	+1	+1	+1
1001	0	+1	-1	+1	+1
1002	1	+1	+1	+1	+1
1003	1	+1	-1	+1	+1
1004	0	+1	+1	+1	-1
1005	0	+1	-1	+1	-1
1006	1	+1	+1	+1	-1
1007	1	+1	-1	+1	-1

**Table 7.4.1.1.2-2: Parameters for PDSCH DM-RS configuration type 2 for single-symbol DM-RS.**

$p$	$\Delta$	$w_f(k')$		$w_t(l')$	
		$k' = 0$	$k' = 1$	$l' = 0$	$l' = 1$
1000	0	+1	+1	+1	+1
1001	0	+1	-1	+1	+1
1002	2	+1	+1	+1	+1
1003	2	+1	-1	+1	+1
1004	4	+1	+1	+1	+1
1005	4	+1	-1	+1	+1
1006	0	+1	+1	+1	-1
1007	0	+1	-1	+1	-1
1008	2	+1	+1	+1	-1
1009	2	+1	-1	+1	-1
1010	4	+1	+1	+1	-1
1011	4	+1	-1	+1	-1

**Table 7.4.1.1.2-3: PDSCH DM-RS duration  $l'$ .**

DM-RS duration	$l'$	Supported antenna ports $p$	
		Configuration type 1	Configuration type 2
single-symbol DM-RS	0	1000 – 1003	1000 – 1005
double-symbol DM-RS	0, 1	1000 – 1007	1000 – 1011

**Table 7.4.1.1.2-4: PDSCH DM-RS starting position  $\bar{l}$**

DL-DMRS-add-pos	Starting position $\bar{l}$			
	Single-symbol DM-RS		Double-symbol DM-RS	
	PDSCH mapping type A	PDSCH mapping type B	PDSCH mapping type A	PDSCH mapping type B
0	$l_0$	$l_0$	$l_0$	$l_0$
1	$l_0, 7$			
2	$l_0, 9$			
3	$l_0, 11$			

Note: More than one additional DM-RS can be configured.

## 用于 PDSCH 的 PT-RS

### 序列生成

### 资源映射

UE 应假设只有当高层参数 DL-PTRS-present 指示 PT-RS 被使用时，并且只在用于 PDSCH 的 RBs 中呈现。

如果呈现，UE 应假设 PDSCH PT-RS 根据如下公式映射到物理资源

$$a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{PTRS} r(m)l = l_{DMRS} + 1 + L_{PTRS} \cdot l', l' = 0, 1, 2, \dots, a_{k,l(p,\mu)} = \beta$$

$$PTRS_r(m)l = l_{DMRS} + 1 + L_{PTRS} \cdot l', l' = 0, 1, 2, \dots$$

每  $K_{PTRS}$  个被调度的 RBs 中，当下列条件被满足时，从最低编号的 RB 开始调度 ( Note: It may not be the lowest numbers RB, FFS if an offset is used. )

- $l$  在用于 PDSCH 传输的所分配的 OFDM 符号内
- RE  $(k,l)$  不用于 DM-RS

其中

- 索引  $k$  是一个 PRB 内的子载波数
- 对于 1 个符号 DM-RS，有  $l_{DM-RS} = l_{DM-RS} = l_0$ ；对于 2 个符号 DM-RS，有  $l_{DM-RS} = l_0 + 1$ ，其中  $l_0$  由 1.4.1.1.2 节定义
- $K_{PTRS} \in \{2, 4\}$  由 [6, TS38.214] 给定

- $L_{PT-RS} \in \{1, 2, 4\}$   $L_{PT-RS} \in \{1, 2, 4\}$  由 [6, TS38.214] 给定

## 用于 PDCCH 的 DM-RS

## 用于 PBCH 的 DM-RS

### 序列生成

UE 应假设用于 SS/PBCH 的参考信号  $r(m)$  由下式定义

$$r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( (1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}} (1 - 2 \cdot c(2m+1)) \right) r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} (1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}} (1 - 2 \cdot c(2m+1))$$

其中  $c(n)$  由《NR 物理信道与调制》2.2 节给定。加扰序列生成应在每个 SS/PBCH 块的起始处通过小区 ID  $N_{cellID}$  和  $n_{tnt}$  被初始化。块时间索引由 PBCH DM-RS 承载。

### 资源映射

资源映射在 1.4.3 节中描述。

## CSI-RS

### 序列生成

UE 应假设参考信号序列  $r(m)$  由下式定义

$$r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( (1 - 2j) c(2m) + j(1 - 2j) c(2m+1) \right) \\ r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}} \left( (1 - 2j) c(2m) + j(1 - 2j) c(2m+1) \right)$$

其中伪随机序列  $c(i)$  由《NR 物理信道与调制》2.2 节定义。

资源映射

UE 应假设序列  $r(m)$  根据以下公式映射到物理资源

$$a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{\text{CSIRS}} w_f(k') \cdot w_t(l') \cdot r(m) \\ k = k^- + k' l = l^- + l' \\ a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{\text{CSIRS}} w_f(k') \cdot w_t(l') \cdot r(m) \\ k = k^- + k' l = l^- + l'$$

但有以下例外

- 与所配置的 CORESET 重叠的 REs 应从 CSI-RS 传输中排除

其中  $l$  定义为相对于时隙的起始,  $k^-$  和  $l^-$  由 Table 7.4.1.5.2-1 和  $w_f(k'), w_t(l') \in \{[+1+1], [+1-1], [-1+1], [-1-1]\}$   $w_f(k'), w_t(l') \in \{[+1+1], [+1-1], [-1+1], [-1-1]\}$  给定。对于每个  $l^-$ , 有长度为 6 的 bitmap  $[b_5 \cdots b_0]$ , 其中比特  $b_i$  隐含地以索引  $j$  按递增顺序指示  $k_j = 2^i k^- + j$ 。

Table 7.4.1.5.2-1: CSI-RS locations.

Ports	Density $\rho$	$(\bar{k}, \bar{l})$	$k'$	$l'$
1	$>1, 1, 0.5$	$(k_0, l_0)$	0	0
2	1, 0.5	$(k_0, l_0)$	0, 1	0
4	1	$(k_0, l_0), (k_0 + 2, l_0)$	0, 1	0
4	1	$(k_0, l_0), (k_0, l_1)$	0, 1	0
4	1	$(k_0, l_0)$	0, 1	0, 1
8	1	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0)$	0, 1	0
8	1	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1)$	0, 1	0
8	1	$(k_0, l_0), (k_1, l_0)$	0, 1	0, 1
12	1	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_4, l_0), (k_5, l_0)$	0, 1	0
12	1	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0)$	0, 1	0, 1
16	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1), (k_2, l_0 + 1), (k_3, l_0 + 1)$	0, 1	0
16	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0)$	0, 1	0, 1
24	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1), (k_2, l_0 + 1), (k_3, l_1), (k_4, l_1), (k_5, l_1), (k_3, l_1 + 1), (k_4, l_1 + 1), (k_5, l_1 + 1)$	0, 1	0
24	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_1), (k_4, l_1), (k_5, l_1)$	0, 1	0, 1
24	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_0, l_0 + 2), (k_1, l_0 + 2), (k_2, l_0 + 2)$	0, 1	0, 1
32	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_0, l_0 + 1), (k_1, l_0 + 1), (k_2, l_0 + 1), (k_3, l_0 + 1), (k_4, l_1), (k_5, l_1), (k_6, l_1), (k_7, l_1), (k_4, l_1 + 1), (k_5, l_1 + 1), (k_6, l_1 + 1), (k_7, l_1 + 1)$	0, 1	0
32	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_4, l_1), (k_5, l_1), (k_6, l_1), (k_7, l_1)$	0, 1	0, 1
32	1, 0.5	$(k_0, l_0), (k_1, l_0), (k_2, l_0), (k_3, l_0), (k_0, l_0 + 2), (k_1, l_0 + 2), (k_2, l_0 + 2), (k_3, l_0 + 2)$	0, 1	0, 1

## Tracking RS

Note: depending on future decisions, the TRS may become a realization of a CSI-RS in which case this section will be removed.

## 序列产生

UE 应假设参考信号序列  $r(m)r(m)$  定义为

$$r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - j2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - j2 \cdot c(2m+1))$$

$$r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - j2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - j2 \cdot c(2m+1))$$



其中伪随机序列  $c(i)$  由《NR 物理信道与调制》2.2 节定义。

## 资源映射

TRS burst 由 4 个 OFDM 符号组成，并在 2 个连续时隙内发送。

UE 应假设 TRS 在一个 burst 内根据以下公式映射到物理资源

$$a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{\text{TRSR}(m)}^{k=4m+k_0} a_{(p,\mu)k,l} = \beta_{\text{TRSR}(m)}^{k=4m+k_0}$$

The UE may assume that a TRS burst is quasi co-located with respect to delay spread, average delay, Doppler shift, and Doppler spread with the PDSCH DM-RS.

## 同步信号

### 物理层小区 ID

1008 个唯一的物理层小区 ID 通过下式给定

$$N_{\text{cellID}} = 3N_{(1)\text{ID}} + N_{(2)\text{ID}} \quad N_{\text{cellID}} = 3N_{(1)\text{ID}} + N_{(2)\text{ID}}$$

其中  $N_{(1)\text{ID}} \in \{0, 1, \dots, 335\}$   $N_{(1)\text{ID}} \in \{0, 1, \dots, 335\}$  且  $N_{(2)\text{ID}} \in \{0, 1, 2\}$   $N_{(2)\text{ID}} \in \{0, 1, 2\}$ 。

### 主同步信号

## 序列产生

主同步信号序列  $d_{PSS}(n)$  定义为

$$d_{PSS}(n) = 1 - 2x(m) \quad m = (n + 43N_{(2)ID}) \bmod 127, 0 \leq n < 127$$

$$d_{PSS}(n) = 1 - 2x(m) \quad m = (n + 43N_{ID(2)}) \bmod 127, 0 \leq n < 127$$

其中

$$x(i+7) = (x(i+4) + x(i)) \bmod 2$$

且

$$[x(6)x(5)x(4)x(3)x(2)x(1)x(0)] = [1110110]$$

资源映射

资源映射由 1.4.3 节描述。

## 辅同步信号

### 序列产生

辅同步信号序列  $d_{SSS}(n)$  定义为

$$\begin{aligned}
 d_{SSS}(n) &= [1 - 2x_0((n+m_0) \bmod 127)][1 - \\
 &2x_1((n+m_1) \bmod 127)] \quad m_0 = 15 \quad N_{(1)ID} 112 \\
 &+ 5N_{(2)ID} \quad m_1 = N_{(1)ID} \bmod 112 \quad 0 \leq n < 127 \\
 d_{SSS}(n) &= [1 - \\
 &2x_0((n+m_0) \bmod 127)][1 - 2x_1((n+m_1) \bmod 127)] \quad m_0 = 15 \quad N_{ID(1)} 112 \\
 &+ 5N_{ID(2)} \quad m_1 = N_{ID(1)} \bmod 112 \quad 0 \leq n < 127
 \end{aligned}$$

其中

$$\begin{aligned}
 x_0(i+7) &= (x_0(i+4) + x_0(i)) \bmod 2 \quad x_1(i+7) = (x_1(i+1) + x_1(i)) \bmod 2 \\
 x_0(i+7) &= (x_0(i+4) + x_0(i)) \bmod 2 \quad x_1(i+7) = (x_1(i+1) + x_1(i)) \bmod 2
 \end{aligned}$$

且

$$\begin{aligned}
 [x_0(6)x_0(5)x_0(4)x_0(3)x_0(2)x_0(1)x_0(0)] &= [0000001] [x_1(6)x_1(5)x_1(4)x_1(3)x_1(2)x_1(1)x_1(0)] = [0000001] \\
 [x_0(6)x_0(5)x_0(4)x_0(3)x_0(2)x_0(1)x_0(0)] &= [0000001] [x_1(6)x_1(5)x_1(4)x_1(3)x_1(2)x_1(1)x_1(0)] = [0000001]
 \end{aligned}$$

资源映射

资源映射由 1.4.3 节描述。

## SS/PBCH 块

### SS/PBCH 块的时频结构

在时域上，一个 SS/PBCH 块由 4 个 OFDM 符号组成，按递增顺序从 0 到 3 编号。在频域上，一个 SS/PBCH 块由 24 个连续 RBs 组成，其中的子载波按递增顺序从 0 到 287 编号，以编号最低的 RB 为起始。

UE 应假设为了符合[TS 38.213]中的 PSS 功率分配规定，符号序列

$d_{\text{PSS}}(0), \dots, d_{\text{PSS}}(126)$  应乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{SS}}$  以构成主同步信号，并按照  $k$  递增的顺序映射到 REs  $(k, l)_{p, \mu}$ ，其中  $k$  和  $l$  分别表示一个 SS/PBCH 块内频域和时域索引，并由 Table 7.4.3.1-1 给定。

UE 应假设为了符合[TS 38.213]中的 SSS 功率分配规定，符号序列

$d_{\text{SSS}}(0), \dots, d_{\text{SSS}}(126)$  应乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{SS}}$  以构成辅同步信号，并按照  $k$  递增的顺序映射到 REs  $(k, l)_{p, \mu}$ ，其中  $k$  和  $l$  分别表示一个 SS/PBCH 块内频域和时域索引，并由 Table 7.4.3.1-1 给定。

UE 应假设为了符合[TS 38.213]中的 PBCH 功率分配规定，复值符号序列

$d_{\text{PBCH}}(0), \dots, d_{\text{PBCH}}(M_{\text{symb}} - 1)$  应乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{PBCH}}$  以构成物理广播信道，并且从  $d_{\text{PBCH}}(0)$  开始映射到 REs  $(k, l)_{p, \mu}$ ，其中 REs 满足以下所有条件：

- 它们不用于 PBCH DM-RS

向没有其他用途的 REs  $(k, l)_{p, \mu}$  上映射，以递增顺序先按  $k$  再按  $l$  映射，其中  $k$  和  $l$  分别表示一个 SS/PBCH 块内的频域和时域索引，并由 Table 7.4.3.1-1 给定。

UE 假设为了符合[TS 38.213]中的 PBCH DM-RS 功率分配规定，复值符号序列  $r_l(0), \dots, r_l(143)$  应乘以一个幅值因子  $\beta_{\text{DM-RS PBCH}} \beta_{\text{PBCH DM-RS}}$  以构成 SS/PBCH 块的 DM-RS，并且以递增顺序先按  $k$  后按  $l$  映射到 REs  $(k, l)_{p, \mu(k, l)p, \mu}$ ，其中  $k$  和  $l$  分别表示一个 SS/PBCH 块内的频域和时域索引，并由 Table 7.4.3.1-1 和  $v = N_{\text{cellID}} \bmod 4$  给定。

对于 SS/PBCH 块，UE 应假设

- 天线端口  $p=4000$ ，
- 子载波间隔配置  $\mu \in \{0, 1, 3, 4\}$ ，且
- 对于 PSS，SSS 和 PBCH 有相同的 CP 长度和子载波间隔

The UE may assume that SS/PBCH blocks transmitted with the same block time index within a SS/PBCH burst set periodicity are quasi co-located with respect to Doppler spread, Doppler shift, average gain, average delay, and spatial Rx parameters. The UE shall not assume quasi co-location for any other SS/PBCH block transmissions.

**Table 7.4.3.1-1: Resources within an SS/PBCH block for PSS, SSS, PBCH, and DM-RS for PBCH.**

Channel or signal	OFDM symbol number $l$	Subcarrier number $k$
PSS	0	80, 81, ..., 206
SSS	2	80, 81, ..., 206
PBCH	1, 3	0, 1, ..., 287
DM-RS for PBCH	1, 3	$0 + v, 4 + v, 8 + v, \dots, 280 + v, 284 + v$

## SS/PBCH 块的时域位置

UE 应对可能的 SS/PBCH 块进行监测的时域位置在[TS38.213] 4.1 节描述。

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。

