

3GPP-LTE 物理层资源映射（36.211 标准）

（中文版）

目 录

1 帧结构.....	5
1.1 帧结构 1 5	
1.2 帧结构 2 5	
2 上行.....	6
2.1 概述 6	
2.1.1 物理信道.....	6
2.1.2 物理信号.....	7
2.2 时隙结构和物理资源 7	
2.2.1 资源网格.....	7
2.2.2 资源元素.....	8
2.2.3 资源块 8	
2.3 物理上行共享信道 PUSCH 9	
2.3.1 扰码 9	
2.3.2 调制 10	
2.3.3 变换预编码.....	10
2.3.4 物理资源映射.....	10
2.4 物理上行控制信道 11	
2.4.1 PUCCH 格式 1/1a/1b.....	12
2.4.2 PUCCH 格式 2,2a 和 2b.....	14
2.4.3 物理资源映射.....	15
2.5 参考信号 16	
2.5.1 参考信号序列的产生.....	16
2.5.2 解调参考信号.....	20
2.5.3 探测参考信号 (Sounding reference signal)	23
2.6 SC-FDMA 基带信号产生 27	
2.7 物理随机接入信道 27	
2.7.1 时间和频率结构.....	27
2.7.2 前导序列生成.....	35
2.7.3 基带信号生成.....	39
2.8 调制和上变频 39	
3 下行.....	40
3.1 概述 40	
3.1.1 物理信道.....	40
3.1.2 物理信号.....	40
3.2 时隙结构和物理资源元素 40	
3.2.1 资源网格.....	40
3.2.2 资源元素.....	41
3.2.3 资源块.....	42
3.2.4 资源元素组.....	44

3.2.5 半双工 FDD 操作的保护周期.....	45
3.2.6 TDD 操作的保护周期.....	45
3.3 下行物理信道的一般结构	45
3.3.1 扰码	46
3.3.2 调制	46
3.3.3 层映射	46
3.3.4 预编码	48
3.3.5 物理资源映射.....	51
3.4 物理下行共享信道	51
3.5 物理多播信道	52
3.6 物理广播信道	52
3.6.1 扰码	52
3.6.2 调制	52
3.6.3 层映射和预编码.....	52
3.6.4 资源单元映射.....	53
3.7 物理控制格式指示信道	53
3.7.1 扰码	53
3.7.2 调制	54
3.7.3 层映射与预编码.....	54
3.7.4 映射到资源元素.....	54
3.8 物理下行控制信道	55
3.8.1 PDCCH 格式.....	55
3.8.2 PDCCH 复用与加扰.....	55
3.8.3 调制	56
3.8.4 层映射和预编码.....	56
3.9 物理混合 ARQ 指示信道	57
3.9.1 调制	58
3.9.2 资源组调整, 层映射和预编码.....	59
3.9.3 映射到资源元素.....	60
3.10 参考信号	62
3.10.1 特定小区参考信号.....	62
3.10.2 MBSFN 参考信号.....	64
3.10.3 特定 UE 参考信号.....	66
3.11 同步信号	68
3.11.1 主同步信号.....	69
3.11.2 次同步信号.....	69
3.12 OFDM 基带信号生成	72
3.13 调制和上变频	73
4 通用函数.....	73
4.1 调制映射	73
4.1.1 BPSK	73
4.1.2 QPSK	73
4.1.3 16 QAM.....	74
4.1.4 64 QAM.....	75

4.2 伪随机序列生成 78

5 定时..... 78

5.1 上下行帧定时 78

1 帧结构

TS.36.211 规定了 LTE 的物理信道及其调制，时间单元为 $T_s = 1/(15000 \times 2048)s$ 。上行和下行以无线帧的形式进行传输，帧长为 $T_f = 307200 \times T_s = 10\text{ ms}$ ，有两种帧结构：

- Type 1，用于 FDD
- Type 2，用于 TDD

1.1 帧结构 1

帧结构 1 用于全双工和半双工 FDD。每个无线帧长为 $T_f = 307200 \times T_s = 10\text{ ms}$ ，由 20 个时隙构成，时隙长 $T_{\text{slot}} = 15360 \cdot T_s = 0.5\text{ ms}$ ，一个子帧有相邻两个时隙组成，如子帧 i 由时隙 $2i$ 和 $2i+1$ 组成。

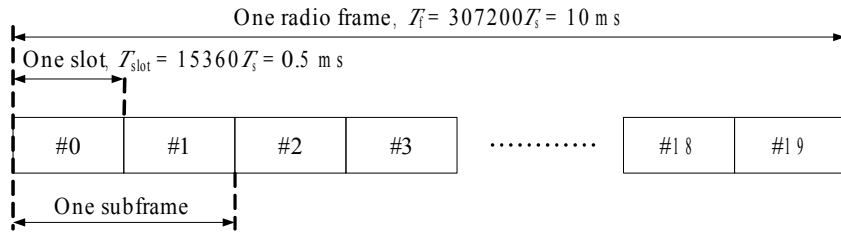


图 1 帧结构 1

1.2 帧结构 2

帧结构 2 用于 TDD，每个无线帧长为 $T_f = 307200 \cdot T_s = 10\text{ ms}$ ，有两个半帧 $T_f = 153600 \cdot T_s = 5\text{ ms}$ ，每个半帧有五个长度为 $30720 \cdot T_s = 1\text{ ms}$ 的子帧组成，上下行配置如表 1 所列。其中 D 代表下行，U 代表上行，S 代表特殊子帧 (DwPTS, GP 和 UpPTS)，DwPTS 和 UpPTS 的长度由表 2 给出，DwPTS, GP 和 UpPTS 总长度为 $30720 \cdot T_s = 1\text{ ms}$ 。一个子帧有相邻两个时隙组成，如子帧 i 由时隙 $2i$ 和 $2i+1$ 组成。

支持 5ms 和 10ms 的上下行切换点周期的结构。5ms 周期的上下行切换点的情况下，特殊子帧存在于每个半帧。10ms 周期的上下行切换点的情况下，特殊子帧仅存在于前半帧。子帧 0、5、和 DwPTS 总是用于下行，UpPTS 以及其后紧接着的子帧总是用于上行。

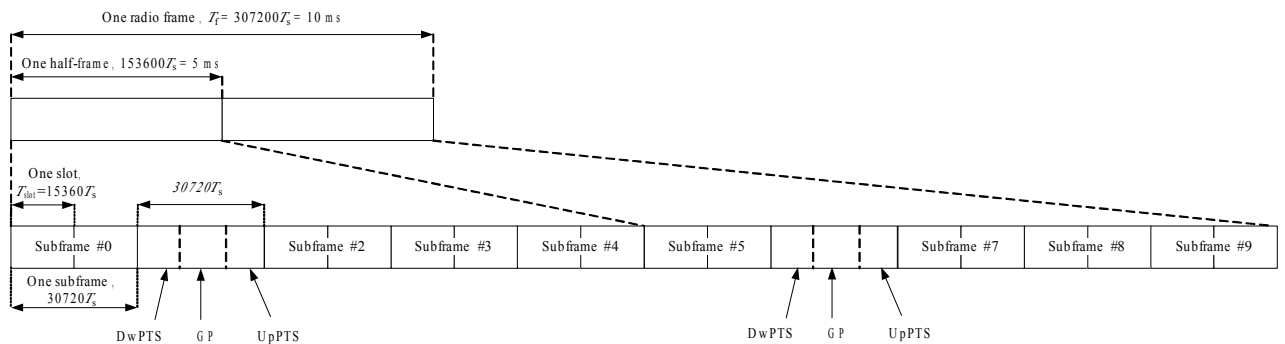


图 2 Frame structure type 2 (for 5 ms switch-point periodicity)

表 1 特殊子帧配置 (DwPTS/GP/UsPTS 的长度)

Special subframe configuration	Normal cyclic prefix			Extended cyclic prefix		
	DwPTS	GP	UpPTS	DwPTS	GP	UpPTS
0	$6592 \cdot T_s$	$21936 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$20480 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$
1	$19760 \cdot T_s$	$8768 \cdot T_s$		$20480 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	
2	$21952 \cdot T_s$	$6576 \cdot T_s$		$23040 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	
3	$24144 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$		$25600 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	
4	$26336 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$		$7680 \cdot T_s$	$17920 \cdot T_s$	
5	$6592 \cdot T_s$	$19744 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$20480 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$
6	$19760 \cdot T_s$	$6576 \cdot T_s$		$23040 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	
7	$21952 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$		-	-	
8	$24144 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$		-	-	

表 2 上下行配置

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

2 上行

2.1 概述

上行传输的最小资源单元定义为资源元素。

2.1.1 物理信道

上行物理信道包括三种信道：

- 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

2.1.2 物理信号

上行物理信号不携带任何来自上层的信息，定义为参考信号。

2.2 时隙结构和物理资源

2.2.1 资源网格

每个时隙的传输信号被定义为 $N_{\text{RB}}^{\text{UL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个子载波和 $N_{\text{symb}}^{\text{UL}}$ 个 SC-FDMA 符号的资源网格，如图 3 所示，

其中 $N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$ 为上行链路的资源块数，决定于小区中的上行带宽，需满足：

$$N_{\text{RB}}^{\text{min,UL}} \leq N_{\text{RB}}^{\text{UL}} \leq N_{\text{RB}}^{\text{max,UL}}$$

其中， $N_{\text{RB}}^{\text{min,UL}} = 6$ ， $N_{\text{RB}}^{\text{max,UL}} = 110$ 分别为最小和最大上行带宽， $N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$ 由 TS.36.104 给出。一个时隙的 SC-OFDMA 符号的数量决定于上层指配的循环前缀的长度，在表 3 中给出。

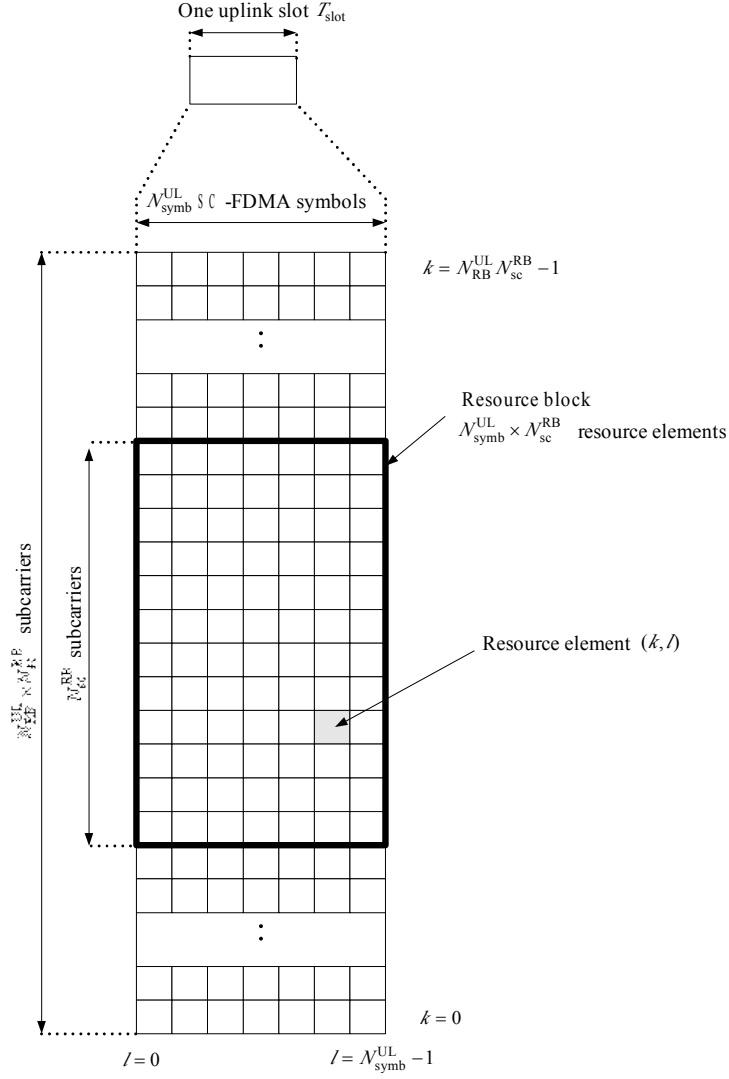


图 3 上行资源网格

2.2.2 资源元素

资源网格中的每个元素为一个资源元素，并且在一个时隙中被标号 (k, l) 唯一指定，其中 $k = 0, \dots, N_{\text{RB}}^{\text{UL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - 1$, $l = 0, \dots, N_{\text{symb}}^{\text{UL}} - 1$ 分别为频域和时域的标号。与资源元素 (k, l) 相对应的复数为 $a_{k,l}$ ， $a_{k,l}$ 相对应的资源如果没有用于一个物理信道或物理信号的传输，则被置为 0。

2.2.3 资源块

一个物理资源块定义为时域的 $N_{\text{symb}}^{\text{UL}}$ 个连续 SC-FDMA 符号和频域的 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个连续子载波。其中 $N_{\text{symb}}^{\text{UL}}$ 和 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 有表 3 给出，故一个上行物理资源块由 $N_{\text{symb}}^{\text{UL}} \times N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个资源单元组成。相应于时域的一个时隙和

频域的 180KHz。

表 3 资源块参数

Configuration	N_{sc}^{RB}	N_{symb}^{UL}
Normal cyclic prefix	12	7
Extended cyclic prefix	12	6

频域物理资源块编号 n_{PRB} 和一个时隙中资源单元 (k, l) 的关系有下式给出：

$$n_{PRB} = \left\lfloor \frac{k}{N_{sc}^{RB}} \right\rfloor$$

2.3 物理上行共享信道 PUSCH

代表物理上行共享信道的基带信号由下面的步骤给定：

- 扰码
- 扰码调制，生成复数符号
- 变换预编码，生成复数符号
- 将复数符号映射到资源单元
- 在每个天线端口生成复数时域 SC-FDMA 信号

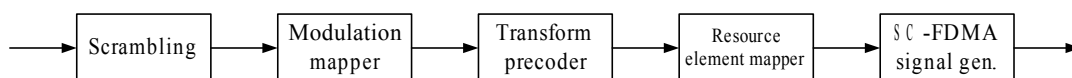


图 4 上行物理信道过程描述

2.3.1 扰码

在物理上行共享信道中的一个子帧中要传输的比特块为 $b(0), \dots, b(M_{bit} - 1)$ ，在调制之前需用一个 UE 的特定扰码序列进行扰码，生成的扰码序列比特为 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{bit} - 1)$ ，扰码过程如下：

Set $i = 0$

while $i < M_{bit}$

if $b(i) = x$ // ACK/NAK 或梳状指示占位比特

$\tilde{b}(i) = 1$

else

if $b(i) = y$ // ACK/NAK 或梳状指示重复占位比特

$\tilde{b}(i) = \tilde{b}(i-1)$

else // 数据或信道质量编码比特，梳状指示编码比特或 ACK/NAK 编码比特

$\tilde{b}(i) = (b(i) + c(i)) \bmod 2$

```

end if
i = i + 1
end while

```

其中 Q_m 为每个调制符号的比特数（根据 PUSCH 的调制方案）， x 和 y 为 TS.36.212 中 5.2.2.6 节规定的标记。扰码序列 $c(i)$ 的生成应在每一子帧的开始被 $c_{\text{init}} = n_{\text{RNTI}} \cdot 2^{14} + \lfloor n_s/2 \rfloor \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 初始化。

2.3.2 调制

扰码比特 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ 根据相应规则被调制为复数符号 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 。表 4

指定了用于物理上行共享信道调制映射方案。

表 4 上行调制方案

Physical channel	Modulation schemes
PUSCH	QPSK, 16QAM, 64QAM

2.3.3 变换预编码

复数符号 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 被分为 $M_{\text{symb}}/M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}$ 个子集，每个对应于一个 SC-FDMA 符号。传输预编码根据下式进行：

$$\begin{aligned}
z(l \cdot M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} + k) &= \frac{1}{\sqrt{M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}}} \sum_{i=0}^{M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} - 1} d(l \cdot M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} + i) e^{-j \frac{2\pi i k}{M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}}} \\
k &= 0, \dots, M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} - 1 \\
l &= 0, \dots, M_{\text{symb}}/M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} - 1
\end{aligned}$$

得到了一个复数符号块 $z(0), \dots, z(M_{\text{symb}} - 1)$ 。变量 $M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} = M_{\text{RB}}^{\text{PUSCH}} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ，其中 $M_{\text{RB}}^{\text{PUSCH}}$ 为分给 PUSCH

的资源，应满足： $M_{\text{RB}}^{\text{PUSCH}} = 2^{\alpha_2} \cdot 3^{\alpha_3} \cdot 5^{\alpha_5} \leq N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$ ，其中 $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$ 为一个非负整数集合。

2.3.4 物理资源映射

复数符号块 $z(0), \dots, z(M_{\text{symb}} - 1)$ 与一个幅度因子 β_{PUSCH} 相乘，然后映射到分配给 PUSCH 传输的物理资源块，映射从 $z(0)$ 开始。根据分配给用于传输参考信号和不用于传输参考信号的物理资源块，资源单元的映射在每一个子帧的第一个时隙从第一个标号 k 以升序的方式进行，然后从第一个标号 l 开始（先频域后时域）。

如果禁止上行跳频或跳频包括在上行调度授权中，则用于传输的物理资源块以 $n_{\text{PRB}} = n_{\text{VRB}}$ 的形式

给出。其中 n_{VRB} 可从上行调度授权中得到 TS.36.213。

如果允许上行跳频（给定跳频图样），在时隙 n_s 中用于传输的物理资源块由调度授权与给定的跳频图样共同决定：

$$\begin{aligned}\tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) &= (\tilde{n}_{\text{VRB}} + f_{\text{hop}}(i) \cdot N_{\text{RB}}^{\text{sb}} + ((N_{\text{RB}}^{\text{sb}} - 1) - 2(\tilde{n}_{\text{VRB}} \bmod N_{\text{RB}}^{\text{sb}})) \cdot f_m(i)) \bmod N_{\text{RB}}^{\text{sb}} \cdot N_{\text{sb}} \\ i &= \begin{cases} \lfloor n_s/2 \rfloor & \text{inter-subframe hopping} \\ n_s & \text{intra and inter-subframe hopping} \end{cases} \\ n_{\text{PRB}}(n_s) &= \begin{cases} \tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) & N_{\text{sb}} = 1 \\ \tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) + \lfloor N_{\text{RB}}^{\text{PUCCH}}/2 \rfloor & N_{\text{sb}} > 1 \end{cases} \\ \tilde{n}_{\text{VRB}} &= \begin{cases} n_{\text{VRB}} & N_{\text{sb}} = 1 \\ n_{\text{VRB}} - \lfloor N_{\text{RB}}^{\text{PUCCH}}/2 \rfloor & N_{\text{sb}} > 1 \end{cases}\end{aligned}$$

其中，子载波带宽 N_{sb} 由高层给定，函数 $f_m(i) \in \{0,1\}$ 决定是否使用镜像（mirroring）。高层提供的跳频模式参数决定跳频是子帧间（inter-subframe）还是子帧内加子帧间（intra and inter-subframe）。

跳频函数 $f_{\text{hop}}(i)$ 和函数 $f_m(i)$ 为：

$$\begin{aligned}f_{\text{hop}}(i) &= \begin{cases} 0 & N_{\text{sb}} = 1 \\ (f_{\text{hop}}(i-1) + 1) \bmod N_{\text{sb}} & N_{\text{sb}} = 2 \\ (f_{\text{hop}}(i-1) + \left(\sum_{k=i \cdot 10 + 1}^{i \cdot 10 + 9} c(k) \times 2^{k - (i \cdot 10 + 1)} \right) \bmod (N_{\text{sb}} - 1) + 1) \bmod N_{\text{sb}} & N_{\text{sb}} > 2 \end{cases} \\ f_m(i) &= \begin{cases} i \bmod 2 & N_{\text{sb}} = 1 \\ c(i \cdot 10) & N_{\text{sb}} > 1 \end{cases}\end{aligned}$$

其中 $f_{\text{hop}}(-1) = 0$ ，扰码序列 $c(\cdot)$ 在 4.2 中给出。

2.4 物理上行控制信道

物理上行控制信道 PUCCH 携带控制信息。PUCCH 和 PUSCH 不同时传输来自同一个 UE 的信息。对帧结构 2，PUCCH 不在 UpPTS 中传输。

物理上行控制信道支持多种格式，如表 5 所示。格式 2a 和 2b 仅仅用来支持普通循环前缀。

表 5 PUCCH 格式

PUCCH format ^a	Modulation scheme ^a	Number of bits per subframe, M_{bit} ^a
1 ^a	N/A ^a	N/A ^a
1a ^a	BPSK ^a	1 ^a
1b ^a	QPSK ^a	2 ^a
2 ^a	QPSK ^a	20 ^a
2a ^a	QPSK+BPSK ^a	21 ^a
2b ^a	QPSK+QPSK ^a	22 ^a

所有 PUCCH 格式在每个符号中使用一个循环移位序列，其中 $n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l)$ 用来得出不同 PUCCH 格式

的循环移位序列。 $n_{cs}^{cell}(n_s, l)$ 随符号序号 l 和 时隙序号 n_s 而变。有：

$$n_{cs}^{cell}(n_s, l) = \sum_{i=0}^7 c(8N_{symb}^{UL} \cdot n_s + 8l + i) \cdot 2^i$$

其中，伪随机序列 $c(i)$ 在 4.2 中有定义。伪随机序列的生成需在无线帧的开始用 $c_{init} = N_{ID}^{cell}$ 初始化。

用于 PUCCH 的物理资源决定于两个参数， $N_{RB}^{(2)}$ 和 $N_{cs}^{(1)}$ 由上层给出。变量 $N_{RB}^{(2)} \geq 0$ 表示每个时隙中资源块形式的带宽预留给 PUCCH 的格式 2/2a/2b, 变量 $N_{cs}^{(1)}$ 表示在一个混合格式的资源块中 PUCCH 格式 1/1a/1b 的循环移位数，变量 $N_{cs}^{(1)}$ 是一个整数与 Δ_{shift}^{PUCCH} 的乘积， Δ_{shift}^{PUCCH} 在范围 $\{1, 2, \dots, 8\}$ 内，其中 Δ_{shift}^{PUCCH} 在 2.4.1 中给出。当 $N_{cs}^{(1)} = 0$ 时，代表无混合资源块。每个时隙中至多一个资源块支持混合格式。用来传输 PUCCH 格式 1/1a/1b 和 2/2a/2b 的资源分别由非负整数 $n_{PUCCH}^{(1)}$ （PUCCH 格式 1/1a/1b

的资源索引）和 $n_{PUCCH}^{(2)} < N_{RB}^{(2)} N_{sc}^{RB} + \left\lceil \frac{N_{cs}^{(1)}}{8} \right\rceil \cdot (N_{sc}^{RB} - N_{cs}^{(1)} - 2)$ 代表。

2.4.1 PUCCH 格式 1/1a/1b

对格式 1，信息由来自 UE 的 PUCCH 传输的 presence/absence 携带。在该节的下面， $d(0)=1$ 被认为是 PUCCH 格式 1。

对格式 1a/1b，分别有 1 个或 2 个明确的比特（explicit bits）被传输。比特块 $b(0), \dots, b(M_{bit} - 1)$ 应该根据表 2.4.1-1 调制，得到一个复数比特 $d(0)$ 。不同 PUCCH 的调制方案在表 2.4-1 中给出。复数符号 $d(0)$ 与长度为 $N_{seq}^{PUCCH} = 12$ 的循环移位序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 相乘，即下式：

$$y(n) = d(0) \cdot r_{u,v}^{(\alpha)}(n), \quad n = 0, 1, \dots, N_{seq}^{PUCCH} - 1$$

其中， $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 在 2.5.1 中定义， $M_{sc}^{RS} = N_{seq}^{PUCCH}$ 。循环移位 α 在符号和时隙之间变化，定义在下面给出。

符号块 $y(0), \dots, y(N_{seq}^{PUCCH} - 1)$ 用 $S(n_s)$ 扰码，用正交序列 $w_{n_{oc}}(i)$ block-wise 扩展，如下：

$$z\left(m' \cdot N_{SF}^{PUCCH} \cdot N_{seq}^{PUCCH} + m \cdot N_{seq}^{PUCCH} + n\right) = S(n_s) \cdot w_{n_{oc}}(m) \cdot y(n)$$

其中，

$$m = 0, \dots, N_{SF}^{PUCCH} - 1$$

$$n = 0, \dots, N_{seq}^{PUCCH} - 1$$

$$m' = 0, 1$$

$$S(n_s) = \begin{cases} 1 & \text{if } n'(n_s) \bmod 2 = 0 \\ e^{j\pi/2} & \text{otherwise} \end{cases}$$

格式 1 和普通格式 1a/1b 的两个时隙， $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 4$ ，缩短格式 1a/1b 的第一时隙 $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 4$ ，第二时隙 $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 3$ 。序列 $w_{n_{\text{oc}}}(i)$ 由表 2.4.1-2 和表 2.4.1-3 给出。

用于 PUCCH 格式 1/1a/1b 的资源被一个资源索引 $n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ 标志，通过它可以决定正交序列索引 $n_{\text{oc}}(n_s)$ 和循环移位 $\alpha(n_s, l)$ ，根据下式：

$$n_{\text{oc}}(n_s) = \begin{cases} \left\lfloor n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} / N' \right\rfloor & \text{for normal cyclic prefix} \\ 2 \cdot \left\lfloor n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} / N' \right\rfloor & \text{for extended cyclic prefix} \end{cases}$$

$$\alpha(n_s, l) = 2\pi \cdot n_{\text{cs}}(n_s, l) / N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$$

$$n_{\text{cs}}(n_s, l) = \begin{cases} \left[n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l) + \left(n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} + \delta_{\text{offset}}^{\text{PUCCH}} + (n_{\text{oc}}(n_s) \bmod \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}) \right) \bmod N' \right] \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{for normal cyclic prefix} \\ \left[n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l) + \left(n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} + \delta_{\text{offset}}^{\text{PUCCH}} + n_{\text{oc}}(n_s)/2 \right) \bmod N' \right] \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{for extended cyclic prefix} \end{cases}$$

其中，

$$N' = \begin{cases} N_{\text{cs}}^{(1)} & \text{if } n_{\text{PUCCH}}^{(1)} < c \cdot N_{\text{cs}}^{(1)} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} \\ N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$$c = \begin{cases} 3 & \text{normal cyclic prefix} \\ 2 & \text{extended cyclic prefix} \end{cases}$$

一个子帧的两个时隙中的两个资源块中 PUCCH 映射到的资源标志由下式给出：

当 $n_s \bmod 2 = 0$ 时

$$n'(n_s) = \begin{cases} n_{\text{PUCCH}}^{(1)} & \text{if } n_{\text{PUCCH}}^{(1)} < c \cdot N_{\text{cs}}^{(1)} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} \\ \left(n_{\text{PUCCH}}^{(1)} - c \cdot N_{\text{cs}}^{(1)} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} \right) \bmod \left(c \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} \right) & \text{otherwise} \end{cases}$$

当 $n_s \bmod 2 = 1$ 时

$$n'(n_s) = \begin{cases} \left[c(n'(n_s - 1) + 1) \right] \bmod \left(c N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} + 1 \right) - 1 & n_{\text{PUCCH}}^{(1)} \geq c \cdot N_{\text{cs}}^{(1)} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} \\ \left\lfloor h/c \right\rfloor + (h \bmod c) N' / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 $h = (n'(n_s - 1) + d) \bmod (c N' / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}})$ ，对于普通 CP $d = 2$ ，对于扩展 CP $d = 0$ 。

$$\Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} \in \begin{cases} \{1, 2, 3\} & \text{for normal cyclic prefix} \\ \{1, 2, 3\} & \text{for extended cyclic prefix} \end{cases}$$

$$\delta_{\text{offset}}^{\text{PUCCH}} \in \{0, 1, \dots, \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} - 1\}$$

上面两数由高层给出。

表 2.4.1-1 PUCCH 格式 1a/1b 的调制符号 $d(0)$

PUCCH format	$b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$	$d(0)$
1a	0	1
	1	-1
1b	00	1
	01	-j
	10	j
	11	-1

表 2.4.1-2 $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 4$ 的正交序列 $[w(0) \dots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1)]$

Sequence index $n_{\text{oc}}(n_s)$	Orthogonal sequences $[w(0) \dots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1)]$
0	$[+1 \ +1 \ +1 \ +1]$
1	$[+1 \ -1 \ +1 \ -1]$
2	$[+1 \ -1 \ -1 \ +1]$

表 2.4.1-3 $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 3$ 的正交序列 $[w(0) \dots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1)]$

Sequence index $n_{\text{oc}}(n_s)$	Orthogonal sequences $[w(0) \dots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1)]$
0	$[1 \ 1 \ 1]$
1	$[1 \ e^{j2\pi/3} \ e^{j4\pi/3}]$
2	$[1 \ e^{j4\pi/3} \ e^{j2\pi/3}]$

2.4.2 PUCCH 格式 2,2a 和 2b

$b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ 需要经过一个 UE 的特殊扰码序列扰码，扰码后得到 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ ，扰码公式为： $\tilde{b}(i) = (b(i) + c(i)) \bmod 2$ 。其中扰码序列 $c(i)$ 在 4.2 中给出。扰码序列生成需要在每个子帧开始用 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s/2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^{16} + n_{\text{RNTI}}$ 初始化。

$\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(19)$ 需要 QPSK 调制，得到 $d(0), \dots, d(9)$ ，每个 $d(0), \dots, d(9)$ 需要与一个长度为 $N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}} = 12$ 循环移位序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 相乘，如下：

$$\begin{aligned}
z(N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}} \cdot n + i) &= d(n) \cdot r_{u,v}^{(\alpha)}(i) \\
n &= 0, 1, \dots, 9 \\
i &= 0, 1, \dots, N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - 1
\end{aligned}$$

其中, $r_{u,v}^{(\alpha)}(i)$ 在 2.5.1 节给出, $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}}$ 。

用于 PUCCH 格式 2/2a/2b 的资源被一个资源标志 $n_{\text{PUCCH}}^{(2)}$ 标记:

$$\alpha(n_s, l) = 2\pi \cdot n_{\text{cs}}(n_s, l) / N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$$

其中,

对 $n_s \bmod 2 = 0$

$$n'(n_s) = \begin{cases} n_{\text{PUCCH}}^{(2)} \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{if } n_{\text{PUCCH}}^{(2)} < N_{\text{sc}}^{\text{RB}} N_{\text{RB}}^{(2)} \\ (n_{\text{PUCCH}}^{(2)} + N_{\text{cs}}^{(1)} + 1) \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

对 $n_s \bmod 2 = 1$

$$n'(n_s) = \begin{cases} n_{\text{PUCCH}}^{(2)} \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{if } n_{\text{PUCCH}}^{(2)} < N_{\text{sc}}^{\text{RB}} N_{\text{RB}}^{(2)} \\ (n_{\text{PUCCH}}^{(2)} + N_{\text{cs}}^{(1)} + 1) \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

对 PUCCH 格式 2a/2b, 仅仅支持普通循环前缀, $b(20), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ 应该按表 9 调制, 得到一个单一调制符号 $d(10)$, 用来产生格式 2a 和 2b 的参考信号, 如 2.5.2.2.1 节描述。

图 9 PUCCH 格式 2a 和 2b 的调制符号 $d(10)$

PUCCH format	$b(20), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$	$d(10)$
2a	0	1
	1	-1
2b	00	1
	01	-j
	10	j
	11	-1

2.4.3 物理资源映射

符号 $z(i)$ 与幅度因子 β_{PUCCH} 相乘并映射到资源单元, 从 $z(0)$ 开始。在一个子帧的两个时隙其中之一, PUCCH 利用一个资源块。用于传输的物理资源块中, 将 $z(i)$ 映射到不用于传输参考信号的资源单元 (k, l) , 应该先从 k 以升序增加, 然后是 l , 最后为时隙编号, 从该子帧的第一个时隙开始。

时隙 n_s 中用来传输 PUCCH 的物理资源块由下给出:

$$n_{\text{PRB}} = \begin{cases} \left\lfloor \frac{m}{2} \right\rfloor & \text{if } (m + n_s \bmod 2) \bmod 2 = 0 \\ N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - 1 - \left\lfloor \frac{m}{2} \right\rfloor & \text{if } (m + n_s \bmod 2) \bmod 2 = 1 \end{cases}$$

其中，变量 m ，决定于 PUCCH 格式。对格式 1，1a 和 1b，

$$m = \begin{cases} N_{\text{RB}}^{(2)} & \text{if } n_{\text{PUCCH}}^{(1)} < c \cdot N_{\text{cs}}^{(1)} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} \\ \left\lfloor \frac{n_{\text{PUCCH}}^{(1)} - c \cdot N_{\text{cs}}^{(1)} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}}{c \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}} \right\rfloor + N_{\text{RB}}^{(2)} + \left\lceil \frac{N_{\text{cs}}^{(1)}}{8} \right\rceil & \text{otherwise} \end{cases}$$

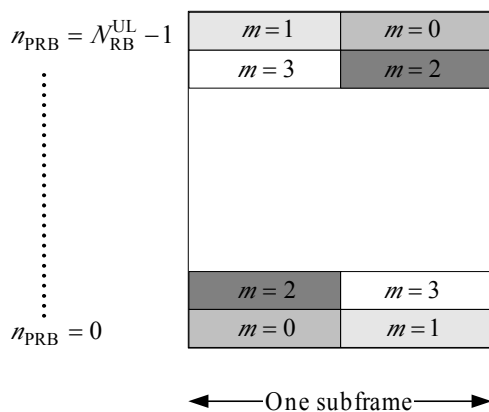
$$c = \begin{cases} 3 & \text{normal cyclic prefix} \\ 2 & \text{extended cyclic prefix} \end{cases}$$

对 2，2a 和 2b

$$m = \left\lfloor n_{\text{PUCCH}}^{(2)} / N_{\text{sc}}^{\text{RB}} \right\rfloor$$

物理上行控制信道的调制映射由图 2.4.3-1 给出。当同时传输试探参考信号和 PUCCH 格式 1a 或 1b 时，PUCCH 上一个 SC-FDMA 符号应该打孔。

图 2.4.3-1 PUCCH 到物理资源块的映射



2.5 参考信号

支持两种上行参考信号：

- 解调参考信号，与 PUSCH 或 PUCCH 相关联
- 探测参考信号，与 PUSCH 或 PUCCH 不关联

解调参考信号和探测参考信号具有相同的基本序列集合。

2.5.1 参考信号序列的产生

参考信号序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 定义为一个基本序列 $\bar{r}_{u,v}(n)$ 的一个循环移位 α ，如下：

$$r_{u,v}^{(\alpha)}(n) = e^{j\alpha n} \bar{r}_{u,v}(n), \quad 0 \leq n < M_{\text{sc}}^{\text{RS}} \quad (\text{文档结构有错})$$

其中， $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = m N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 是参考信号序列的长度， $1 \leq m \leq N_{\text{RB}}^{\text{max,UL}}$ 。通过不同的 α 值，来自一个单一基本序列的多个参考信号序列被定义。

基本序列 $\bar{r}_{u,v}(n)$ 被分为组，其中 $u \in \{0,1,\dots,29\}$ 是组标号， v 是一组中的基本序列数，这样每个组包含一个基本序列 ($v=0$)，长度为 $M_{sc}^{RS} = mN_{sc}^{RB}$ ， $1 \leq m \leq 5$ ，两个基本序列 ($v=0,1$)，长度为 $M_{sc}^{RS} = mN_{sc}^{RB}$ ， $6 \leq m \leq N_{RB}^{\max,UL}$ 。序列组数 u 和组中的 v 在时间上可变，如 2.5.1.3 和 2.5.1.4 节所述。基本序列 $\bar{r}_{u,v}(0), \dots, \bar{r}_{u,v}(M_{sc}^{RS} - 1)$ 的定义取决于 M_{sc}^{RS} 。

2.5.1.1 长度为 $3N_{sc}^{RB}$ 或更大的基本序列

对于 $M_{sc}^{RS} \geq 3N_{sc}^{RB}$ ，基本序列 $\bar{r}_{u,v}(0), \dots, \bar{r}_{u,v}(M_{sc}^{RS} - 1)$ 由下给出：

$$\bar{r}_{u,v}(n) = x_q(n \bmod N_{ZC}^{RS}), \quad 0 \leq n < M_{sc}^{RS} \quad (\text{文档结构有错})$$

其中 q^{th} root Zadoff-Chu 序列定义为

$$x_q(m) = e^{-j \frac{\pi q m(m+1)}{N_{ZC}^{RS}}}, \quad 0 \leq m \leq N_{ZC}^{RS} - 1$$

q 有下给出：

$$q = \lfloor \bar{q} + 1/2 \rfloor + v \cdot (-1)^{\lfloor 2\bar{q} \rfloor}$$

$$\bar{q} = N_{ZC}^{RS} \cdot (u+1) / 31$$

Zadoff-Chu 序列的长度 N_{ZC}^{RS} 由最大素数给出，这样 $N_{ZC}^{RS} < M_{sc}^{RS}$ 。

2.5.1.2 长度小于 $3N_{sc}^{RB}$ 的基本序列

对 $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$ 和 $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$ ，基本序列为：

$$\bar{r}_{u,v}(n) = e^{j\varphi(n)\pi/4}, \quad 0 \leq n \leq M_{sc}^{RS} - 1$$

其中， $\varphi(n)$ 在表 2.5.1.2-1 和 2.5.1.2-2 中给出，分别对应 $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$ 和 $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$ 。

Table 5.5.1.2-1: Definition of $\varphi(n)$ for $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$.

u	$\varphi(0), \dots, \varphi(11)$
0	-1, 1, 3, -3, 3, 3, 1, 1, 3, 1, -3, 3
1	1, 1, 3, 3, 3, -1, 1, -3, -3, 1, -3, 3
2	1, 1, -3, -3, -3, -1, -3, -3, 1, -3, 1, -1
3	-1, 1, 1, 1, 1, -1, -3, -3, 1, -3, 3, -1
4	-1, 3, 1, -1, 1, -1, -3, -1, 1, -1, 1, 3
5	1, -3, 3, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 3, -3, 1
6	-1, 3, -3, -3, -3, 3, 1, -1, 3, 3, -3, 1
7	-3, -1, -1, -1, 1, -3, 3, -1, 1, -3, 3, 1
8	1, -3, 3, 1, -1, -1, -1, 1, 1, 3, -1, 1
9	1, -3, -1, 3, 3, -1, -3, 1, 1, 1, 1, 1
10	-1, 3, -1, 1, 1, -3, -3, -1, -3, -3, 3, -1
11	3, 1, -1, -1, 3, 3, -3, 1, 3, 1, 3, 3
12	1, -3, 1, 1, -3, 1, 1, 1, -3, -3, -3, 1
13	3, 3, -3, 3, -3, 1, 1, 3, -1, -3, 3, 3
14	-3, 1, -1, -3, -1, 3, 1, 3, 3, 3, -1, 1
15	3, -1, 1, -3, -1, -1, 1, 1, 3, 1, -1, -3
16	1, 3, 1, -1, 1, 3, 3, 3, -1, -1, 3, -1
17	-3, 1, 1, 3, -3, 3, -3, -3, 3, 1, 3, -1
18	-3, 3, 1, 1, -3, 1, -3, -3, -1, -1, 1, -3
19	-1, 3, 1, 3, 1, -1, -1, 3, -3, -1, -3, -1
20	-1, -3, 1, 1, 1, 1, 3, 1, -1, 1, -3, -1
21	-1, 3, -1, 1, -3, -3, -3, -3, -3, 1, -1, -3
22	1, 1, -3, -3, -3, -3, -1, 3, -3, 1, -3, 3
23	1, 1, -1, -3, -1, -3, 1, -1, 1, 3, -1, 1
24	1, 1, 3, 1, 3, 3, -1, 1, -1, -3, -3, 1
25	1, -3, 3, 3, 1, 3, 3, 1, -3, -1, -1, 3
26	1, 3, -3, -3, 3, -3, 1, -1, -1, 3, -1, -3
27	-3, -1, -3, -1, -3, 3, 1, -1, 1, 3, -3, -3
28	-1, 3, -3, 3, -1, 3, 3, -3, 3, 3, -1, -1
29	3, -3, -3, -1, -1, -3, -1, 3, -3, 3, 1, -1

Table 5.5.1.2-2: Definition of $\varphi(v)$ for $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$

u	$\varphi(0), \dots, \varphi(23)$
0	-1, 3, 1, -3, 3, -1, 1, 3, -3, 3, 1, 3, -3, 3, 1, 1, -1, 1, 3, -3, 3, -3, -1, -3
1	-3, 3, -3, -3, -3, 1, -3, -3, 3, -1, 1, 1, 3, 1, -1, 3, -3, -3, 1, 3, 1, 1, -3
2	3, -1, 3, 3, 1, 1, -3, 3, 3, 3, 1, -1, 3, -1, 1, 1, -1, -3, -1, -1, 1, 3, 3
3	-1, -3, 1, 1, 3, -3, 1, 1, -3, -1, -1, 1, 3, 1, 3, 1, -1, 3, 1, 1, -3, -1, -3, -1
4	-1, -1, -1, -3, -3, -1, 1, 1, 3, 3, -1, 3, -1, 1, -1, -3, 1, -1, -3, -3, 1, -3, -1, -1
5	-3, 1, 1, 3, -1, 1, 3, 1, -3, 1, -3, 1, 1, -1, -1, 3, -1, -3, 3, -3, -3, -3, 1, 1
6	1, 1, -1, -1, 3, -3, -3, 3, -3, 1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, -1, -3, -1, 1, -1, 3, -1, -3
7	-3, 3, 3, -1, -1, -3, -1, 3, 1, 3, 1, 3, 1, 1, -1, 3, 1, -1, 1, 3, -3, -1, -1, 1
8	-3, 1, 3, -3, 1, -1, -3, 3, -3, 3, -1, -1, -1, -1, 1, -3, -3, -3, 1, -3, -3, -3, 1, -3
9	1, 1, -3, 3, 3, -1, -3, -1, 3, -3, 3, 3, 3, -1, 1, 1, -3, 1, -1, 1, 1, -3, 1, 1
10	-1, 1, -3, -3, 3, -1, 3, -1, -1, -3, -3, -3, -1, -3, -3, 1, -1, 1, 3, 3, -1, 1, -1, 3
11	1, 3, 3, -3, -3, 1, 3, 1, -1, -3, -3, -3, 3, 3, -3, 3, 3, -1, -3, 3, -1, 1, -3, 1
12	1, 3, 3, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -3, 3, -1, 1, 1, -3, 3, 3, -1, -3, 3, -3, -1, -3, -1
13	3, -1, -1, -1, -1, -3, -1, 3, 3, 1, -1, 1, 3, 3, 3, -1, 1, 1, -3, 1, 3, -1, -3, 3
14	-3, -1, 3, 1, 1, -1, -3, 3, 1, 3, 1, 3, 3, -1, -1, -3, 1, -3, -1, 3, -1, 3, 1, 3
15	-1, -1, 1, -3, 1, 3, -3, 1, -1, -3, -1, 3, 1, 3, 1, -1, -3, -3, -1, -1, -3, -3, -3, -1
16	-1, -3, 3, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -3, 3, 1, 3, 3, 1, -1, 1, -3, 1, -3, 1, 1, -3, -1
17	1, 3, -1, 3, 3, -1, -3, 1, -1, -3, 3, 3, 3, -1, 1, 1, 3, -1, -3, -1, 3, -1, -1, -1
18	1, 1, 1, 1, 1, 1, -3, -1, 3, -1, 1, 3, -3, 1, -3, -1, 1, 1, -3, -3, 3, 1, 1, -3
19	1, 3, 3, 1, -1, -3, 3, -1, 3, 3, 3, -3, 1, -1, 1, -1, -3, -1, 1, 3, -1, 3, -3, -3
20	-1, -3, 3, -3, -3, -3, -1, -1, -3, -1, -3, 3, 1, 3, -3, -1, 3, -1, 1, -1, 3, -3, 1, -1
21	-3, -3, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 3, 1, -3, -1, 1, -1, 1, -1, -1, 3, 3, -3, -1, 1, -3
22	-3, -1, -3, 3, 1, -1, -3, -1, -3, -3, 3, -3, -1, 1, 3, 1, -3, 1, 3, 3, -1, 3, -1, -3
23	-1, -1, -1, -1, 3, 3, 3, 1, 3, 3, -3, 1, 3, -1, 3, -1, 3, 3, -3, 3, 1, -1, 3, 3
24	1, -1, 3, 3, -1, -3, 3, -3, -1, -1, 3, -1, 3, -1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, -3, -1, 3
25	1, -1, 1, -1, 3, -1, 3, 1, 1, -1, -1, -3, 1, 1, -3, 1, 3, -3, 1, 1, -3, -3, -1, -1
26	-3, -1, 3, 1, 1, 1, -3, -1, -1, -3, 3, -3, 3, 1, -3, 3, -3, 1, -1, 1, -3, 1, 1, 1
27	-1, -3, 3, 3, 1, 1, 3, -1, -3, -1, -1, -1, 3, 1, -3, -3, -1, 3, -3, -1, -3, -1, -3, -1
28	-1, -3, -1, -1, 1, -3, -1, -1, 1, -1, -3, 1, 1, -3, 1, -3, -3, 3, 1, 1, -1, 3, -1, -1
29	1, 1, -1, -1, -3, -1, 3, -1, 3, -1, 1, 3, 1, -1, 3, 1, 3, -3, -3, 1, -1, -1, 1, 3

2.5.1.3 组跳变

时隙 n_s 中序列组号 u 由一个组跳变模式 $f_{gh}(n_s)$ 和一个序列移位模式 f_{ss} 定义:

$$u = (f_{gh}(n_s) + f_{ss}) \bmod 30$$

有 17 种不同的跳变模式和 30 中不同的序列移位模式。序列组跳变可以设为使能或不能, 通过高层提供的参数 *Group-hopping-enabled*, PUCCH 和 PUSCH 有相同的跳变模式但可能具有不同的序列移位模式。

组跳变模式 $f_{gh}(n_s)$ 对 PUSCH 和 PUCCH 是相同的, 如下给出:

$$f_{gh}(n_s) = \begin{cases} 0 & \text{if group hopping is disabled} \\ \left(\sum_{i=0}^7 c(8n_s + i) \cdot 2^i \right) \bmod 30 & \text{if group hopping is enabled} \end{cases}$$

其中, 伪随机序列 $c(i)$ 在 4.2 节给出。伪随机序列生成应该在每个无线帧的开始用 $c_{init} = \left\lfloor \frac{N_{ID}^{cell}}{30} \right\rfloor$ 初始化,

序列移位模式 f_{ss} 定义在 PUCCH 和 PUSCH 间是不同的。

对 PUCCH, 序列移位模式 f_{ss}^{PUCCH} 由 $f_{ss}^{PUCCH} = N_{ID}^{cell} \bmod 30$ 给出。对 PUSCH, f_{ss}^{PUSCH} 由

$f_{ss}^{PUSCH} = (f_{ss}^{PUCCH} + \Delta_{ss}) \bmod 30$ 给出。其中 $\Delta_{ss} \in \{0, 1, \dots, 29\}$ 由高层配置。

2.5.1.4 序列跳变

序列跳变仅仅适用于参考信号长度 $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} \geq 6N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 。

对参考信号长度 $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} < 6N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ，基本序列组中的基本序列数 ν 为 $\nu = 0$ 。

对参考信号长度 $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} \geq 6N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ，时隙 n_s 的基本序列组中的基本序列数 ν 如下：

$$\nu = \begin{cases} c(n_s) & \text{if group hopping is disabled and sequence hopping is enabled} \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中，伪随机序列 $c(i)$ 在 4.2 中定义。*Sequence-hopping-enabled* 有高层给出，决定序列跳变使能或不能。

伪随机序列生成在每个空中接口开始用 $c_{\text{init}} = \left\lfloor \frac{N_{\text{ID}}^{\text{cell}}}{30} \right\rfloor \cdot 2^5 + f_{\text{ss}}^{\text{PUSCH}}$ 初始化。

2.5.2 解调参考信号

2.5.2.1 PUSCH 解调参考信号

2.5.2.1.1 参考信号序列

PUSCH 的解调参考信号序列 $r^{\text{PUSCH}}(\cdot)$ 如下：

$$r^{\text{PUSCH}}(m \cdot M_{\text{sc}}^{\text{RS}} + n) = r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$$

其中

$$m = 0, 1$$

$$n = 0, \dots, M_{\text{sc}}^{\text{RS}} - 1$$

$$M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}$$

第 2.5.1 节定义了序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(0), \dots, r_{u,v}^{(\alpha)}(M_{\text{sc}}^{\text{RS}} - 1)$ 。

一个时隙的循环移位 α 为 $\alpha = 2\pi n_{\text{cs}} / 12$ ， $n_{\text{cs}} = (n_{\text{DMRS}}^{(1)} + n_{\text{DMRS}}^{(2)} + n_{\text{PRS}}) \bmod 12$ 。

其中 $n_{\text{DMRS}}^{(1)}$ 为一个广播值， $n_{\text{DMRS}}^{(2)}$ 由上行调度分配[TS.36.212]给出，其中 $n_{\text{DMRS}}^{(2)}$ 值由表 2.5.2.1.1-1 给出， n_{PRS} 由下式给出

$$n_{\text{PRS}} = \sum_{i=0}^7 c(i) \cdot 2^i$$

其中伪随机序列 $c(i)$ 由 4.2 节给出。 $c(i)$ 的应用为特定小区。伪随机序列发生器应该用在每个无线帧开

始时用 $c_{\text{init}} = \left\lfloor \frac{N_{\text{ID}}^{\text{cell}}}{30} \right\rfloor \cdot 2^5 + f_{\text{ss}}^{\text{PUSCH}}$ 初始化。

表 2.5.1.1-1 DCI（下行控制信息）格式 0 的循环移位域映射到 $n_{\text{DMRS}}^{(2)}$

Cyclic Shift Field in DCI format 0 [3]	$n_{\text{DMRS}}^{(2)}$
000	0
001	2
010	3
011	4
100	6
101	8
110	9
111	10

2.5.2.1.2 映射到物理资源

序列 $r^{\text{PUSCH}}(\cdot)$ 与幅度因子 β_{PUSCH} 相乘然后从 $r^{\text{PUSCH}}(0)$ 开始按序映射到与 2.3.4 节定义的用于相应的 PUSCH 的资源块相同的集合。到资源元素 (k,l) 的映射对普通循环前缀 $l=3$ 但对扩展循环前缀 $l=2$ ，在子帧中先从 k 升序进行，然后为时隙序号。

2.5.2.2 PUCCH 解调参考信号

2.5.2.2.1 参考信号序列

PUCCH 解调参考信号序列 $r^{\text{PUCCH}}(\cdot)$ 如下：

$$r^{\text{PUCCH}}\left(m' N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}} M_{\text{sc}}^{\text{RS}} + m M_{\text{sc}}^{\text{RS}} + n\right) = \bar{w}(m) z(m) r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$$

其中，

$$m = 0, \dots, N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}} - 1$$

$$n = 0, \dots, M_{\text{sc}}^{\text{RS}} - 1$$

$$m' = 0, 1$$

对 PUCCH 格式 2a 和 2b，对 $m=1$ ， $z(m)$ 等于 $d(10)$ ，其中 $d(10)$ 在 2.4.2 中给出。对其他情形， $z(m)=1$ 。

序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 在 2.5.1 中给出， $M_{\text{sc}}^{\text{RS}}=12$ ，其中循环移位 α 的表示由 PUCCH 格式决定。

对 PUCCH 格式 1，1a,1b， $\alpha(n_s,l)$ 由下给出：

$$\bar{n}_{\text{oc}}(n_s) = \begin{cases} \left\lfloor n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} / N' \right\rfloor & \text{for normal cyclic prefix} \\ 2 \cdot \left\lfloor n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} / N' \right\rfloor & \text{for extended cyclic prefix} \end{cases}$$

$$\alpha(n_s) = 2\pi \cdot \bar{n}_{\text{cs}}(n_s) / N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$$

$$\bar{n}_{\text{cs}}(n_s) = \begin{cases} \left[n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l) + \left(n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} + \delta_{\text{offset}}^{\text{PUCCH}} + (\bar{n}_{\text{oc}}(n_s) \bmod \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}) \right) \bmod N' \right] \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{for normal cyclic prefix} \\ \left[n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l) + \left(n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} + \delta_{\text{offset}}^{\text{PUCCH}} + \bar{n}_{\text{oc}}(n_s) \right) \bmod N' \right] \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{for extended cyclic prefix} \end{cases}$$

其中, $n'(n_s)$, N' , $\Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}$, $\delta_{\text{offset}}^{\text{PUCCH}}$, $n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l)$ 在 2.4.1 中定义。每个时隙参考符号 $N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}}$ 和序列 $\bar{w}(n)$ 分别由表 2.5.2.2.1-1 和 2.5.2.2.1-2 给出。

对 PUCCH 格式 2, 2a, 2b, $\alpha(n_s, l)$ 分别由表 2.5.2.2.1-1 和 2.5.2.2.1-3 给出。

表 2.5.2.2.1-1 每时隙 PUCCH 解调参考信号数 $N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}}$

PUCCH 格式	普通循环前缀	扩展循环前缀
1, 1a, 1b	3	2
2	2	1
2a, 2b	2	N/A

表 2.5.2.2.1-2 PUCCH 格式 1, 1a, 1b 的正交序列 $[\bar{w}(0) \dots \bar{w}(N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}} - 1)]$

序列索引	普通循环前缀	扩展循环前缀
0	$[1 \ 1 \ 1]$	$[1 \ 1]$
1	$[1 \ e^{j2\pi/3} \ e^{j4\pi/3}]$	$[1 \ -1]$
2	$[1 \ e^{j4\pi/3} \ e^{j2\pi/3}]$	N/A

表 2.5.2.2.1-3 PUCCH 格式 2, 2a, 2b 正交序列 $[\bar{w}(0) \dots \bar{w}(N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}} - 1)]$

普通循环前缀	扩展循环前缀
$[1 \ 1]$	$[1]$

2.5.2.2.2 物理资源映射

序列 $r^{\text{PUCCH}}(\cdot)$ 与幅度因子 β_{PUCCH} 相乘然后从 $r^{\text{PUCCH}}(0)$ 开始按序映射到资源单元 (k, l) , 该映射先 k 后 l 最后时隙以升序进行。和相应 PUCCH 的传输相同的 k 值的集合应该被使用。一个时隙中的符号索引 l 由表 2.5.2.2.2-1 给出。

表 2.5.2.2.2-1 不同格式 PUCCH 解调参考信号位置

PUCCH 格式	l 的值得集合	
	普通循环前缀	扩展循环前缀
1, 1a, 1b	2, 3, 4	2, 3
2	1, 5	3
2a, 2b	1, 5	N/A

2.5.3 探测参考信号（Sounding reference signal）

探测参考信号不能与 PUCCH 格式 1 同时传输。如果它们各自的配置带来时间上的重叠，PUCCH 格式 1 携带优先于探测参考信号。

2.5.3.1 序列生成

探测参考信号序列 $r^{\text{SRS}}(n) = r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 由 2.5.1 节给出。序列索引由 PUCCH 基本序列索引得出。探测参考信号的循环移位 α^{SRS} 为：

$$\alpha = 2\pi \frac{n_{\text{SRS}}}{8}$$

其中， n_{SRS} 由高层为每个 UE 配置， $n_{\text{SRS}} = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 。

2.5.3.2 物理资源映射

序列 $r^{\text{SRS}}(0), \dots, r^{\text{SRS}}(M_{\text{sc},b}^{\text{RS}} - 1)$ 与幅度因子 β_{SRS} 相乘，然后从 $r^{\text{SRS}}(0)$ 开始按序映射到资源单元 (k, l) ，如：

$$a_{2k+k_0,l} = \begin{cases} \beta_{\text{SRS}} r^{\text{SRS}}(k) & k = 0, 1, \dots, M_{\text{sc},b}^{\text{RS}} - 1 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中， k_0 是探测参考信号在频域的开始位置， $M_{\text{sc},b}^{\text{RS}}$ 是探测参考信号序列的长度，定义为：

$$M_{\text{sc},b}^{\text{RS}} = m_{\text{SRS},b} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2$$

其中， $m_{\text{SRS},b}$ 由表 2.5.3.2-1 给出，通过表 2.5.3.2-4 可见，每个上行带宽 $N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$ 。特定小区参数“SRS 带宽配置”和特定 UE 参数“SRS 带宽” $B_{\text{SRS}} \in \{0, 1, 2, 3\}$ 有高层给出，如 $b = B_{\text{SRS}}$ 。

频域开始位置 k_0 定义为：

$$k_0 = k'_0 + \sum_{b=0}^{B_{\text{SRS}}} 2M_{\text{sc},b}^{\text{RS}} n_b$$

其中， $k'_0 = \left\lfloor N_{\text{RB}}^{\text{UL}} / 2 \right\rfloor - m_{\text{SRS},0} / 2 N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + k_{\text{TC}}$ 。 $k_{\text{TC}} \in \{0, 1\}$ 是一个偏移值决定于“Transmission comb”，

由高层为该 UE 指定。 n_b 为频率位置索引。

为了配置探测参考信号的频率跳变，“SRS 跳变带宽”值 $b_{hop} \in \{0,1,2,3\}$ 由高层给出。如果探测参考信号的跳频不被允许（如 $b_{hop} \geq B_{SRS}$ ），频率位置索引 n_b 仍然是常数（除非重新配置）并且由 $n_b = \lfloor 4n_{RRC}/m_{SRS,b} \rfloor \bmod N_b$ 定义，其中相应 UE 的“频域位置” n_{RRC} 由高层给定。如果探测参考信号的跳频被允许（如， $b_{hop} < B_{SRS}$ ），频率位置索引 n_b 为：

$$n_b = \begin{cases} \lfloor 4n_{RRC}/m_{SRS,b} \rfloor \bmod N_b & b \leq b_{hop} \\ \{F_b(n_{SRS}) + \lfloor 4n_{RRC}/m_{SRS,b} \rfloor\} \bmod N_b & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中， N_b 由表 2.5.3.2-1 给出，通过表 2.5.3.2-4 看出对每个上行带宽 N_{RB}^{UL} ：

$$F_b(n_{SRS}) = \begin{cases} (N_b/2) \left\lfloor \frac{n_{SRS} \bmod \prod_{b'=b_{hop}}^b N_{b'}}{\prod_{b'=b_{hop}}^{b-1} N_{b'}} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{n_{SRS} \bmod \prod_{b'=b_{hop}}^b N_{b'}}{2 \prod_{b'=b_{hop}}^{b-1} N_{b'}} \right\rfloor & \text{if } N_b \text{ even} \\ \lfloor N_b/2 \rfloor \lfloor n_{SRS} / \prod_{b'=b_{hop}}^{b-1} N_{b'} \rfloor & \text{if } N_b \text{ odd} \end{cases}$$

其中，无论 N_b 为多少 $N_{b_{hop}} = 1$ ， $n_{SRS} = \lfloor (n_f \times 10 + \lfloor n_s/2 \rfloor) / T_{SRS} \rfloor$ 计算特定 UE 的 SRS 传输的数量， T_{SRS}

为特定 UE 的 SRS 传输的周期，在 TS-36.213 中 8.2 节给出。

探测参考信号应该在每个子帧的最后符号中被传输。

表 2.5.3.2-1 上行带宽 $m_{SRS,b}$ 和 N_b 值 $6 \leq N_{RB}^{UL} \leq 40$

SRS bandwidth configurati on	SRS-Bandw idth $b = 0$		SRS-Bandw idth $b = 1$		SRS-Bandw idth $b = 2$		SRS-Bandw idth $b = 3$	
	$m_{SRS,b}$	N_b	$m_{SRS,b}$	N_b	$m_{SRS,b}$	N_b	$m_{SRS,b}$	N_b
0	36	1	12	3	4	3	4	1
1	32	1	16	2	8	2	4	2
2	24	1	4	6	4	1	4	1
3	20	1	4	5	4	1	4	1
4	16	1	4	4	4	1	4	1
5	12	1	4	3	4	1	4	1
6	8	1	4	2	4	1	4	1
7	4	1	4	1	4	1	4	1

表 2.5.3.2-2 上行带宽的 $m_{SRS,b}$ 和 N_b 值 $40 < N_{RB}^{UL} \leq 60$

SRS 带宽配置	SRS 带宽 $b = 0$	SRS 带宽 $b = 1$	SRS 带宽 $b = 2$	SRS 带宽 $b = 3$
-------------	-------------------	-------------------	-------------------	-------------------

	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b
0	48	1	24	2	12	2	4	3
1	48	1	16	3	8	2	4	2
2	40	1	20	2	4	5	4	1
3	36	1	12	3	4	3	4	1
4	32	1	16	2	8	2	4	2
5	24	1	4	6	4	1	4	1
6	20	1	4	5	4	1	4	1
7	16	1	4	4	4	1	4	1

表 2.5.3.2-3 上行带宽的 $m_{\text{SRS},b}$ 和 N_b 值 $60 < N_{\text{RB}}^{\text{UL}} \leq 80$

SRS 带宽配置	SRS 带宽 $b=0$		SRS 带宽 $b=1$		SRS 带宽 $b=2$		SRS 带宽 $b=3$	
	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b
0	72	1	24	3	12	2	4	3
1	64	1	32	2	16	2	4	4
2	60	1	20	3	4	5	4	1
3	48	1	24	2	12	2	4	3
4	48	1	16	3	8	2	4	2
5	40	1	20	2	4	5	4	1
6	36	1	12	3	4	3	4	1
7	32	1	16	2	8	2	4	2

表 2.5.3.2-4 上行带宽的 $m_{\text{SRS},b}$ 和 N_b 值 $80 < N_{\text{RB}}^{\text{UL}} \leq 110$

SRS 带宽配置	SRS 带宽 $b=0$		SRS 带宽 $b=1$		SRS 带宽 $b=2$		SRS 带宽 $b=3$	
	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b	$m_{\text{SRS},b}$	N_b
0	96	1	48	2	24	2	4	6
1	96	1	32	3	16	2	4	4
2	80	1	40	2	20	2	4	5
3	72	1	24	3	12	2	4	3
4	64	1	32	2	16	2	4	4
5	60	1	20	3	4	5	4	1
6	48	1	24	2	12	2	4	3
7	48	1	16	3	8	2	4	2

2.5.3.3 探测参考信号子帧配置

相对于一帧，探测参考信号传输的特定小区子帧配置周期和特定小区子帧偏移列于表 2.5.3.3-1 和 2.5.3.3-2 中，分别为 FDD 和 TDD 模式。对 TDD，探测参考信号仅仅在指定的 UL 子帧或 UpPTS 中传输。

表 2.5.3.3-1 FDD 探测参考信号子帧配置

配置	二进制	配置周期 (subframes)	传输偏移 (subframes)
0	0000	1	{0}
1	0001	2	{0}
2	0010	2	{1}
3	0011	5	{0}
4	0100	5	{1}
5	0101	5	{2}
6	0110	5	{3}
7	0111	5	{0,1}
8	1000	5	{2,3}
9	1001	10	{0}
10	1010	10	{1}
11	1011	10	{2}
12	1100	10	{3}
13	1101	10	{0,1,2,3,4,6,8}
14	1110	10	{0,1,2,3,4,5,6,8}
15	1111	Inf	N/A

表 2.5.3.3-2 TDD 探测参考信号子帧配置

配置	二进制	配置周期 (sub-frames)	传输偏移 (sub-frames)
0	0000	5	{1}
1	0001	5	{1, 2}
2	0010	5	{1, 3}
3	0011	5	{1, 4}
4	0100	5	{1, 2, 3}
5	0101	5	{1, 2, 4}
6	0110	5	{1, 3, 4}
7	0111	5	{1, 2, 3, 4}
8	1000	10	{1, 2, 6}
9	1001	10	{1, 3, 6}

10	1010	10	{1, 6, 7}
11	1011	10	{1, 2, 6, 8}
12	1100	10	{1, 3, 6, 9}
13	1101	10	{1, 4, 6, 7}
14	1110	Inf	N/A
15	1111	reserved	reserved

2.6 SC-FDMA 基带信号产生

该节适用于除了物理随机接入信道外的所有上行物理信号和物理信道。在一个上行时隙中 SC-FDMA 符号 l 中的时间连续信号 $s_l(t)$ 定义为：

$$s_l(t) = \sum_{k=-\lfloor N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB} / 2 \rfloor}^{\lfloor N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB} / 2 \rfloor - 1} a_{k^{(-)}, l} \cdot e^{j2\pi(k+1/2)\Delta f(t - N_{CP, l} T_s)}$$

当 $0 \leq t < (N_{CP, l} + N) \times T_s$ 时， $k^{(-)} = k + \lfloor N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB} / 2 \rfloor$ ， $N = 2048$ ， $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ ， $a_{k, l}$ 为资源单元 (k, l) 的容量。

一个时隙的 SC-FDMA 符号应该以 l 的升序传输，从 $l=0$ 开始，其中 $l>0$ 的 SC-FDMA 符号在该时隙开始时间为 $\sum_{l'=0}^{l-1} (N_{CP, l'} + N) T_s$ 。

表 2.6-1 列出了可以使用的 $N_{CP, l}$ 的值，注意到一个时隙的不同 SC-FDMA 符号可能含有不同的循环前缀长度。

表 2.6-1 SC-FDMA 参数

配置	循环前缀长度 $N_{CP, l}$
普通循环前缀	160 for $l=0$ 144 for $l=1, 2, \dots, 6$
扩展循环前缀	512 for $l=0, 1, \dots, 5$

2.7 物理随机接入信道

2.7.1 时间和频率结构

物理随机接入前导由长度为 T_{CP} 的循环前缀和长度为 T_{SEQ} 的序列组成，如图 2.7.1-1 所示。参数值取决于帧结构和随机接入配置，列于表 2.7.1-1。高层控制前导格式。

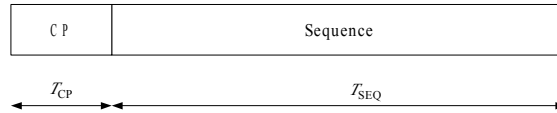


图 2.7.1-1 随机接入前导格式

表 2.7.1-1 随机接入前导参数

前导格式	T_{CP}	T_{SEQ}
0	$3168 \cdot T_s$	$24576 \cdot T_s$
1	$21024 \cdot T_s$	$24576 \cdot T_s$
2	$6240 \cdot T_s$	$2 \cdot 24576 \cdot T_s$
3	$21024 \cdot T_s$	$2 \cdot 24576 \cdot T_s$
4 (frame structure type 2 only)	$448 \cdot T_s$	$4096 \cdot T_s$

一个随机接入前导的传输如果是由 MAC 层触发，则被限制在特定时间和频率资源上。这些资源在该无线帧中以子帧数升序的形式被枚举，频域物理资源块如索引 0 对应于最低数物理资源块和子帧。

对具有 0-3 前导格式的帧结构 1，在每个子帧中至多有一个随机接入资源。表 2.7.1-2 根据表 2.7.1-1 列出了前导格式和在帧结构 1 中一个给定配置的随机接入前导传输被允许的子帧。PRACH-Configuration-Index 由高层给定。随机接入前导的开始应该与相应的 UE 假定时间提前量为 0 的上行子帧的开始相一致。对 PRACH 配置 0, 1, 15, 16, 17, 18, 31, 32, 33, 34, 47, 48, 49, 50 以及 63，对切换来说，该 UE 可能认为在当前小区和目标小区间无线帧 i 的绝对时间差异小于 $153600 \cdot T_s$ 。分配给 PRACH 的第一物理资源块 n_{PRB}^{RA} 由前导格式 0, 1, 2, 3 组成，定义为 $n_{PRB}^{RA} = n_{PRB\ offset}^{RA}$ 。

其中参数 prach-FrequencyOffset $n_{PRB\ offset}^{RA}$ 表示一个物理资源块的编号（由高层定义且符合

$0 \leq n_{PRB\ offset}^{RA} \leq N_{RB}^{UL} - 6$ ）。

表 2.7.1-2 帧结构 1 的随机接入配置（前导格式 0-3）

PRACH 配置索引	前导格式	系统 帧数	子帧 数	PRACH 配置索引	前导 格式	系统 帧数	子帧 数
0	0	Even	1	32	2	Even	1
1	0	Even	4	33	2	Even	4
2	0	Even	7	34	2	Even	7
3	0	Any	1	35	2	Any	1
4	0	Any	4	36	2	Any	4
5	0	Any	7	37	2	Any	7
6	0	Any	1, 6	38	2	Any	1, 6
7	0	Any	2, 7	39	2	Any	2, 7
8	0	Any	3, 8	40	2	Any	3, 8
9	0	Any	1, 4, 7	41	2	Any	1, 4, 7
10	0	Any	2, 5, 8	42	2	Any	2, 5, 8
11	0	Any	3, 6, 9	43	2	Any	3, 6, 9
12	0	Any	0, 2, 4, 6, 8	44	2	Any	0, 2, 4, 6, 8
13	0	Any	1, 3, 5, 7, 9	45	2	Any	1, 3, 5, 7, 9
14	0	Any	0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7, 8, 9	46	N/A	N/A	N/A
15	0	Even	9	47	2	Even	9
16	1	Even	1	48	3	Even	1
17	1	Even	4	49	3	Even	4
18	1	Even	7	50	3	Even	7
19	1	Any	1	51	3	Any	1
20	1	Any	4	52	3	Any	4
21	1	Any	7	53	3	Any	7
22	1	Any	1, 6	54	3	Any	1, 6
23	1	Any	2, 7	55	3	Any	2, 7
24	1	Any	3, 8	56	3	Any	3, 8
25	1	Any	1, 4, 7	57	3	Any	1, 4, 7
26	1	Any	2, 5, 8	58	3	Any	2, 5, 8
27	1	Any	3, 6, 9	59	3	Any	3, 6, 9
28	1	Any	0, 2, 4, 6, 8	60	N/A	N/A	N/A
29	1	Any	1, 3, 5, 7, 9	61	N/A	N/A	N/A
30	N/A	N/A	N/A	62	N/A	N/A	N/A
31	1	Even	9	63	3	Even	9

对于具有前导格式 0-4 的帧结构 2，在一个 UL 帧上可能有多个随机接入资源，取决于 UL/DL 配置。表 2.7.1-3 列出了允许帧结构 2 的 PRACH 配置，其中配置索引对应于一个特定前导格式结合，PRACH 密度值 D_{RA} 和版本序号 r_{RA} 。

表 2.7.1-3 帧结构 2 的随机接入配置（前导格式 0-4）

PRACH 配置 索引	前导 格式	密度 每 10 ms (D_{RA})	版本 (r_{RA})	PRACH 配置 索引	前导 格式	密度 每 10ms (D_{RA})	版本 (r_{RA})
0	0	0.5	0	32	2	0.5	2
1	0	0.5	1	33	2	1	0
2	0	0.5	2	34	2	1	1
3	0	1	0	35	2	2	0
4	0	1	1	36	2	3	0
5	0	1	2	37	2	4	0
6	0	2	0	38	2	5	0
7	0	2	1	39	2	6	0
8	0	2	2	40	3	0.5	0
9	0	3	0	41	3	0.5	1
10	0	3	1	42	3	0.5	2
11	0	3	2	43	3	1	0
12	0	4	0	44	3	1	1
13	0	4	1	45	3	2	0
14	0	4	2	46	3	3	0
15	0	5	0	47	3	4	0
16	0	5	1	48	4	0.5	0
17	0	5	2	49	4	0.5	1
18	0	6	0	50	4	0.5	2
19	0	6	1	51	4	1	0
20	1	0.5	0	52	4	1	1
21	1	0.5	1	53	4	2	0
22	1	0.5	2	54	4	3	0
23	1	1	0	55	4	4	0
24	1	1	1	56	4	5	0
25	1	2	0	57	4	6	0
26	1	3	0				
27	1	4	0				
28	1	5	0				
29	1	6	0				
30	2	0.5	0				
31	2	0.5	1				

表 2.7.1-4 列出了不同随机接入时机映射到物理资源需要一个确定 PRACH 密度值 D_{RA} 。每个格式

$(f_{RA}, t_{RA}^0, t_{RA}^1, t_{RA}^2)$ 表示一个特定随机接入资源的位置，其中 f_{RA} 为给定时间瞬间的频率资源索引，

$t_{RA}^0 = 0, 1, 2$ 分别表示该资源是否在所有无线帧，偶数无线帧，或奇数无线帧中再发生， $t_{RA}^1 = 0, 1$ 分别

表示是否随机接入资源位于前半帧或后半帧， t_{RA}^2 是前导开始的上行子帧编号，从连续两个上行-下行转换点之间的第一上行子帧开始计数，除前导格式 4(前导格式 4 总是在 UpPTS 传输且 t_{RA}^2 定义为(*))。随机接入前导格式 0-3 的开始应该与相应的上行子帧的开始一致，在 UE 处假定时间提前为 0。随机接入前导格式 4 应该开始于 UE 处 UpPTS 末尾前的 $[5158 \cdot T_s]$ 。

每个 PRACH 配置的随机接入时机应该先被分配时间再分配频率，如果时分复用不足以容纳一个 PRACH 配置的所有时机，需要一个在时域不重叠的特定密度值 D_{RA} 。对前导格式 0-3，频分复用应该根据下式进行：

$$n_{PRB}^{RA} = \begin{cases} n_{PRB\ offset}^{RA} + 6 \left\lfloor \frac{f_{RA}}{2} \right\rfloor, & \text{if } f_{RA} \bmod 2 = 0 \\ N_{RB}^{UL} - 6 - n_{PRB\ offset}^{RA} - 6 \left\lfloor \frac{f_{RA}}{2} \right\rfloor, & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 N_{RB}^{UL} 为上行资源块数， n_{PRB}^{RA} 分配给考虑的 PRACH 时机的第一物理资源块， $prach-FrequencyOffset$ $n_{PRB\ offset}^{RA}$ 为 PRACH 的第一可用物理资源块，表示为一个物理资源块编号（由高层配置且满足 $0 \leq n_{PRB\ offset}^{RA} \leq N_{RB}^{UL} - 6$ ）。

对前导格式 4，频分复用应该根据下式进行：

$$n_{PRB}^{RA} = \begin{cases} 6f_{RA}, & \text{if } ((n_f \bmod 2) \times (2 - N_{SP}) + t_{RA}^1) \bmod 2 = 0 \\ N_{RB}^{UL} - 6(f_{RA} + 1), & \text{otherwise} \end{cases}$$

其中， n_f 是系统帧数， N_{SP} 是一个无线帧中 DL 和 UL 转换点数。每个随机接入前导占据一个带宽，对应于两种帧结构的 6 个连续资源块。

表 2.7.1-4 帧结构 2 的上行随机接入前导在时域和频域的映射 (* UpPTS)

PRACH 配置索引 (见表 2.7.1-3)	UL/DL 配置(见表 1.2-2)						
	0	1	2	3	4	5	6
0	(0,1,0,2)	(0,1,0,1)	(0,1,0,0)	(0,1,0,2)	(0,1,0,1)	(0,1,0,0)	(0,1,0,2)
1	(0,2,0,2)	(0,2,0,1)	(0,2,0,0)	(0,2,0,2)	(0,2,0,1)	(0,2,0,0)	(0,2,0,2)
2	(0,1,1,2)	(0,1,1,1)	(0,1,1,0)	(0,1,0,1)	(0,1,0,0)	N/A	(0,1,1,1)
3	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)
4	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,1,1)
5	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,1)
6	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(1,0,0,0)	(0,0,1,1)
7	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,1)
	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)		(0,0,0,2)			(0,0,1,0)
8	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,1)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)			(0,0,0,0)			(0,0,1,1)
9	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(1,0,0,0)	(0,0,1,1)
	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(1,0,0,0)	(0,0,0,0)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(0,0,0,1)
10	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,1,0)	N/A	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,1,0)
	(0,0,0,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)		(0,0,0,1)		(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)	(0,0,1,1)	(1,0,1,0)		(1,0,0,0)		(0,0,0,2)
11	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	(0,0,1,1)
		(0,0,1,0)					(0,0,0,1)
		(0,0,0,1)					(0,0,1,0)
12	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(1,0,0,0)	(0,0,1,1)
	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(1,0,0,0)	(0,0,0,0)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(0,0,0,1)
	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(1,0,1,0)	(1,0,0,2)	(1,0,0,0)	(3,0,0,0)	(0,0,1,0)
13	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,1)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)			(0,0,0,0)			(0,0,0,2)
	(0,0,0,2)			(0,0,0,2)			(0,0,1,1)
	(0,0,1,2)			(1,0,0,1)			(0,0,0,1)
14	(0,0,0,1)	N/A	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,1,0)
	(0,0,1,1)			(0,0,0,2)			(0,0,0,0)
	(0,0,0,0)			(0,0,0,1)			(0,0,0,2)
	(0,0,1,0)			(1,0,0,0)			(0,0,1,1)
15	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(1,0,0,0)	(0,0,1,1)
	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(1,0,0,0)	(0,0,0,0)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(0,0,0,1)
	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(1,0,1,0)	(1,0,0,2)	(1,0,0,0)	(3,0,0,0)	(0,0,1,0)
	(0,0,0,0)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(1,0,0,1)	(2,0,0,1)	(4,0,0,0)	(0,0,0,0)
16	(0,0,1,0)	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	N/A	N/A
	(0,0,0,2)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)		
	(0,0,1,2)	(0,0,1,0)	(1,0,1,0)	(0,0,0,1)	(1,0,0,0)		

	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)	(1,0,0,0)	(1,0,0,0)	(1,0,0,1)		
	(0,0,1,1)	(1,0,1,1)	(2,0,1,0)	(1,0,0,2)	(2,0,0,0)		

17	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (0,0,0,2) (0,0,1,2) (0,0,0,1)	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (0,0,0,1) (0,0,1,1) (1,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (0,0,0,0) (0,0,0,2) (1,0,0,1) (1,0,0,0)	N/A	N/A	N/A
18	(0,0,0,2) (0,0,1,2) (0,0,0,1) (0,0,1,1) (0,0,0,0) (0,0,1,0)	(0,0,0,1) (0,0,1,1) (0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,1) (1,0,1,1)	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,0) (1,0,1,0) (2,0,0,0) (2,0,1,0)	(0,0,0,2) (0,0,0,1) (0,0,0,0) (1,0,0,2) (1,0,0,1) (1,0,0,0)	(0,0,0,1) (0,0,0,0) (1,0,0,1) (1,0,0,0) (2,0,0,1) (2,0,0,0)	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0) (3,0,0,0) (4,0,0,0) (5,0,0,0)	(0,0,0,2) (0,0,1,1) (0,0,0,1) (0,0,1,0) (0,0,0,0) (1,0,0,2)
19	N/A	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (0,0,0,1) (0,0,1,1) (1,0,0,0) (1,0,1,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	(0,0,1,1) (0,0,0,1) (0,0,1,0) (0,0,0,0) (0,0,0,2) (1,0,1,1)
20 / 30	(0,1,0,1)	(0,1,0,0)	N/A	(0,1,0,1)	(0,1,0,0)	N/A	(0,1,0,1)
21 / 31	(0,2,0,1)	(0,2,0,0)	N/A	(0,2,0,1)	(0,2,0,0)	N/A	(0,2,0,1)
22 / 32	(0,1,1,1)	(0,1,1,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	(0,1,1,0)
23 / 33	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1)
24 / 34	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	(0,0,1,0)
25 / 35	(0,0,0,1) (0,0,1,1)	(0,0,0,0) (0,0,1,0)	N/A	(0,0,0,1) (1,0,0,1)	(0,0,0,0) (1,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (0,0,1,0)
26 / 36	(0,0,0,1) (0,0,1,1) (1,0,0,1)	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (1,0,0,1) (2,0,0,1)	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (0,0,1,0) (1,0,0,1)
27 / 37	(0,0,0,1) (0,0,1,1) (1,0,0,1) (1,0,1,1)	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,0) (1,0,1,0)	N/A	(0,0,0,1) (1,0,0,1) (2,0,0,1) (3,0,0,1)	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0) (3,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (0,0,1,0) (1,0,0,1) (1,0,1,0)
28 / 38	(0,0,0,1) (0,0,1,1) (1,0,0,1) (1,0,1,1) (2,0,0,1)	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,0) (1,0,1,0) (2,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (1,0,0,1) (2,0,0,1) (3,0,0,1) (4,0,0,1)	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0) (3,0,0,0) (4,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (0,0,1,0) (1,0,0,1) (1,0,1,0) (2,0,0,1)
29 / 39	(0,0,0,1) (0,0,1,1) (1,0,0,1) (1,0,1,1) (2,0,0,1) (2,0,1,1)	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,0) (1,0,1,0) (2,0,0,0) (2,0,1,0)	N/A	(0,0,0,1) (1,0,0,1) (2,0,0,1) (3,0,0,1) (4,0,0,1) (5,0,0,1)	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0) (3,0,0,0) (4,0,0,0) (5,0,0,0)	N/A	(0,0,0,1) (0,0,1,0) (1,0,0,1) (1,0,1,0) (2,0,0,1) (2,0,1,0)
40	(0,1,0,0)	N/A	N/A	(0,1,0,0)	N/A	N/A	(0,1,0,0)
41	(0,2,0,0)	N/A	N/A	(0,2,0,0)	N/A	N/A	(0,2,0,0)

42	(0,1,1,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
43	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
44	(0,0,1,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
45	(0,0,0,0) (0,0,1,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0) (1,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0) (1,0,0,0)
46	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0)
47	(0,0,0,0) (0,0,1,0) (1,0,0,0) (1,0,1,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0) (3,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0) (1,0,0,0) (2,0,0,0) (3,0,0,0)
48	(0,1,0,*)	(0,1,0,*)	(0,1,0,*)	(0,1,0,*)	(0,1,0,*)	(0,1,0,*)	(0,1,0,*)
49	(0,2,0,*)	(0,2,0,*)	(0,2,0,*)	(0,2,0,*)	(0,2,0,*)	(0,2,0,*)	(0,2,0,*)
50	(0,1,1,*)	(0,1,1,*)	(0,1,1,*)	N/A	N/A	N/A	(0,1,1,*)
51	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)
52	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	N/A	N/A	N/A	(0,0,1,*)
53	(0,0,0,*) (0,0,1,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*)
54	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*)
55	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*)
56	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*) (4,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*) (4,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*) (4,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*)
57	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*) (2,0,1,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*) (2,0,1,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*) (2,0,1,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*) (4,0,0,*) (5,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*) (4,0,0,*) (5,0,0,*)	(0,0,0,*) (1,0,0,*) (2,0,0,*) (3,0,0,*) (4,0,0,*) (5,0,0,*)	(0,0,0,*) (0,0,1,*) (1,0,0,*) (1,0,1,*) (2,0,0,*) (2,0,1,*)

2.7.2 前导序列生成

随机接入前导产生于具有零相关 Zadoff-Chu 序列，产生于一个或几个 Zadoff-Chu 序列。网络配

置 UE 可使用的前导序列集合。

每个小区有 64 个可用前导。一个小区中 64 个前导序列集合的查找从第一个开始以升序循环移位，具有逻辑索引 RACH_ROOT_SEQUENCE 的一个根 Zadoff-Chu 序列的所有可用循环移位。RACH_ROOT_SEQUENCE 作为系统信息的一部分被广播。如果 64 个前导序列不能由一个单一的根 Zadoff-Chu 序列产生，附加的前导序列将从具有连续逻辑索引的根序列获得，直到所有 64 个序列被查找。逻辑根序列顺序是循环的：逻辑序号 0 跟着 837。逻辑根序列索引与物理根序列索引 u 由表 2.7.2-4 和 2.7.2-5 给出，分别对应前导格式 0-3 和 4。

第 u^{th} 个根 Zadoff-chu 序由下式定义

$$x_u(n) = e^{-j\frac{\pi un(n+1)}{N_{\text{ZC}}}}, \quad 0 \leq n \leq N_{\text{ZC}} - 1$$

其中，Zadoff-Chu 序列长度 N_{ZC} 由表 2.7.2-1 给出。通过 u^{th} 根 Zadoff-Chu 序列，具有零相关、长度为 $N_{\text{CS}} - 1$ 的随机接入前导由循环偏移定义，根据下式

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

其中循环偏移由下式给定

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

分别用于前导格式 0-3 和 4 N_{CS} 由表 2.7.2-2 和 2.7.2-3 给定。由高层给定参数 High-speed-flag 决定是否使用无限制集或限制集。

变量 d_u 为相应量为 $1/T_{\text{SEQ}}$ 的多普勒偏移的循环偏移，有下式给出

$$d_u = \begin{cases} u^{-1} \bmod N_{\text{ZC}} & 0 \leq u^{-1} \bmod N_{\text{ZC}} < N_{\text{ZC}}/2 \\ N_{\text{ZC}} - u^{-1} \bmod N_{\text{ZC}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

循环偏移的限制集的参数决定 d_u 。对 $N_{\text{CS}} \leq d_u < N_{\text{ZC}}/3$ ，参数由下式给定

$$\begin{aligned} n_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \lfloor d_u / N_{\text{CS}} \rfloor \\ d_{\text{start}} &= 2d_u + n_{\text{shift}}^{\text{RA}} N_{\text{CS}} \\ n_{\text{group}}^{\text{RA}} &= \lfloor N_{\text{ZC}} / d_{\text{start}} \rfloor \\ \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \max(\lfloor (N_{\text{ZC}} - 2d_u - n_{\text{group}}^{\text{RA}} d_{\text{start}}) / N_{\text{CS}} \rfloor, 0) \end{aligned}$$

对于 $N_{\text{ZC}}/3 \leq d_u \leq (N_{\text{ZC}} - N_{\text{CS}})/2$ ，参数由下式给定

$$\begin{aligned} n_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \lfloor (N_{\text{ZC}} - 2d_u) / N_{\text{CS}} \rfloor \\ d_{\text{start}} &= N_{\text{ZC}} - 2d_u + n_{\text{shift}}^{\text{RA}} N_{\text{CS}} \\ n_{\text{group}}^{\text{RA}} &= \lfloor d_u / d_{\text{start}} \rfloor \\ \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \min(\max(\lfloor (d_u - n_{\text{group}}^{\text{RA}} d_{\text{start}}) / N_{\text{CS}} \rfloor, 0), n_{\text{shift}}^{\text{RA}}) \end{aligned}$$

对所有其它 d_u 值，在限制集中没有循环移位。

表 2.7.2-1 随机接入前导序列长度

前导格式	N_{ZC}
0 – 3	839
4	139

表 2.7.2-2 用于前导生成的循环偏移 N_{CS} （格式 0-3）

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

表 2.7.2-3 用于前导生成的循环偏移 N_{CS} （前导格式 4）

N_{CS} configuration	N_{CS} value
0	2
1	4
2	6
3	8
4	10
5	12
6	15

表 2.7.2-4 用于前导格式 0-3 的根 Zadoff-Chu 序列次序

逻辑根 序列标号	物理根序列标号 u (相应逻辑序列标号以升序)
0–23	129, 710, 140, 699, 120, 719, 210, 629, 168, 671, 84, 755, 105, 734, 93, 746, 70, 769, 60, 779, 2, 837, 1, 838
24–29	56, 783, 112, 727, 148, 691
30–35	80, 759, 42, 797, 40, 799
36–41	35, 804, 73, 766, 146, 693
42–51	31, 808, 28, 811, 30, 809, 27, 812, 29, 810
52–63	24, 815, 48, 791, 68, 771, 74, 765, 178, 661, 136, 703
64–75	86, 753, 78, 761, 43, 796, 39, 800, 20, 819, 21, 818
76–89	95, 744, 202, 637, 190, 649, 181, 658, 137, 702, 125, 714, 151, 688
90–115	217, 622, 128, 711, 142, 697, 122, 717, 203, 636, 118, 721, 110, 729, 89, 750, 103, 736, 61, 778, 55, 784, 15, 824, 14, 825
116–135	12, 827, 23, 816, 34, 805, 37, 802, 46, 793, 207, 632, 179, 660, 145, 694, 130, 709, 223, 616
136–167	228, 611, 227, 612, 132, 707, 133, 706, 143, 696, 135, 704, 161, 678, 201, 638, 173, 666, 106, 733, 83, 756, 91, 748, 66, 773, 53, 786, 10, 829, 9, 830
168–203	7, 832, 8, 831, 16, 823, 47, 792, 64, 775, 57, 782, 104, 735, 101, 738, 108, 731, 208, 631, 184, 655, 197, 642, 191, 648, 121, 718, 141, 698, 149, 690, 216, 623, 218, 621
204–263	152, 687, 144, 695, 134, 705, 138, 701, 199, 640, 162, 677, 176, 663, 119, 720, 158, 681, 164, 675, 174, 665, 171, 668, 170, 669, 87, 752, 169, 670, 88, 751, 107, 732, 81, 758, 82, 757, 100, 739, 98, 741, 71, 768, 59, 780, 65, 774, 50, 789, 49, 790, 26, 813, 17, 822, 13, 826, 6, 833
264–327	5, 834, 33, 806, 51, 788, 75, 764, 99, 740, 96, 743, 97, 742, 166, 673, 172, 667, 175, 664, 187, 652, 163, 676, 185, 654, 200, 639, 114, 725, 189, 650, 115, 724, 194, 645, 195, 644, 192, 647, 182, 657, 157, 682, 156, 683, 211, 628, 154, 685, 123, 716, 139, 700, 212, 627, 153, 686, 213, 626, 215, 624, 150, 689
328–383	225, 614, 224, 615, 221, 618, 220, 619, 127, 712, 147, 692, 124, 715, 193, 646, 205, 634, 206, 633, 116, 723, 160, 679, 186, 653, 167, 672, 79, 760, 85, 754, 77, 762, 92, 747, 58, 781, 62, 777, 69, 770, 54, 785, 36, 803, 32, 807, 25, 814, 18, 821, 11, 828, 4, 835
384–455	3, 836, 19, 820, 22, 817, 41, 798, 38, 801, 44, 795, 52, 787, 45, 794, 63, 776, 67, 772, 72 767, 76, 763, 94, 745, 102, 737, 90, 749, 109, 730, 165, 674, 111, 728, 209, 630, 204, 635, 117, 722, 188, 651, 159, 680, 198, 641, 113, 726, 183, 656, 180, 659, 177, 662, 196, 643, 155, 684, 214, 625, 126, 713, 131, 708, 219, 620, 222, 617, 226, 613
456–513	230, 609, 232, 607, 262, 577, 252, 587, 418, 421, 416, 423, 413, 426, 411, 428, 376, 463, 395, 444, 283, 556, 285, 554, 379, 460, 390, 449, 363, 476, 384, 455, 388, 451, 386, 453, 361, 478, 387, 452, 360, 479, 310, 529, 354, 485, 328, 511, 315, 524, 337, 502, 349, 490, 335, 504, 324, 515

514–561	323, 516, 320, 519, 334, 505, 359, 480, 295, 544, 385, 454, 292, 547, 291, 548, 381, 458, 399, 440, 380, 459, 397, 442, 369, 470, 377, 462, 410, 429, 407, 432, 281, 558, 414, 425, 247, 592, 277, 562, 271, 568, 272, 567, 264, 575, 259, 580
562–629	237, 602, 239, 600, 244, 595, 243, 596, 275, 564, 278, 561, 250, 589, 246, 593, 417, 422, 248, 591, 394, 445, 393, 446, 370, 469, 365, 474, 300, 539, 299, 540, 364, 475, 362, 477, 298, 541, 312, 527, 313, 526, 314, 525, 353, 486, 352, 487, 343, 496, 327, 512, 350, 489, 326, 513, 319, 520, 332, 507, 333, 506, 348, 491, 347, 492, 322, 517
630–659	330, 509, 338, 501, 341, 498, 340, 499, 342, 497, 301, 538, 366, 473, 401, 438, 371, 468, 408, 431, 375, 464, 249, 590, 269, 570, 238, 601, 234, 605
660–707	257, 582, 273, 566, 255, 584, 254, 585, 245, 594, 251, 588, 412, 427, 372, 467, 282, 557, 403, 436, 396, 443, 392, 447, 391, 448, 382, 457, 389, 450, 294, 545, 297, 542, 311, 528, 344, 495, 345, 494, 318, 521, 331, 508, 325, 514, 321, 518
708–729	346, 493, 339, 500, 351, 488, 306, 533, 289, 550, 400, 439, 378, 461, 374, 465, 415, 424, 270, 569, 241, 598
730–751	231, 608, 260, 579, 268, 571, 276, 563, 409, 430, 398, 441, 290, 549, 304, 535, 308, 531, 358, 481, 316, 523
752–765	293, 546, 288, 551, 284, 555, 368, 471, 253, 586, 256, 583, 263, 576
766–777	242, 597, 274, 565, 402, 437, 383, 456, 357, 482, 329, 510
778–789	317, 522, 307, 532, 286, 553, 287, 552, 266, 573, 261, 578
790–795	236, 603, 303, 536, 356, 483
796–803	355, 484, 405, 434, 404, 435, 406, 433
804–809	235, 604, 267, 572, 302, 537
810–815	309, 530, 265, 574, 233, 606
816–819	367, 472, 296, 543
820–837	336, 503, 305, 534, 373, 466, 280, 559, 279, 560, 419, 420, 240, 599, 258, 581, 229, 610

表 2.7.2-5 用于前导格式 4 的根 Zadoff-Chu 序列次序

逻辑根序列 标号	物理根序列标号 u (相应逻辑序列标号的升序)																			
0 – 19	1	138	2	137	3	136	4	135	5	134	6	133	7	132	8	131	9	130	10	129
20 – 39	11	128	12	127	13	126	14	125	15	124	16	123	17	122	18	121	19	120	20	119
40 – 59	21	118	22	117	23	116	24	115	25	114	26	113	27	112	28	111	29	110	30	109
60 – 79	31	108	32	107	33	106	34	105	35	104	36	103	37	102	38	101	39	100	40	99
80 – 99	41	98	42	97	43	96	44	95	45	94	46	93	47	92	48	91	49	90	50	89
100– 119	51	88	52	87	53	86	54	85	55	84	56	83	57	82	58	81	59	80	60	79
120– 137	61	78	62	77	63	76	64	75	65	74	66	73	67	72	68	71	69	70	-	-

2.7.3 基带信号生成

时域连续随机接入信号 $s(t)$ 由下式定义

$$s(t) = \beta_{\text{PRACH}} \sum_{k=0}^{N_{\text{ZC}}-1} \sum_{n=0}^{N_{\text{ZC}}-1} x_{u,v}(n) \cdot e^{-j\frac{2\pi nk}{N_{\text{ZC}}}} \cdot e^{j2\pi(k+\varphi+K(k_0+\frac{1}{2}))\Delta f_{\text{RA}}(t-T_{\text{CP}})}$$

其中， $0 \leq t < T_{\text{SEQ}} + T_{\text{CP}}$ ， β_{PRACH} 是一个幅度因子， **错误！ 不能通过编辑域代码创建对象。。** 频域位置

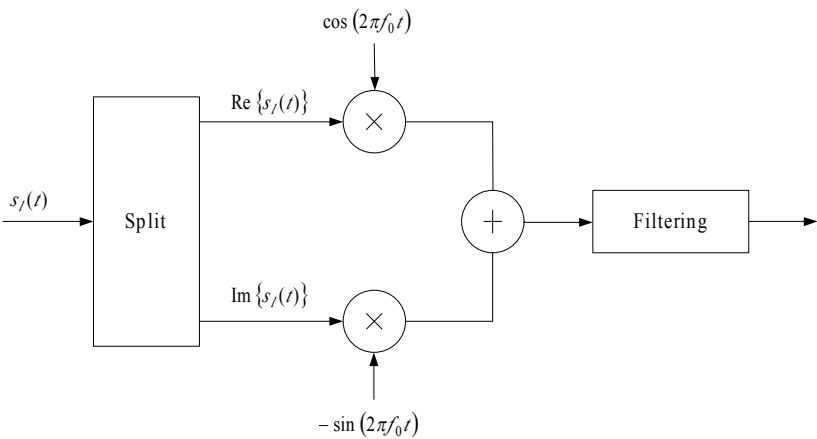
由参数 $n_{\text{PRB}}^{\text{RA}}$ 控制，从 2.7.1 节得出。因子 $K = \Delta f / \Delta f_{\text{RA}}$ 记录随机接入前导和上行数据传输之间的子载波间隔的差异。变量 Δf_{RA} 为用于随机接入前导子的载波间隔，和决定一个物理资源块中随机接入前导频域位置的固定偏移变量 φ 都由表 2.7.3-1 给出。

表 2.7.3-1 随机接入基带参数

前导格式	Δf_{RA}	φ
0 – 3	1250 Hz	7
4	7500 Hz	2

2.8 调制和上变频

每一天线端口的复数 SC-FDMA 基带信号载频的调制和上变频如图 2.8-1 所示。传输之前的滤波器由 [3GPP TS 36.104]的需求定义。



2.8-1 上行调制

3 下行

3.1 概述

用于下行传输的最小时频单元定义为一个资源元素，其在 3.2.2 节定义。

The smallest time-frequency unit for downlink transmission is denoted a resource element and is defined in Section 3.2.2.

A subset of the downlink subframes in a radio frame on a carrier supporting PDSCH transmission can be configured as MBSFN subframes by higher layers. Each MBSFN subframe is divided into a non-MBSFN region and an MBSFN region.

- The non-MBSFN region spans the first one or two OFDM symbols in an MBSFN subframe where the length of the non-MBSFN region is given by Table 3.7-1. Transmission in the non-MBSFN region shall use the same cyclic prefix length as used for subframe 0.
- The MBSFN region in an MBSFN subframe is defined as the OFDM symbols not used for the non-MBSFN region.

3.1.1 物理信道

一个下行物理信道对应一个承载高层信息的资源元素集且为 36.212 和 36.211 间的接口。下面为下行物理信道定义：

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

3.1.2 物理信号

用于物理层的对应于一个资源元素集的下行物理信号不携带任何高层信息。下面为下行信号定义

- 参考信号
- 同步信号

3.2 时隙结构和物理资源元素

3.2.1 资源网格

每个时隙的传输信号由一个 $N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}$ 个子载波的资源网格和 N_{symb}^{DL} 个 OFDM 符号描述。资源网格结

构如图 3.2.2-1 所示。 N_{RB}^{DL} 由小区中下行传输带宽配置决定且需满足

$$N_{RB}^{min, DL} \leq N_{RB}^{DL} \leq N_{RB}^{max, DL}$$

其中, $N_{RB}^{\min,DL} = 6$, 和 $N_{RB}^{\max,DL} = 110$ 分别为最小和最大下行带宽。由本规范的当前版本支持。

N_{RB}^{DL} 的允许值集有[36.104]给出。一个时隙中 OFDM 符号决定了循环前缀长度和子载波间隔配置, 表 3.2.3-1 给出。

如果是多天线传输, 每个天线端口都有一个资源网格。一个天线端口由它的相关参考信号定义。天线端口集决定小区中参考信号配置。

- 特定小区参考信号, 与非多播广播单频网络 (MBSFN) 传输相关, 支持 1, 2, 4 天线端口配置, 天线端口标号 p 应该分别满足 $p=0$, $p \in \{0,1\}$, $p \in \{0,1,2,3\}$ 。
- MBSFN 参考信号, 与 MBSFN 相关, 在天线端口 $p=4$ 传输。
- 特定 UE 参考信号在天线端口 $p=5$ 传输

3.2.2 资源元素

在天线端口 P 的资源网格中的每个元素被称为一个资源元素, 在每个时隙中由 (k,l) 唯一定义, 其中 $k=0,...,N_{RB}^{DL}N_{sc}^{RB}-1$ 和 $l=0,...,N_{symb}^{DL}-1$ 分别代表频域和时域。天线端口 p 上的资源元素 (k,l) 对应复数值 $a_{k,l}^{(p)}$ 。当没有冲突风险时, 或没有特殊天线端口被指定时, p 可以不用。

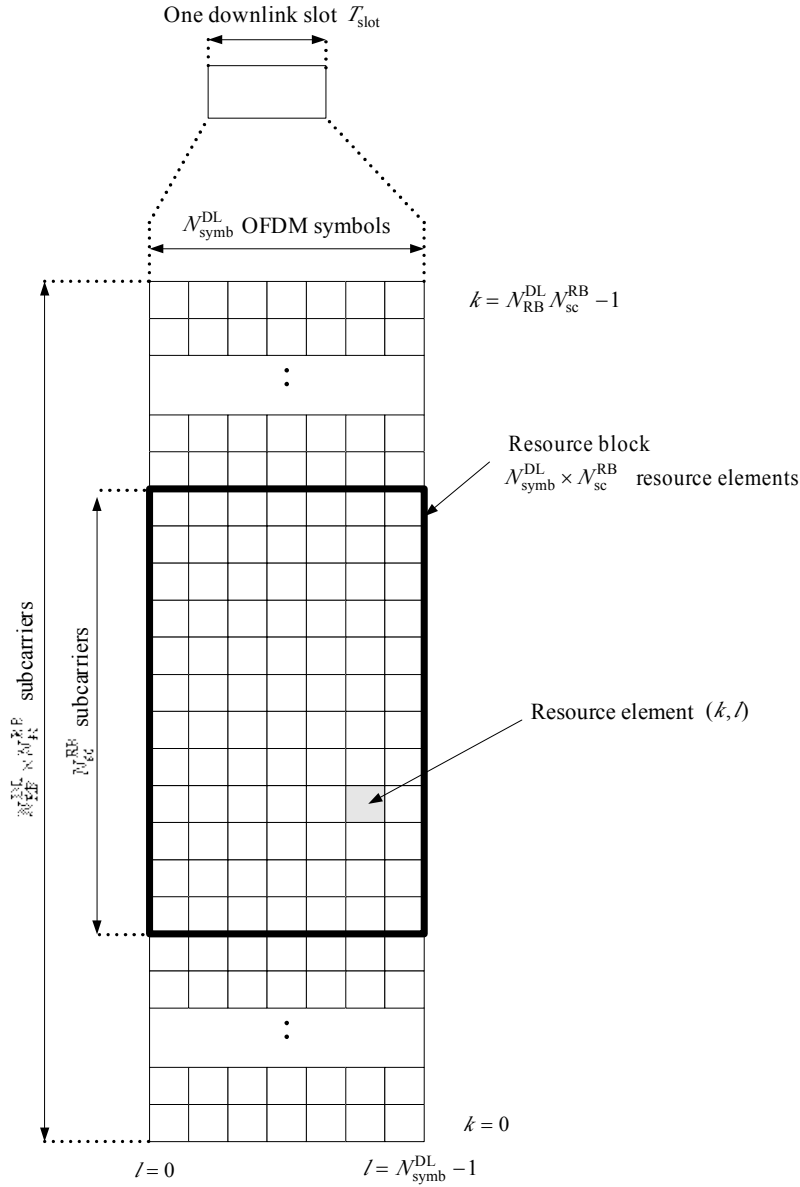


图 3.2.2-1 下行资源网格

3.2.3 资源块

资源块被用于描述某些物理信道到资源元素映射。物理和虚拟资源块被定义。

一个物理资源块定义为 $N_{\text{symb}}^{\text{DL}}$ 个时域连续 OFDM 符号和 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个频域子载波，其中 $N_{\text{symb}}^{\text{DL}}$ 和 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 由表 3.2.3-1 给出。因此一个物理资源块由 $N_{\text{symb}}^{\text{DL}} \times N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个资源元素组成，对应时域的一个时隙和频域的 180KHz。

物理资源块在频域从 0 到 $N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - 1$ 开始标号。一个时隙中的频域物理资源块标号 n_{PRB} 和资源元素 (k, l) 相互关系由下式给出

$$n_{\text{PRB}} = \left\lfloor \frac{k}{N_{\text{sc}}^{\text{RB}}} \right\rfloor$$

表 3.2.3-1 物理资源块参数

配置		N_{sc}^{RB}	N_{symb}^{DL}
普通循环前缀	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$	12	7
扩展循环前缀	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$		6
	$\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$	24	3

一个虚拟资源块与物理资源块大小相同。两种虚拟资源块定义如下：

- 虚拟本地资源块
- 分布式虚拟资源块

对每种虚拟资源块，一个子帧的两个时隙上的一对虚拟资源块被一个单独虚拟资源块标号 n_{VRB} 一起分配。

3.2.3.1 集中式虚拟资源块

集中式虚拟资源块直接映射到物理资源块，虚拟资源块 n_{VRB} 与物理资源块 $n_{PRB} = n_{VRB}$ 相对应。虚拟资源块标号从 0 开始到 $N_{VRB}^{DL} - 1$ ，其中 $N_{VRB}^{DL} = N_{RB}^{DL}$ 。

3.2.3.2 分布式虚拟资源块

分布式虚拟资源块映射到物理资源块的描述如下

表 3.2.3.2-1 RB 间隔值

系统带宽 (N_{RB}^{DL})	间隔 (N_{gap})	
	1 st Gap ($N_{gap,1}$)	2 nd Gap ($N_{gap,2}$)
6-10	$\lceil N_{RB}^{DL} / 2 \rceil$	N/A
11	4	N/A
12-19	8	N/A
20-26	12	N/A
27-44	18	N/A
45-49	27	N/A
50-63	27	9
64-79	32	16
80-110	48	16

参数 N_{gap} 由表 3.2.3.2-1 给出。对 $6 \leq N_{RB}^{DL} \leq 49$ ，仅仅有一个间隔值 $N_{gap,1}$ 被定义，

$N_{gap} = N_{gap,1}$ 。对于 $50 \leq N_{RB}^{DL} \leq 110$ ，定义了两个间隔值 $N_{gap,1}$ 和 $N_{gap,2}$ 。无论是 $N_{gap} = N_{gap,1}$ 还是

$N_{\text{gap}} = N_{\text{gap},2}$ 作为下行调度配置的一部分被发出信号，在[3GPP TS 36.212]中描述。

分布式虚拟资源块标号从 0 到 $N_{\text{VRB}}^{\text{DL}} - 1$ ，其中对间隔 1 和间隔 2 分别为，

$N_{\text{VRB}}^{\text{DL}} = N_{\text{VRB,gap1}}^{\text{DL}} = 2 \cdot \min(N_{\text{gap}}, N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - N_{\text{gap}})$ ， $N_{\text{VRB}}^{\text{DL}} = N_{\text{VRB,gap2}}^{\text{DL}} = \lfloor N_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 2 N_{\text{gap}} \rfloor \cdot 2 N_{\text{gap}}$ 。连续 $\tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}}$ 个虚拟资源块组成一个虚拟资源标号交织单元，其中对间隔 1， $\tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} = N_{\text{VRB}}^{\text{DL}}$ ；对间隔 2， $\tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} = 2 N_{\text{gap}}$ ，每个交

织单元的 VRB 数的交织为 4 列和 N_{row} 行，其中 $N_{\text{row}} = \lceil \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} / (4P) \rceil \cdot P$ ， P 为[TS 36.213]中给出的 RBG

(Resource Block Group) 大小，VRB 数逐行写入举行矩阵，按列读出。 N_{null} 个 nulls 被插入第 2 和第

4 列的最后 $N_{\text{null}} / 2$ 行，其中 $N_{\text{null}} = 4 N_{\text{row}} - \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}}$ 。Nulls 在读出是被忽略。包括交织的 VRB 数到 PRB 数的映射由下式得出：

对偶数时隙标号 n_s

$$\tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) = \begin{cases} \tilde{n}'_{\text{PRB}} - N_{\text{row}} & , N_{\text{null}} \neq 0 \text{ and } \tilde{n}_{\text{VRB}} \geq \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} - N_{\text{null}} \text{ and } \tilde{n}_{\text{VRB}} \bmod 2 = 1 \\ \tilde{n}'_{\text{PRB}} - N_{\text{row}} + N_{\text{null}} / 2 & , N_{\text{null}} \neq 0 \text{ and } \tilde{n}_{\text{VRB}} \geq \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} - N_{\text{null}} \text{ and } \tilde{n}_{\text{VRB}} \bmod 2 = 0 \\ \tilde{n}''_{\text{PRB}} - N_{\text{null}} / 2 & , N_{\text{null}} \neq 0 \text{ and } \tilde{n}_{\text{VRB}} < \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} - N_{\text{null}} \text{ and } \tilde{n}_{\text{VRB}} \bmod 4 \geq 2 \\ \tilde{n}''_{\text{PRB}} & , \text{otherwise} \end{cases}$$

其中 $\tilde{n}_{\text{VRB}} = n_{\text{VRB}} \bmod \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}}$ ， n_{VRB} 得自[36.213]中描述的下行调度分配。

对奇数时隙标号 n_s

$$\tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) = (\tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s - 1) + \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} / 2) \bmod \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} + \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} \cdot \lfloor n_{\text{VRB}} / \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} \rfloor$$

对所有 n_s

$$n_{\text{PRB}}(n_s) = \begin{cases} \tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) & , \tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) < \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} / 2 \\ \tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) + N_{\text{gap}} - \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} / 2 & , \tilde{n}_{\text{PRB}}(n_s) \geq \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} / 2 \end{cases}$$

3.2.4 资源元素组

资源元素组用来定义控制信道到资源元素的映射。

一个资源元素组由在该组中具有最低索引号 k 的资源元素的索引对 (k, l) 代表，该组具有所有资源元素和相同 l 值。在一个资源元素组中资源元素 (k, l) 集去取决于特定小区参考信号配置的数量，如下

所述， $k_0 = n_{\text{PRB}} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ， $0 \leq n_{\text{PRB}} < N_{\text{RB}}^{\text{DL}}$ 。

- 在一个子帧的第一个时隙的第一个 OFDM 符号中，物理资源块 n_{PRB} 中两个资源元素组由资源元素 $(k, l=0)$ 组成，其中分别有 $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 5$ 和 $k = k_0 + 6, k_0 + 7, \dots, k_0 + 11$ 。
- 在一个子帧的第一时隙的第二个 OFDM 符号中，如果一个或两个特定小区参考信号配置，

物理资源块 n_{PRB} 中的三个资源元素组由资源元素 $(k, l=1)$ 组成，其中分别有 $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 3$ ， $k = k_0 + 4, k_0 + 5, \dots, k_0 + 7$ 和 $k = k_0 + 8, k_0 + 9, \dots, k_0 + 11$ 。

- 在一个子帧的第一时隙的第二个 OFDM 符号中，如果四个特定小区参考信号配置，物理资源块 n_{PRB} 中的两个资源元素组由资源元素 $(k, l=1)$ 组成，其中分别有 $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 5$ 和 $k = k_0 + 6, k_0 + 7, \dots, k_0 + 11$ 。
- 在一个子帧的第一时隙的第三个 OFDM 符号中，物理资源块 n_{PRB} 中的三个资源元素组由资源元素 $(k, l=2)$ 组成，其中分别有 $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 3$ ， $k = k_0 + 4, k_0 + 5, \dots, k_0 + 7$ 和 $k = k_0 + 8, k_0 + 9, \dots, k_0 + 11$ 。
- 在第一个子帧的第一时隙的第四个 OFDM 符号中，如果普通循环前缀，物理资源块 n_{PRB} 中的三个资源元素组由资源元素 $(k, l=3)$ 组成，其中分布有 $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 3$ ， $k = k_0 + 4, k_0 + 5, \dots, k_0 + 7$ 和 $k = k_0 + 8, k_0 + 9, \dots, k_0 + 11$ 。
- 在第一个子帧的第一时隙的第四个 OFDM 符号中，如果扩展循环前缀，物理资源块 n_{PRB} 中的两个资源元素组由资源元素 $(k, l=3)$ 组成，其中分别有 $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 5$ 和 $k = k_0 + 6, k_0 + 7, \dots, k_0 + 11$ 。

四组符号 $\langle z(i), z(i+1), z(i+2), z(i+3) \rangle$ 到由资源元素 (k', l') 代表的资源元素组的映射定义为：元素 $z(i)$ 被映射到不用于特定小区参考信号的资源元素组的资源元素 (k, l) ， i 和 k 以升序形式进行。如果单个特定小区参考信号被配置，特定小区参考信号应该假定出现在天线端口 0 和 1 上，目的是映射一个四组符号到一个资源元素组，否则特定小区参考信号数应该假定与实际用于特定小区参考信号的天线端口数相等。

3.2.5 半双工 FDD 操作的保护周期

对半双工操作，一个保护周期由 UE 来产生，通过不接收一个下行子帧的最后部分，该子帧为来自相同 UE 的一个上行子帧。

3.2.6 TDD 操作的保护周期

对帧结构 3，图 1.2-1 中 GP 域作为保护周期

3.3 下行物理信道的一般结构

该节讲述一个一般结构，适用于多种物理信道。

代表下行物理信道的基带信号定义为如下步骤：

- 每个码字编码比特扰码，在一个物理信道上传输
- 扰码比特调制，生成复数调制符号
- 复数调制符号映射到一个或几个传输层
- 对每个天线端口上传输，在每一层上的复数调制符号预编码
- 将每个天线端口的复数调制符号映射到资源元素
- 每个天线端口生成复数时域 OFDM 符号

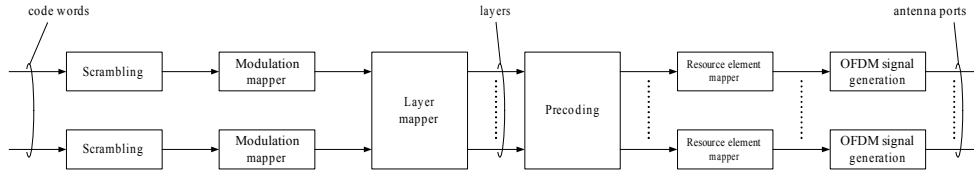


图 3.3-1 物理层过程概述

3.3.1 扰码

对每个码字 q ，比特块 $b^{(q)}(0), \dots, b^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ 在调制之前应该加扰，产生扰码比特块 $\tilde{b}^{(q)}(0), \dots, \tilde{b}^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ ，其中 $M_{\text{bit}}^{(q)}$ 为码字 q 中一个子帧中在物理信道上传输的比特数。扰码规则如下：

$$\tilde{b}^{(q)}(i) = (b^{(q)}(i) + c^q(i)) \bmod 2。$$

其中，扰码序列 $c^q(i)$ 在 4.2 节给出。扰码序列生成应该在每个子帧的开始被初始化，其中 c_{init} 的初始值决定了传输信道种类，如下式：

$$c_{\text{init}} = \begin{cases} n_{\text{RNTI}} \cdot 2^{14} + q \cdot 2^{13} + \lfloor n_s/2 \rfloor \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}} & \text{for PDSCH} \\ \lfloor n_s/2 \rfloor \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{MBSFN}} & \text{for PMCH} \end{cases}$$

其中， n_{RNTI} 对应 PDSCH 传输打算的 UE 的身份，至多两个码字可以在一个子帧中传输，如 $q \in \{0,1\}$ 。如果是单码字传输， q 等于 0。

3.3.2 调制

对每个码字 q ，扰码比特块 $\tilde{b}^{(q)}(0), \dots, \tilde{b}^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ 应该如 4.1 节所示的那样进行调制。使用表 3.3.2-1 中的一种调制方案，产生复数调制符号块 $d^{(q)}(0), \dots, d^{(q)}(M_{\text{symb}}^{(q)} - 1)$ 。

表 3.3.2-1 调制方案

物理信道	调制方案
PDSCH	QPSK, 16QAM, 64QAM
PMCH	QPSK, 16QAM, 64QAM

3.3.3 层映射

被传输的每个码字的复数调制符号映射到一层或几层上。每个码字 q 的复数调制符号 $d^{(q)}(0), \dots, d^{(q)}(M_{\text{symb}}^{(q)} - 1)$ 应该映射到层 $x(i) = [x^{(0)}(i) \ \dots \ x^{(v-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$ ，其中， v 为层数， $M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ 是每层调制符号数。

3.3.3.1 单个天线端口上层映射传输

对单个天线端口上的传输，单层被使用， $v=1$ ，且映射有下式定义

$$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$$

其中， $M_{\text{sybm}}^{\text{layer}} = M_{\text{sybm}}^{(0)}$ 。

3.3.3.2 空间复用层映射

对空间复用，层映射应该根据表 3.3.3.2-1 进行。层数 v 小于或等于用于物理信道传输的天线端口数 P 。当天线端口数为 4 时，仅仅适用于单个码字映射到两层。

表 3.3.3.2-1 空间复用的码字到层映射

层数	码字数	码字到层映射 $i = 0, 1, \dots, M_{\text{sybm}}^{\text{layer}} - 1$
1	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$ $M_{\text{sybm}}^{\text{layer}} = M_{\text{sybm}}^{(0)}$
2	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(1)}(i)$ $M_{\text{sybm}}^{\text{layer}} = M_{\text{sybm}}^{(0)} = M_{\text{sybm}}^{(1)}$
2	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i+1)$ $M_{\text{sybm}}^{\text{layer}} = M_{\text{sybm}}^{(0)} / 2$
3	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(1)}(2i)$ $x^{(2)}(i) = d^{(1)}(2i+1)$ $M_{\text{sybm}}^{\text{layer}} = M_{\text{sybm}}^{(0)} = M_{\text{sybm}}^{(1)} / 2$
4	2	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(1)}(2i)$ $x^{(3)}(i) = d^{(1)}(2i+1)$ $M_{\text{sybm}}^{\text{layer}} = M_{\text{sybm}}^{(0)} / 2 = M_{\text{sybm}}^{(1)} / 2$

3.3.3.3 传输分集(layer)映射

对传输分集，层映射应根据表 3.3.3.3-1 进行。该处仅有一个码字且层数 v 等于用于物理信道传输的

天线端口数 P 。

Number of layers	Number of codewords	Codeword-to-layer mapping	
		$i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$	
2	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i+1)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = M_{\text{symb}}^{(0)} / 2$
4	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(4i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(4i+1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(0)}(4i+2)$ $x^{(3)}(i) = d^{(0)}(4i+3)$	$M_{\text{symb}}^{\text{layer}} = \begin{cases} M_{\text{symb}}^{(0)} / 4 & \text{if } M_{\text{symb}}^{(0)} \bmod 4 = 0 \\ (M_{\text{symb}}^{(0)} + 2) / 4 & \text{if } M_{\text{symb}}^{(0)} \bmod 4 \neq 0 \end{cases}$ If $M_{\text{symb}}^{(0)} \bmod 4 \neq 0$ two null symbols shall be appended to $d^{(0)}(M_{\text{symb}}^{(0)} - 1)$

3.3.4 预编码

来自层映射的作为输入的向量块 $x(i) = [x^{(0)}(i) \ \dots \ x^{(v-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$ 编码，生成向量块 $y(i) = [\dots y^{(p)}(i) \ \dots]^T$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{ap}} - 1$ 并映射到每个天线端口资源上，其中 $y^{(p)}(i)$ 代表天线端口 p 的信号。

3.3.4.1 单天线端口上传输预编码

对单个天线端口上传输，预编码为：

$$y^{(p)}(i) = x^{(0)}(i)$$

其中 $p \in \{0, 4, 5\}$ 用于物理信道传输的单个天线端口的数量， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{ap}} - 1$ ， $M_{\text{symb}}^{\text{ap}} = M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ 。

3.3.4.2 空间复用预编码

空间复用预编码仅仅结合空间复用层映射使用。空间复用支持两个或四个天线端口使用的天线端口集分别为 $p \in \{0, 1\}$ 或 $p \in \{0, 1, 2, 3\}$ 。

3.3.4.2.1 无 CDD 的预编码

无循环延迟分集（cyclic delay diversity，CDD），空间复用预编码定义为

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(i) \\ \vdots \\ y^{(P-1)}(i) \end{bmatrix} = W(i) \begin{bmatrix} x^{(0)}(i) \\ \vdots \\ x^{(v-1)}(i) \end{bmatrix}$$

其中，预编码矩阵 $W(i)$ 大小为 $P \times v$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{ap}} - 1$ ， $M_{\text{symb}}^{\text{ap}} = M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ 。

对空间复用， $W(i)$ 的值应该在 eNodeB 和 UE 中配置的码字本中的预编码器元素间选择。eNodeB 可以进一步限制 UE 中的预编码器选择。配置的码字本应该从表 3.3.4.2.3-1 或 3.3.4.2.3-2 中选择。

3.3.4.2.2 大延迟 CDD 预编码

对大延迟（large-delay CDD），空间复用预编码定义为

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(i) \\ \vdots \\ y^{(P-1)}(i) \end{bmatrix} = W(i)D(i)U \begin{bmatrix} x^{(0)}(i) \\ \vdots \\ x^{(v-1)}(i) \end{bmatrix}$$

其中预编码矩阵 $W(i)$ 的大小为 $P \times v$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{ap}} - 1$ ， $M_{\text{symb}}^{\text{ap}} = M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ 。对角矩阵 $D(i)$ ($v \times v$) 支持循环延迟分集，矩阵 U ($v \times v$) 在表 3.3.4.2.2-1 中为不同层数 v 给出。

预编码矩阵 $W(i)$ 的值应该在 eNodeB 和 UE 中配置的码字本中的预编码器元素间选择。eNodeB 可以进一步限制 UE 中的预编码器选择。配置的码字本应该从表 3.3.4.2.3-1 或 3.3.4.2.3-2 中选择。

For 2 antenna ports, the precoder is selected according to where denotes the precoding matrix corresponding to precoder index 0 in Table 3.3.4.2.3-1.

For 4 antenna ports, the UE may assume that the eNB cyclically assigns different precoders to different vectors on the physical downlink shared channel as follows. A different precoder is used every vectors, where denotes the number of transmission layers in the case of spatial multiplexing. In particular, the precoder is selected according to , where is the precoder index given by and denote precoder matrices corresponding to precoder indices 12,13,14 and 15, respectively, in Table 3.3.4.2.3-2.

表 3.3.4.2.2-1 大延迟循环延迟分集

Number of layers v	U	$D(i)$
1	$[1]$	$[1]$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/2} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/2} \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{3}} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/3} & e^{-j4\pi/3} \\ 1 & e^{-j4\pi/3} & e^{-j8\pi/3} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/3} & 0 \\ 0 & 0 & e^{-j4\pi/3} \end{bmatrix}$
4	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/4} & e^{-j4\pi/4} & e^{-j6\pi/4} \\ 1 & e^{-j4\pi/4} & e^{-j8\pi/4} & e^{-j12\pi/4} \\ 1 & e^{-j6\pi/4} & e^{-j12\pi/4} & e^{-j18\pi/4} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{-j4\pi/4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{-j6\pi/4} \end{bmatrix}$

3.3.4.2.3 预编码码字本

对两个天线端口 $p \in \{0,1\}$ 上的传输，预编码矩阵 $W(i)$ 应该从表 3.3.4.2.3-1 或其中的一个子集中选择。对[TS.36.212]中定义的闭环空间复用传输模式，当层数为 $v = 2$ 时码字本索引 0 没有被使用。

表 3.3.4.2.3-1 天线端口 $\{0,1\}$ 上传输的码字本

Codebook index	Number of layers ν	
	1	2
0	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ 1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$
1	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -1 \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & -1 \end{bmatrix}$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ j \end{bmatrix}$	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ j & -j \end{bmatrix}$
3	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

对四个天线端口 $p \in \{0,1,2,3\}$ 上的传输，预编码矩阵 W 应该从表 3.3.4.2.3-2 或其子集中选择。 $W_n^{\{s\}}$ 表示由来自表达式 $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$ 的集合 $\{s\}$ 给定的列所定义的矩阵，其中 I 为 4×4 单位矩阵，向量 u_n 由表 3.3.4.2.3-2 表示。

表 3.3.4.2.3-2 天线端口 $\{0,1,2,3\}$ 上传输的码字本

Codebook index	u_n	Number of layers ν			
		1	2	3	4

0	$u_0 = [1 \quad -1 \quad -1 \quad -1]^T$	$W_0^{\{1\}}$	$W_0^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_0^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_0^{\{1234\}}/2$
1	$u_1 = [1 \quad -j \quad 1 \quad j]^T$	$W_1^{\{1\}}$	$W_1^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_1^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_1^{\{1234\}}/2$
2	$u_2 = [1 \quad 1 \quad -1 \quad 1]^T$	$W_2^{\{1\}}$	$W_2^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_2^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_2^{\{3214\}}/2$
3	$u_3 = [1 \quad j \quad 1 \quad -j]^T$	$W_3^{\{1\}}$	$W_3^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_3^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_3^{\{3214\}}/2$
4	$u_4 = [1 \quad (-1-j)/\sqrt{2} \quad -j \quad (1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_4^{\{1\}}$	$W_4^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_4^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_4^{\{1234\}}/2$
5	$u_5 = [1 \quad (1-j)/\sqrt{2} \quad j \quad (-1-j)/\sqrt{2}]^T$	$W_5^{\{1\}}$	$W_5^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_5^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_5^{\{1234\}}/2$
6	$u_6 = [1 \quad (1+j)/\sqrt{2} \quad -j \quad (-1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_6^{\{1\}}$	$W_6^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_6^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_6^{\{1324\}}/2$
7	$u_7 = [1 \quad (-1+j)/\sqrt{2} \quad j \quad (1+j)/\sqrt{2}]^T$	$W_7^{\{1\}}$	$W_7^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_7^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_7^{\{1324\}}/2$
8	$u_8 = [1 \quad -1 \quad 1 \quad 1]^T$	$W_8^{\{1\}}$	$W_8^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_8^{\{124\}}/\sqrt{3}$	$W_8^{\{1234\}}/2$
9	$u_9 = [1 \quad -j \quad -1 \quad -j]^T$	$W_9^{\{1\}}$	$W_9^{\{14\}}/\sqrt{2}$	$W_9^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_9^{\{1234\}}/2$
10	$u_{10} = [1 \quad 1 \quad 1 \quad -1]^T$	$W_{10}^{\{1\}}$	$W_{10}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{10}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{10}^{\{1324\}}/2$
11	$u_{11} = [1 \quad j \quad -1 \quad j]^T$	$W_{11}^{\{1\}}$	$W_{11}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{11}^{\{134\}}/\sqrt{3}$	$W_{11}^{\{1324\}}/2$
12	$u_{12} = [1 \quad -1 \quad -1 \quad 1]^T$	$W_{12}^{\{1\}}$	$W_{12}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{12}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{12}^{\{1234\}}/2$
13	$u_{13} = [1 \quad -1 \quad 1 \quad -1]^T$	$W_{13}^{\{1\}}$	$W_{13}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{13}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{13}^{\{1324\}}/2$
14	$u_{14} = [1 \quad 1 \quad -1 \quad -1]^T$	$W_{14}^{\{1\}}$	$W_{14}^{\{13\}}/\sqrt{2}$	$W_{14}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{14}^{\{3214\}}/2$
15	$u_{15} = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T$	$W_{15}^{\{1\}}$	$W_{15}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{15}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{15}^{\{1234\}}/2$

3.3.4.3 传输分集预编码

传输分集预编码仅仅与用于传输分集的层映射结合使用。传输分集的预编码操作为两个或四个天线端口定义。

对连个天线端口 $p \in \{0,1\}$ 上的传输，预编码操作的输出 $y(i) = [y^{(0)}(i) \quad y^{(1)}(i)]^T$ ， $i=0,1,\dots,M_{\text{sybm}}^{\text{ap}}-1$ 定义为

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(2i) \\ y^{(1)}(2i) \\ y^{(0)}(2i+1) \\ y^{(1)}(2i+1) \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & j & 0 \\ 0 & -1 & 0 & j \\ 0 & 1 & 0 & j \\ 1 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(x^{(0)}(i)) \\ \text{Re}(x^{(1)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(0)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(1)}(i)) \end{bmatrix}$$

对 $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$, 有 $M_{\text{symb}}^{\text{ap}} = 2M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ 。

对四个天线端口 $p \in \{0, 1, 2, 3\}$ 上的传输, 预编码操作的输出 $y(i) = [y^{(0)}(i) \ y^{(1)}(i) \ y^{(2)}(i) \ y^{(3)}(i)]^T$ 被定义为

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(x^{(0)}(i)) \\ \text{Re}(x^{(1)}(i)) \\ \text{Re}(x^{(2)}(i)) \\ \text{Re}(x^{(3)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(0)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(1)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(2)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(3)}(i)) \end{bmatrix}$$

对 $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$, 有 $M_{\text{symb}}^{\text{ap}} = \begin{cases} 4M_{\text{symb}}^{\text{layer}} & \text{if } M_{\text{symb}}^{(0)} \bmod 4 = 0 \\ (4M_{\text{symb}}^{\text{layer}}) - 2 & \text{if } M_{\text{symb}}^{(0)} \bmod 4 \neq 0 \end{cases}$ 。

6.3.4.4 Precoding for spatial multiplexing using antenna ports with UE-specific reference signals

Precoding for spatial multiplexing using antenna ports with UE-specific reference signals is only used in combination with layer mapping for spatial multiplexing as described in Section 6.3.3.2. Spatial multiplexing using antenna ports with UE-specific reference signals supports two antenna ports and the set of antenna ports used is $p \in \{7, 8\}$.

For transmission on two antenna ports, $p \in \{7, 8\}$, the precoding operation is defined by

$$\begin{bmatrix} y^{(7)}(i) \\ y^{(8)}(i) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} x^{(0)}(i) \\ x^{(1)}(i) \end{bmatrix}$$

where $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{ap}} - 1$, $M_{\text{symb}}^{\text{ap}} = M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$.

3.3.5 物理资源映射

对每个用于物理信道传输的天线端口，复数符号块 $y^{(p)}(0), \dots, y^{(p)}(M_{\text{symb}}^{\text{ap}} - 1)$ 应从 $y^{(p)}(0)$ 开始映射到物理资源块中的资源元素 (k, l) ，根据分配给传输和不用于传输 PCFICH, PHICH, PDCCH, PBCH, 同步信号或参考信号的虚拟资源块。没有为其他目的预留的天线端口 p 上资源元素 (k, l) 的映射应该在分配的物理资源块上以第一个索引 k 的升序形式进行，然后以索引 l 进行，从一个子帧的第一个时隙开始。

3.4 物理下行共享信道

物理下行共享信道应该被处理和映射到资源单元，如 3.3 节所示，下面情况除外：

- 特定 UE 参考信号不被传输的资源块中，PDSCH 应该在与 PBCH 相同的天线端口上传输，该端口为 $\{0\}$, $\{0,1\}$, $\{0,1,2,3\}$ 之一。
- 特定 UE 参考信号传输的资源块中，PDSCH 应该在天线端口 $\{5\}, \{7\}, \{8\}$, or $\{7,8\}$ 中被传输。

3.5 物理多播信道

物理多播信道应该如 3.3 节中描述的那样被处理，以下情况除外：

- 没有传输分集方案被指定
- 层映射和预编码应该被执行，假定一个单天线端口，传输应该使用天线端口 4。
- PMCH 可以在 MBSFN 子帧的 MBSFN 区域中传输

3.6 物理广播信道

3.6.1 扰码

比特块 $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ 在调制之前应该被特定小区序列扰码，得到扰码比特 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ ，其中 M_{bit} 为物理广播信道上传输的比特数（等于 1902 普通循环前缀和 1782 扩展循环前缀）。扰码公式如下

$$\tilde{b}(i) = (b(i) + c(i)) \bmod 2$$

其中扰码序列 $c(i)$ 由 4.2 节给出。扰码序列应该在每个满足 $n_f \bmod 4 = 0$ 的无线帧中用 $c_{\text{init}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 始化。

3.6.2 调制

扰码比特 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ 应按 4.1 节描述的那样进行调制，得到复数调制符号块

$d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 。表 3.6.2-1 指出了适用于物理广播信道的调制映射。

表 3.6.2-1 PBCH 调制方案

Physical channel	Modulation schemes
PBCH	QPSK

3.6.3 层映射和预编码

调制符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 应该根据 3.3.3.1 或 3.3.3.3 ($M_{\text{symb}}^{(0)} = M_{\text{symb}}$) 节描述的那样映射到层并根据 3.3.4.1 或 3.3.4.3 节那样进行预编码，产生向量块 $\mathbf{y}(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(P-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1$ ，其中 $y^{(p)}(i)$ 代表天线端口 p 的信号， $p = 0, \dots, P-1$ ，特定小区参考信号的天线端口数 $P \in \{1, 2, 4\}$ 。

3.6.4 资源单元映射

每个天线端口的复数符号块 $y^{(p)}(0), \dots, y^{(p)}(M_{\text{symb}} - 1)$ 在 4 个连续无线帧期间传输。每个无线帧的开始满足 $n_f \bmod 4 = 0$ 且从 $\mathbf{y}(0)$ 开始映射到资源元素 (k, l) 。在子帧 0 的第一时隙 1 中，到没有预留给参考信号传输的资源元素的映射应该以第一个索引 k 的升序形式进行，然后是索引 l ，最后是帧序号。资源元素索引由下给出

$$k = \frac{N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}}}{2} - 36 + k', \quad k' = 0, 1, \dots, 71$$

$$l = 0, 1, \dots, 3$$

其中不包括预留给参考信号的资源元素。映射操作应假定天线端口 0-3 上特定小区参考信号存在，不论实际配置如何。在上面的映射操作中，假定预留给参考信号但不能用于参考信号的传输的资源元素不能用于任何物理信道的传输。

3.7 物理控制格式指示信道

物理控制格式指示信道携带关于一个子帧用于传输 PDCCH 的 OFDM 符号数的信息。一个子帧中用于 PDCCH 的 OFDM 符号集由表 3.7-1 给出。

表 3.7-1 用于 PDCCH 的 OFDM 符号数

子帧	用于 PDCCH 的 OFDM 符号数 ($N_{\text{RB}}^{\text{DL}} > 10$)	用于 PDCCH 的 OFDM 符号数 ($N_{\text{RB}}^{\text{DL}} \leq 10$)
帧结构 2 的子帧 1 和子帧 6	1, 2	2
对 1 或 2 个小区特定天线端口, 在支持 PMCH 和 PDSCH 的载波上 MBSFN 子帧	1, 2	2
对 4 个小区特定天线端口, 在支持 PMCH 和 PDSCH 的载波上的 MBSFN 子帧	2	2
在不支持 PDSCH 的载波上的 MBSFN 子帧	0	0
其它情况	1, 2, 3	2, 3, 4

3.7.1 扰码

一个子帧中传输的比特块 $b(0), \dots, b(31)$ 应该在调制之前用一个特定小区序列扰码, 得到扰码块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(31)$, 扰码规则如下

$$\tilde{b}(i) = (b(i) + c(i)) \bmod 2$$

扰码序列 $c(i)$ 在 3.2 节给出。扰码序列的产生应该在每个子帧开始时用 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s/2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 初始化。

3.7.2 调制

扰码块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(31)$ 应该按 3.1 节描述的方法进行调制, 产生复数调制符号块 $d(0), \dots, d(15)$ 。表 3.7.2-1 规定了适用于物理控制格式指示信道的调制映射。

3.7.3 层映射与预编码

调整符号块 $d(0), \dots, d(15)$ 应该根据 3.3.3.1 节或 3.3.3.3 节进行层映射 ($M_{\text{symb}}^{(0)} = 16$) 以及根据 3.3.4.1 或 3.3.4.3 节进行预编码, 生成向量块 $y(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(P-1)}(i)]^T$, $i = 0, \dots, 15$, 其中 $y^{(p)}(i)$ 代表天线端口 p 上的信号, $p = 0, \dots, P-1$, 用于特定小区参考信号的天线端口的数量为 $P \in \{1, 2, 4\}$ 。PCFICH 应该在与 PBCH 相同的天线端口集中传输。

3.7.4 映射到资源元素

到资源元素的映射定义为以复数符号的四组形式进行。

$z^{(p)}(i) = \langle y^{(p)}(4i), y^{(p)}(4i+1), y^{(p)}(4i+2), y^{(p)}(4i+3) \rangle$ 代表天线端口 p 的符号四组 i 。对每个天线端口，符号四组应该以 i 升序的形式映射到一个下行子帧的第一个 OFDM 中的四个资源元素组。资源元素组的代表在 3.2.4 中定义。

$$\begin{aligned} z^{(p)}(0) & \text{ is mapped to the resource - element group represented by } k = \bar{k} \\ z^{(p)}(1) & \text{ is mapped to the resource - element group represented by } k = \bar{k} + \left\lfloor \mathcal{N}_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 2 \right\rfloor \cdot \mathcal{N}_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \\ z^{(p)}(2) & \text{ is mapped to the resource - element group represented by } k = \bar{k} + \left\lfloor 2 \mathcal{N}_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 2 \right\rfloor \cdot \mathcal{N}_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \\ z^{(p)}(3) & \text{ is mapped to the resource - element group represented by } k = \bar{k} + \left\lfloor 3 \mathcal{N}_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 2 \right\rfloor \cdot \mathcal{N}_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \end{aligned}$$

其中增加部分模 $\mathcal{N}_{\text{RB}}^{\text{DL}} \mathcal{N}_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ，

$$\bar{k} = \left(\mathcal{N}_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \right) \cdot \left(\mathcal{N}_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 2 \mathcal{N}_{\text{RB}}^{\text{DL}} \right)$$

$\mathcal{N}_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 是 3.11 节给出的物理层小区身份。

3.8 物理下行控制信道

3.8.1 PDCCH 格式

物理下行控制信道携带调度分配和其它控制信息。一个物理控制信道在一个或几个连续控制信道元素 (CCEs) 的集合上传输，其中一个控制信道元素对应 9 个资源元素组。没有分配给 PCFICH 或 PHICH 的资源元素的数量为 \mathcal{N}_{REG} 。系统中可用的 CCEs 从 0 开始标号到 $\mathcal{N}_{\text{CCE}} - 1$ ，其中 $\mathcal{N}_{\text{CCE}} = \lfloor \mathcal{N}_{\text{REG}} / 9 \rfloor$ 。PDCCH 支持多种格式，如表 3.8.1-1。一个由 n 个连续的 CCEs 组成的 PDCCH 可能仅仅开始于一个满足 $i \bmod n = 0$ 的 CCE，其中 i 为该 CCE 编号。

多个 PDCCHs 能在一个子帧上传输。

表 6.8.1-1 支持的 PDCCH 格式

PDCCH 格式	CCEs 数	资源元素组数	PDCCH 比特数
0	1	9	72
1	2	18	144
2	4	36	288
3	8	72	576

3.8.2 PDCCH 复用与加扰

在一个子帧中被传输的每个控制信道上的比特块 $b^{(i)}(0), \dots, b^{(i)}(M_{\text{bit}}^{(i)} - 1)$ 应该被复用，生成比特块

$b^{(0)}(0), \dots, b^{(0)}(M_{\text{bit}}^{(0)} - 1), b^{(1)}(0), \dots, b^{(1)}(M_{\text{bit}}^{(1)} - 1), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(0), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(M_{\text{bit}}^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)} - 1)$ ，其中 $M_{\text{bit}}^{(i)}$ 为一

个子帧中在物理下行控制信道 i 上传输的比特数， n_{PDCCH} 为该子帧中传输的 PDCCHs 数。
比特块

$$b^{(0)}(0), \dots, b^{(0)}(M_{\text{bit}}^{(0)} - 1), b^{(1)}(0), \dots, b^{(1)}(M_{\text{bit}}^{(1)} - 1), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(0), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(M_{\text{bit}}^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)} - 1)$$

在调制之前应该用特定小区序列扰码，产生扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{tot}} - 1)$ ，根据为

$$\tilde{b}(i) = (b(i) + c(i)) \bmod 2$$

其中扰码序列 $c(i)$ 由 4.2 节给出，扰码序列的生成因该在每个子帧开始处用

$$c_{\text{init}} = \lfloor n_s / 2 \rfloor 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \text{ 初始化。}$$

CCE 编号 n 对应比特块 $b(72n), b(72n+1), \dots, b(72n+71)$ 。如果需要，<NIL>元素应该在扰码之前插入到比特块中来保证 PDCCHs 开始于[TS.36.213]中描述的 CCE 位置

并保证扰码块的长度 $M_{\text{tot}} = 8N_{\text{REG}} \geq \sum_{i=0}^{n_{\text{PDCCH}} - 1} M_{\text{bit}}^{(i)}$ 与没有分配给 PCFICH 或 PHICH 的资源元素组数量相匹配，

3.8.3 调制

扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{tot}} - 1)$ 应该按 4.1 节所示进行调制，生成复数调制符号块

$d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 。表 3.8.3-1 规定了适用于物理下行控制信道的调制方案。

表 3.8.3-1 PDCCH 调制方案

物理信道	调制方案
PDCCH	QPSK

3.8.4 层映射和预编码

调制符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 应按 3.3.3.1 节或 3.3.3.3 节进行映射（ $M_{\text{symb}}^{(0)} = M_{\text{symb}}$ ）以及根据 3.3.4.1 节或 3.3.4.3 节进行预编码，生成向量块 $\mathbf{y}(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(P-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1$ 映射到用于传输的天线端口的资源上，其中 $y^{(p)}(i)$ 为天线端口 p 的信号。PDCCH 应该在于 PBCH 相同的天线端口集上传输。

3.8.5 映射到资源

到资源的映射定义为在 4 复数符号组上的操作。

$z^{(p)}(i) = \langle y^{(p)}(4i), y^{(p)}(4i+1), y^{(p)}(4i+2), y^{(p)}(4i+3) \rangle$ 代表天线端口 p 的符号 4 组 i。

$z^{(p)}(0), \dots, z^{(p)}(M_{\text{quad}} - 1)$ 应该被排列，生成 $w^{(p)}(0), \dots, w^{(p)}(M_{\text{quad}} - 1)$ ，其中 $M_{\text{quad}} = M_{\text{symb}} / 4$ 。排列规

则应该取决于[TS.36.212]中 5.1.4.2.1 节的子块的交织器。以下除外：

- 交织器的输入和输出定义为符号 4 组而不是比特。
- 通过用“符号 4 组”，“符号 4 组 s”和“符号 4 组序列”分别取代“比特”，“比特 s”和“比特序列”形式,在符号 4 组上执行的交织而不是比特上。见[ts.36.213]中的 5.1.4.2.1 节。

在[36.213]中交织器输出的<NULL>元素应该被去掉，形成 $w^{(p)}(0), \dots, w^{(p)}(M_{\text{quad}} - 1)$ 。

注意到<NULL>元素的去除不会影响任何插入的<NIL>元素，如 3.8.2 节。

$w^{(p)}(0), \dots, w^{(p)}(M_{\text{quad}} - 1)$ 块应该循环移位，产生 $\bar{w}^{(p)}(0), \dots, \bar{w}^{(p)}(M_{\text{quad}} - 1)$ ，其中 $\bar{w}^{(p)}(i) = w^{(p)}((i + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}) \bmod M_{\text{quad}})$ 。块 $\bar{w}^{(p)}(0), \dots, \bar{w}^{(p)}(M_{\text{quad}} - 1)$ 的映射以资源元素组的形式定义，在 3.2.4

节规定，根据下面 1-10 步：

- 1) 初始化 $m' = 0$ （资源元素组编号）
- 2) 初始化 $k' = 0$
- 3) 初始化 $l' = 0$
- 4) 如果资源元素 (k', l') 代表一个没有分配给 PCFICH 或 PHICH 的资源元素组，那么执行第 5 步，否则转到第 7 步
- 5) 为每个天线端口 p，将符号 4 组 $\bar{w}^{(p)}(m')$ 映射到 (k', l') 代表的资源元素组。
- 6) m' 加 1
- 7) l' 加 1
- 8) 如果 $l' < L$ ，从第 4 步开始重复。其中 L 对应于 PDCCH 传输的 OFDM 符号，由 PCFICH 上传的序列指出。
- 9) k' 加 1
- 10) 如果 $k' < N_{\text{RB}}^{\text{DL}} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ，从第 3 步开始重复

3.9 物理混合 ARQ 指示信道

PHICH 携带混合 ARQ ACK/NAK。映射到相同的资源元素集多种 PHICH 组成一个 PHICH 组，其中在相同 PHICH 组中的 PHICH 通过不同的正交序列区分。一个 PHICH 资源由索引对 $(n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}, n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}})$ 定义，其中 $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 为 PHICH 组标号， $n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}}$ 为该组中的正交序列索引。

对帧结构 1，PHICH 组数量 $N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 在所有子帧中是恒定的，由下式给出

$$N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} = \begin{cases} \lceil N_{\text{g}} (N_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 8) \rceil & \text{for normal cyclic prefix} \\ 2 \cdot \lceil N_{\text{g}} (N_{\text{RB}}^{\text{DL}} / 8) \rceil & \text{for extended cyclic prefix} \end{cases}$$

其中 $N_{\text{g}} \in \{1/6, 1/2, 1, 2\}$ 由上层提供。索引 $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 在 0 到 $N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 1$ 之间。

对帧结构 2，PHICH 组的数量在下行子帧间是可变的，由 $m_i \cdot N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 给定，其中 m_i 由表 3.9-1 给出， $N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 与上面描述相同。一个下行子帧中具有非零 PHICH 资源的索引 $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 在 0 到 $m_i \cdot N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 1$

之间。

表 3.9-1 帧结构 2 的 m_i 因子

下行链路 配置	子帧数 i									
	0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	2	1	-	-	-	2	1	-	-	-
1	0	1	-	-	1	0	1	-	-	1
2	0	0	-	1	0	0	0	-	1	0
3	1	0	-	-	-	0	0	0	1	1
4	0	0	-	-	0	0	0	0	1	1
5	0	0	-	0	0	0	0	0	1	0
6	1	1	-	-	-	1	1	-	-	1

3.9.1 调制

一个子帧中在一个 PHICH 上传输的比特块 $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ 应该按 4.1 节进行调制，产生复数调制符号块 $z(0), \dots, z(M_s - 1)$ ，其中 $M_s = M_{\text{bit}}$ 。表 3.9.1-1 规定了适用于物理混合 ARQ 指示信道的调制方案。

表 3.9.1-1 PHICH 调调制方案

物理信道	调制方案
PHICH	BPSK

调制符号块 $z(0), \dots, z(M_s - 1)$ 应该按位与一个正交序列相乘，产生一个调制符号序列 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ ，规则为

$$d(i) = u(i \bmod N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}}) \cdot (1 - 2c(i)) \cdot z(\lfloor i / N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} \rfloor)$$

其中

$$\begin{aligned}
 i &= 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1 \\
 M_{\text{symb}} &= N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} \cdot M_s \\
 N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} &= \begin{cases} 4 & \text{normal cyclic prefix} \\ 2 & \text{extended cyclic prefix} \end{cases}
 \end{aligned}$$

$c(i)$ 是一个特定小区扰码序列，根据 4.2 节生成。扰码序列生成应该在没个子帧的开始处用 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s / 2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 初始化。

序列 $[u(0) \ \dots \ u(N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} - 1)]$ 由表 3.9.2 给出，其中序列索引 $n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}}$ 对应于 PHICH 组中的 PHICH 编号。

表 3.9.1 -2 PHICH 的正交序列 $[u(0) \ \dots \ u(N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} - 1)]$

序列索引 $n_{\text{PICH}}^{\text{seq}}$	正交序列	
	普通循环前缀 $N_{\text{SF}}^{\text{PICH}} = 4$	扩展循环前缀 $N_{\text{SF}}^{\text{PICH}} = 2$
0	[+1 +1 +1 +1]	[+1 +1]
1	[+1 -1 +1 -1]	[+1 -1]
2	[+1 +1 -1 -1]	[+j +j]
3	[+1 -1 -1 +1]	[+j -j]
4	[+j +j +j +j]	-
5	[+j -j +j -j]	-
6	[+j +j -j -j]	-
7	[+j -j -j +j]	-

3.9.2 资源组调整，层映射和预编码

符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 首先必须符合资源元素组的大小，产生一个符号块

$d^{(0)}(0), \dots, d^{(0)}(c \cdot M_{\text{symb}} - 1)$ ，其中对普通循环前缀 $c=1$ ，对扩展循环前缀 $c=2$ 。

对普通循环前缀， $d^{(0)}(i) = d(i)$ ， $i = 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1$ 。

对扩展循环前缀，

$$\begin{bmatrix} d^{(0)}(4i) & d^{(0)}(4i+1) & d^{(0)}(4i+2) & d^{(0)}(4i+3) \end{bmatrix}^T = \begin{cases} \begin{bmatrix} d(2i) & d(2i+1) & 0 & 0 \end{bmatrix}^T & n_{\text{PICH}}^{\text{group}} \bmod 2 = 0 \\ \begin{bmatrix} 0 & 0 & d(2i) & d(2i+1) \end{bmatrix}^T & n_{\text{PICH}}^{\text{group}} \bmod 2 = 1 \end{cases},$$

$i = 0, \dots, (M_{\text{symb}}/2) - 1$ 。

符号块 $d^{(0)}(0), \dots, d^{(0)}(c \cdot M_{\text{symb}} - 1)$ 应该映射到层并预编码，得到一个向量块

$y(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(P-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, \dots, c \cdot M_{\text{symb}} - 1$ ，其中 $y^{(p)}(i)$ 代表天线端口 p 的信号， $p = 0, \dots, P-1$ ，

用于特定小区参考信号的天线端口数为 $P \in \{1, 2, 4\}$ ，层映射和预编码操作取决于循环前缀长度和用于 PCICH 传输天线端口数。PICH 应该与 PBCH 在相同的天线端口上传输。

对于一个单天线端口上的传输， $P=1$ ，层映射和预编码分别定义在 3.3.3.1 节和 3.3.4.1 节，有

$$M_{\text{symb}}^{(0)} = c \cdot M_{\text{symb}}。$$

对两个天线端口上的传输， $P=2$ ，层映射和预编码分别定义在 3.3.3.3 和 3.3.4.3 节，有

$$M_{\text{symb}}^{(0)} = c \cdot M_{\text{symb}}。$$

对四个天线端口上的传输， $P=4$ ，层映射定义在 3.3.3.3，有 $M_{\text{sybm}}^{(0)} = c \cdot M_{\text{sybm}}$ ，预编码定义如下

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}\{x^{(0)}(i)\} \\ \text{Re}\{x^{(1)}(i)\} \\ \text{Re}\{x^{(2)}(i)\} \\ \text{Re}\{x^{(3)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(0)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(1)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(2)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(3)}(i)\} \end{bmatrix}$$

如果对普通循环前缀， $(i + n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}) \bmod 2 = 0$ ；对扩展循环前缀 $(i + \lfloor n_{\text{PHICH}}^{\text{group}} / 2 \rfloor) \bmod 2 = 0$ 。其中 $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 为 PHICH 组编号， $i=0,1,2$ 。通过下式

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(4i) \\ y^{(1)}(4i) \\ y^{(2)}(4i) \\ y^{(3)}(4i) \\ y^{(0)}(4i+1) \\ y^{(1)}(4i+1) \\ y^{(2)}(4i+1) \\ y^{(3)}(4i+1) \\ y^{(0)}(4i+2) \\ y^{(1)}(4i+2) \\ y^{(2)}(4i+2) \\ y^{(3)}(4i+2) \\ y^{(0)}(4i+3) \\ y^{(1)}(4i+3) \\ y^{(2)}(4i+3) \\ y^{(3)}(4i+3) \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & -1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & j \\ 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & 0 & 1 & 0 & 0 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}\{x^{(0)}(i)\} \\ \text{Re}\{x^{(1)}(i)\} \\ \text{Re}\{x^{(2)}(i)\} \\ \text{Re}\{x^{(3)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(0)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(1)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(2)}(i)\} \\ \text{Im}\{x^{(3)}(i)\} \end{bmatrix}$$

对 $i=0,1,2$ 否则。

3.9.3 映射到资源元素

PHICH 组的序列 $\bar{y}^{(p)}(0), \dots, \bar{y}^{(p)}(M_{\text{sybm}}^{(0)} - 1)$ 定义如下

$$\bar{y}^{(p)}(n) = \sum y_i^{(p)}(n)$$

其中累加实在该 PHICH 组中的所有 PHICH 上进行。 $y_i^{(p)}(n)$ 代表来自该 PHICH 组中第 i 个 PHICH 的序列。

PHICH 组映射到 PHICH 映射单元。

对普通循环前缀，PHICH 组 m 的映射到 PHICH 映射单元 m' 定义为

$$\tilde{y}_{m'}^{(p)}(n) = \bar{y}_m^{(p)}(n)$$

其中 $m = m' = 0, 1, \dots, N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 1$ 。

对扩展循环前缀，PHICH 组 m 和 $m+1$ 映射到 PHICH 映射单元 m' 定义为

$$\tilde{y}_{m'}^{(p)}(n) = \bar{y}_m^{(p)}(n) + \bar{y}_{m+1}^{(p)}(n)$$

其中， $m' = m/2$ ， $m = 0, 2, \dots, N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 2$

令 $z^{(p)}(i) = \langle \tilde{y}^{(p)}(4i), \tilde{y}^{(p)}(4i+1), \tilde{y}^{(p)}(4i+2), \tilde{y}^{(p)}(4i+3) \rangle$ ， $i = 0, 1, 2$ 代表天线端口 p 的符号 4 组 i。到资源元素的映射以符号 4 组的形式定义，根据下面 1-10 步。

- 1) 对 l' 的每个值
- 2) 令 n_l 表示在 OFDM 符号 l' 没有分配给 PCFICH 资源元素组数量
- 3) 从 0 到 $n_l - 1$ 编号 OFDM 符号 l' 中没有分配给 PCFICH 的资源元素组，从具有最低频域索引的资源元素组开始。
- 4) 初始化 $m' = 0$ (PHICH 映射单元标号)
- 5) 对每个 $i = 0, 1, 2$ 的值
- 6) 来自 PHICH 映射单元 m' 的符号 4 组 $z^{(p)}(i)$ 映射到资源元素组 $(k', l')_i$ ，如 3.2.4 节定义，其中索引 k'_i 和 l'_i 在第 7 步和第 8 步给出。

- 7) 时域索引 l'_i 由下给出

$$l'_i = \begin{cases} 0 & \text{normal PHICH duration, all subframes} \\ (\lfloor m'/2 \rfloor + i + 1) \bmod 2 & \text{extended PHICH duration, MBSFN subframes} \\ (\lfloor m'/2 \rfloor + i + 1) \bmod 2 & \text{extended PHICH duration, subframe 1 and 6 in frame structure type 2} \\ i & \text{otherwise} \end{cases}$$

- 8) 将频域索引 k'_i 到第 3 步分配的资源元素组 \bar{n}_i ，其中 \bar{n}_i 有下给出

$$\bar{n}_i = \begin{cases} (\lfloor N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \cdot n_{l'_i} / n_1 \rfloor + m') \bmod n_{l'_i} & i = 0 \\ (\lfloor N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \cdot n_{l'_i} / n_1 \rfloor + m' + \lfloor n_{l'_i} / 3 \rfloor) \bmod n_{l'_i} & i = 1 \\ (\lfloor N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \cdot n_{l'_i} / n_1 \rfloor + m' + \lfloor 2n_{l'_i} / 3 \rfloor) \bmod n_{l'_i} & i = 2 \end{cases}$$

在 MBSFN 子帧中如果扩展 PHICH 持续时间，或对帧结构 3 在子帧 1 和 6 中扩展 PHICH 持续时间

$$\bar{n}_i = \begin{cases} (\lfloor N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \cdot n_{l'_i} / n_0 \rfloor + m') \bmod n_{l'_i} & i = 0 \\ (\lfloor N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \cdot n_{l'_i} / n_0 \rfloor + m' + \lfloor n_{l'_i} / 3 \rfloor) \bmod n_{l'_i} & i = 1 \\ (\lfloor N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \cdot n_{l'_i} / n_0 \rfloor + m' + \lfloor 2n_{l'_i} / 3 \rfloor) \bmod n_{l'_i} & i = 2 \end{cases}$$

否则

9) m' 加 1

10) 从第 5 步开始重复直到所有 PHICH 映射资源单元都被分配。

PHICH 持续时间由高层配置, 根据表 3.9.3-1。持续时间配置使 PCFICH 标志的控制域大小限制较低。

表 3.9.3-1 在 no-MBSFN 和 MBSFN 子帧中的 PHICH 持续时间

PHICH 持续时间	Non-MBSFN 子帧		MBSFN 子帧 支持 PDSCH 和 PMCH 的一个子载波
	帧结构 2 的子帧 1 和 6	所有其他情况	
普通	1	1	1
扩展	2	3	2

3.10 参考信号

三种下行参考信号被定义:

- 特定小区参考信号, 与 non-MBSFN 传输相关
- MBSFN 参考信号, 与 MBSFN 传输相关
- 特定 UE 参考信号
- Positioning reference signals

每个下行天线端口有一个参考信号传输。

3.10.1 特定小区参考信号

特定小区参考信号应该在支持一个 non-MBSFN 的小区中的所有下行子帧中被传输。如果该子帧用来传输 MBSFN, 仅仅一个子帧中的前两个 OFDM 符号可被用来传输特定小区参考信号。

特定小区参考信号在天线端口 0-3 的一个或几个上传输。

特定此小区参考信号仅仅定义为 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 。

3.10.1.1 序列生成

参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 定义如下

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

其中 n_s 为该无线帧中的时隙标号, l 为该时隙的 OFDM 符号标号。伪随机序列 $c(l)$ 在 4.2 节定义。伪随机序列的生成应该在每个 OFDM 符号开始时用 $c_{\text{init}} = 2^{10} \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) + 2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + N_{\text{CP}}$ 初始化, 其中

$$N_{\text{CP}} = \begin{cases} 1 & \text{for normal CP} \\ 0 & \text{for extended CP} \end{cases}$$

3.10.1.2 映射到资源元素

参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 应该映射到作为时隙 n_s 天线端口 p 的参考符号的复数调制符号 $a_{k,l}^{(p)}$ ，根据为

$$a_{k,l}^{(p)} = r_{l,n_s}(m')$$

其中

$$\begin{aligned} k &= 6m + (\nu + \nu_{\text{shift}}) \bmod 6 \\ l &= \begin{cases} 0, N_{\text{symb}}^{\text{DL}} - 3 & \text{if } p \in \{0,1\} \\ 1 & \text{if } p \in \{2,3\} \end{cases} \\ m &= 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - 1 \\ m' &= m + N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{DL}} \end{aligned}$$

变量 ν 和 ν_{shift} 定义了不同参考信号的频域位置，其中 ν 由下式给出

$$\nu = \begin{cases} 0 & \text{if } p = 0 \text{ and } l = 0 \\ 3 & \text{if } p = 0 \text{ and } l \neq 0 \\ 3 & \text{if } p = 1 \text{ and } l = 0 \\ 0 & \text{if } p = 1 \text{ and } l \neq 0 \\ 3(n_s \bmod 2) & \text{if } p = 2 \\ 3 + 3(n_s \bmod 2) & \text{if } p = 3 \end{cases}$$

特定小区频率偏移由 $\nu_{\text{shift}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 6$ 给出。

一个时隙中在任何天线端口上用于参考信号传输的资源元素 (k, l) 不能用来在同一时隙中其他任何天线端口上传输，设为 0。

In an MBSFN subframe, cell-specific reference signals shall only be transmitted in the non-MBSFN region of the MBSFN subframe.

图 3.10.1.2-1 和 3.10.1.2-2 表明用来传输参考信号的资源元素 (k, l) （根据上面的定义）。标记 R_p 用来表示用于在天线端口 p 上参考信号传输的资源元素。

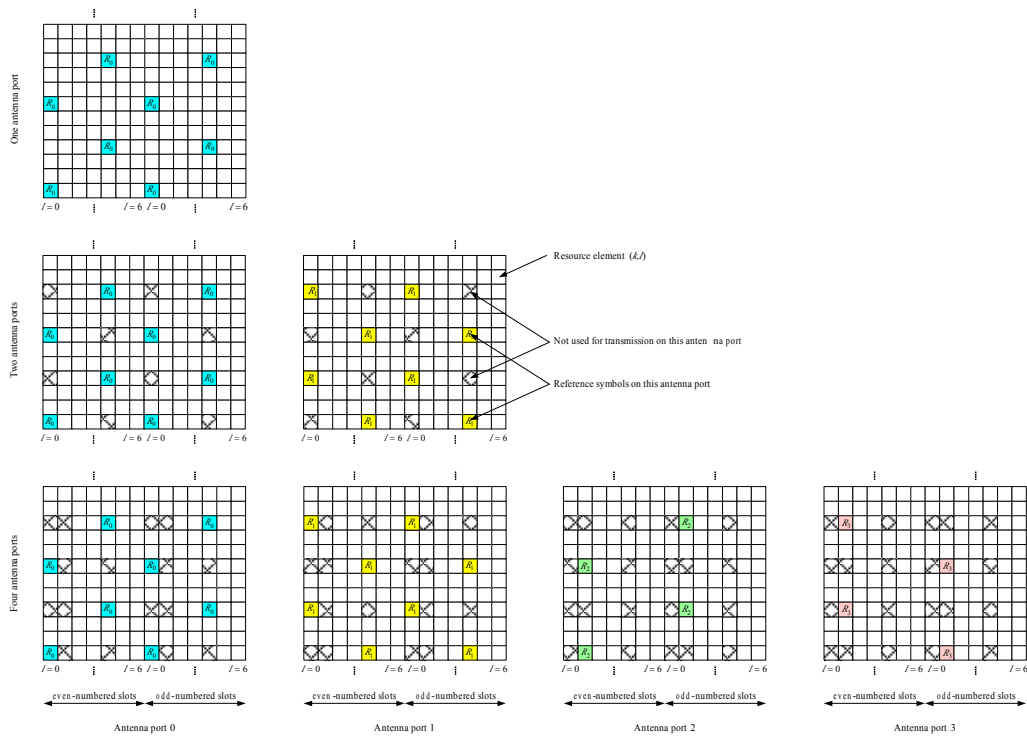


图 3.10.1.2-1 下行参考信号的映射（普通循环前缀）

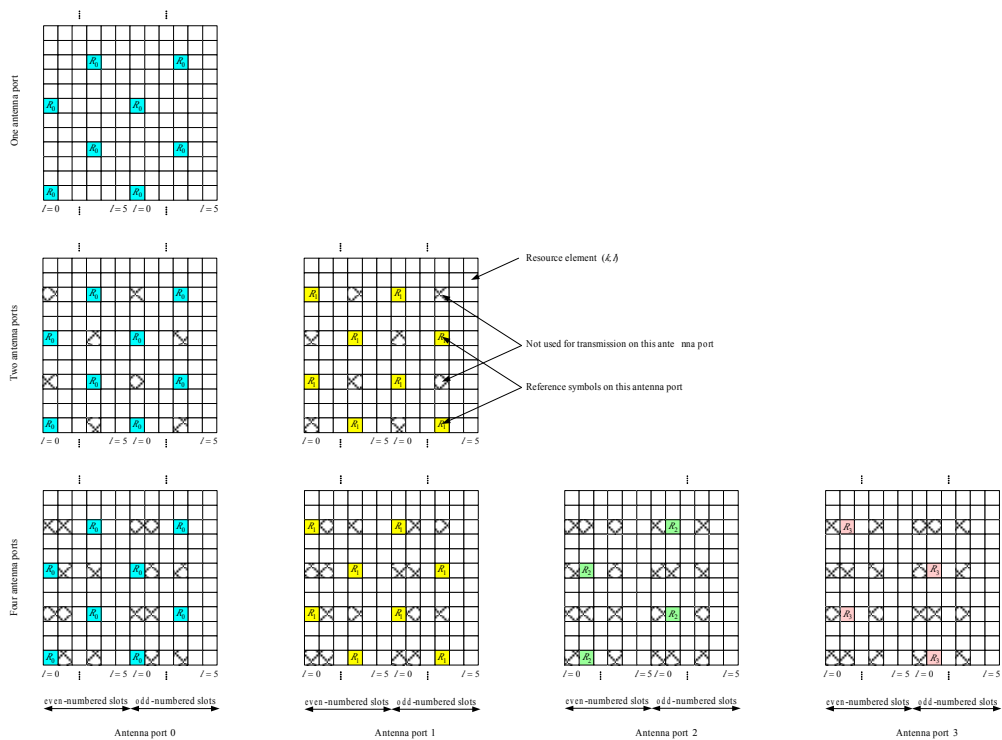


图 3.10.1.2-2 下行参考信号的映射（扩展循环前缀）

3.10.2 MBSFN 参考信号

MBSFN 参考信号仅仅在分配给 MBSFN 的子帧上传输。MBSFN 参考信号在天线端口 4 上传输。

MBSFN 参考信号仅仅为扩展循环前缀定义

3.10.2.1 序列生成

MBSFN 参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 定义如下

$$r_{l,n_s}(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m+1)), \quad m = 0, 1, \dots, 6N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - 1$$

其中 n_s 是一个无线帧中的时隙标号, l 是该时隙中的 OFDM 符号标号。伪随机序列 $c(l)$ 在 4.2 节定义。伪随机序列的生成应该在每个 OFDM 符号开始时用 $c_{\text{init}} = 2^9 \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{MBSFN}} + 1) + N_{\text{ID}}^{\text{MBSFN}}$ 初始化。

3.10.2.2 映射到资源元素

OFDM 符号 l 中的参考信号序列 $r_{l,n_s}(m')$ 应该映射到复数调制符号 $a_{k,l}^{(p)}$, $p=4$, 根据

$$a_{k,l}^{(p)} = r_{l,n_s}(m')$$

其中

$$k = \begin{cases} 2m & \text{if } l \neq 0 \text{ and } \Delta f = 15 \text{ kHz} \\ 2m+1 & \text{if } l = 0 \text{ and } \Delta f = 15 \text{ kHz} \\ 4m & \text{if } l \neq 0 \text{ and } \Delta f = 7.5 \text{ kHz} \\ 4m+2 & \text{if } l = 0 \text{ and } \Delta f = 7.5 \text{ kHz} \end{cases}$$

$$l = \begin{cases} 2 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \text{ and } \Delta f = 15 \text{ kHz} \\ 0, 4 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \text{ and } \Delta f = 15 \text{ kHz} \\ 1 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \text{ and } \Delta f = 7.5 \text{ kHz} \\ 0, 2 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \text{ and } \Delta f = 7.5 \text{ kHz} \end{cases}$$

$$m = 0, 1, \dots, 6N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - 1$$

$$m' = m + 3(N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{DL}})$$

图 3.10.2.2-1 显示了用于 MBSFN 参考信号传输的资源元素 (如果 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$)。对一个 MBSFN 专用小区如果 $\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$, MBSFN 参考信号应根据图 3.10.2.2-3 映射到资源元素。标志 R_p 用来表示用来在天线端口 p 上传输参考信号的一个资源元素。

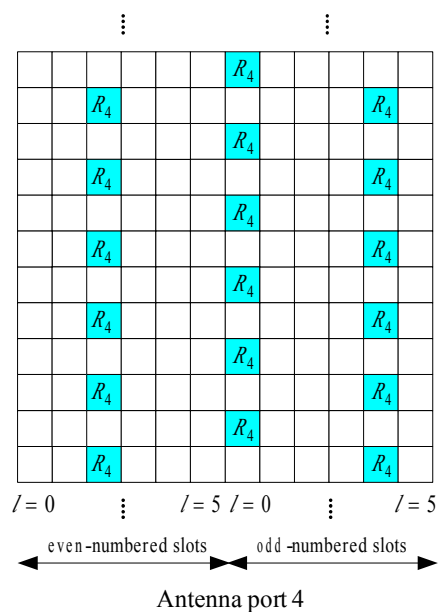


图 3.10.2.2-1 MBSFN 参考信号映射（扩展循环前缀， $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ ）

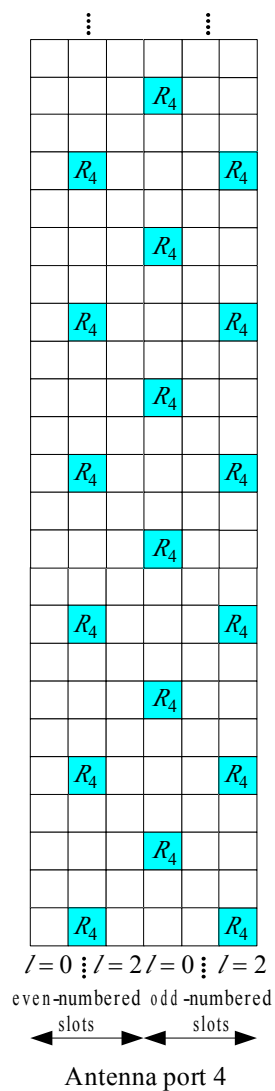


图 3.10.2.2-3 MBSFN 参考信号映射（扩展循环前缀， $\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$ ）

3.10.3 特定 UE 参考信号

特定 UE 参考信号支持 PDSCH 的单天线传输，并在天线端口 5 上传输。由高层告知 UE 是否特定 UE 参考信号出现且是否是 PDSCH 解调的一个有效相位参考。特定 UE 参考信号仅仅在相应的 PDSCH 映射的资源块上传输。

UE-specific reference signals are supported for single-antenna-port transmission of PDSCH and are transmitted on antenna port 5, 7, or 8. UE-specific reference signals are also supported for spatial multiplexing on antenna ports 7 and 8. UE specific reference signals are present and are a valid reference for PDSCH demodulation only if the PDSCH transmission is associated with the corresponding antenna port according to Section 7.1 of [4]. UE-specific reference signals are transmitted only on the resource blocks upon which the corresponding PDSCH is mapped. The UE-specific reference signal is not transmitted in resource elements (k, l) in which one of the physical channels or physical signals other than UE-specific reference signal defined in 6.1 are transmitted using resource elements with the same index pair (k, l) regardless of their antenna port p .

3.10.3.1 序列生成

特定 UE 参考信号序列 $r(m)$ 定义如下

$$r(m) = \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m)) + j \frac{1}{\sqrt{2}}(1 - 2 \cdot c(2m+1)), \quad m = 0, 1, \dots, 12N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} - 1$$

其中， $N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}}$ 代表相应的 PDSCH 传输的资源块的带宽。伪随机序列 $c(i)$ 在 4.2 节定义。伪随机序列

生成应该在每个子帧开始时用 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s/2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^{16} + n_{\text{RNTI}}$ 初始化。

3.10.3.2 映射到资源元素

在具有频域索引 n_{PRB} 的分配给相应 PDSCH 传输的物理资源块中，参考信号序列 $r(m)$ 因该映射到一个子帧中具有 $p=5$ 的复数调制符号 $a_{k,l}^{(p)}$ 上，根据为：

普通循环前缀：

$$a_{k,l}^{(p)} = r(3 \cdot l \cdot N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} + m')$$

$$\begin{aligned}
k &= (k') \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + N_{\text{sc}}^{\text{RB}} \cdot n_{\text{PRB}} \\
k' &= \begin{cases} 4m' + \nu_{\text{shift}} & \text{if } l \in \{2, 3\} \\ 4m' + (2 + \nu_{\text{shift}}) \bmod 4 & \text{if } l \in \{5, 6\} \end{cases} \\
l &= \begin{cases} 3 & l' = 0 \\ 6 & l' = 1 \\ 2 & l' = 2 \\ 5 & l' = 3 \end{cases} \\
l' &= \begin{cases} 0, 1 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 2, 3 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \end{cases} \\
m' &= 0, 1, \dots, 3N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} - 1
\end{aligned}$$

扩展循环前缀:

$$\begin{aligned}
a_{k,l}^{(\rho)} &= r(4 \cdot l' \cdot N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} + m') \\
k &= (k') \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + N_{\text{sc}}^{\text{RB}} \cdot n_{\text{PRB}} \\
k' &= \begin{cases} 3m' + \nu_{\text{shift}} & \text{if } l = 4 \\ 3m' + (2 + \nu_{\text{shift}}) \bmod 3 & \text{if } l = 1 \end{cases} \\
l &= \begin{cases} 4 & l' \in \{0, 2\} \\ 1 & l' = 1 \end{cases} \\
l' &= \begin{cases} 0 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 1, 2 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \end{cases} \\
m' &= 0, 1, \dots, 4N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} - 1
\end{aligned}$$

其中 m' 为在一个 PDSCH 传输的各自的 OFDM 符号内的特定 UE 参考信号资源元素的计数。

特定小区频率偏移由 $\nu_{\text{shift}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 3$ 给出。

映射应该以分配给相应的 PDSCH 传输的物理资源块频域索引 n_{PRB} 的升序形式进行。 $N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}}$ 代表相应的 PDSCH 传输的资源块中的带宽。

图 3.10.3.2-1 表明用于特定 UE 参考信号的资源元素（普通循环前缀）。

图 3.10.3.2-2 表明用于特定 UE 参考信号测资源元素（扩展循环前缀）。

标志 R_p 用来代表在天线端口 p 上用于参考信号传输的资源元素。

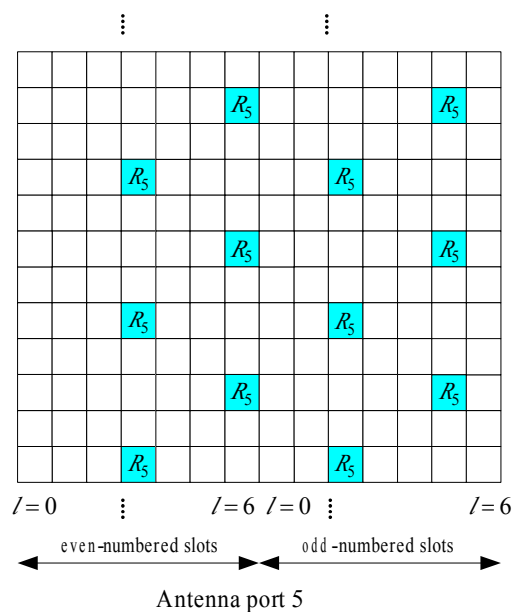


图 3.10.3.2-1 特定 UE 参考信号的映射（普通循环前缀）

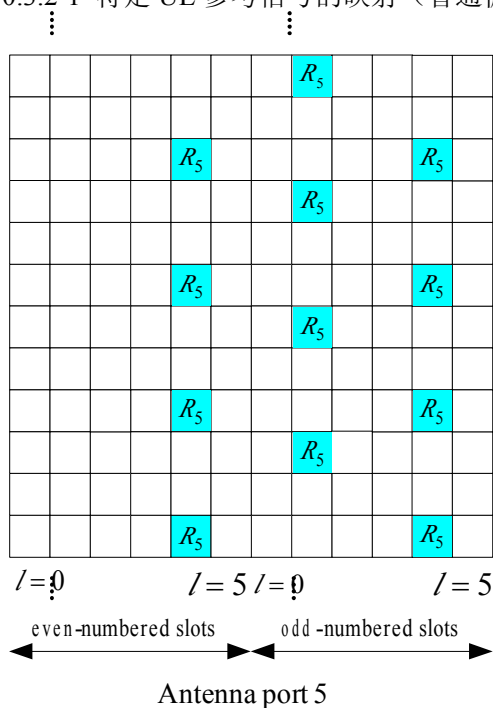


图 3.10.3.2-2 特定 UE 参考信号的映射（扩展循环前缀）

6.10.4 Positioning reference signals

Positioning reference signals shall only be transmitted in resource blocks in downlink subframes configured for positioning reference signal transmission. If both normal and MBSFN subframes are configured as positioning subframes within a cell, the OFDM symbols in a MBSFN subframe configured for positioning reference signal transmission shall use the same cyclic prefix as used for subframe #0. If only MBSFN subframes are configured as positioning subframes within a cell, the OFDM symbols configured for positioning reference signals in these subframes shall use extended cyclic prefix length. In a subframe configured for positioning reference signal transmission, the starting positions of the OFDM symbols

configured for positioning reference signal transmission shall be identical to those in a subframe in which all OFDM symbols have the same cyclic prefix length as the OFDM symbols configured for positioning reference signal transmission.

Positioning reference signals are transmitted on antenna port 6.

The positioning reference signals shall not be mapped to resource elements (k, l) allocated to PBCH, PSS or SSS regardless of their antenna port p .

Positioning reference signals are defined for $\Delta f = 15$ kHz only.

6.10.4.1 Sequence generation

The reference-signal sequence $r_{l,n_s}(m)$ is defined by

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

where n_s is the slot number within a radio frame, l is the OFDM symbol number within the slot. The pseudo-random sequence $c(i)$ is defined in Section 7.2. The pseudo-random sequence generator shall be initialised with $c_{\text{init}} = 2^{10} \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) + 2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + N_{\text{CP}}$ at the start of each OFDM symbol where

$$N_{\text{CP}} = \begin{cases} 1 & \text{for normal CP} \\ 0 & \text{for extended CP} \end{cases}$$

6.10.4.2 Mapping to resource elements

The reference signal sequence $r_{l,n_s}(m)$ shall be mapped to complex-valued modulation symbols $a_{k,l}^{(p)}$ used as reference signal for antenna port $p=6$ in slot n_s according to

$$a_{k,l}^{(p)} = r_{l,n_s}(m')$$

where

Normal cyclic prefix:

$$\begin{aligned} k &= 6(m + N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{PRS}}) + (6 - l + \nu_{\text{shift}}) \bmod 6 \\ l &= \begin{cases} 3, 5, 6 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 1, 2, 3, 5, 6 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \text{ and (1 or 2 PBCH antenna ports)} \\ 2, 3, 5, 6 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \text{ and (4 PBCH antenna ports)} \end{cases} \\ m &= 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{\text{RB}}^{\text{PRS}} - 1 \\ m' &= m + N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{PRS}} \end{aligned}$$

Extended cyclic prefix:

$$k = 6 \left(m + N_{\text{RB}}^{\text{DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{PRS}} \right) + (5 - l + \nu_{\text{shift}}) \bmod 6$$

$$l = \begin{cases} 4, 5 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 1, 2, 4, 5 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \text{ and (1 or 2 PBCH antenna ports)} \\ 2, 4, 5 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \text{ and (4 PBCH antenna ports)} \end{cases}$$

$$m = 0, 1, \dots, 2 \cdot N_{\text{RB}}^{\text{PRS}} - 1$$

$$m' = m + N_{\text{RB}}^{\text{max,DL}} - N_{\text{RB}}^{\text{PRS}}$$

The bandwidth for positioning reference signals and $N_{\text{RB}}^{\text{PRS}}$ is configured by higher layers and the cell-specific frequency shift is given by $\nu_{\text{shift}} = N_{\text{Cell}}^{\text{ID}} \bmod 6$.

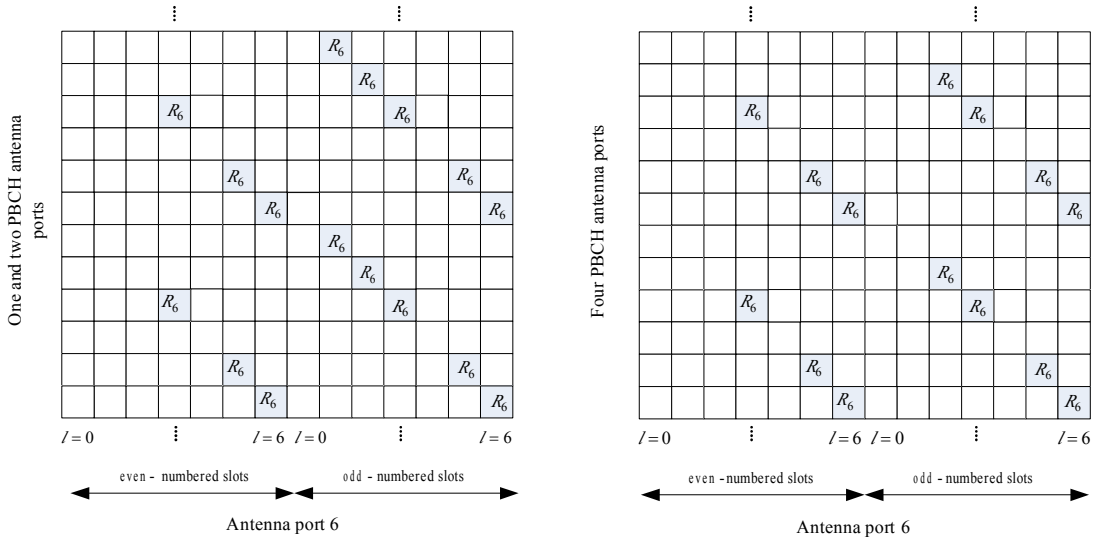


Figure 6.10.4.2-1: Mapping of positioning reference signals (normal cyclic prefix)

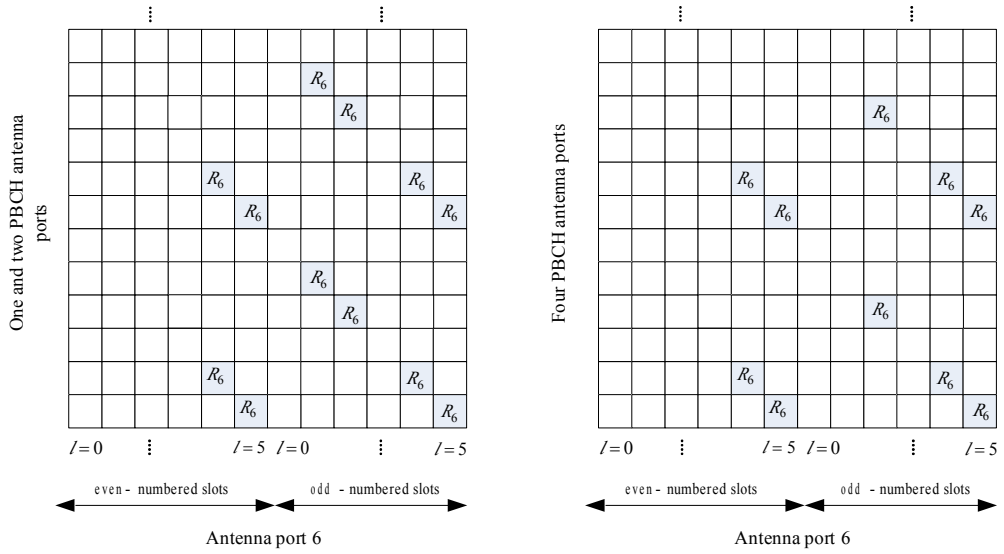


Figure 6.10.4.2-2: Mapping of positioning reference signals (extended cyclic prefix)

6.10.4.3 Positioning reference signal subframe configuration

The cell specific subframe configuration period T_{PRS} and the cell specific subframe offset Δ_{PRS} for the transmission of positioning reference signals are listed in Table 6.10.4.3-1. The PRS configuration index I_{PRS} is configured by higher layers. Positioning reference signals are transmitted only in configured DL subframes. Positioning reference signals shall not be transmitted in special subframes. Positioning reference signals shall be transmitted in N_{PRS} consecutive downlink subframes, where N_{PRS} is configured by higher layers.

The positioning reference signal instances, for the first subframe of the N_{PRS} downlink subframes, shall satisfy $(10 \times n_f + \lfloor n_s / 2 \rfloor - \Delta_{\text{PRS}}) \bmod T_{\text{PRS}} = 0$.

Table 6.10.4.3-1: Positioning reference signal subframe configuration

PRS configuration Index I_{PRS}	PRS periodicity T_{PRS} (subframes)	PRS subframe offset Δ_{PRS} (subframes)
0 – 159	160	I_{PRS}
160 – 479	320	$I_{\text{PRS}} - 160$
480 – 1119	640	$I_{\text{PRS}} - 480$
1120 – 2399	1280	$I_{\text{PRS}} - 1120$
2400-4095	Reserved	

3.11 同步信号

有 504 个唯一的物理层小区 ID。这些物理层小区 ID 分为 168 个唯一的物理层小区 ID 组。每组包含三个唯一 ID。每个物理层小区 ID 仅仅属于一个物理层小区 ID 组。一个物理层小区 ID $N_{\text{ID}}^{\text{cell}} = 3N_{\text{ID}}^{(1)} + N_{\text{ID}}^{(2)}$ 唯一地被范围为 0-167 的标号 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ 和范围为 0-2 的标号 $N_{\text{ID}}^{(2)}$ 定义，分别代表物理层小区 ID 组和物理层小区 ID 组中的物理层 ID。

3.11.1 主同步信号

3.11.1.1 序列生成

用于主同步信号的序列 $d(n)$ 产生于频域 Zadoff-Chu 序列，根据为

$$d_u(n) = \begin{cases} e^{-j\frac{\pi un(n+1)}{63}} & n = 0, 1, \dots, 30 \\ e^{-j\frac{\pi u(n+1)(n+2)}{63}} & n = 31, 32, \dots, 61 \end{cases}$$

其中 Zadoff-Chu 根序列索引 u 由表 3.11.1.1-1 给出。

表 3.11.1.1-1 主同步信号的根索引

$N_{\text{ID}}^{(2)}$	根索引 u
0	25
1	29
2	34

3.11.1.2 映射到资源元素

序列到资源元素的映射取决于帧结构。UE 应该认为主同步信号不在与其它下行参考信号相同的天线端口上传输。UE 应该认为任何主同步信号的传输实例与其他任何主同步信号传输的实例不能使用相同天线端口。

序列 $d(n)$ 应映射到资源元素，根据为

$$a_{k,l} = d(n), \quad n = 0, \dots, 61$$

$$k = n - 31 + \frac{N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}}}{2}$$

对帧格式 1，主同步信号应该映射到时隙 0 和 10 的最后一个 OFDM 符号。

对于帧格式 2，主同步信号应该映射到子帧 1 和 6 的第三个 OFDM 符号。一个 OFDM 符号中用于主同步信号传输的资源元素 (k, l) 被预留且不能用于主同步信号的传输，其中

$$k = n - 31 + \frac{N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}}}{2}$$

$$n = -5, -4, \dots, -1, 62, 63, \dots, 66$$

3.11.2 次同步信号

3.11.2.1 序列生成

用于次同步信号的序列 $d(0), \dots, d(61)$ 是一个两个长度为 31 位的序列的交织串。该级联序列用一个主同步信号给定的扰码序列加扰。

定义了次同步信号的两个长 31 的序列的结合在子帧 0 和子帧 5 之间不同，根据为

$$d(2n) = \begin{cases} s_0^{(m_0)}(n) c_0(n) & \text{in subframe 0} \\ s_1^{(m_1)}(n) c_0(n) & \text{in subframe 5} \end{cases}$$

$$d(2n+1) = \begin{cases} s_1^{(m_1)}(n) c_1(n) z_1^{(m_0)}(n) & \text{in subframe 0} \\ s_0^{(m_0)}(n) c_1(n) z_1^{(m_1)}(n) & \text{in subframe 5} \end{cases}$$

其中 $0 \leq n \leq 30$ 。索引 m_0 和 m_1 产生于物理层小区 ID 组 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ ，根据为

$$m_0 = m' \bmod 31$$

$$m_1 = (m_0 + \lfloor m'/31 \rfloor + 1) \bmod 31$$

$$m' = N_{\text{ID}}^{(1)} + q(q+1)/2, \quad q = \left\lfloor \frac{N_{\text{ID}}^{(1)} + q'(q'+1)/2}{30} \right\rfloor, \quad q' = \lfloor N_{\text{ID}}^{(1)} / 30 \rfloor$$

其中描述的输出列于表 3.11.2.1-1.

两个序列 $s_0^{(m_0)}(n)$ 和 $s_1^{(m_1)}(n)$ 定义为 m 序列 $\tilde{s}(n)$ 的两个不同循环移位，根据为

$$s_0^{(m_0)}(n) = \tilde{s}((n + m_0) \bmod 31)$$

$$s_1^{(m_1)}(n) = \tilde{s}((n + m_1) \bmod 31)$$

其中， $\tilde{s}(i) = 1 - 2x(i)$ ， $0 \leq i \leq 30$ 定义如下

$$x(\bar{i} + 5) = (x(\bar{i} + 2) + x(\bar{i})) \bmod 2, \quad 0 \leq \bar{i} \leq 25$$

具有初始环境 $x(0) = 0$, $x(1) = 0$, $x(2) = 0$, $x(3) = 0$, $x(4) = 1$

两个扰码序列 $c_0(n)$ 和 $c_1(n)$ 决定于主同步信号且由 m 序列 $\tilde{c}(n)$ 两个不同循环移位定义，根据为

$$c_0(n) = \tilde{c}((n + N_{\text{ID}}^{(2)}) \bmod 31)$$

$$c_1(n) = \tilde{c}((n + N_{\text{ID}}^{(2)} + 3) \bmod 31)$$

其中 $N_{\text{ID}}^{(2)} \in \{0, 1, 2\}$ 为物理层小区 ID 组 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ 中的物理层 ID， $\tilde{c}(i) = 1 - 2x(i)$ ， $0 \leq i \leq 30$ 定义如下

$$x(\bar{i} + 5) = (x(\bar{i} + 3) + x(\bar{i})) \bmod 2, \quad 0 \leq \bar{i} \leq 25$$

具有初始条件 $x(0) = 0$, $x(1) = 0$, $x(2) = 0$, $x(3) = 0$, $x(4) = 1$

扰码序列 $z_1^{(m_0)}(n)$ 和 $z_1^{(m_1)}(n)$ 由 m 序列 $\tilde{z}(n)$ 的一个循环移位定义，根据为

$$z_1^{(m_0)}(n) = \tilde{z}((n + (m_0 \bmod 8)) \bmod 31)$$

$$z_1^{(m_1)}(n) = \tilde{z}((n + (m_1 \bmod 8)) \bmod 31)$$

其中 m_0 和 m_1 从表 3.11.2.1-1 中得到， $\tilde{z}(i) = 1 - 2x(i)$ ， $0 \leq i \leq 30$ 根据下式定义

$$x(\bar{i} + 5) = (x(\bar{i} + 4) + x(\bar{i} + 2) + x(\bar{i} + 1) + x(\bar{i})) \bmod 2, \quad 0 \leq \bar{i} \leq 25$$

具有初始条件 $x(0) = 0$, $x(1) = 0$, $x(2) = 0$, $x(3) = 0$, $x(4) = 1$ 。

表 3.11.2.1-1 物理层小区 ID 组 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ 合索引 m_0 , m_1 之间的映射

$N_{ID}^{(1)}$	m_0	m_1	$N_{ID}^{(1)}$	m_0	m_1	$N_{ID}^{(1)}$	m_0	m_1	$N_{ID}^{(1)}$	m_0	m_1	$N_{ID}^{(1)}$	m_0	m_1
0	0	1	34	4	6	68	9	12	102	15	19	136	22	27
1	1	2	35	5	7	69	10	13	103	16	20	137	23	28
2	2	3	36	6	8	70	11	14	104	17	21	138	24	29
3	3	4	37	7	9	71	12	15	105	18	22	139	25	30
4	4	5	38	8	10	72	13	16	106	19	23	140	0	6
5	5	6	39	9	11	73	14	17	107	20	24	141	1	7
6	6	7	40	10	12	74	15	18	108	21	25	142	2	8
7	7	8	41	11	13	75	16	19	109	22	26	143	3	9
8	8	9	42	12	14	76	17	20	110	23	27	144	4	10
9	9	10	43	13	15	77	18	21	111	24	28	145	5	11
10	10	11	44	14	16	78	19	22	112	25	29	146	6	12
11	11	12	45	15	17	79	20	23	113	26	30	147	7	13
12	12	13	46	16	18	80	21	24	114	0	5	148	8	14
13	13	14	47	17	19	81	22	25	115	1	6	149	9	15
14	14	15	48	18	20	82	23	26	116	2	7	150	10	16
15	15	16	49	19	21	83	24	27	117	3	8	151	11	17
16	16	17	50	20	22	84	25	28	118	4	9	152	12	18
17	17	18	51	21	23	85	26	29	119	5	10	153	13	19
18	18	19	52	22	24	86	27	30	120	6	11	154	14	20
19	19	20	53	23	25	87	0	4	121	7	12	155	15	21
20	20	21	54	24	26	88	1	5	122	8	13	156	16	22
21	21	22	55	25	27	89	2	6	123	9	14	157	17	23
22	22	23	56	26	28	90	3	7	124	10	15	158	18	24
23	23	24	57	27	29	91	4	8	125	11	16	159	19	25
24	24	25	58	28	30	92	5	9	126	12	17	160	20	26
25	25	26	59	0	3	93	6	10	127	13	18	161	21	27
26	26	27	60	1	4	94	7	11	128	14	19	162	22	28
27	27	28	61	2	5	95	8	12	129	15	20	163	23	29
28	28	29	62	3	6	96	9	13	130	16	21	164	24	30
29	29	30	63	4	7	97	10	14	131	17	22	165	0	7
30	0	2	64	5	8	98	11	15	132	18	23	166	1	8
31	1	3	65	6	9	99	12	16	133	19	24	167	2	9
32	2	4	66	7	10	100	13	17	134	20	25	-	-	-
33	3	5	67	8	11	101	14	18	135	21	26	-	-	-

3.11.2.2 映射到资源元素

序列到资源元素的映射取决于帧结构。在帧结构 1 中和帧结构 2 的前半帧，与主同步信号相同天线端口应该用于次同步信号。

序列 $a(n)$ 应该映射到资源元素，根据为

$$a_{k,l} = d(n), \quad n = 0, \dots, 61$$

$$k = n - 31 + \frac{N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}}}{2}$$

$$l = \begin{cases} N_{\text{symb}}^{\text{DL}} - 2 & \text{in slots 0 and 10} & \text{for frame structure type 1} \\ N_{\text{symb}}^{\text{DL}} - 1 & \text{in slots 1 and 11} & \text{for frame structure type 2} \end{cases}$$

资源元素 (k, l) ，其中

$$k = n - 31 + \frac{N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}}}{2}$$

$$l = \begin{cases} N_{\text{symb}}^{\text{DL}} - 2 & \text{in slots 0 and 10} & \text{for frame structure type 1} \\ N_{\text{symb}}^{\text{DL}} - 1 & \text{in slots 1 and 11} & \text{for frame structure type 2} \end{cases}$$

$$n = -5, -4, \dots, -1, 62, 63, \dots, 66$$

被预留且不能用于次同步信号的传输。

3.12 OFDM 基带信号生成（包括 IFFT 运算和加 CP 两部分）

在一个下行时隙的 OFDM 符号 l 的天线端口 p 上的时间连续信号 $s_l^{(p)}(t)$ 由下式定义

$$s_l^{(p)}(t) = \sum_{k=-\lfloor N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \rfloor}^{-1} a_{k^{(-)}, l}^{(p)} \cdot e^{j2\pi k \Delta f (t - N_{\text{CP}, l} T_s)} + \sum_{k=1}^{\lfloor N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \rfloor} a_{k^{(+)}, l}^{(p)} \cdot e^{j2\pi k \Delta f (t - N_{\text{CP}, l} T_s)}$$

对 $0 \leq t < (N_{\text{CP}, l} + N) \times T_s$ ，其中 $k^{(-)} = k + \lfloor N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \rfloor$ ， $k^{(+)} = k + \lfloor N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2 \rfloor - 1$ 。变量 N 等于 2048（ $\Delta f = 15$ kHz 子载波大小）和 4096（ $\Delta f = 7.5$ kHz 子载波大小）。

一个时隙中的 OFDM 符号应该以 l 的升序形式被传输，开始于 $l=0$ ，其中 OFDM 符号 $l > 0$ 开始于该时隙的时间 $\sum_{l=0}^{l-1} (N_{\text{CP}, l} + N) T_s$ 。如果一个时隙的第一个 OFDM 符号使用普通循环前缀且其余的 OFDM 符号使用扩展循环前缀，具有扩展循环前缀的 OFDM 符号的开始点应该那些在一个时隙中全部 OFDM 符号都用扩展循环前缀的一致。因此在两个循环前缀区域（该区域中传输信号没有被指定）有该时隙的一部分，

表 3.12-1 列出了应该使用的 $N_{\text{CP}, l}$ 的值。注意到在一些情况下一个时隙中不同 OFDM 具有不同循环前缀长度。

表 3.12-1 OFDM 参数

配置	循环前缀长度 $N_{\text{CP}, l}$
Normal cyclic prefix	160 for $l=0$
	144 for $l=1, 2, \dots, 6$
Extended cyclic prefix	512 for $l=0, 1, \dots, 5$
	1024 for $l=0, 1, 2$

3.13 调制和上变频

每个天线端口上复数 OFDM 基带信号载波频率的调制和上变频如图 3.13-1 所示。在传输之前要求滤波，在[TS.36.104]中定义。

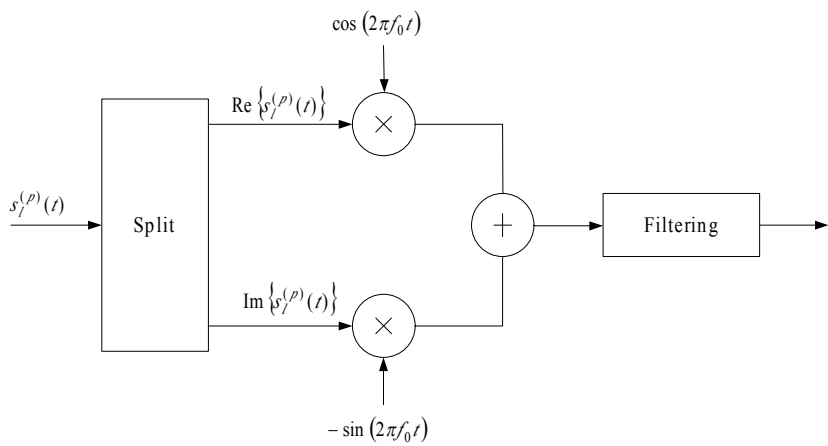


图 3.6.13-1 下行调制

4 通用函数

4.1 调制映射

调制映射器将二进制数字 0, 1 作为输入，产生复数调制输出符号 $x=I+jQ$ 。

4.1.1 BPSK

在 BPSK 调制中，单个比特， $b(i)$ 被映射到一个复数调整符号 $x=AjQ$ ，根据表 4.1.1-1.

表 4.1.1-1 BPSK 调整映射

$b(i)$	I	Q
0	$1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
1	$-1/\sqrt{2}$	$-1/\sqrt{2}$

4.1.2 QPSK

在 QPSK 调制中，双比特 $b(i), b(i+1)$ 被映射到复数调制符号 $x=AjQ$ ，根据表 4.1.2-1.

表 4.1.2-1 QPSK 调制

$b(i), b(i+1)$	I	Q
00	$1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
01	$1/\sqrt{2}$	$-1/\sqrt{2}$
10	$-1/\sqrt{2}$	$1/\sqrt{2}$
11	$-1/\sqrt{2}$	$-1/\sqrt{2}$

4.1.3 16 QAM

在 16QAM 调制中，4 比特 $b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3)$ 被映射到复数调制符号 $x=A+jQ$ ，根据表 4.1.3-1 。

表 4.1.3-1 16QAM 调制

$b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3)$	I	Q
0000	$1/\sqrt{10}$	$1/\sqrt{10}$
0001	$1/\sqrt{10}$	$3/\sqrt{10}$
0010	$3/\sqrt{10}$	$1/\sqrt{10}$
0011	$3/\sqrt{10}$	$3/\sqrt{10}$
0100	$1/\sqrt{10}$	$-1/\sqrt{10}$
0101	$1/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$
0110	$3/\sqrt{10}$	$-1/\sqrt{10}$
0111	$3/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$
1000	$-1/\sqrt{10}$	$1/\sqrt{10}$
1001	$-1/\sqrt{10}$	$3/\sqrt{10}$
1010	$-3/\sqrt{10}$	$1/\sqrt{10}$
1011	$-3/\sqrt{10}$	$3/\sqrt{10}$
1100	$-1/\sqrt{10}$	$-1/\sqrt{10}$
1101	$-1/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$
1110	$-3/\sqrt{10}$	$-1/\sqrt{10}$
1111	$-3/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$

4.1.4 64 QAM

在 64QAM 调制中，6 比特 $b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3), b(i+4), b(i+5)$ 被映射到复数调制符号 $x=A+jQ$ ，根据表 4.1.4-1。

表 4.1.4-1 64QAM 调制映射

$b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3), b(i+4), b(i+5)$	I	Q	$b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3), b(i+4), b(i+5)$	I	Q
000000	$3/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$	100000	$-3/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$
000001	$3/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$	100001	$-3/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$
000010	$1/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$	100010	$-1/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$
000011	$1/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$	100011	$-1/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$
000100	$3/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$	100100	$-3/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$
000101	$3/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$	100101	$-3/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$
000110	$1/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$	100110	$-1/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$
000111	$1/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$	100111	$-1/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$
001000	$5/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$	101000	$-5/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$
001001	$5/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$	101001	$-5/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$
001010	$7/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$	101010	$-7/\sqrt{42}$	$3/\sqrt{42}$
001011	$7/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$	101011	$-7/\sqrt{42}$	$1/\sqrt{42}$
001100	$5/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$	101100	$-5/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$
001101	$5/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$	101101	$-5/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$

001110	$7/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$	101110	$-7/\sqrt{42}$	$5/\sqrt{42}$
001111	$7/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$	101111	$-7/\sqrt{42}$	$7/\sqrt{42}$
010000	$3/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$	110000	$-3/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$
010001	$3/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$	110001	$-3/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$
010010	$1/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$	110010	$-1/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$
010011	$1/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$	110011	$-1/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$
010100	$3/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$	110100	$-3/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$
010101	$3/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$	110101	$-3/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$
010110	$1/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$	110110	$-1/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$
010111	$1/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$	110111	$-1/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$
011000	$5/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$	111000	$-5/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$
011001	$5/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$	111001	$-5/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$
011010	$7/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$	111010	$-7/\sqrt{42}$	$-3/\sqrt{42}$
011011	$7/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$	111011	$-7/\sqrt{42}$	$-1/\sqrt{42}$
011100	$5/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$	111100	$-5/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$

011101	$5/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$	111101	$-5/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$
011110	$7/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$	111110	$-7/\sqrt{42}$	$-5/\sqrt{42}$
011111	$7/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$	111111	$-7/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$

4.2 伪随机序列生成

伪随机序列定义为长度为 31 的 Gold 序列。长度为 M_{PN} 的输出序列 $c(n)$ ，其中 $n=0,1,\dots,M_{\text{PN}}-1$ 由下定义

$$\begin{aligned} c(n) &= (x_1(n+N_C) + x_2(n+N_C)) \bmod 2 \\ x_1(n+31) &= (x_1(n+3) + x_1(n)) \bmod 2 \\ x_2(n+31) &= (x_2(n+3) + x_2(n+2) + x_2(n+1) + x_2(n)) \bmod 2 \end{aligned}$$

其中 $N_C=1600$ ，第一个 m 序列应该用 $x_1(0)=1, x_1(n)=0, n=1,2,\dots,30$ 初始化。第二个 m 序列的初始化由

$$c_{\text{init}} = \sum_{i=0}^{30} x_2(i) \cdot 2^i \quad (\text{其值取决于序列的应用}) \text{ 指定。}$$

5 定时

5.1 上下行帧定时

来自 UE 的上行无线帧 i 的传输应该在 UE 处对应的下行无线子帧前 $(N_{\text{TA}} + N_{\text{TA offset}}) \times T_s$ 秒开始，其中对帧结构 1 $0 \leq N_{\text{TA}} \leq 20512$ ， $N_{\text{TA offset}} = 0$ 对帧结构 2 $N_{\text{TA offset}} = 614$ 。注意到并不是一个无线帧中的所有时隙可以被传输。一个例子是 TDD，其中仅仅一个无线帧中时隙的一个子集用来传输。

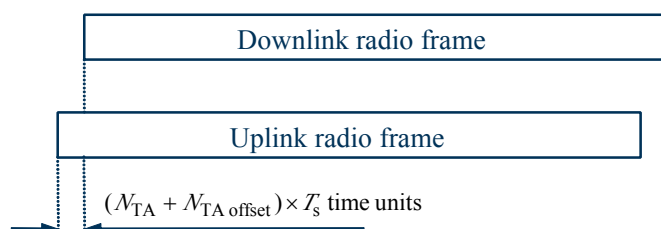


图 5.1-1 上下行定时关系