

通 信 标 准 类 技 术 报 告

YDB XXXX—XXXX

TD-LTE 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口技术要求 第 2 部分：物理信道和调制

TD-LTE digital cellular mobile telecommunication network

Uu Interface Technical Requirement – Part 2 : Physical Channels and Modulation

200X-XX-XX 印发

中国通信标准化协会

目 次

目 次 I

前 言 II

1 范围 4

2 规范性引用文件 4

3 术语、定义和缩略语 4

3.1 术语和定义..... 4

3.2 缩略语..... 6

4 概述 错误!未定义书签。

4.1 PDCP 架构..... 错误!未定义书签。

4.2 业务..... 错误!未定义书签。

4.3 功能..... 错误!未定义书签。

4.4 可传数据..... 错误!未定义书签。

5 PDCP 过程 错误!未定义书签。

5.1 PDCP 数据传输过程..... 错误!未定义书签。

5.2 重建过程..... 错误!未定义书签。

5.3 PDCP 状态上报..... 错误!未定义书签。

5.4 PDCP 丢弃..... 错误!未定义书签。

5.5 头压缩与解压缩..... 错误!未定义书签。

5.6 加密和解密..... 错误!未定义书签。

5.7 完整性保护及确认..... 错误!未定义书签。

5.8 未知的，意外的以及错误的协议数据的处理..... 错误!未定义书签。

6 协议数据单元，格式及参数 错误!未定义书签。

6.1 协议数据单元..... 错误!未定义书签。

6.2 格式..... 错误!未定义书签。

6.3 参数..... 错误!未定义书签。

7 变量，常量及定时器 错误!未定义书签。

7.1 状态变量..... 错误!未定义书签。

7.2 定时器..... 错误!未定义书签。

7.3 常量..... 错误!未定义书签。

参考文献 89

前 言

YDB XXXX-XXXX 《TD-LTE数字蜂窝移动通信网 Uu接口技术要求》分为九个部分：

- 第1部分：物理层概述；
- 第2部分：物理信道和调制
- 第3部分：物理层复用和信道编码
- 第4部分：物理层过程
- 第5部分：物理层测量
- 第6部分：MAC 协议
- 第7部分：RLC 协议
- 第8部分：PDCP 协议
- 第9部分：RRC 协议

本部分是第2部分。与3GPP TS 36.211-890的技术内容一致。

YDB XXXX-XXXX 《TD-LTE数字蜂窝移动通信网 Uu接口技术要求》是TD-LTE数字蜂窝移动通信网系列技术报告之一，该系列技术报告的结构和名称预计如下：

- a) YDB XXXX-XXXX 《LTE数字蜂窝移动通信网 无线接入部分总体技术要求》
- b) YDB XXXX-XXXX 《TD-LTE数字蜂窝移动通信网 Uu接口技术要求》
 - 第1部分：物理层概述；
 - 第2部分：物理信道和调制
 - 第3部分：物理层复用和信道编码
 - 第4部分：物理层过程
 - 第5部分：物理层测量
 - 第6部分：MAC 协议
 - 第7部分：RLC 协议
 - 第8部分：PDCP 协议
 - 第9部分：RRC 协议
- c) YDB XXXX-XXXX 《LTE数字蜂窝移动通信网 X2接口技术要求》
 - 第1部分：概述；
 - 第2部分：层1
 - 第3部分：信令传输
 - 第4部分：应用协议
 - 第5部分：数据传输
- d) YDB XXXX-XXXX 《LTE数字蜂窝移动通信网 S12接口技术要求》
 - 第1部分：概述；
 - 第2部分：层1
 - 第3部分：信令传输
 - 第4部分：应用协议
 - 第5部分：数据传输

本部分的附录A、附录B均为规范性/资料性附录。

为适应信息通信业发展对通信标准文件的需要，在工业和信息化部的统一安排下，对于技术尚在发展中，又需要有相应的标准性文件引导其发展的领域，由中国通信标准化协会组织制定“通信标准类技术报告”，推荐有关方面参考采用。有关对本技术报告的建议和意见，向中国通信标准化协会反映。

本部分由中国通信标准化协会提出并归口。

本部分起草单位：工业和信息化部电信研究院、中国移动通信集团、大唐电信科技产业集团、中兴通讯股份有限公司、华为技术有限公司、南京爱立信熊猫通信有限公司、诺基亚西门子通信（上海）有限公司、广州新邮通信有限公司、上海贝尔股份有限公司、鼎桥通信技术有限公司、中国普天信息产业股份有限公司、诺基亚通信有限公司、北京天碁科技有限责任公司、重庆重邮信科股份有限公司、北京展讯高科通信技术有限公司

本部分主要起草人：

TD-LTE 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口技术要求 第 2 部分：物理信道和调制

1 范围

本部分规定了 TD-LTE 数字蜂窝移动通信网 Uu 接口的各物理信道。
本部分适用于 TD-LTE 数字蜂窝移动通信网。

2 规范性引用文件

下列文件中的条款通过本部分的引用而成为部分的条款。凡是注日期的引用文件，其随后所有的修改单（不包括勘误的内容）或修订版均不适用于部分，然而，鼓励根据本部分达成协议的各方研究是否可使用这些文件的最新版本。凡是不注日期的引用文件，其最新版本适用于本部分。

o o o o o o

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

下列术语和定义适用于本部分。

(k, l)	由频域索引号 k 和时域索引号 l 组成的资源单元
$a_{k,l}^{(p)}$	资源单元 (k, l) 的值（对于天线端口 p ）
D	支持循环延迟分集的矩阵
D_{RA}	PRACH 密度值
f_0	载波频率
f_{RA}	一定时间间隔内的频率资源索引
M_{sc}^{PUSCH}	上行链路传输中的可调度带宽，以子载波的形式表示
M_{RB}^{PUSCH}	上行链路传输中的可调度带宽，以资源块的形式表示
$M_{bit}^{(q)}$	物理信道上传输的编码比特数（对于码字 q ）
$M_{symb}^{(q)}$	物理信道上传输的调制符号数（对于码字 q ）
M_{symb}^{layer}	物理信道上每层传输的调制符号数
M_{symb}^{ap}	物理信道上每根天线上传输的调制符号数（对于码字 q ）
N	一个常数，当 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 时为 2048， $\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$ 时为 4096
$N_{CP,l}$	一个时隙中第 l 个 OFDM 符号的下行链路循环前缀长度

$N_{cs}^{(1)}$	PUCCH 格式 1/1a/1b 和格式 2/2a/2b 在一个物理资源块中混合传输时格式 1/1a/1b 可用的循环移位数
$N_{RB}^{(2)}$	可用于 PUCCH 格式 2/2a/2b 传输的物理资源块数
N_{RB}^{HO}	用于 PUSCH 跳频的偏移，以资源块的形式表示（由高层设置）
N_{ID}^{cell}	物理层小区标识
N_{ID}^{MBSFN}	MBSFN 区域标识
N_{RB}^{DL}	下行链路带宽配置
$N_{RB}^{min, DL}$	最小的下行链路带宽配置
$N_{RB}^{max, DL}$	最大的下行链路带宽配置
N_{RB}^{UL}	上行链路带宽配置
$N_{RB}^{min, UL}$	最小的上行链路带宽配置
$N_{RB}^{max, UL}$	最大的上行链路带宽配置
N_{symb}^{DL}	一个下行时隙中包含的 OFDM 符号数
N_{symb}^{UL}	一个下行时隙中包含的 SC-FDMA 符号数
N_{sc}^{RB}	频域上的资源块大小，以子载波的形式表示
N_{SP}	一个无线帧中上下行转换点的个数
N_{RS}^{PUCCH}	PUCCH 中每个时隙的参考符号数
N_{TA}	UE 侧上下行无线帧之间的定时偏移，以 T_s 为单位表示
$N_{TAoffset}$	固定定时提前偏移，以 T_s 为单位表示
$n_{PUCCH}^{(1)}$	PUCCH formats 1/1a/1b 的资源索引
$n_{PUCCH}^{(2)}$	PUCCH formats 2/2a/2b 的资源索引
n_{PDCCH}	一个子帧中存在的 PDCCHs 数目
n_{PRB}	物理资源块号
n_{PRB}^{RA}	分配给 PRACH 的第一个物理资源块

$n_{PRB\ offset}^{RA}$	PRACH 中可用的第一个物理资源块
n_{VRB}	虚拟资源块号
n_{RNTI}	无线网络临时标识
n_f	系统帧号
n_s	一个无线帧中的时隙号
P	小区专用天线端口数
p	天线端口号
q	码字号
r_{RA}	在相同的前导格式和 PRACH 密度中的 PRACH 版本索引
Q_m	调制方式: 2 代表 QPSK, 4 代表 16QAM 以及 6 代表 64QAM 传输
$s_l^{(p)}(t)$	一个时隙中第 l 个 OFDM 符号上第 p 个天线端口对应的时域连续基带信号
t_{RA}^0	指示 PRACH 在无线帧出现的时机
t_{RA}^1	指示 PRACH 在一个无线帧内在半帧出现的时机
t_{RA}^2	在半帧内 PRACH 起始时对应的上行链路子帧号
T_f	无线帧持续时间
T_s	基本的时间单位
T_{slot}	时隙持续时间
W	下行链路中用于空间复用的预编码矩阵
β_{PRACH}	PRACH 的幅度比例因子
β_{PUCCH}	PUCCH 的幅度比例因子
β_{PUSCH}	PUSCH 的幅度比例因子
β_{SRS}	探测参考信号的幅度比例因子
Δf	子载波间隔
Δf_{RA}	随机接入前导的子载波间隔
ν	传输层数

3.2 缩略语

下列缩略语适用于本部分。

CCE	Control Channel Element	控制信道单元
CDD	Cyclic Delay Diversity	循环延迟分集
PBCH	Physical broadcast channel	物理广播信道
PCFICH	Physical control format indicator channel	物理控制格式指示信道
PDCCH	Physical downlink control channel	物理下行控制信道
PDSCH	Physical downlink shared channel	物理下行共享信道
PHICH	Physical hybrid-ARQ indicator channel	物理 HARQ 指示信道
PMCH	Physical multicast channel	物理多播信道
PRACH	Physical random access channel	物理随机接入信道

PUCCH	Physical uplink control channel	物理上行控制信道
PUSCH	Physical uplink shared channel	物理上行共享信道

4 帧结构

在本规范中，除非特别说明，各种域的时域大小均为时间单位 T_s 的倍数。该时间单位定义为 $T_s = 1/(15000 \times 2048)$ 秒。

下行和上行都以无线帧结构传输，一个无线帧的长度为 $T_f = 307200 \times T_s = 10\text{ ms}$ 。帧结构类型 2 应用于 TDD。

4.1 帧结构类型 2

帧结构类型 2 适用于 TDD 模式。每个无线帧长 $T_f = 307200 \cdot T_s = 10\text{ ms}$ ，由两个长为 $153600 \cdot T_s = 5\text{ ms}$ 的半帧组成。每个半帧由五个长为 $30720 \cdot T_s = 1\text{ ms}$ 的子帧组成。支持的上下行配置见表 4.2-2，对一个无线帧中的每个子帧，“D”表示专用于下行传输的子帧，“U”表示专用于上行传输的子帧，“S”表示用于 DwPTS, GP 和 UpPTS 这三个域的特殊子帧，DwPTS 和 UpPTS 的长度见表 4.2-1，它们的长度服从 DwPTS, GP 和 UpPTS 总长度为 $30720 \cdot T_s = 1\text{ ms}$ 。每个子帧 i 由 2 个时隙 $2i$ 和 $2i+1$ 表示，每个时隙长为 $T_{\text{slot}} = 15360 \cdot T_s = 0.5\text{ ms}$ 。

LTE TDD 支持 5ms 和 10ms 的上下行切换周期。
如果下行到上行转换点周期为 5ms，特殊子帧会存在于两个半帧中；
如果下行到上行转换点周期 10ms，特殊子帧只存在于第一个半帧中。

子帧 0 和子帧 5 以及 DwPTS 总是用于下行传输。UpPTS 和紧跟于特殊子帧后的子帧专用于上行传输。

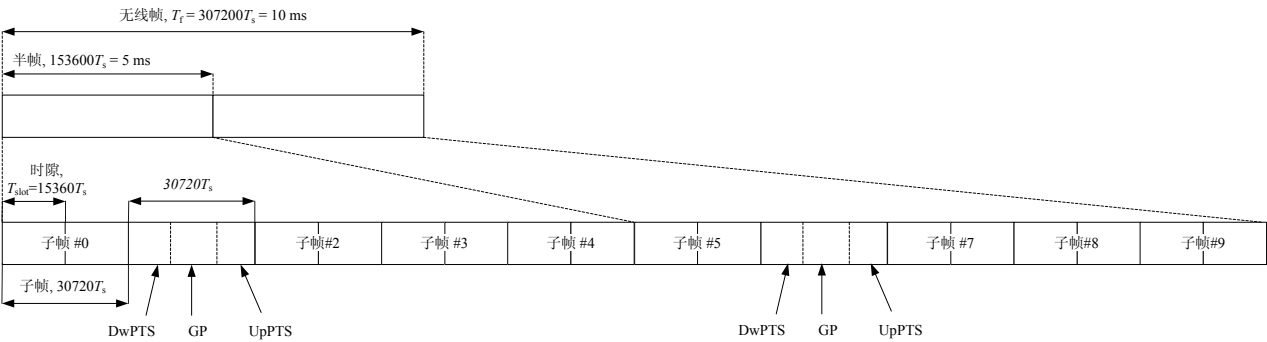


图4.2-1: 帧结构类型2(5 ms 转换周期)

表 4.2-1: 特殊子帧配置 (DwPTS/GP/UpPTS 长度)

特殊子 帧配置	常规循环前缀，下行			常规循环前缀，上行		
	DwPTS	UpPTS		DwPTS	UpPTS	
		常规循环前缀，上行	扩展循环前缀，上行		常规循环前缀，上行	扩展循环前缀，上行
0	$6592 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$	$7680 \cdot T_s$	$2192 \cdot T_s$	$2560 \cdot T_s$
1	$19760 \cdot T_s$			$20480 \cdot T_s$		
2	$21952 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
3	$24144 \cdot T_s$			$25600 \cdot T_s$		

4	$26336 \cdot T_s$			$7680 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$
5	$6592 \cdot T_s$	$4384 \cdot T_s$	$5120 \cdot T_s$	$20480 \cdot T_s$		
6	$19760 \cdot T_s$			$23040 \cdot T_s$		
7	$21952 \cdot T_s$			-	-	-
8	$24144 \cdot T_s$			-	-	-

表 4.2-2: UL/DL 配置

上行-下行 配置	下行-上行 转换点周期	子帧号									
		0	1	2	3	4	5	6	7	8	9
0	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	U
1	5 ms	D	S	U	U	D	D	S	U	U	D
2	5 ms	D	S	U	D	D	D	S	U	D	D
3	10 ms	D	S	U	U	U	D	D	D	D	D
4	10 ms	D	S	U	U	D	D	D	D	D	D
5	10 ms	D	S	U	D	D	D	D	D	D	D
6	5 ms	D	S	U	U	U	D	S	U	U	D

5 上行链路

5.1 概述

上行传输的最小资源单位是资源单元，其定义见 5.2.2 节。

5.1.1 物理信道

上行物理信道对应于一组资源单元的集合，用于承载源自高层的信息。同时它是 36.212 和 36.211 规范的接口。本规范定义了如下的上行信道：

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

5.1.2 物理信号

上行物理信号是指物理层使用的但是不承载任何来自高层信息的信号。本规范定义了如下的上行物理信号：

- 参考信号

5.2 时隙结构和物理资源

5.2.1 资源格

一个时隙中的传输信号可以用一个资源格表示，这个资源格由 $N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB}$ 个子载波和 N_{symb}^{UL} 个 SC-FDMA 符号组成，资源格如图 5.2.1-1 所示。 N_{RB}^{UL} 的值由小区中配置的上行传输带宽决定，同时满足

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

其中, $N_{RB}^{\min, UL} = 6$ 且 $N_{RB}^{\max, UL} = 110$, 分别是目前版本的规范中支持的最小和最大上行链路带宽。允许设置的 N_{RB}^{UL} 值见参考文献[7]。

一个时隙中 SC-FDMA 符号数取决于高层配置的循环前缀长度, 其值见表 5.2.3-1。

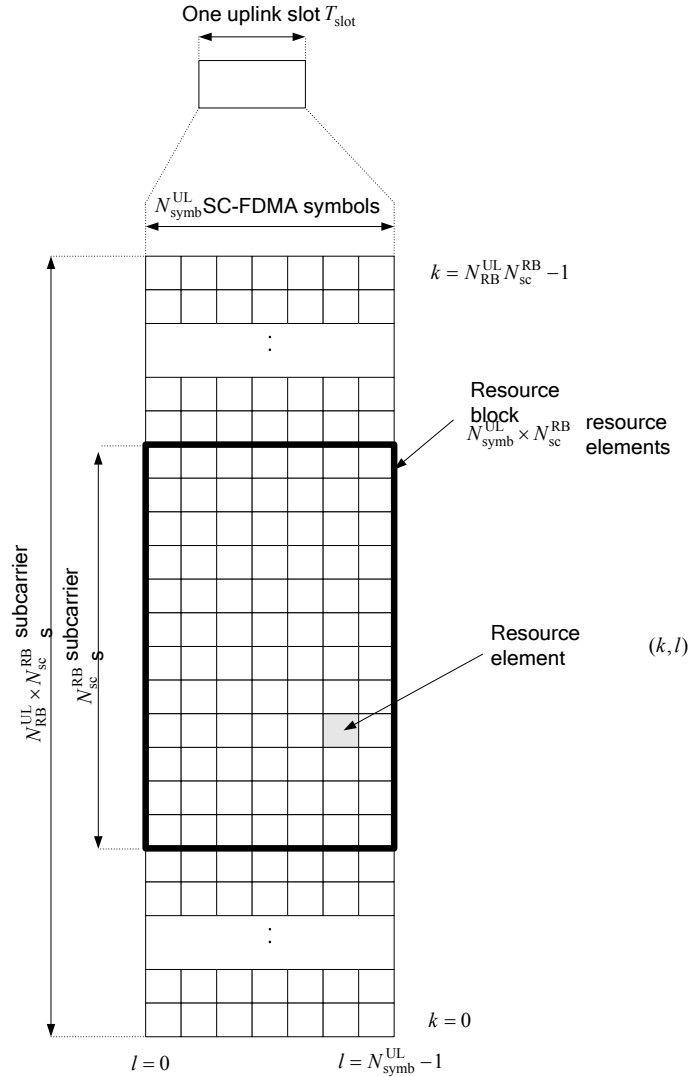


图5.2.1-1: 上行资源格

5.2.2 资源单元

资源格中的每个单元称为资源单元, 并在时隙中每个资源单元都有唯一的序号对 (k, l) 定义, 其中 k 和 l 分别是频域和时域索引。资源单元 (k, l) 对应一个复数值 $a_{k, l}$, 其中 $k = 0, \dots, N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB} - 1$ 、 $l = 0, \dots, N_{symb}^{UL} - 1$ 。一个时隙中物理信道或物理信号中不用于发送的资源单元的 $a_{k, l}$ 值应置为 0。

5.2.3 资源块

时域中连续的 N_{symb}^{UL} 个 SC-FDMA 符号和频域中连续的 N_{sc}^{RB} 个子载波定义为一个物理资源块, 其中 N_{symb}^{UL} 和 N_{sc}^{RB} 在表 5.2.3-1 中给出。因此上行链路中的一个物理资源块由 $N_{symb}^{UL} \times N_{sc}^{RB}$ 个资源单元组成,

YDB XXXX-XXXX

对应时域的 1 个时隙和频域的 180 kHz。

表 5.2.3-1: 资源块参数

配置	N_{sc}^{RB}	N_{sym}^{UL}
常规循环前缀	12	7
扩展循环前缀	12	6

一个时隙中资源单元 (k, l) 在频域的物理资源块编号为：

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

5.3 物理上行共享信道

上行物理共享信道基带信号处理步骤如下：

- 加扰
- 对被加扰的比特进行调制，生成复值符号
- 传输预编码，生成复值符号
- 将复值符号映射到资源单元
- 为每个天线端口生成复值时域 SC-FDMA 信号

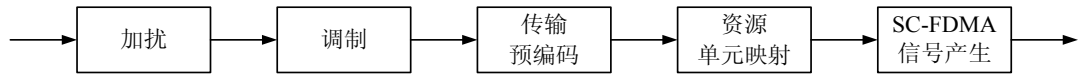


图5.3-1：上行物理信道处理流程

5.3.1 加扰

比特块 $b(0), \dots, b(M_{bit} - 1)$ ，其中 M_{bit} 为 PUSCH 在一个子帧传输的比特数，需要在调制之前由一个 UE 指定的扰码序列加扰，生成加扰之后的比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{bit} - 1)$ ，扰码规则如下

令 $i = 0$

while $i < M_{bit}$

if $b(i) = x$ // ACK/NAK 或秩指示占位符比特

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

else

if $b(i) = y$ // ACK/NAK or 或秩指示重复占位符比特

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

Else // 数据或信道质量编码比特，秩指示编码比特或 ACK/NAK 编码比特

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

end if

end if

$i = i + 1$

end while

其中 x 和 y 是在参考文献[3]的 5.2.2.6 节中定义的标记符；扰码序列 $c(i)$ 在 7.2 节定义，在每一子帧的开始时以初始值 $c_{\text{init}} = n_{\text{RNTI}} \cdot 2^{14} + \lfloor n_s/2 \rfloor \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 初始化，其中 n_{RNTI} 为用于 PUSCH 传输的 RNTI 如文献[4]第 8 节所描述。

5.3.2 调制

扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ 根据 7.1 节进行调制，得到 $d(0), \dots, d(M_{\text{symp}} - 1)$ 的复值符号块。表 5.3.2-1 给出了上行物理共享信道的调制方案。

表 5.3.2-1: 上行调制方案

物理信道	调制方案
PUSCH	QPSK, 16QAM, 64QAM

5.3.3 传输预编码

复值符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symp}} - 1)$ 被分为 $M_{\text{symp}}/M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}$ 个子集，每一个子集对应一个 SC-FDMA 符号。传输预编码如下式：

$$z(l \cdot M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} + k) = \frac{1}{\sqrt{M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}}} \sum_{i=0}^{M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}-1} d(l \cdot M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} + i) e^{-j \frac{2\pi k i}{M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}}}}$$

$$k = 0, \dots, M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} - 1$$

$$l = 0, \dots, M_{\text{symp}}/M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} - 1$$

得到一个复值符号块 $z(0), \dots, z(M_{\text{symp}} - 1)$ 。变量 $M_{\text{sc}}^{\text{PUSCH}} = M_{\text{RB}}^{\text{PUSCH}} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ，其中 $M_{\text{RB}}^{\text{PUSCH}}$ 表示 PUSCH 带宽内的资源块数，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 $\alpha_2, \alpha_3, \alpha_5$ 为一组非负整数值。

5.3.4 映射到物理资源

为满足[4]中 5.1.1.1 节中规定的发射功率 P_{PUSCH} 要求，复值符号块 $z(0), \dots, z(M_{\text{symp}} - 1)$ 应该乘以一个幅值因子 β_{PUSCH} ，然后从 $z(0)$ 开始依次映射到分配给 PUSCH 的物理资源块上。映射到分配的物理资源块的资源单元 (k, l) 上，映射从一个子帧的第一个时隙开始，按序先增加 k 然后再增加 l ，用于传输 PUSCH 的资源单元不能再用于传输参考信号，也不预留给 SRS 传输。

如果上行跳频没有激活，用于传输的物理资源块设为 $n_{\text{PRB}} = n_{\text{VRB}}$ ，其中 n_{VRB} 由上行链路调度许可获得，见参考文献[4]的 8.1 节。

如果上行跳频被激活并且为 PUSCH 跳频类型 1，那么用于传输的物理资源块由参考文献[4]的 8.4.1 节定义。

如果上行跳频被激活并且使用预定义的跳频模式，那么时隙 n_s 中用于传输的物理资源块由调度许可和一个预定义模式定义，此模式依据下式：

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

n_{VRB} 由[4]中 8.1 节的调度许可得到, 参数 *PUSCH-hoppingOffset*, $N_{\text{RB}}^{\text{HO}}$ 由高层给定。每个子带的大小 $N_{\text{RB}}^{\text{sb}}$ 由下式得到:

$$N_{\text{RB}}^{\text{sb}} = \begin{cases} N_{\text{RB}}^{\text{UL}} & N_{\text{sb}} = 1 \\ \lfloor (N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - N_{\text{RB}}^{\text{HO}} - N_{\text{RB}}^{\text{HO}} \bmod 2) / N_{\text{sb}} \rfloor & N_{\text{sb}} > 1 \end{cases}$$

其中子带数量 N_{sb} 由高层给定。函数 $f_m(i) \in \{0,1\}$ 决定是否使用镜像。高层给定参数 *Hopping-mode* 决定是“子帧间”跳频还是“子帧内和子帧间”跳频。

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

$$\begin{aligned}
f_{\text{hop}}(i) &= \begin{cases} 0 & N_{\text{sb}} = 1 \\ (f_{\text{hop}}(i-1) + \sum_{k=i-10+1}^{i-10+9} c(k) \times 2^{k-(i-10+1)}) \bmod N_{\text{sb}} & N_{\text{sb}} = 2 \\ (f_{\text{hop}}(i-1) + \left(\sum_{k=i-10+1}^{i-10+9} c(k) \times 2^{k-(i-10+1)} \right) \bmod (N_{\text{sb}} - 1) + 1) \bmod N_{\text{sb}} & N_{\text{sb}} > 2 \end{cases} \\
f_m(i) &= \begin{cases} i \bmod 2 & N_{\text{sb}} = 1 \text{ 和子帧内和子帧间跳频} \\ \text{CURRENT_TX_NB} \bmod 2 & N_{\text{sb}} = 1 \text{ 和子帧间帧跳频} \\ c(i \cdot 10) & N_{\text{sb}} > 1 \end{cases}
\end{aligned}$$

其中 $f_{\text{hop}}(-1)=0$, 伪随机序列 $c(i)$ 见 7.2 节, CURRENT_TX_NB 指示时隙 n_s 中发送的传输块的传输数量[8]。每一帧的开始, 伪随机序列以初始值 c_{init} 初始化。TDD 模式有 $c_{\text{init}} = 2^9 \cdot (n_f \bmod 4) + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 。

5.4 物理上行控制信道

物理上行控制信道, PUCCH, 用于承载上行链路控制信息。同一个 UE 不会同时传输 PUCCH 和 PUSCH。对于帧结构类型 2, PUCCH 不在 UpPTS 域中传输。

物理上行控制信道支持表 5.4-1 中给出的多种格式。格式 2a 和 2b 只支持常规循环前缀。

表 5.4-1: PUCCH 格式

PUCCH 格式	调制方案	每子帧比特数, M_{bit}
1	N/A	N/A
1a	BPSK	1
1b	QPSK	2
2	QPSK	20
2a	QPSK+BPSK	21
2b	QPSK+QPSK	22

所有的 PUCCH 格式在每一个符号中都要用到一个循环移位序列, 其中 $n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l)$ 用于计算不同格式的循环移位值。 $n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l)$ 的值随符号数 l 和时隙号 n_s 变化:

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

其中伪随机序列 $c(i)$ 见 7.2 节。伪随机序列在每个无线帧的开始通过初始值 $c_{\text{init}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 初始化。

用于 PUCCH 传输的物理资源取决于高层配置的 2 个参数 $N_{\text{RB}}^{(2)}$ 和 $N_{\text{cs}}^{(1)}$ 。 $N_{\text{RB}}^{(2)} \geq 0$ 表示每个时隙中可用于 PUCCH 格式 2/2a/2b 传输的物理资源块数。 $N_{\text{cs}}^{(1)}$ 表示的是 PUCCH 格式 1/1a/1b 和格式 2/2a/2b 在一个物理资源块中混合传输时格式 1/1a/1b 可用的循环移位数。 $N_{\text{cs}}^{(1)}$ 是 $\Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}$ 的整数倍, $\Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}$ 由高层配置, $N_{\text{cs}}^{(1)}$ 取值范围为 $\{0, 1, \dots, 7\}$ 。 $N_{\text{cs}}^{(1)} = 0$ 表示没有物理资源块用于 PUCCH 格式 1/1a/1b 和格式 2/2a/2b 混合传输。一个时隙中最多一个物理资源块支持 PUCCH 格式 1/1a/1b 和格式 2/2a/2b 混合传输。用于传输 PUCCH 格式 1/1a/1b 和 PUCCH 格式 2/2a/2b 的资源分别通过非负的索引值 $n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ 和

$$n_{\text{PUCCH}}^{(2)} < N_{\text{RB}}^{(2)} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + \left\lceil \frac{N_{\text{cs}}^{(1)}}{8} \right\rceil \cdot (N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - N_{\text{cs}}^{(1)} - 2) \text{ 表示。}$$

5.4.1 PUCCH 格式 1, 1a 和 1b

对于 PUCCH 格式 1, 信息由是否存在针对 UE 的 PUCCH 传输来承载。在本节的剩余部分, 对于 PUCCH 格式 1, 假定 $d(0) = 1$

对 PUCCH 格式 1a 和 1b, 分别传输 1 和 2 个比特。比特块 $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ 按表 5.4.1-1 进行调制, 生成复值符号 $d(0)$ 。不同 PUCCH 格式采用的调制方案见表 5.4-1。

复值符号 $d(0)$ 将乘以一个长度为 $N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}} = 12$ 的循环移位序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$, 即:

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

其中 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 见 5.5.1 节, $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}}$ 。循环移位 α 按以下定义在符号和时隙间变化。

复值符号块 $y(0), \dots, y(N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}} - 1)$ 按照如下方式使用 $S(n_s)$ 和正交序列 $w_{n_{\text{oc}}}(i)$ 进行加扰和块扩频:

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

其中,

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

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

$$m' = 0, 1$$

和

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

对常规 PUCCH 格式 1/1a/1b 的两个时隙均有 $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 4$; 而对短 PUCCH 格式 1/1a/1b, 第一个时隙 $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 4$ 而第二个时隙 $N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 3$ 。序列 $w_{n_{\text{oc}}}(i)$ 见表 5.4.1-2 和 5.4.1-3, $n'(n_s)$ 在后面定义。

用于 PUCCH 格式 1, 1a 和 1b 传输的资源由资源索引 $n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ 确定, 正交序列索引 $n_{\text{oc}}(n_s)$ 和循环移位 $\alpha(n_s, l)$ 根据下面的式子由 $n_{\text{PUCCH}}^{(1)}$ 确定:

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

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

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

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, PUCCH 映射到两个资源块中哪一个资源块由下式给出:

当 $n_s \bmod 2 = 0$, 有:

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

当 $n_s \bmod 2 = 1$ ，有：

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

其中， $h = (n'(n_s - 1) + d) \bmod (cN' / \Delta_{shift}^{PUCCH})$ ，对常规 CP 有 $d = 2$ 而对扩展 CP 有 $d = 0$ 。参数

delta-PUCCH-shift Δ_{shift}^{PUCCH} 由高层给出。

表 5.4.1-1: PUCCH 格式 1a 和 1b 调制符号 $d(0)$

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

表 5.4.1-2: 正交序列 $\left[w(0) \cdots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1) \right]$ ($N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 4$)

序列指示 $n_{\text{oc}}(n_s)$	正交序列 $\left[w(0) \cdots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1) \right]$
0	$[+1 \ +1 \ +1 \ +1]$
1	$[+1 \ -1 \ +1 \ -1]$
2	$[+1 \ -1 \ -1 \ +1]$

表 5.4.1-3: 正交序列 $\left[w(0) \cdots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1) \right]$ ($N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} = 3$)

序列指示 $n_{\text{oc}}(n_s)$	正交序列 $\left[w(0) \cdots w(N_{\text{SF}}^{\text{PUCCH}} - 1) \right]$
0	$[1 \ 1 \ 1]$
1	$[1 \ e^{j2\pi/3} \ e^{j4\pi/3}]$
2	$[1 \ e^{j4\pi/3} \ e^{j2\pi/3}]$

5.4.2 PUCCH 格式 2, 2a 和 2b

比特块 $b(0), \dots, b(19)$ 由 UE 指定的扰码序列进行加扰。按下式产生一个扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(19)$:

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

其中扰码序列 $c(i)$ 见 7.2 节。扰码序列在每一个子帧开始的时候由初始值 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s/2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^{16} + n_{\text{RNTI}}$ 初始化, 其中 n_{RNTI} 为 C-RNTI。

然后对扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(19)$ 按照 7.1 节进行 QPSK 调制, 得到一个复值调制符号块 $d(0), \dots, d(9)$ 。

每一个复值符号 $d(0), \dots, d(9)$ 应该按下式乘以一个长度为 $N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}} = 12$ 的循环移位序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$:

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

$r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 根据 5.5.1 节产生, 且 $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = N_{\text{seq}}^{\text{PUCCH}}$ 。

用于 PUCCH 格式 2/2a/2b 传输的资源由资源指示 $n_{\text{PUCCH}}^{(2)}$ 确定, 循环移位 $\alpha(n_s, l)$ 由 $n_{\text{PUCCH}}^{(2)}$ 通过下面的式子计算得到:

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

其中,

$$n_{\text{cs}}(n_s, l) = (n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l) + n'(n_s)) \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$$

且当 $n_s \bmod 2 = 0$ 时有:

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

$n_s \bmod 2 = 1$ 时有:

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

对只支持常规循环前缀的 PUCCH 格式 2a 和 2b, 比特流 $b(20), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ 应按表 5.4.2-1 调制, 产生一个调制符号 $d(10)$ 。此符号用于 PUCCH 格式 2a 和 2b 参考信号的产生, 详见 5.5.2.2.1 节。

表 5.4.2-1: PUCCH 格式 2a 和 2b 的 调制符号 $d(10)$

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

5.4.3 映射到物理资源

为了满足文献[4]中 5.1.2.1 节规定的发射功率 P_{PUCCH} 的要求, 复值符号块 $z(i)$ 首先要乘以一个幅度因子 β_{PUSCH} , 并从 $z(0)$ 开始依次映射到分配给 PUCCH 传输的资源块中。在一个子帧的 2 个时隙上, PUCCH 每个时隙都只使用一个资源块。在用于传输的物理资源块中, 从子帧的第一个时隙开始, 按序先增加 k 然后再增加 l 的规则将 $z(i)$ 映射到资源单元 (k, l) 上, 用于 PUCCH 传输的资源单元 (k, l) 不用于传输参考信号。

时隙 n_s 中用于 PUCCH 传输的物理资源块按下式给出:

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

其中 m 值取决于 PUCCH 格式。对格式 1, 1a 和 1b 有：

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

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

而对格式 2, 2a 和 2b 有：

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

图 5.4.3-1 说明了物理上行控制信道上调制符号的映射方式。

如果探测参考信号和 PUCCH 格式 1a 或 1b 同时传输，PUCCH 上的最后一个 SC-FDMA 符号被打掉。

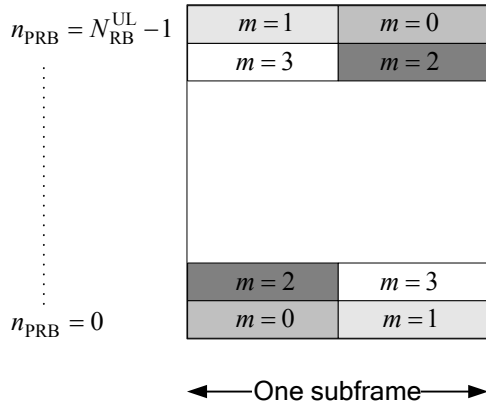


图 5.4.3-1: 映射到物理资源块for PUCCH

5.5 参考信号

上行支持两种类型参考信号：

- 解调参考信号，与 PUSCH 或 PUCCH 传输相关
- 探测参考信号，与 PUSCH 或 PUCCH 传输无关

解调和探测参考信号使用相同的基序列集合。

5.5.1 参考信号序列产生

参考信号序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 定义为基序列 $\bar{r}_{u,v}(n)$ 的循环移位，按照下式进行，即有：

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

其中参考信号序列长度 $M_{\text{sc}}^{\text{RS}} = mN_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ ，且 $1 \leq m \leq N_{\text{RB}}^{\text{max,UL}}$ 。多个参考信号序列可由一个基序列和不

同的循环移位值 α 得到。

基序列 $\bar{r}_{u,v}(n)$ 被分为多组，其中 $u \in \{0,1,\dots,29\}$ 表示组号， v 表示组内基序列号，使得每组在 $1 \leq m \leq 5$ 时包含一个长度为 $M_{sc}^{RS} = mN_{sc}^{RB}$ 的基序列 ($v=0$)；在 $6 \leq m \leq N_{RB}^{\max,UL}$ 时包含两个长度为 $M_{sc}^{RS} = mN_{sc}^{RB}$ 的基序列 ($v=0,1$)。序列组号 u 和组内序号 v 随时间而变化详见 5.5.1.3 和 5.5.1.4 节。基序列 $\bar{r}_{u,v}(0), \dots, \bar{r}_{u,v}(M_{sc}^{RS}-1)$ 的定义取决于序列长度 M_{sc}^{RS} 。

5.5.1.1 长度为 $3N_{sc}^{RB}$ 或更长的基序列

对 $M_{sc}^{RS} \geq 3N_{sc}^{RB}$ ，基序列 $\bar{r}_{u,v}(0), \dots, \bar{r}_{u,v}(M_{sc}^{RS}-1)$ 由下式得到：

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

其中，第 q 个根 ZC 序列定义为：

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

其中 q 由下式得到：

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

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

ZC 序列的长度 N_{ZC}^{RS} 取值为满足 $N_{ZC}^{RS} < M_{sc}^{RS}$ 的最大素数。

5.5.1.2 长度小于 $3N_{sc}^{RB}$ 的基序列

当 $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$ 和 $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$ 时，基序列由下式给出：

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

其中 $\varphi(n)$ 值见表 5.5.1.2-1 和表 5.5.1.2-2，分别对应于 $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$ 和 $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$ 。

表 5.5.1.2-1: $M_{sc}^{RS} = N_{sc}^{RB}$ 时 $\varphi(n)$ 的定义

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	-

YDB XXXX-XXXX

3	-1	1	1	1	1	-1	-3	-3	1	-3	3	-
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	-
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	-
16	1	3	1	-1	1	3	3	3	-1	-1	3	-
17	-3	1	1	3	-3	3	-3	-3	3	1	3	-
18	-3	3	1	1	-3	1	-3	-3	-1	-1	1	-
19	-1	3	1	3	1	-1	-1	3	-3	-1	-3	-

20	-1	-3	1	1	1	1	3	1	-1	1	-3	-
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

表 5.5.1.2-2: $M_{sc}^{RS} = 2N_{sc}^{RB}$ 时 $\varphi(n)$ 的定义

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	1	3	1	-1	3	-3	-3	1	3	1	1	-3
2	3	-1	3	3	1	1	-3	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	-3	3	1	3	1	-3	3	1	3	1	1	3	3	-1	-1	-3	1	-3	-1	3	1	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	-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	3	-3	-1	1	3	1	-3	1	3	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	1	3	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

5.5.1.3 组跳转

时隙 n_s 内的序列组序号 u 由组跳转样式 $f_{gh}(n_s)$ 和序列移位样式 f_{ss} 定义：

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

存在 17 种不同的跳转样式和 30 种不同的序列移位样式。序列组跳转开启和关闭由高层提供的参数 *Group-hopping-enabled* 确定。PUCCH 和 PUSCH 使用相同的跳转样式，但是可能采用不同的序列移位样式。

PUSCH 和 PUCCH 的组跳转样式 $f_{gh}(n_s)$ 为：

$$f_{gh}(n_s) = \begin{cases} 0 & \text{若组跳转关闭} \\ \left(\sum_{i=0}^7 c(8n_s + i) \cdot 2^i \right) \bmod 30 & \text{若组跳转开启} \end{cases}$$

其中伪随机序列 $c(i)$ 的产生见 7.2 节。伪随机序列在每一个无线帧开始的时候以初始值

$$c_{\text{init}} = \left\lfloor \frac{N_{\text{ID}}^{\text{cell}}}{30} \right\rfloor \text{ 初始化。}$$

PUCCH 和 PUSCH 定义不同的序列移位样式 f_{ss} 。

对 PUCCH，序列移位样式 f_{ss}^{PUCCH} 由式 $f_{ss}^{\text{PUCCH}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 30$ 给出。

对 PUSCH，序列移位样式 f_{ss}^{PUSCH} 由式 $f_{ss}^{\text{PUSCH}} = (f_{ss}^{\text{PUCCH}} + \Delta_{ss}) \bmod 30$ 给出，其中 $\Delta_{ss} \in \{0, 1, \dots, 29\}$ 由高层配置。

5.5.1.4 序列跳转

序列跳转仅应用于长度 $M_{sc}^{\text{RS}} \geq 6N_{sc}^{\text{RB}}$ 的参考信号。

对长度 $M_{sc}^{\text{RS}} < 6N_{sc}^{\text{RB}}$ 的参考信号，基序列组内的基序列号 v 为 $v = 0$ 。

对长度 $M_{sc}^{\text{RS}} \geq 6N_{sc}^{\text{RB}}$ 的参考信号，时隙 n_s 中基序列组内的基序列号 v 为：

$$v = \begin{cases} c(n_s) & \text{如果组跳转功能关闭，且序列跳转功能开启} \\ 0 & \text{其他} \end{cases}$$

其中伪随机序列 $c(i)$ 产生见 7.2 节， $c(i)$ 在每一个无线帧开始的时候以初始值

$$c_{\text{init}} = \left\lfloor \frac{N_{\text{ID}}^{\text{cell}}}{30} \right\rfloor \cdot 2^5 + f_{ss}^{\text{PUSCH}} \text{ 初始化。高层提供的参数 } \textit{Sequence-hopping-enabled} \text{ 确定序列跳转是否激活。}$$

5.5.2 解调参考信号

5.5.2.1 PUSCH 的解调参考信号

5.5.2.1.1 参考信号序列

PUSCH 使用的解调参考信号 $r^{\text{PUSCH}}(\cdot)$ 定义为：

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

其中

$$m = 0, 1$$

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

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

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

时隙 n_s 内的循环移位 $\alpha = 2\pi n_{cs}/12$ ，而 n_{cs} 为：

$$n_{cs} = (n_{\text{DMRS}}^{(1)} + n_{\text{DMRS}}^{(2)} + n_{\text{PRS}}(n_s)) \bmod 12$$

其中 $n_{\text{DMRS}}^{(1)}$ 的值由高层提供的参数 *cyclicShift* 根据表 5.5.2.1.1-2 给出； $n_{\text{DMRS}}^{(2)}$ 由最近用于 PUSCH 传输的 DCI 格式 0 中 DMRS 循环移位域的值根据表 5.5.2.1.1-1 给出。

$n_{\text{DMRS}}^{(2)}$ 在以下条件设置为 0：如果没有相同传输块对应的包含 DCI 格式 0 的 PDCCH，并且：

- 如果对于相同传输块最初的 PUSCH 是半静态调度，或者
- 如果对于相同传输块最初的 PUSCH 由随机接入响应许可调度

$n_{\text{PRS}}(n_s)$ 由下式给出：

$$n_{\text{PRS}}(n_s) = \sum_{i=0}^7 c(8N_{\text{symb}}^{\text{UL}} \cdot n_s + i) \cdot 2^i$$

其中伪随机序列 $c(i)$ 定义见 7.2 节。 $c(i)$ 为小区指定的。伪随机序列在每一无线帧开始的时候以初

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

表 5.5.2.1.1-1: DCI 格式 0 中的循环移位域值对应的 $n_{\text{DMRS}}^{(2)}$

DCI 格式 0 中的循环移位域 [3]	$n_{\text{DMRS}}^{(2)}$
000	0
001	6
010	3
011	4
100	2
101	8
110	10
111	9

表 5.5.2.1.1-2: *cyclicShift* 的值对应的 $n_{\text{DMRS}}^{(1)}$

循环移位	$n_{\text{DMRS}}^{(1)}$
0	0
1	2
2	3
3	4
4	6
5	8
6	9
7	10

5.5.2.1.2 映射到物理资源

序列 $r^{\text{PUSCH}}(\cdot)$ 首先乘以一个幅值因子 β_{PUSCH} ，然后从 $r^{\text{PUSCH}}(0)$ 开始映射到用于 PUSCH 传输（见 5.3.4 节）的资源块集合中。在子帧中按照先增加 k ，然后增加时隙号的规则映射到资源单元 (k, l) ，其中常规循环前缀时 $l=3$ ，而扩展循环前缀时 $l=2$ 。

5.5.2.2 PUCCH 的解调参考信号

5.5.2.2.1 参考信号序列

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

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

其中，

$$\begin{aligned}
m &= 0, \dots, N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}} - 1 \\
n &= 0, \dots, M_{\text{sc}}^{\text{RS}} - 1 \\
m' &= 0, 1
\end{aligned}$$

对 PUCCH 格式 2a 和 2b, 当 $m=1$ 时, $z(m)$ 等于 $d(10)$, $d(10)$ 见 5.4.2 节; 否则, $z(m)=1$ 。

序列 $r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 的长度为 $M_{\text{sc}}^{\text{RS}}=12$, 序列的生成见 5.5.1 节, 其中循环移位 α 取决于 PUCCH 的格式。

对 PUCCH 格式 1, 1a 和 1b, $\alpha(n_s, l)$ 为:

$$\begin{aligned}
\bar{n}_{\text{oc}}(n_s) &= \left\lfloor n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} / N' \right\rfloor \\
\alpha(n_s, l) &= 2\pi \cdot \bar{n}_{\text{cs}}(n_s, l) / N_{\text{sc}}^{\text{RB}} \\
\bar{n}_{\text{cs}}(n_s, l) &= \begin{cases} \left[n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l) + \left(n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} + (\bar{n}_{\text{oc}}(n_s) \bmod \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}) \right) \bmod N' \right] \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{常规循环前缀} \\ \left[n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l) + \left(n'(n_s) \cdot \Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}} + \bar{n}_{\text{oc}}(n_s) \right) \bmod N' \right] \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} & \text{扩展循环前缀} \end{cases}
\end{aligned}$$

其中 $n'(n_s)$, N' , $\Delta_{\text{shift}}^{\text{PUCCH}}$ 和 $n_{\text{cs}}^{\text{cell}}(n_s, l)$ 定义见 5.4.1 节。每时隙的参考符号数 $N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}}$ 和序列 $\bar{w}(n)$ 分别见表 5.5.2.2.1-1 和 5.5.2.2.1-2。

对 PUCCH 格式 2, 2a 和 2b, $\alpha(n_s, l)$ 见 5.4.2 节。每时隙的参考符号数 $N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}}$ 和序列 $\bar{w}(n)$ 分别见表 5.5.2.2.1-1 和 5.5.2.2.1-3。

表 5.5.2.2.1-1: 每时隙中 PUCCH 解调参考符号个数 $N_{\text{RS}}^{\text{PUCCH}}$

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

表 5.5.2.2.1-2: PUCCH 格式 1, 1a 和 1b 的正交序列 $\left[\bar{w}(0) \cdots \bar{w}^{PUCCH}_{S}-1\right)$

序列指示 $\bar{n}_{oc}(n_s)$	常规循环前缀	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 5.5.2.2.1-3: PUCCH 格式 2, 2a, 2b 的正交序列 $\left[\bar{w}(0) \cdots \bar{w}^{PUCCH}_{S}-1\right)$

常规循环前缀	扩展循环前缀
$[1 \ 1]$	$[1]$

5.5.2.2.2 映射到物理资源

序列 $r^{PUCCH}(\cdot)$ 将乘以一个幅值因子 β_{PUCCH} ，然后从 $r^{PUCCH}(0)$ 开始映射到资源单元 (k, l) 上。映射按照先增加 k ，然后增加 l ，最后增加时隙号的顺序。其中 k 与对应的 PUCCH 传输取值相同。一个时隙内符号索引 l 值见表 5.5.2.2.2-1。

表 5.5.2.2.2-1: 不同 PUCCH 格式中的解调参考信号位置

PUCCH 格式	l 值集合	
	常规循环前缀	扩展循环前缀
1, 1a, 1b	2, 3, 4	2, 3
2	1, 5	3
2a, 2b	1, 5	N/A

5.5.3 探测参考信号

5.5.3.1 序列产生

探测参考信号（SRS）序列 $r^{SRS}(n) = r_{u,v}^{(\alpha)}(n)$ 的定义见 5.5.1 节，其中 u 是 5.5.1.3 节定义的 PUCCH 组序列号， v 是 5.5.1.4 节定义的基序列号。探测参考信号的循环移位 α 为：

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

其中 $n_{\text{SRS}}^{\text{CS}}$ 由高层配置给每个终端，且 $n_{\text{SRS}}^{\text{CS}} = 0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7$ 。

5.5.3.2 映射到物理资源

为满足参考文献[4]的 5.1.3.1 节发射功率 P_{SRS} 的要求，序列将乘以一个幅值因子 β_{SRS} ，然后从 $r^{\text{SRS}}(0)$ 开始按如下方式映射到资源单元 (k, l) 上：

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

其中 k_0 是探测参考信号的频域起始位置。 $b = B_{\text{SRS}}$ ， $M_{\text{sc},b}^{\text{RS}}$ 是探测参考信号序列的长度：

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

其中，对每个上行带宽 $N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$ ， $m_{\text{SRS},b}$ 由表 5.5.3.2-1 至表 5.5.3.2-4 给出。小区指定的参数 *srs-BandwidthConfig* $C_{\text{SRS}} \in \{0, 1, 2, 3, 4, 5, 6, 7\}$ 和 UE 指定的参数 *srs-Bandwidth* $B_{\text{SRS}} \in \{0, 1, 2, 3\}$ 由高层给出。

在 UpPTS 域，如果高层配置的小区指定参数 *srsMaxUpPts* 被激活， $m_{\text{SRS},0}$ 需要重新配置为 $m_{\text{SRS},0}^{\text{max}} = \max_{c \in C} \{m_{\text{SRS},0}^c\} \leq (N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - 6N_{\text{RA}})$ ，其中 c 是 SRS 带宽， C_{SRS} 是表 5.5.3.2-1 到 5.5.3.2-4 中定义的针对每一个上行带宽 $N_{\text{RB}}^{\text{UL}}$ 的 SRS 带宽集合；如果小区指定参数 *srsMaxUpPts* 没有激活， $m_{\text{SRS},0}^{\text{max}} = m_{\text{SRS},0}$ 。 N_{RA} 是该 UpPTS 域中 PRACH 格式 4 的数量，可以从表 5.7.1-4 中获得。

频域起点 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，对常规上行子帧， $k'_0 = \lfloor N_{\text{RB}}^{\text{UL}} / 2 \rfloor - m_{\text{SRS},0} / 2 N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + k_{\text{TC}}$ ；

对 UpPTS， k'_0 为：

$$k'_0 = \begin{cases} (N_{\text{RB}}^{\text{UL}} - m_{\text{SRS},0}^{\text{max}}) N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + k_{\text{TC}} & \text{if } ((n_f \bmod 2) \times (2 - N_{\text{SP}}) + n_{\text{hf}}) \bmod 2 = 0 \\ k_{\text{TC}} & \text{otherwise} \end{cases}$$

$k_{\text{TC}} \in \{0, 1\}$ 是高层为 UE 提供的参数 *transmissionComb*， n_b 是频率位置索引。在前半帧的 UpPTS 域 n_{hf} 取值为 0，在后半帧的 UpPTS 域 n_{hf} 取值为 1。

探测参考信号的跳频由高层提供的参数 *SRS-HoppingBandwidth*， $b_{\text{hop}} \in \{0, 1, 2, 3\}$ 配置。如果探测参考

信号的跳频不激活（即 $b_{hop} \geq B_{SRS}$ ），频率位置索引 n_b 保持不变（除非重新配置）且

$n_b = \lfloor 4n_{RRC}/m_{SRS,b} \rfloor \bmod N_b$ ；其中，参数 *freqDomainPosition* n_{RRC} 由高层配置给 UE。如果探测参考信

号的跳频激活（即 $b_{hop} < B_{SRS}$ ），频率位置索引 n_b 为：

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

其中对每个上行带宽 N_{RB}^{UL} ， N_b 由表 5.5.3.2-1 到 5.5.3.2-4 给出。

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

其中，不管表 5.5.3.2-1 到 5.5.3.2-4 的 N_b 为何值， $N_{b_{hop}} = 1$ ，且

$$n_{SRS} = \begin{cases} 2N_{SP}n_f + 2(N_{SP} - 1) \left\lfloor \frac{n_s}{10} \right\rfloor + \left\lfloor \frac{T_{offset}}{T_{offset_max}} \right\rfloor, & \text{帧结构2, SRS周期为2ms} \\ \lfloor (n_f \times 10 + \lfloor n_s/2 \rfloor) / T_{SRS} \rfloor, & \text{其他} \end{cases}$$

上式用来计算 UE 指定的 SRS 的传输次数，其中 T_{SRS} 为 UE 指定的 SRS 传输周期（见[4] 中 8.2 节），

T_{fo} 是 SRS 子帧偏移量（见[4] 中表 8.2-2）， T_{fo_max} 是对 SRS 子帧偏移量配置的 T_{offset} 的最大值。

除特殊子帧外的所有子帧，SRS 将在子帧的最后一个符号上传输。

表 5.5.3.2-1: 上行带宽 $6 < N_{RB}^{UL} \leq 40$, $m_{SRS,b}$ 和 N_b , $b = 0, 1, 2, 3$ 的值

SRS 带宽配置 C_{SRS}	SRS 带宽 $B_{SRS} = 0$		SRS 带宽 $B_{SRS} = 1$		SRS 带宽 $B_{SRS} = 2$		SRS 带宽 $B_{SRS} = 3$	
	$m_{SRS,b}$	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 5.5.3.2-2: 上行带宽 $40 < N_{RB}^{UL} \leq 60$, $m_{SRS,b}$ 和 $N_b, b=0,1,2,3$ 的值

SRS 带宽配置 C_{SRS}	SRS 带宽 $B_{SRS}=0$		SRS 带宽 $B_{SRS}=1$		SRS 带宽 $B_{SRS}=2$		SRS 带宽 $B_{SRS}=3$	
	$m_{SRS,0}$	N_0	$m_{SRS,1}$	N_1	$m_{SRS,2}$	N_2	$m_{SRS,3}$	N_3
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 5.5.3.2-3: 上行带宽 $60 < N_{RB}^{UL} \leq 80$, $m_{SRS,b}$ 和 $N_b, b=0,1,2,3$ 的值

SRS 带宽配置 C_{SRS}	SRS 带宽 $B_{SRS}=0$		SRS 带宽 $B_{SRS}=1$		SRS 带宽 $B_{SRS}=2$		SRS 带宽 $B_{SRS}=3$	
	$m_{SRS,0}$	N_0	$m_{SRS,1}$	N_1	$m_{SRS,2}$	N_2	$m_{SRS,3}$	N_3
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 5.5.3.2-4: 上行带宽 $80 < N_{RB}^{UL} \leq 110$, $m_{SRS,b}$ 和 $N_b, b=0,1,2,3$ 的值

SRS 带宽配置	SRS 带宽	SRS 带宽	SRS 带宽	SRS 带宽
----------	--------	--------	--------	--------

置 C_{SRS}	$B_{\text{SRS}} = 0$		$B_{\text{SRS}} = 1$		$B_{\text{SRS}} = 2$		$B_{\text{SRS}} = 3$	
	$m_{\text{SRS},0}$	N_0	$m_{\text{SRS},1}$	N_1	$m_{\text{SRS},2}$	N_2	$m_{\text{SRS},3}$	N_3
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

5.5.3.3 探测参考信号子帧结构

对 TDD，探测参考信号小区指定的子帧配置周期 T_{SFC} 和小区指定的子帧偏移量 Δ_{SFC} 见表

5.5.3.3-2。承载探测参考信号的子帧满足 $\lfloor n_s / 2 \rfloor \bmod T_{\text{SFC}} \in \Delta_{\text{SFC}}$ 。对 TDD，探测参考信号仅在配置的 UL 子帧或 UpPTS 中发送。

表 5.5.3.3-2: TDD 模式探测参考信号子帧配置

SRS 子帧配置	二进制比特	配置周期 T_{SFC} (subframes)	传输偏移 Δ_{SFC} (subframes)
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

5.6 SC-FDMA 基带信号产生

本节描述适用于除 PRACH 之外的所有上行物理信号和物理信道。

一个上行时隙中的第 l 个 SC-FDMA 符号中的时间连续信号 $s_l(t)$ 为：

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

其中， $0 \leq t < (N_{CP,l} + N) \times T_s$ ， $k^{(-)} = k + \lfloor N_{RB}^{UL} N_{sc}^{RB} / 2 \rfloor$ ， $N = 2048$ ， $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 且 $a_{k,l}$ 表示资源单元 (k, l) 上传的信息。

一个时隙内的 SC-FDMA 符号从 $l=0$ 开始按照 l 的增序传输，其中 SC-FDMA 符号 $l>0$ 从一个时隙中的 $\sum_{l'=0}^{l-1} (N_{CP,l'} + N)T_s$ 时刻开始。

表 5.6-1 列出了可用的 $N_{CP,l}$ 值。注意，一个时隙内不同的 SC-FDMA 符号可能具有不同的循环前缀长度。

表 5.6-1：SC-FDMA 参数

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

5.7 物理随机接入信道

5.7.1 时域和频域结构

如图 5.7.1-1 所示，物理随机接入前导包括一个长度为 T_{CP} 的循环前缀和一个长度为 T_{SEQ} 的序列部分。表 5.7.1-1 中列出了随机接入前导参数，这些参数的使用取决于帧结构和随机接入配置。高层控制前导格式。

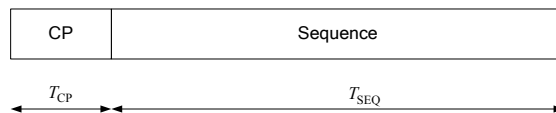


图5.7.1-1：随机接入前导格式

表 5.7.1-1: 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 *	$448 \cdot T_s$	$4096 \cdot T_s$

仅适用于帧结构 2 且特殊子帧 UpPTS 长度为 $4384 \cdot T_s$ 和 $5120 \cdot T_s$

如果由 MAC 层触发随机接入前导的传输，它将在特定的时间和频率上传输。这些资源的编号按照无线帧和频域资源块中的子帧序号的增序进行，使得序号 0 对应无线帧中最小的子帧和资源块编号。无线帧中的 PRACH 资源由 PRACH 资源索引指示，表 5.7.1-2 和表 5.7.1-4 中按照增序的方式列出了 PRACH 资源索引。

对于前导格式 0~4，帧结构类型 2 的一个上行子帧中（或者前导格式 4 的 UpPTS）可能存在多个随机接入资源，这取决于 UL/DL 配置[见表 4.2-2]。表 5.7.1-3 列出了帧结构类型 2 中允许的 PRACH 配置，其中配置索引对应于一个确定的前导格式，PRACH 密度值 D_{RA} 以及版本索引 r_{RA} 组合。参数 *prach-ConfigurationIndex* 由高层配置。对于帧结构类型 2，PRACH 配置 0, 1, 2, 20, 21, 22, 30, 31, 32, 40, 41, 42, 48, 49 和 50，UE 为了切换可以假定当前小区和目标小区子帧 i 在时间上的偏移量的绝对值小于 $153600 \cdot T_s$ 。

表 5.7.1-3: 前导格式 0-4 的帧结构类型 2 的随机接入配置

PRACH 配置索引	前导格式	每 10ms 密度值 (D_{RA})	版本号 (r_{RA})	PRACH 配置索引	前导格式	每 10ms 密度值 (D_{RA})	版本号 (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	58	N/A	N/A	N/A
27	1	4	0	59	N/A	N/A	N/A
28	1	5	0	60	N/A	N/A	N/A
29	1	6	0	61	N/A	N/A	N/A
30	2	0.5	0	62	N/A	N/A	N/A
31	2	0.5	1	63	N/A	N/A	N/A

表 5.7.1-4 列出了对于一个确定的 PRACH 密度值 D_{RA} ，不同的随机接入所需要的物理资源。每一个四元符号组 $(f_{RA}, t_{RA}^0, t_{RA}^1, t_{RA}^2)$ 用来指示一个特定随机接入资源的时频位置，其中 f_{RA} 是一定时间间隔中的频率资源索引； $t_{RA}^0 = 0, 1, 2$ 分别指示随机接入资源是出现在所有的无线帧中，还是在偶数无线帧，或是在奇数无线帧； $t_{RA}^1 = 0, 1$ 分别指示随机接入资源是位于第一个半帧还是第二个半帧； t_{RA}^2 是前导开始的上行子帧号，在两个连续下上行切换点间的第一个上行子帧为 0，除了一直在 UpPTS 中传输的前导格式 4，其 t_{RA}^2 表示为(*)。在 UE 端，前导格式 0-3，开始时刻必须和对应的上行子帧开始时刻对齐，即 $N_{TA} = 0$ ，前导格式 4 必须在 UpPTS 结束前 $4832 \cdot T_s$ 开始，其中 UpPTS 参考 UE 上行帧同步提前量 $N_{TA} = 0$ 。

对每一种 PRACH 配置的随机接入首先在时间上分配当且仅当时间上不能分配特定密度值 D_{RA} 的所有随机接入的时候才考虑频分。对前导格式 0-3，频率复用规则如下

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

其中 N_{RB}^{UL} 是上行资源块数， n_{PRB}^{RA} 是分配给随机接入的第一个物理资源块，参数 $prach-FrequencyOffset$ $n_{PRB\ offset}^{RA}$ 是 PRACH 可用的第一个物理资源块号，它由高层配置且满足 $0 \leq n_{PRB\ offset}^{RA} \leq N_{RB}^{UL} - 6$ 。

对前导格式 4，频率复用按下式进行：

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

其中 n_f 是系统帧号，而 N_{SP} 是无线帧中的下上行切换点数。

对两种帧结构，每个随机接入前导带宽都为 6 个连续资源块大小。

表 5.7.1-4: 帧结构类型 2 的随机接入前导的时频映射

PRACH 配置索引 (See Table 5.7.1-3)	上行/下行配置 (See Table 4.2-2)						
	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)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(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	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)			(0,0,0,1)			(0,0,1,1)
9	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,1)
	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)	(1,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(1,0,0,0)	(0,0,0,2)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(0,0,1,1)
10	(0,0,0,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)	(0,0,1,0)	(0,0,1,0)		(0,0,0,1)		(0,0,0,2)
	(0,0,1,1)	(0,0,1,1)	(1,0,1,0)		(1,0,0,0)		(0,0,1,0)
11	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	(0,0,0,1)
		(0,0,0,1)					(0,0,1,0)
		(0,0,1,0)					(0,0,1,1)
12	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,1)
	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)	(1,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,1)	(0,0,1,0)	(1,0,0,0)	(0,0,0,2)	(1,0,0,0)	(2,0,0,0)	(0,0,1,0)
	(0,0,1,2)	(0,0,1,1)	(1,0,1,0)	(1,0,0,2)	(1,0,0,1)	(3,0,0,0)	(0,0,1,1)
13	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)

	(0,0,0,2)			(0,0,0,1)			(0,0,0,1)
	(0,0,1,0)			(0,0,0,2)			(0,0,0,2)
	(0,0,1,2)			(1,0,0,1)			(0,0,1,1)
14	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,0,1)			(0,0,0,1)			(0,0,0,2)
	(0,0,1,0)			(0,0,0,2)			(0,0,1,0)
	(0,0,1,1)			(1,0,0,0)			(0,0,1,1)
15	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)	(1,0,0,0)	(0,0,0,1)
	(0,0,0,2)	(0,0,1,0)	(1,0,0,0)	(0,0,0,2)	(1,0,0,0)	(2,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,1)	(0,0,1,1)	(1,0,1,0)	(1,0,0,1)	(1,0,0,1)	(3,0,0,0)	(0,0,1,0)
	(0,0,1,2)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(1,0,0,2)	(2,0,0,1)	(4,0,0,0)	(0,0,1,1)
16	(0,0,0,1)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	N/A	N/A
	(0,0,0,2)	(0,0,0,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)		
	(0,0,1,0)	(0,0,1,0)	(1,0,0,0)	(0,0,0,2)	(1,0,0,0)		
	(0,0,1,1)	(0,0,1,1)	(1,0,1,0)	(1,0,0,0)	(1,0,0,1)		
	(0,0,1,2)	(1,0,1,1)	(2,0,1,0)	(1,0,0,2)	(2,0,0,0)		
17	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	N/A
	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)		(0,0,0,1)			
	(0,0,0,2)	(0,0,1,0)		(0,0,0,2)			
	(0,0,1,0)	(0,0,1,1)		(1,0,0,0)			
	(0,0,1,2)	(1,0,0,0)		(1,0,0,1)			
18	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)	(0,0,0,0)
	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)	(0,0,1,0)	(0,0,0,1)	(0,0,0,1)	(1,0,0,0)	(0,0,0,1)
	(0,0,0,2)	(0,0,1,0)	(1,0,0,0)	(0,0,0,2)	(1,0,0,0)	(2,0,0,0)	(0,0,0,2)
	(0,0,1,0)	(0,0,1,1)	(1,0,1,0)	(1,0,0,0)	(1,0,0,1)	(3,0,0,0)	(0,0,1,0)
	(0,0,1,1)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(1,0,0,1)	(2,0,0,0)	(4,0,0,0)	(0,0,1,1)
	(0,0,1,2)	(1,0,1,1)	(2,0,1,0)	(1,0,0,2)	(2,0,0,1)	(5,0,0,0)	(1,0,0,2)
19	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	N/A	N/A	(0,0,0,0)
		(0,0,0,1)					(0,0,0,1)

		(0,0,1,0) (0,0,1,1) (1,0,0,0) (1,0,1,0)					(0,0,0,2) (0,0,1,0) (0,0,1,1) (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)	N/A	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)			(1,0,0,0)			(1,0,0,0)
46	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)			(1,0,0,0)			(1,0,0,0)
	(1,0,0,0)			(2,0,0,0)			(2,0,0,0)
47	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)	N/A	N/A	(0,0,0,0)
	(0,0,1,0)			(1,0,0,0)			(1,0,0,0)
	(1,0,0,0)			(2,0,0,0)			(2,0,0,0)
	(1,0,1,0)			(3,0,0,0)			(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,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)
	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(0,0,1,*)
54	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)
	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(0,0,1,*)
	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(1,0,0,*)
55	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)
	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(0,0,1,*)
	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(1,0,0,*)
	(1,0,1,*)	(1,0,1,*)	(1,0,1,*)	(3,0,0,*)	(3,0,0,*)	(3,0,0,*)	(1,0,1,*)

56	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)
	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(0,0,1,*)
	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(1,0,0,*)
	(1,0,1,*)	(1,0,1,*)	(1,0,1,*)	(3,0,0,*)	(3,0,0,*)	(3,0,0,*)	(1,0,1,*)
	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(4,0,0,*)	(4,0,0,*)	(4,0,0,*)	(2,0,0,*)
57	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)	(0,0,0,*)
	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(0,0,1,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(0,0,1,*)
	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(1,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(1,0,0,*)
	(1,0,1,*)	(1,0,1,*)	(1,0,1,*)	(3,0,0,*)	(3,0,0,*)	(3,0,0,*)	(1,0,1,*)
	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(2,0,0,*)	(4,0,0,*)	(4,0,0,*)	(4,0,0,*)	(2,0,0,*)
	(2,0,1,*)	(2,0,1,*)	(2,0,1,*)	(5,0,0,*)	(5,0,0,*)	(5,0,0,*)	(2,0,1,*)
58	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
59	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
60	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
61	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
62	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A
63	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A	N/A

* UpPTS

5.7.2 前导序列产生

随机接入前导由具有零相关区的 ZC 序列产生，由一个或多个根 Zadoff-Chu 序列产生。网络配置终端可用的前导序列集合。

每个小区中有 64 个可用的前导。一个小区中的 64 个前导序列集合首先通过逻辑索引为 RACH_ROOT_SEQUENCE 的根 ZC 序列按照循环移位增加的顺序产生所有的循环移位序列，其中 RACH_ROOT_SEQUENCE 由系统信息广播，如果 64 个前导序列不能由 1 个根 ZC 序列产生，那么由后续的逻辑索引的根序列产生直到产生了 64 个前导序列。逻辑根序列编号是循环的：逻辑索引 0 和逻辑索引 837 是连续的。逻辑根序列序号和物理根序列序号 u 的关系见表 5.7.2-4 和 5.7.2-5，分别对应前导格式 0-3 和 4。

第 u 个根 Zadoff-Chu 序列定义为：

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

其中 ZC 序列的长度 N_{ZC} 见表 5.7.2-1。基于第 u 个根 ZC 序列，具有长度为 $N_{CS} - 1$ 的零相关区的随机接入前导，按照下式进行循环移位获得：

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

其中循环移位由下式给出：

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

对前导结构 0-3 和 4 的 N_{CS} 分别见表 5.7.2-2 和 5.7.2-3。参数 *High-speed-flag* 由高层提供，决定限制集或非限制集的使用。

变量 d_u 是幅度为 $1/T_{\text{SEQ}}$ 的多普勒频偏对应的循环移位值：

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

其中 p 满足 $(pu) \bmod N_{ZC} = 1$ 的最小的非负整数，循环移位受限集合的参数取决于 d_u 。当 $N_{CS} \leq d_u < N_{ZC}/3$ 时，参数如下：

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

当 $N_{ZC}/3 \leq d_u \leq (N_{ZC} - N_{CS})/2$ 时，参数如下：

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

对其他 d_u 值，在限制集中没有循环移位。

表 5.7.2-1: 随机接入前导序列长度

前导格式	N_{ZC}
0 – 3	839
4	139

表 5.7.2-2: 前导生成的循环移位值 N_{CS} (前导格式 0-3)

N_{CS} 配置	N_{CS} 值	
	非限制子集	限制子集
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 5.7.2-3: 前导生成的循环移位值 N_{CS} (前导格式 4)

N_{CS} 配置	N_{CS} 值
0	2
1	4
2	6
3	8
4	10
5	12
6	15
7	N/A
8	N/A
9	N/A
10	N/A
11	N/A
12	N/A
13	N/A
14	N/A
15	N/A

表 5.7.2-4: 前导格式 0-3 的根 ZC 序列号

逻辑根序列号	物理根序列号 u (以对应到逻辑根序列号的增序)
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 5.7.2-5:前导格式 4 的根 ZC 序列号

逻辑根序列号	物理根序列号 u																			
	(以对应到逻辑根序列号的增序)																			
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	-	-
138 – 837	N/A																			

5.7.3 基带信号产生

时间连续随机接入信号 $s(t)$ 定义为：

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

其中 $0 \leq t < T_{\text{SEQ}} + T_{\text{CP}}$ ，乘以幅值因子 β_{PRACH} 是为了满足[4]中 6.1 节定义的发射功率 P_{PRACH} 的要求，

$k_0 = n_{\text{PRB}}^{\text{RA}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} - N_{\text{RB}}^{\text{UL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}} / 2$ 。频域位置由参数 $n_{\text{PRB}}^{\text{RA}}$ 控制，此参数见 5.7.1 节。因子 $K = \Delta f / \Delta f_{\text{RA}}$ 表示随机接入前导与上行数据之间的子载波间隔的差别。变量 Δf_{RA} 表示随机接入前导的子载波间隔，变量 φ 是一个固定的偏移值，表示资源块中随机接入前导的频域位置，这两个变量取值见表 5.7.3-1。

表 5.7.3-1: 随机接入基带参数

前导结构	Δf_{RA}	φ
0 – 3	1250 Hz	7
4	7500 Hz	2

5.8 调制和上变换

将每一个天线端口上的复值 SC-FDMA 基带信号调制和上变换到载波频率上的过程如图 5.8-1 所示。其中发射前的滤波器规范由参考文献[7]给出。

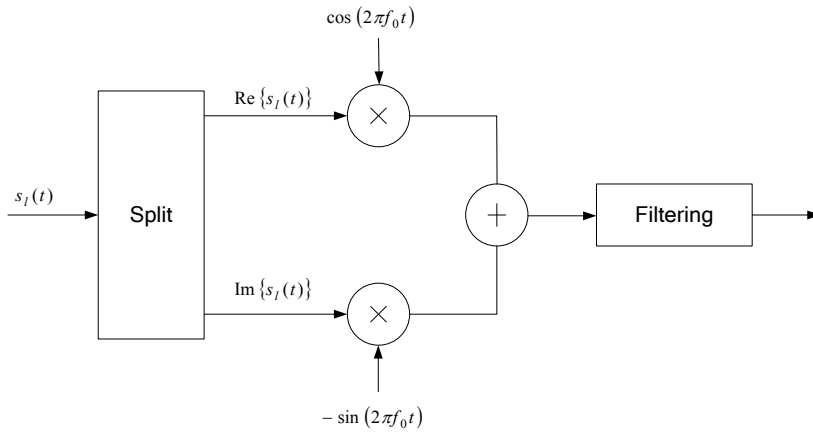


图 5.8-1: 上行调制

6 下行链路

6.1 概述

下行链路传输中最小的时频单位为资源单元，具体定义见 6.2.2 节。

6.1.1 物理信道

下行物理信道对应于一系列资源单元的集合，用于承载源于高层的信息，它是协议 36.212 和 36.211 之间的接口。总共定义的下行物理信道如下：

- 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 HARQ 指示信道, PHICH

6.1.2 物理信号

下行信号对应于一系列物理层使用的资源单元，但是这些资源单元不传递任何来自高层的信息。以下下行物理信号定义为：

- 参考信号
- 同步信号

6.2 时隙结构和物理资源单元

6.2.1 资源格

一个时隙中的传输信号可用一个资源格来描述，其大小为 $N_{RB}^{DL} N_{sc}^{RB}$ 个子载波和 N_{sym}^{DL} 个 OFDM 符号。资源格结构见图 6.2.2-1。 N_{RB}^{DL} 的大小取决于小区中下行传输带宽的配置且满足：

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

其中 $N_{RB}^{min,DL} = 6$ ， $N_{RB}^{max,DL} = 110$ ，分别对应下行传输的最小和最大带宽，由现在的协议版本支持。 N_{RB}^{DL}

的取值集合见参考文献[6]。一个时隙中的 OFDM 符号个数取决于循环前缀长度和子载波间隔，见表 6.2.3-1。

在多天线传输的情况下，每一个天线端口定义一个资源格。一个天线端口由其相关的参考信号来定义。一个小区中支持的天线端口集合取决于参考信号的配置：

- 小区专用参考信号，与非MBSFN传输关联，支持一个、两个和四个天线端口配置，天线端口序号分别满足 $p=0$ ， $p \in \{0,1\}$ ，和 $p \in \{0,1,2,3\}$ 。
- MBSFN参考信号，与MBSFN 传输关联，在天线端口 $p=4$ 上传输。
- 终端专用参考信号，在天线端口 $p=5$ 上传输。

6.2.2 资源单元

天线口 p 上的资源格中，每个单元叫做资源单元，通过索引对 (k,l) 来进行唯一标识，其中 $k=0,\dots,N_{\text{RB}}^{\text{DL}}N_{\text{sc}}^{\text{RB}}-1$ and $l=0,\dots,N_{\text{ymb}}^{\text{DL}}-1$ ，分别表示在频域和时域的序号。在天线端口 p 上的每一个资源单元 (k,l) 对应于一个复数 $a_{k,l}^{(p)}$ 。在不致混淆的情况下，索引 p 的标识可以省略。

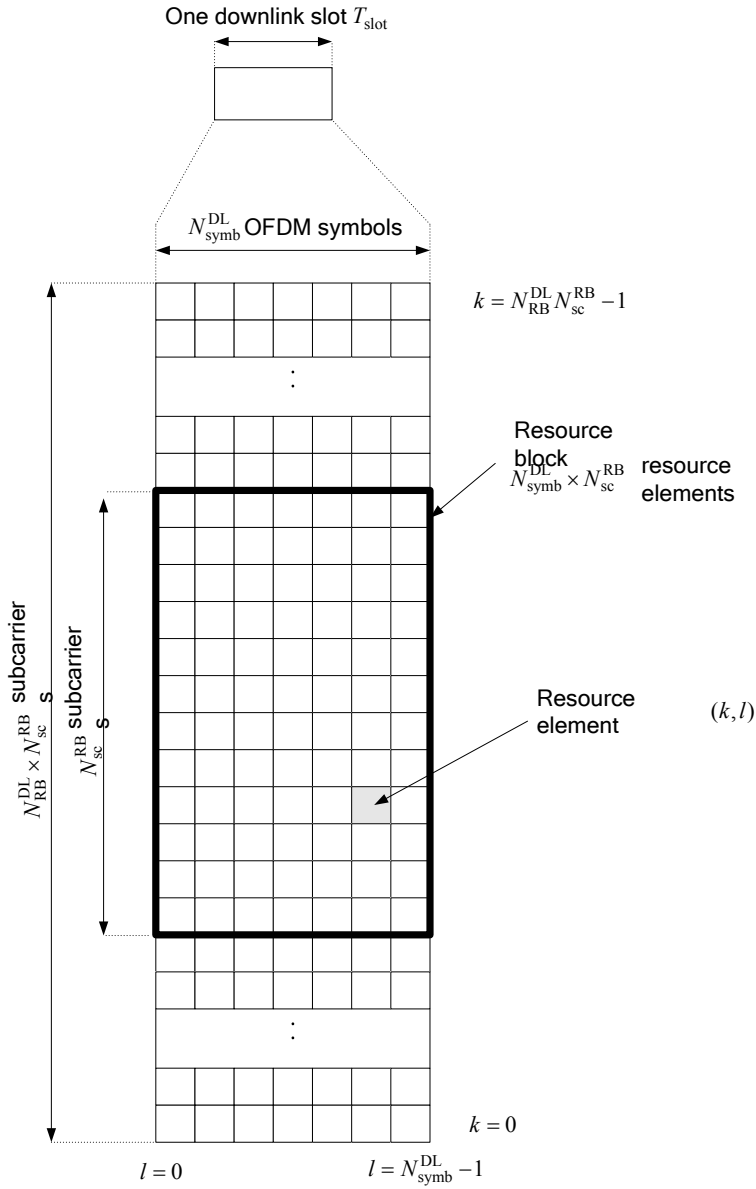


图6.2.2-1:下行资源格

6.2.3 资源块

资源块用于描述物理信道到资源单元的映射。定义了两种资源块：物理资源块和虚拟资源块。

一个物理资源块定义为时域上 $N_{\text{sybm}}^{\text{DL}}$ 个连续的 OFDM 符号和 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个连续的频域子载波， $N_{\text{sybm}}^{\text{DL}}$ 和 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 如表 6.2.3-1 所示。所以，一个物理资源块由 $N_{\text{sybm}}^{\text{DL}} \times N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个资源单元组成，分别对应时域一个时隙和频域的 180kHz。

在频域上物理资源块标号从 0 到 $N_{\text{RB}}^{\text{DL}}-1$ 。一个时隙内物理资源块的数目 n_{PRB} 和资源单元 (k, l) 的关系如下所示：

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

表 6.2.3-1: 物理资源块参数

Configuration		N_{sc}^{RB}	N_{syb}^{DL}
Normal cyclic prefix	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$	12	7
Extended cyclic prefix	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$		6
	$\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$	24	3

虚拟资源块的大小和物理资源块的大小相同。定义了下列两种类型的虚拟资源块：

- 分布式虚拟资源块
- 集中式虚拟资源块

对两种类型的虚拟资源块，一个子帧中两个时隙上的成对虚拟资源块共同分配到一个独立虚拟资源块

号： n_{VRB} 。

6.2.3.1 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上，使得虚拟资源块 n_{VRB} 与物理资源块对应，即：

$n_{PRB} = n_{VRB}$ 。虚拟资源块号从 0 到 $N_{VRB}^{DL} - 1$ ，其中 $N_{VRB}^{DL} = N_{RB}^{DL}$ 。

6.2.3.2 分布式虚拟资源块

分布式虚拟资源块按下列方式映射到物理资源块上：

表 6.2.3.2-1: RB gap values

System BW (N_{RB}^{DL})	Gap (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} 见表 6.2.3.2-1。对 $6 \leq N_{RB}^{DL} \leq 49$ ，只有一个间隔值 $N_{gap,1}$ ，且 $N_{gap} = N_{gap,1}$ 。对 $50 \leq N_{RB}^{DL} \leq 110$ ，有两个间隔值 $N_{gap,1}$ 和 $N_{gap,2}$ ，选择 $N_{gap} = N_{gap,1}$ 还是 $N_{gap} = N_{gap,2}$ ，由参考文献[3]中的下行调度分配信息给出。

分布式虚拟资源块标号从 0 到 $N_{VRB}^{DL} - 1$ ，其中 $N_{VRB}^{DL} = N_{VRB,gap1}^{DL} = 2 \cdot \min(N_{gap}, N_{RB}^{DL} - N_{gap})$ ($N_{gap} = N_{gap,1}$ 时) 或 $N_{VRB}^{DL} = N_{VRB,gap2}^{DL} = \lfloor N_{RB}^{DL} / 2N_{gap} \rfloor \cdot 2N_{gap}$ ($N_{gap} = N_{gap,2}$ 时)。

连续 \tilde{N}_{VRB}^{DL} 个 VRB 组成一个 VRB 交织单元，其中对 $N_{gap} = N_{gap,1}$ ， $\tilde{N}_{VRB}^{DL} = N_{VRB}^{DL}$ ；对 $N_{gap} = N_{gap,2}$ ， $\tilde{N}_{VRB}^{DL} = 2N_{gap}$ 。每个交织单元的 VRB 数的交织以 4 列 N_{row} 行表示，其中 $N_{row} = \lceil \tilde{N}_{VRB}^{DL} / (4P) \rceil \cdot P$ ，而 P 是 RBG 大小，见参考文献[4]。VRB 序号按矩阵行写入，按列读出。 N_{null} 空值插入第 2 和第 4 列的最后 $N_{null} / 2$ 行，其中 $N_{null} = 4N_{row} - \tilde{N}_{VRB}^{DL}$ 。读出时忽略空值。包括交织处理的 VRB 序号到 PRB 号的映射过程如下：

对偶时隙号 n_s :

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

$$\tilde{n}'_{\text{PRB}} = 2N_{\text{row}} \cdot (\tilde{n}_{\text{VRB}} \bmod 2) + \lfloor \tilde{n}_{\text{VRB}} / 2 \rfloor + \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} \cdot \lfloor n_{\text{VRB}} / \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} \rfloor,$$

$$\text{且 } \tilde{n}''_{\text{PRB}} = N_{\text{row}} \cdot (\tilde{n}_{\text{VRB}} \bmod 4) + \lfloor \tilde{n}_{\text{VRB}} / 4 \rfloor + \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} \cdot \lfloor n_{\text{VRB}} / \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}} \rfloor,$$

其中 $\tilde{n}_{\text{VRB}} = n_{\text{VRB}} \bmod \tilde{N}_{\text{VRB}}^{\text{DL}}$, 而 n_{VRB} 由参考文献[4]的下行调度分配信息中得到。

对奇时隙号 n_s :

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

然后, 对所有 n_s ;

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

6.2.4 资源单元组

资源单元组用于定义控制信道到资源单元的映射。

一个资源单元组由资源单元序号组 (k', l') 表示, 组内最小的序号为 k , 一个资源单元组中的所有资源单元具有相同的序号 l 。一个资源单元组中的资源单元集合 (k, l) 取决于配置的小区专用参考信号数目, 具体如下, 且 $k_0 = n_{\text{PRB}} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$, $0 \leq n_{\text{PRB}} < N_{\text{RB}}^{\text{DL}}$ 。

- 在一个子帧的第一个时隙中的第一个OFDM符号中, 一个物理资源块 n_{PRB} 中的两个资源单元组包括资源单元 $(k, l=0)$, 并且组内序号 k 分别为: $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 5$; $k = k_0 + 6, k_0 + 7, \dots, k_0 + 11$ 。
- 若配置一或两个小区专用参考信号, 在一个子帧第一个时隙的第二个OFDM符号中, 一个物理资源块 n_{PRB} 的三个资源单元组包括资源单元 $(k, l=1)$, 且组内序号 k 分别为: $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 3$, $k = k_0 + 4, k_0 + 5, \dots, k_0 + 7$; $k = k_0 + 8, k_0 + 9, \dots, k_0 + 11$ 。
- 若配置四个小区专用参考信号, 在一个子帧第一个时隙的第二个OFDM符号中, 一个物理资源块 n_{PRB} 的两个资源单元组包括资源单元 $(k, l=1)$, 且组内序号 k 分别为: $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 5$; $k = k_0 + 6, k_0 + 7, \dots, k_0 + 11$ 。
- 在一个子帧第一个时隙的第三个OFDM符号中, 一个物理资源块 n_{PRB} 的三个资源单元组包括资源单元 $(k, l=2)$, 且组内序号 k 分别为: $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 3$, $k = k_0 + 4, k_0 + 5, \dots, k_0 + 7$ 和 $k = k_0 + 8, k_0 + 9, \dots, k_0 + 11$ 。

- 若是常规循环前缀，在一个子帧第一个时隙的第四个OFDM符号中，一个物理资源块 n_{PRB} 的三个资源单元组包括资源单元 $(k, l=3)$ ，且组内序号 k 分别为： $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 3$ ， $k = k_0 + 4, k_0 + 5, \dots, k_0 + 7$ 和 $k = k_0 + 8, k_0 + 9, \dots, k_0 + 11$ 。
- 若是扩展循环前缀，在一个子帧第一个时隙的第四个OFDM符号中，一个物理资源块 n_{PRB} 的两个资源单元组包括资源单元 $(k, l=3)$ ，且组内序号 k 分别为： $k = k_0 + 0, k_0 + 1, \dots, k_0 + 5$ ； $k = k_0 + 6, k_0 + 7, \dots, k_0 + 11$ 。

当符号 $\langle z(i), z(i+1), z(i+2), z(i+3) \rangle$ 向资源单元组映射时， $z(i)$ 映射到资源单元组中没有用于传输参考信号的资源单元 (k, l) 上，按照 i 和 k 的增序进行映射。在只配置一个小区专用参考信号时，进行映射的时候，假设同时存在天线端口 0 和 1 上的小区专用参考信号，其他情况下则假定小区专用参考信号数等于实际使用小区专用参考信号的天线端口数。终端不能任意假定预留留给参考信号的资源单元没有用于参考信号传输。

6.2.5 TDD 操作所需的保护间隔

对帧结构 2，图 4.2-1 中的 GP 用作保护间隔。

6.3 下行物理信道的一般结构

这部分描述了下行物理信道的一般结构，适用于多个物理信道。

下行物理信道的基带信号处理按下列步骤进行：

- 对在一个物理信道上传输的每一个码字中的编码比特进行加扰
- 对加扰后的比特进行调制，产生复值调制符号
- 将复值调制符号映射到一个或几个传输层
- 对每个传输层的复值调制符号进行预编码，用于天线口上的传输
- 把每个天线端口的复值调制符号映射到资源单元
- 为每个天线端口产生复值的时域 OFDM 符号

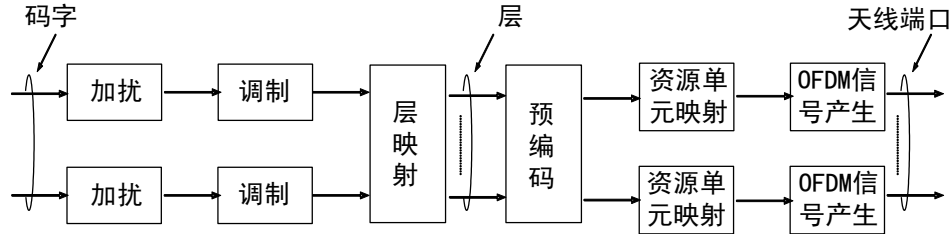


图6.3-1: 下行物理信道处理过程

6.3.1 加扰

对每个码字 q ，比特块 $b^{(q)}(0), \dots, b^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ （其中 $M_{\text{bit}}^{(q)}$ 表示一个子帧中传输的物理信道上的码字 q 中的比特数），在调制之前需按下式加扰，生成加扰比特块 $\tilde{b}^{(q)}(0), \dots, \tilde{b}^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ ：

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

其中加扰序列 $c^q(i)$ 见 7.2 节。在每个子帧起始时对加扰序列进行初始化，初始化值 c_{init} 由传输信道类型决定：

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

其中 n_{RNTI} 对应于和 PDSCH 传输相关的 RNTI, 参见文献[4]中的 7.1 节。

一个子帧中最多可传输两个码字, 即 $q \in \{0,1\}$ 。如果只有一个码字传输, q 等于 0。

6.3.2 调制

对每个码字 q , 扰码比特块 $\tilde{b}^{(q)}(0), \dots, \tilde{b}^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ 将按 7.1 节进行调制, 所用调制方式见表 6.3.2-1,

调制后产生一个复值调制符号块 $d^{(q)}(0), \dots, d^{(q)}(M_{\text{symp}}^{(q)} - 1)$ 。

表 6.3.2-1: 调制方式

Physical channel	Modulation schemes
PDSCH	QPSK, 16QAM, 64QAM
PMCH	QPSK, 16QAM, 64QAM

6.3.3 层映射

每个待传输码字的复值调制符号被映射到一个或多个层上。每个码字 q 的复值调制符号 $d^{(q)}(0), \dots, d^{(q)}(M_{\text{symp}}^{(q)} - 1)$ 将映射到层 $x(i) = [x^{(0)}(i) \ \dots \ x^{(\nu-1)}(i)]^T$, $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symp}}^{\text{layer}} - 1$, 其中 ν 是层数,

$M_{\text{symp}}^{\text{layer}}$ 是每层的调制符号数。

6.3.3.1 单天线口的层映射

对于单天线口上的传输, 使用单层, $\nu=1$, 且按下式映射:

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

并且 $M_{\text{symp}}^{\text{layer}} = M_{\text{symp}}^{(0)}$ 。

6.3.3.2 空间复用的层映射

对空间复用, 层映射按表 6.3.3.2-1 进行。层数 ν 小于或等于用于物理信道传输的天线端口数 P 。一个码字映射到 2 层仅用于天线端口数为 4 的情况。

表 6.3.3.2-1: 空间复用的码字层映射

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

6.3.3.3 发射分集(layer mapping)

对发射分集，层映射按表 6.3.3.3-1 进行。仅有一个码字且层数 ν 等于用于物理信道传输的天线端口数 P 。

表 6.3.3.3-1: 发射分集的码字层映射

层数	码字数	码字到层的映射 $i = 0, 1, \dots, M_{\text{sy mb}}^{\text{layer}} - 1$	
2	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(2i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(2i + 1)$	$M_{\text{sy mb}}^{\text{layer}} = M_{\text{sy mb}}^{(0)} / 2$
4	1	$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(4i)$ $x^{(1)}(i) = d^{(0)}(4i + 1)$ $x^{(2)}(i) = d^{(0)}(4i + 2)$ $x^{(3)}(i) = d^{(0)}(4i + 3)$	$M_{\text{sy mb}}^{\text{layer}} = \begin{cases} M_{\text{sy mb}}^{(0)} / 4 & \text{if } M_{\text{sy mb}}^{(0)} \bmod 4 = 0 \\ (M_{\text{sy mb}}^{(0)} + 2) / 4 & \text{if } M_{\text{sy mb}}^{(0)} \bmod 4 \neq 0 \end{cases}$ 如果 $M_{\text{sy mb}}^{(0)} \bmod 4 \neq 0$ ，则会在 $d^{(0)}(M_{\text{sy mb}}^{(0)} - 1)$ 之后补两个空值符号

6.3.4 预编码

将层映射的输出 $x(i) = [x^{(0)}(i) \ \dots \ x^{(\nu-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{sy mb}}^{\text{layer}} - 1$ 进行预编码，产生映射到每个天线端口的资源上的向量块 $y(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(p-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{sy mb}}^{\text{ap}} - 1$ ，其中 $y^{(p)}(i)$ 表示天线端口 p 上的信号。

6.3.4.1 单天线端口上的预编码

在单天线端口上发送信号时，预编码定义为：

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

其中， $p \in \{0, 4, 5\}$ 是用来作为物理信道传输的单天线端口号，且 $i = 0, 1, \dots, M_{\text{sy mb}}^{\text{ap}} - 1$ ， $M_{\text{sy mb}}^{\text{ap}} = M_{\text{sy mb}}^{\text{layer}}$ 。

6.3.4.2 基于空间复用的预编码

基于空间复用的预编码只能与 6.3.3.2 节描述的基于空间复用的层映射结合使用。空间复用支持两个或四个天线端口，可用的天线端口集合为 $p \in \{0, 1\}$ 或者 $p \in \{0, 1, 2, 3\}$ 。

6.3.4.2.1 无 CDD 的预编码

无循环延迟分集(CDD)，空间复用的预编码定义为：

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

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

对于空间复用, $W(i)$ 的值在按照 eNodeB 和 UE 中配置的码本的预编码单元中选择。eNodeB 可以使用码本子集限制, 进一步限制 UE 侧的预编码器在码本中的预编码单元的子集中进行选择。码本配置见表 6.3.4.2.3-1 或 6.3.4.2.3-2。

6.3.4.2.2 基于长时延 CDD 的预编码

对于长时延的 CDD, 基于空间复用的预编定义为:

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

其中, 预编码矩阵 $W(i)$ 大小为 $P \times \nu$, $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{ap}} - 1$, $M_{\text{symb}}^{\text{ap}} = M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ 。大小为 $\nu \times \nu$ 的 $D(k_i)$ 表示支持循环延迟分集的对角阵, 矩阵 U 大小为 $\nu \times \nu$ 。对于不同的层数 ν , 矩阵 $D(k_i)$ 和 U 从表 6.3.4.2.2-1 中选取。

$W(i)$ 将从 eNodeB 和 UE 配置的码本的预编码单元中选择。eNodeB 可以使用码本子集限制, 进一步限制 UE 侧的预编码器在码本中的预编码单元的子集中进行选择。码本配置从表 6.3.4.2.3-1 或 6.3.4.2.3-2 中选择。

- 对 2 个天线端口, 预编码根据 $W(i) = C_1$ 选择, 其中 C_1 表示对应于表 6.3.4.2.3-1 中预编码索引 0 的与编码矩阵。
- 对 4 个天线端口, 在物理下行共享信道上, UE 可以假定 eNB 循环分配不同的预编码给不同的向量 $\begin{bmatrix} x^{(0)}(i) & \dots & x^{(\nu-1)}(i) \end{bmatrix}^T$ 。若是空间复用, 每个 ν 向量使用一个不同的预编码。特别的,

预编码按 $W(i) = C_k$ 选择, 其中 k 是预编码索引, 且 $k = \left(\left\lfloor \frac{i}{\nu} \right\rfloor \bmod 4 \right) + 1$, 其中 $k=1, 2, 3, 4$,

C_1, C_2, C_3, C_4 表示对应于表 6.3.4.2.3-2 中预编码指示 12, 13, 14 和 15 的预编码矩阵。

表 6.3.4.2.2-1: 长时延 CDD

层数 ν	U	$D(i)$
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	$\frac{1}{2} \begin{bmatrix} 1 & 1 & 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/4} & e^{-j4\pi/4} & e^{-j6\pi/4} \\ 1 & e^{-j4\pi/4} & e^{-j8\pi/4} & e^{-j12\pi/4} \\ 1 & e^{-j6\pi/4} & e^{-j12\pi/4} & e^{-j18\pi/4} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 & 0 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/4} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & e^{-j4\pi/4} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & e^{-j6\pi/4} \end{bmatrix}$

6.3.4.2.3 预编码码本

对于两个天线口传输，即 $p \in \{0,1\}$ ，预编码矩阵 $W(i)$ 将从表 6.3.4.2.3-1 或其中的子集选择。对[4]中定义的闭环空间复用模式，当层数为 $\nu=2$ 时，不能使用码本索引 0。

表 6.3.4.2.3-1:在天线端口 $\{0,1\}$ 上传输使用的码本

Code book 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	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

对于四个天线口传输，即 $p \in \{0,1,2,3\}$ ，预编码矩阵 W 将从表 6.3.4.2.3-2 或其中的子集选择。 $W_n^{\{s\}}$ 表示从表达式 $W_n = I - 2u_n u_n^H / u_n^H u_n$ 选取的 $\{s\}$ 列构成的矩阵，式中 I 为 4×4 的单位阵， u_n 值见表

6.3.4.2.3-2。
表 6.3.4.2.3-2: 在天线端口 {0,1,2,3} 上使用的码本

Code book 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	$u_{15} = [1 \quad 1 \quad 1 \quad 1]^T$	$W_{15}^{\{1\}}$	$W_{15}^{\{12\}}/\sqrt{2}$	$W_{15}^{\{123\}}/\sqrt{3}$	$W_{15}^{\{1234\}}/2$

6.3.4.3 发射分集的预编码

基于发射分集的预编码只能与 6.3.3.3 节描述的基于发射分集的层映射组合使用。发射分集的预编码只支持两个或四个天线口。

对于两天线口传输， $p \in \{0,1\}$ ，预编码的输出 $y(i) = [y^{(0)}(i) \quad y^{(1)}(i)]^T$ ， $i = 0,1,\dots,M_{\text{symp}}^{\text{ap}}-1$ 定义为：

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

其中 $i = 0,1,\dots,M_{\text{symp}}^{\text{layer}}-1$ ， $M_{\text{symp}}^{\text{ap}} = 2M_{\text{symp}}^{\text{layer}}$ 。

对于四天线口传输， $p \in \{0,1,2,3\}$ ，预编码的输出 $y(i) = [y^{(0)}(i) \quad y^{(1)}(i) \quad y^{(2)}(i) \quad y^{(3)}(i)]^T$ ，

$i = 0, 1, \dots, M_{\text{symp}}^{\text{ap}} - 1$ 定义为:

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

其中 $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symp}}^{\text{layer}} - 1$, $M_{\text{symp}}^{\text{ap}} = \begin{cases} 4M_{\text{symp}}^{\text{layer}} & \text{if } M_{\text{symp}}^{(0)} \bmod 4 = 0 \\ (4M_{\text{symp}}^{\text{layer}}) - 2 & \text{if } M_{\text{symp}}^{(0)} \bmod 4 \neq 0 \end{cases}$.

6.3.5 资源单元映射

对于物理信道传输使用的每个天线端口, 复数符号块 $y^{(p)}(0), \dots, y^{(p)}(M_s^{(p)} - 1)$ 将以 $y^{(p)}(0)$ 开始

顺序按照下列的标准映射到资源单元 (k, l) :

- 映射的物理资源块与分配的虚拟资源块相对应, 并且
- 映射的位置不用于 PBCH, 同步信号或参考信号的传输, 并且
- 不在 6.7 节中定义的 PDCCH 所在的 OFDM 符号上映射。

映射到天线端口 p 上的资源单元 (k, l) 在不用于其他目的的情况下, 映射顺序为: 在分配的物理资源块上先以 k 递增的形式索引, 然后再索引 l , 从第一个子帧的第一个时隙开始。

6.4 物理下行共享信道

物理下行共享信道按 6.3 节中描述的方式进行处理和资源单元的映射, 同时有下列条例:

- 在不传输 UE 专用参考信号的资源块中, PDSCH 与 PBCH 发射使用同样的天线端口集合, 取 $\{0\}$, $\{0, 1\}$, 或 $\{0, 1, 2, 3\}$
- 在传输 UE 专用参考信号的资源块中, PDSCH 将在天线口 $\{5\}$ 上发射。

6.5 物理多播信道

物理多播信道按 6.3 节中方式映射到资源单元, 同时有下列条例:

- 未指定发射分集方式
- 层映射和预编码都假定在单天线端口下进行, 且使用天线端口 4 传输

- PMCH 在支持 PDSCH 和 PMCH 的混合传输的子帧中传输时，最多有一个子帧的前两个 OFDM 符号预留给非 MBSFN 传输，并且不能用于 PMCH 传输。在有 4 个小区专用天线端口的小区中，用于 PMCH 传输的子帧前两个 OFDM 符号预留给非 MBSFN 传输。非 MBSFN 符号使用与子帧 0 相同的循环前缀。在支持 PDSCH 和 PMCH 混合重传的载波上，PMCH 不能在子帧 0 和 5 上传输。

6.6 物理广播信道

6.6.1 加扰

比特块 $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ （其中 M_{bit} 是物理广播信道上传输的比特数，常规 CP 时 M_{bit} 为 1920 而扩展 CP 时为 1728）在调制前用一个小区特殊序列进行加扰，加扰后的比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ 由下式确定：

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

其中加扰序列 $c(i)$ 见 7.2 节。每个满足 $n_f \bmod 4 = 0$ 的无线帧中加扰序列初始化为 $c_{\text{init}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 。

6.6.2 调制

扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ 按 7.1 节进行调制，产生一复值调制符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 。表 6.6.2-1 制定了适用于物理广播信道的调制映射。

表 6.6.2-1: PBCH 调制方式

Physical channel	Modulation schemes
PBCH	QPSK

6.6.3 层映射和预编码

调制符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 将按 6.3.3.1 或 6.3.3.3 节进行层映射，并且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = M_{\text{symb}}$ ，然后再根据 6.3.4.1 或 6.3.4.3 节进行预编码，形成向量块 $y(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(P-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1$ ，其中 $y^{(p)}(i)$ 表示天线口 p 的信号，其中 $p = 0, \dots, P - 1$ 且小区专用参考信号的天线端口数为 $P \in \{1, 2, 4\}$ 。

6.6.4 资源单元映射

每个天线端口的复值符号块 $y^{(p)}(0), \dots, y^{(p)}(M_{\text{symb}} - 1)$ 在满足 $n_f \bmod 4 = 0$ 开始的 4 个连续无线帧内进行传输，且顺序从 $y(0)$ 开始映射到资源单元 (k, l) 上。映射到不预留给参考信号发射的资源单元 (k, l) 上，从子帧 0 的时隙 1 开始按先 k 再 l 最后无线帧号递增的顺序映射。资源单元映射位置由下式确定：

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

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

其中除去用于参考信号的资源单元。映射时假定天线口 0-3 上的小区专用参考信号都存在，而不管实际的配置。在映射操作中预留给参考信号而实际又没有传输参考信号的资源单元，不能用于传输任何物理信道。

6.7 物理控制格式指示信道

物理控制格式指示信道承载一个子帧中用于 PDCCH 传输的 OFDM 符号个数信息。一个子帧中可用于 PDCCH 传输的 OFDM 符号集合如表所示 6.7-1。

表 6.7-1: 用于 PDCCH 的 OFDM 符号个数

子帧	$N_{\text{RB}}^{\text{DL}} > 10$ 时用于 PDCCH 的 OFDM 符号个数	$N_{\text{RB}}^{\text{DL}} \leq 10$ 时用于 PDCCH 的 OFDM 符号个数
帧结构类型 2 中的子帧 1 和 6	1, 2	2
对于 1 或 2 个小区专用天线端口, 同时支持 PMCH 和 PDSCH 传输的载波中的 MBSFN 子帧	1, 2	2
对 4 小区专用天线端口的同时支持 PMCH 和 PDSCH 传输的载波中的 MBSFN 子帧	2	2
不支持 PDSCH 传输的载波中 MBSFN 子帧	0	0
其他情况	1, 2, 3	2, 3, 4

PDCCH 上的 OFDM 符号数大于 0 时, 传输 PCFICH。

6.7.1 加扰

一个子帧中传输的比特块 $b(0), \dots, b(31)$ 在调制前按下式使用一个小区专用序列加扰, 根据下式形成加扰比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(31)$:

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

其中扰码序列 $c(i)$ 见 7.2 节。在每帧起始处以 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s/2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 对扰码序列初始化。

6.7.2 调制

加扰比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(31)$ 使用 QPSK 调制方式, 具体见 7.1 节, 将产生复调制符号 $d(0), \dots, d(15)$ 。

6.7.3 层映射和预编码

调制符号 $d(0), \dots, d(15)$ 按 6.3.3.1 节或 6.3.3.3 节进行层映射, 且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = 16$; 按 6.3.4.1 节或 6.3.4.3 节进行预编码, 形成向量块 $y(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(P-1)}(i)]^T$, $i = 0, \dots, 15$, 其中 $y^{(p)}(i)$ 表示天线口 p 对应的信号, 且 $p = 0, \dots, P-1$, 用于小区专用参考信号的天线端口数目 $P \in \{1, 2, 4\}$ 。PCFICH 将在 PBCH 使用的相同天线口上传输。

6.7.4 资源单元映射

资源单元的映射是以 4 个复值符号为一组进行的。

令 $z^{(p)}(i) = \langle y^{(p)}(4i), y^{(p)}(4i+1), y^{(p)}(4i+2), y^{(p)}(4i+3) \rangle$ 表示天线端口 p 上传输的符号组 i 。对每个天线端口, 符号组将按 i 的增序映射到下行子帧中第一个 OFDM 符号中的 4 个资源单元组上, 使得:

$$\begin{aligned}
z^{(p)}(0) & \text{ 映射到资源单元组 } k = \bar{k} \\
z^{(p)}(1) & \text{ 映射到资源单元组 } k = \bar{k} + \left\lfloor N_{\text{RB}}^{\text{DL}}/2 \right\rfloor \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}/2 \\
z^{(p)}(2) & \text{ 映射到资源单元组 } k = \bar{k} + \left\lfloor 2N_{\text{RB}}^{\text{DL}}/2 \right\rfloor \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}/2 \\
z^{(p)}(3) & \text{ 映射到资源单元组 } k = \bar{k} + \left\lfloor 3N_{\text{RB}}^{\text{DL}}/2 \right\rfloor \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}/2
\end{aligned}$$

其中加法是基于 $N_{\text{RB}}^{\text{DL}} N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 的模进行的, 且

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

$N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 是 6.11 节中给出的物理层小区 ID。

6.8 物理下行控制信道

6.8.1 PDCCH 格式

物理下行控制信道承载调度分配和其他控制信息。一个物理控制信道在一个或多个控制信道单元 (CCE) 上传输, 其中 CCE 对应于 9 个资源单元组。不分配给 PCFICH 或 PHICH 的资源单元组数以 N_{REG} 表示。系统中的 CCE 从 0 开始编号, 直到 $N_{\text{CCE}} - 1$, 其中 $N_{\text{CCE}} = \lfloor N_{\text{REG}}/9 \rfloor$ 。PDCCH 支持表 6.8.1-1 所列的多种格式。一个包括 n 个连续 CCE 的 PDCCH 只能从满足 $i \bmod n = 0$ 的 CCE 开始, 其中 i 是 CCE 号。

多个 PDCCH 可在一个子帧中传输。

表 6.8.1-1: PDCCH 支持格式

PDCCH 格式	CCE 数	资源单元组数	PDCCH 比特数
0	1	9	72
1	2	18	144
2	4	36	288
3	8	72	576

6.8.2 PDCCH 复用和加扰

一个子帧中每个控制信道上传输的比特块 $b^{(i)}(0), \dots, b^{(i)}(M_{\text{bit}}^{(i)} - 1)$ 将被复用, 形成比特块 $b^{(0)}(0), \dots, b^{(0)}(M_{\text{bit}}^{(0)} - 1), b^{(1)}(0), \dots, b^{(1)}(M_{\text{bit}}^{(1)} - 1), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(0), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(M_{\text{bit}}^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)} - 1)$, 其中 $M_{\text{bit}}^{(i)}$ 表示一个子帧中第 i 个物理下行控制信道上传输的比特数目, n_{PDCCH} 是一个子帧中传输的 PDCCH 总数目。

$b^{(0)}(0), \dots, b^{(0)}(M_{\text{bit}}^{(0)} - 1), b^{(1)}(0), \dots, b^{(1)}(M_{\text{bit}}^{(1)} - 1), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(0), \dots, b^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)}(M_{\text{bit}}^{(n_{\text{PDCCH}} - 1)} - 1)$ 在调制前将使用小区专用扰码按下式进行加扰, 产生扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{tot}} - 1)$:

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

其中, 扰码序列 $c(i)$ 见 7.2 节。每个子帧起始加扰序列以初始化 $c_{\text{init}} = \lfloor n_s/2 \rfloor 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 。CCE 号对应于比特 $b(72n), b(72n+1), \dots, b(72n+71)$ 。如果需要, 可在加扰之前向比特块之后增补虚假比特, 使得

$M_{\text{tot}} = 8N_{\text{REG}} \geq \sum_{i=0}^{n_{\text{PDCCH}}} M_{\text{bit}}^{(i)}$, 从而保证加扰的比特块匹配未分配给 PCFICH 或 PHICH 的资源单元组总数。

6.8.3 调制

加扰比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{tot}}-1)$ 使用 QPSK 调制方式, 产生复值调制符号 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}}-1)$ 。

6.8.4 层映射和预编码

调制符号 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}}-1)$ 按 6.3.3.1 节或 6.3.3.3 节进行层映射, 且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = M_{\text{symb}}$; 按 6.3.4.1 或 6.3.4.3 节进行预编码, 形成向量块 $y(i) = [y^{(0)}(i) \ \dots \ y^{(P-1)}(i)]^T$, $i = 0, \dots, M_{\text{symb}}-1$, 其中 $y^{(p)}(i)$ 表示天线端口 p 对应的信号。PDCCH 在 PBCH 使用的相同天线端口上传输。

6.8.5 资源单元映射

资源单元的映射是以 4 个复值符号为一组进行的。

令 $z^{(p)}(i) = \langle y^{(p)}(4i), y^{(p)}(4i+1), y^{(p)}(4i+2), y^{(p)}(4i+3) \rangle$ 表示天线端口 p 上第 i 个符号组。

符号组块 $z^{(p)}(0), \dots, z^{(p)}(M_{\text{quad}}-1)$ (其中 $M_{\text{quad}} = M_{\text{symb}}/4$) 进行序列变换形成 $w^{(p)}(0), \dots, w^{(p)}(M_{\text{quad}}-1)$ 。变换按在[3]中 5.1.4.2.1 节的子块交织器进行, 按照下列条例:

- 交织器的输入输出由符号组块而非比特流定义
- 交织作用于符号组块, 在[3]中 5.1.4.2.1 节中的术语“比特”、“比特流”、“比特序列”分别由“符号组”、“符号组块”、“符号组序列”代替

当形成 $w^{(p)}(0), \dots, w^{(p)}(M_{\text{quad}}-1)$ 时, [3]中交织器输出的<NULL>元素将被移除。需要注意的是<NULL>元素的移除并不会影响 6.8.2 节中插入的<NIL>元素。

符号组块 $w^{(p)}(0), \dots, w^{(p)}(M_{\text{quad}}-1)$ 进行循环移位, 形成 $\bar{w}^{(p)}(0), \dots, \bar{w}^{(p)}(M_{\text{quad}}-1)$, 其中 $\bar{w}^{(p)}(i) = w^{(p)}((i + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}) \bmod M_{\text{quad}})$ 。

$\bar{w}^{(p)}(0), \dots, \bar{w}^{(p)}(M_{\text{quad}}-1)$ 的映射将以 6.2.4 节中描述的资源单元组的形式, 按如下步骤进行:

- 1) 初始化 $m' = 0$ (资源单元组号)
- 2) 初始化 $k' = 0$
- 3) 初始化 $l' = 0$

- 4) 若资源单元 (k', l') 表示的资源单元组没有分配给PCFICH或PHICH使用, 则进行步骤5 和6, 否则进行步骤7
- 5) 对每个天线端口 p , 将符号组 $\bar{w}^{(p)}(m')$ 映射到资源单元组 (k', l')
- 6) m' 加 1
- 7) l' 加1
- 8) 若 $l' < L$, 重复步骤4, 其中 L 对应于用于PDCCH传输的OFDM符号数, 由PCFICH 信道传输的序列决定
- 9) k' 加 1
- 10) 若 $k' < N_{\text{RB}}^{\text{DL}} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$, 重复步骤3

6.9 物理 HARQ 指示信道

PHICH 信道承载 HARQ 的 ACK/NAK。多个 PHICH 映射到相同的资源单元集合, 形成 PHICH 组, 其中在同一组的 PHICH 通过不同的正交序列区分。PHICH 资源由序号组 $(n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}, n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}})$ 表示, 其中 $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 是 PHICH 组序号, $n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}}$ 为组内的正交序列序号。

对帧结构类型 2, PHICH 组数在下行子帧间可以不同, 由式 $m_i \cdot N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 给出, 其中 m_i 值由表 6.9-1 给出, 而 $N_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 同上。有非零 PHICH 资源的下行子帧中的序号 $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 取值范围为 0 到 $m_i \cdot N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 1$ 。

表 6.9-1: 帧结构类型 2 中 m_i 的取值

上下行配置	子帧号 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

6.9.1 调制

一个子帧中，一个 PHICH 上传输的比特块 $b(0), \dots, b(M_{\text{bit}} - 1)$ 将采用 BPSK 进行调制，形成复值调制符号块 $z(0), \dots, z(M_s - 1)$ ，其中 $M_s = M_{\text{bit}}$ 。

调制符号块 $z(0), \dots, z(M_s - 1)$ 将按下式与一个正交序列以符号方式进行相乘并且加扰，形成调制符号序列 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ ：

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

其中

$$\begin{aligned} i &= 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1 \\ M_{\text{symb}} &= N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} \cdot M_s \\ N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} &= \begin{cases} 4 & \text{常规CP} \\ 2 & \text{扩展CP} \end{cases} \end{aligned}$$

$c(i)$ 是小区专用扰码序列，其生成见 7.2 节。在每个子帧起始处以 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s / 2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{c}}$ 对扰码序列初始化。

序列 $[w(0) \ \dots \ w(N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} - 1)]$ 由表 6.9.1-2 给出，其中序列序号 $n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}}$ 对应 PHICH 组内的 PHICH 序号。

表 6.9.1-2: PHICH 所用正交序列 $[w(0) \ \dots \ w(N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} - 1)]$

序列号 $n_{\text{PHICH}}^{\text{seq}}$	正交序列	
	常规 CP $N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} = 4$	扩展 CP $N_{\text{SF}}^{\text{PHICH}} = 2$
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	$[+j \ -j \ -j \ +j]$	-

6.9.2 资源组排列，层映射和预编码

符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 应先按资源单元组大小分配，形成符号块 $d^{(0)}(0), \dots, d^{(0)}(c \cdot M_{\text{symb}} - 1)$ ，其

中常规 CP 中 $c=1$; 扩展 CP 中 $c=2$ 。

对常规 CP, $d^{(0)}(i) = d(i)$, for $i = 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1$ 。

$$\begin{array}{ccc} \text{对} & \text{扩} & \text{展} & \text{CP,} \\ \left[d^{(0)}(4i) \quad d^{(0)}(4i+1) \quad d^{(0)}(4i+2) \quad d^{(0)}(4i+3) \right]^T = \begin{cases} \left[d(2i) \quad d(2i+1) \quad 0 \quad 0 \right]^T & n_{\text{PHICH}}^{\text{group}} \bmod 2 = 0 \\ \left[0 \quad 0 \quad d(2i) \quad d(2i+1) \right]^T & n_{\text{PHICH}}^{\text{group}} \bmod 2 = 1 \end{cases}, \\ i = 0, \dots, (M_{\text{symb}}/2) - 1. \end{array}$$

符号块 $d^{(0)}(0)$, $d^{(0)}(1)$, \dots , $d^{(0)}(M_{\text{symb}} - 1)$ 将映射到层上并进行预编码, 形成向量块 $y(i) = [y^{(0)}(i) \quad \dots \quad y^{(P-1)}(i)]^T$, $i = 0, \dots, c \cdot M_{\text{symb}} - 1$, 其中 $y^{(p)}(i)$ 表示天线端口 p 对应的信号, $p = 0, \dots, P-1$, 并且小区专用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传输 PHICH 所使用的循环前缀长度和天线端口数目。PHICH 传输将使用与 PBCH 相同的天线端口。

对单天线端口 ($P=1$) 传输, 层映射和预编码分别按 6.3.3.1 节和 6.3.4.1 节进行, 且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = c \cdot M_{\text{symb}}$ 。

对 2 天线端口 ($P=2$) 传输, 层映射和预编码分别按 6.3.3.3 节和 6.3.4.3 节进行, 且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = c \cdot M_{\text{symb}}$ 。

对 4 天线端口 ($P=4$) 传输, 层映射按 6.3.3.3 节进行, 且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = c \cdot M_{\text{symb}}$; 而预编码按下述进行:

如果 $(i + n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}) \bmod 2 = 0$ (常规 CP), 或 $(i + \lfloor n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}/2 \rfloor) \bmod 2 = 0$ (扩展 CP), 其中 $n_{\text{PHICH}}^{\text{group}}$ 为 PHICH 组数且 $i = 0, 1, 2$, 则:

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

否则对 $i = 0, 1, 2$, 有

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

6.9.3 资源单元映射

每个 PHICH 组的序列 $\bar{y}^{(p)}(0), \dots, \bar{y}^{(p)}(M_{\text{synd}}^{(0)} - 1)$ 定义为:

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

其中求和操作针对一个 PHICH 组中的所有 PHICH 进行, $y_i^{(p)}(n)$ 代表 PHICH 组中的第 i 个符号序列。

PHICH 组映射到 PHICH 映射单元。

对常规 CP, PHICH 组 m 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 CP, 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 $m' = m/2$ 且 $m = 0, 2, \dots, N_{\text{PHICH}}^{\text{group}} - 2$ 。

令 $z^{(p)}(i) = \langle \tilde{y}^{(p)}(4i), \tilde{y}^{(p)}(4i+1), \tilde{y}^{(p)}(4i+2), \tilde{y}^{(p)}(4i+3) \rangle$, $i = 0, 1, 2$ 表示每个天线端口 p 上传输的符号组

i 。资源单元映射以资源组的方式按如下步骤进行:

1) 对每个 l' 值

2) 令 $n_{l'}$ 表示在 OFDM 符号 l' 上没有分配给 PCFICH 的资源单元组数目

- 3) 为在OFDM符号 l' 上没有分配给PCFICH的资源单元组进行编号0至 $n_r - 1$ ，从具有较低频域序号的资源单元组开始。
- 4) 初始化 $m' = 0$ (PHICH 映射单元序号)
- 5) 对每个 $i = 0, 1, 2$
- 6) 来自PHICH映射单元 m' 的符号组 $z^{(p)}(i)$ 映射到资源单元组 $(k', l')_i$ 。其中序号 k'_i 和 l'_i 由步骤7和8给出：
- 7) 时域序号 l'_i 由下式给出：

$$l'_i = \begin{cases} 0 & \text{常规 PHICH 长度, 所有子帧} \\ (\lfloor m'/2 \rfloor + i + 1) \bmod 2 & \text{扩展PHICH 长度, MBSFN 子帧} \\ (\lfloor m'/2 \rfloor + i + 1) \bmod 2 & \text{扩展 PHICH 长度, 帧结构类型2的子帧1和6} \\ i & \text{其他} \end{cases}$$

- 8) 设频域序号 k'_i 为步骤3中的资源单元组序号 \bar{n}_i ，其中 \bar{n}_i 由下式给出。

在MBSFN子帧中采用扩展PHICH长度，或者帧结构类型2中的子帧1和6采用扩展PHICH 长度时， \bar{n}_i 为：

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

否则

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

- 9) m' 加1。

- 10) 重复步骤5，直到所有PHICH映射单元被分配。

PHICH 的持续时间由高层按表 6.9.3-1 配置。此配置值限制了由 PCFICH 通知的控制区域大小的最小值。

表 6.9.3-1: MBSFN 子帧和非 MBSFN 子帧中的 PHICH 持续时间

PHICH 持续时间	非 MBSFN 子帧		MBSFN 子帧 同时支持 PDSCH 和 PMCH 的载波
	帧结构类型 2 中的子帧 1 和子帧 6	其他情况	
Normal	1	1	1
Extended	2	3	2

6.10 参考信号

定义了如下三种下行参考信号:

- 小区专用参考信号, 与非MBSFN传输关联
- MBSFN参考信号, 与MBSFN传输关联
- 终端专用参考信号

每个下行天线端口上传输一种参考信号。

6.10.1 小区专用参考信号

小区专用参考信号将在支持非 MBSFN 传输的小区中的所有下行子帧中传输。当子帧用于 MBSFN 传输时, 仅一个子帧的前两个 OFDM 符号用于小区专用参考信号的传输。

小区专用参考信号在天线端口 0~3 中的一个或多个端口上传输。

小区专用参考信号仅适用于子载波间隔 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 的情况。

6.10.1.1 序列产生

参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 定义为:

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

其中 n_s 是一个无线帧中的时隙号, l 是一个时隙中的 OFDM 符号序号。伪随机序列 $c(i)$ 见 7.2 节。伪随机序列在每个 OFDM 符号起始处初始化, 初始值为

$c_{\text{init}} = 2^{10} \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) + 2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + N_{\text{CP}}$, 其中

$$N_{\text{CP}} = \begin{cases} 1 & \text{常规 CP} \\ 0 & \text{扩展 CP} \end{cases}$$

6.10.1.2 资源单元映射

参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 将按下式映射到复值调制符号 $a_{k,l}^{(p)}$ 上, 作为时隙 n_s 中天线端口 p 上的参考符号, 即:

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

其中

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

变量 v 和 v_{shift} 定义了不同参考信号在频域上的位置，其中 v 为：

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

小区专有频率偏移为 $v_{\text{shift}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 6$ 。

在一个时隙中，任何天线端口上用于传输参考信号的资源单元 (k, l) 不能在相同时隙中其他天线端口上进行任何传输，并被设置为 0。

图 6.10.1.2-1 和 6.10.1.2-2 给出了按上述定义的用于参考信号传输的资源单元示意图。其中 R_p 表示在天线端口 p 上用于传输参考符号的资源单元。

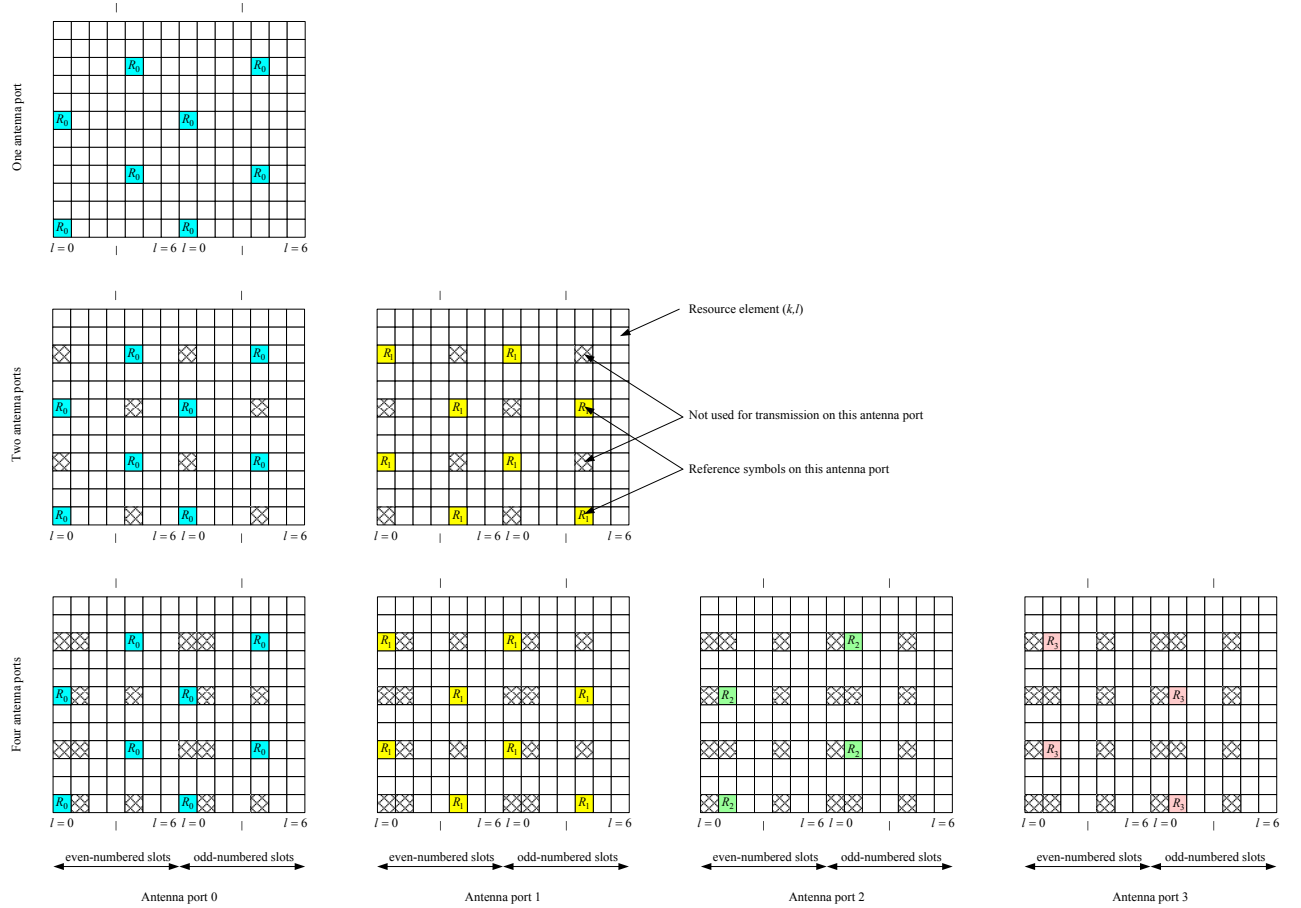


图 6.10.1.2-1：下行参考信号映射(常规 CP)

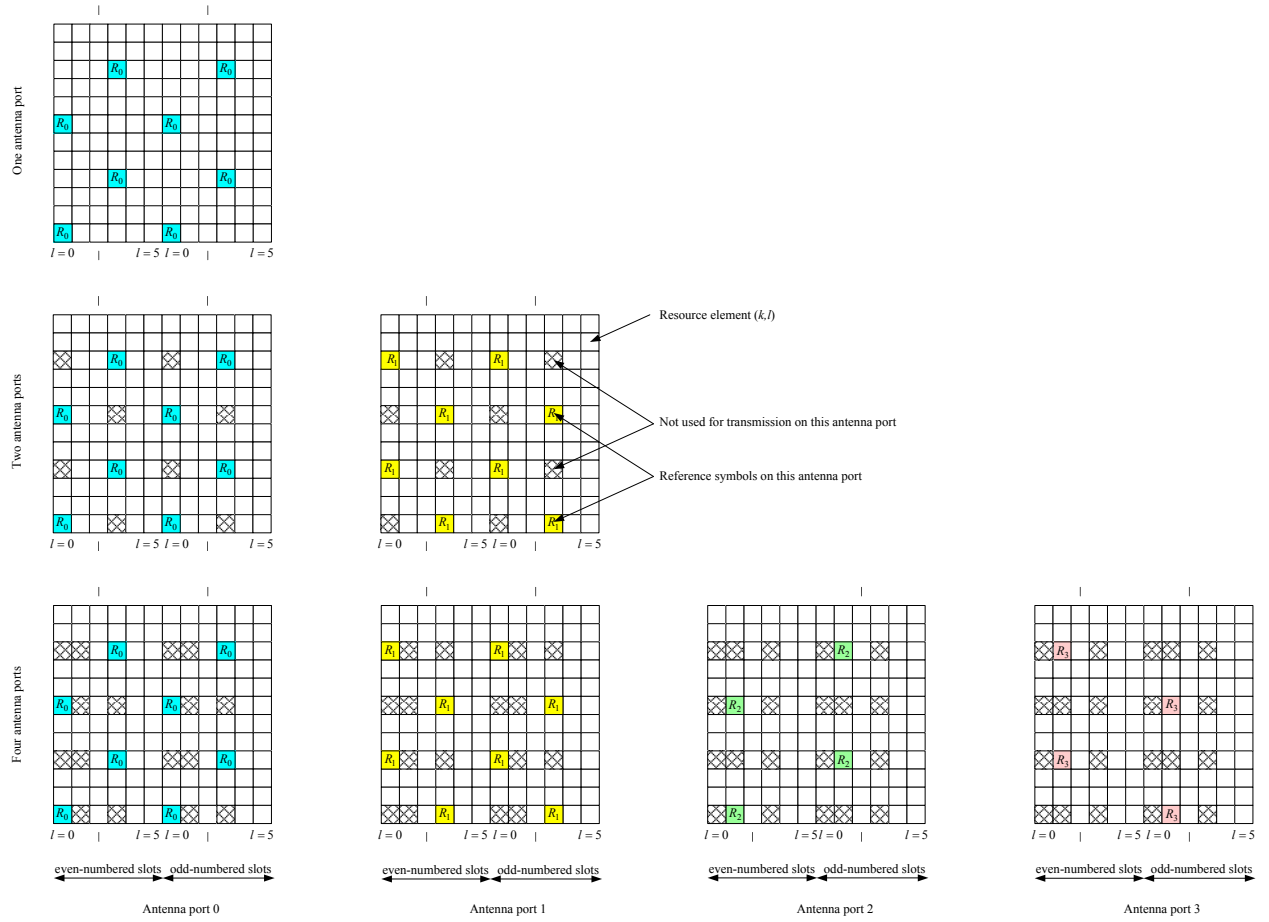


图 6.10.1.2-2: 下行参考信号映射(扩展 CP)

6.10.2 MBSFN 参考信号

MBSFN 参考信号仅在分配给 MBSFN 传输的子帧中传输。MBSFN 参考信号在天线端口 4 上传输。仅仅定义了采用扩展循环前缀的 MBSFN 参考信号。

6.10.2.1 序列产生

MBSFN 参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 定义为：

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

其中 n_s 是一个无线帧中的时隙号， l 是一个时隙中的 OFDM 符号序号。伪随机序列 $c(i)$ 见 7.2 节。伪随机序列在每个 OFDM 符号起始处初始化，初始值为 $c_{\text{init}} = 2^9 \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{\text{ID}}^{\text{MBSFN}} + 1) + N_{\text{ID}}^{\text{MBSFN}}$ 。

6.10.2.2 资源单元映射

OFDM 符号 l 上的参考信号序列 $r_{l,n_s}(m')$ 将按下式映射到复值调制符号 $a_{k,l}^{(p)}$ 上，其中 $p = 4$ ：

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

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 6.10.2.2-1 给出了在子载波间隔 $\Delta f = 15 \text{ kHz}$ 情况下，用于 MBSFN 参考信号传输的资源单元示意图。在一个 MBSFN 专用小区子载波间隔 $\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$ 情况下，MBSFN 参考信号按图 6.10.2.2-3 所示映射到资源单元上。 R_p 表示在天线端口 p 上用于传输参考符号的资源单元。

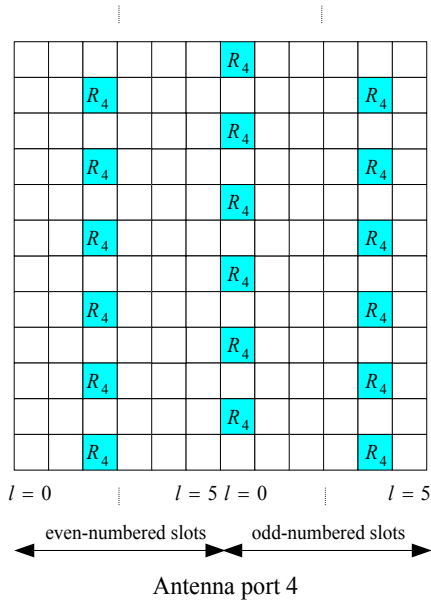


图6.10.2.2-1: MBSFN参考信号映射(扩展CP, $\Delta f = 15 \text{ kHz}$)

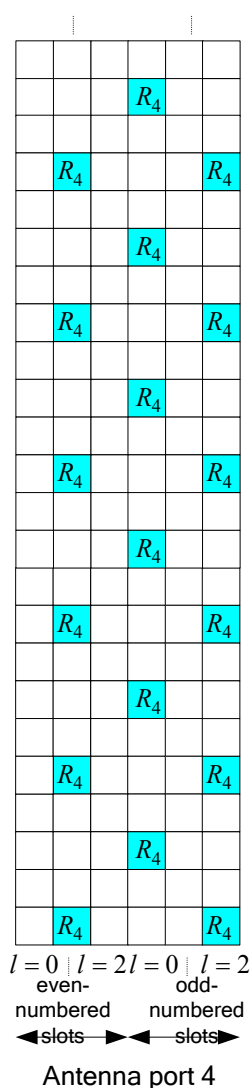


图6.10.2.2-3: MBSFN参考信号映射(扩展CP, $\Delta f = 7.5$ kHz)

6.10.3 终端专用参考信号

终端专用参考信号用于支持单天线端口的 PDSCH 传输，并且在天线端口 5 上传输。只有根据文献 [4] 中 7.1 给出的相应天线端口上的 PDSCH 传输，终端专用参考信号才存在并且是对 PDSCH 解调有效的参考。终端专用参考信号仅在 PDSCH 对应的资源块中传输。终端专用参考信号不在满足下述条件的资源单元 (k, l) 中传输：6.1 节中定义的非终端专用参考信号的一种物理信道或物理信号使用相同的资源单元 (k, l) 传输（不管其天线端口 p ）。

6.10.3.1 序列产生

UE 专用参考序列 $r(m)$ 定义为：

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

其中 $N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}}$ 表示 PDSCH 传输对应的传输带宽。伪随机序列 $c(i)$ 见 7.2 节。伪随机序列在每个子帧起始

处初始化，初始值为 $c_{\text{init}} = (\lfloor n_s/2 \rfloor + 1) \cdot (2N_{\text{ID}}^{\text{cell}} + 1) \cdot 2^{16} + n_{\text{RNTI}}$ ，其中 n_{RNTI} 见 [4] 中 7.1 节。

6.10.3.2 资源单元映射

在 PDSCH 传输对应的一个频域序号为 n_{PRB} 的物理资源块中, 参考信号序列 $r(m)$ 将按下式映射到一

个子帧的复值调制符号 $a_{k,l}^{(p)}$ 上, 且 $p=5$:

常规循环前缀:

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

$$k = (k') \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + N_{\text{sc}}^{\text{RB}} \cdot n_{\text{PRB}}$$

$$k' = \begin{cases} 4m' + v_{\text{shift}} & \text{if } l \in \{2, 3\} \\ 4m' + (2 + v_{\text{shift}}) \bmod 4 & \text{if } l \in \{5, 6\} \end{cases}$$

$$l = \begin{cases} 3 & l' = 0 \\ 6 & l' = 1 \\ 2 & l' = 2 \\ 5 & l' = 3 \end{cases}$$

$$l' = \begin{cases} 0, 1 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 2, 3 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \end{cases}$$

$$m' = 0, 1, \dots, 3N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} - 1$$

扩展循环前缀:

$$a_{k,l}^{(p)} = r(4 \cdot l' \cdot N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} + m')$$

$$k = (k') \bmod N_{\text{sc}}^{\text{RB}} + N_{\text{sc}}^{\text{RB}} \cdot n_{\text{PRB}}$$

$$k' = \begin{cases} 3m' + v_{\text{shift}} & \text{if } l = 4 \\ 3m' + (2 + v_{\text{shift}}) \bmod 3 & \text{if } l = 1 \end{cases}$$

$$l = \begin{cases} 4 & l' \in \{0, 2\} \\ 1 & l' = 1 \end{cases}$$

$$l' = \begin{cases} 0 & \text{if } n_s \bmod 2 = 0 \\ 1, 2 & \text{if } n_s \bmod 2 = 1 \end{cases}$$

$$m' = 0, 1, \dots, 4N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}} - 1$$

其中 m' 为 PDSCH 传输的各个 OFDM 符号中的 UE 专用参考信号资源单元的计数器。

小区专用频率偏移为 $v_{\text{shift}} = N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \bmod 3$ 。

映射按照相应 PDSCH 传输分配的物理资源块的频域序号 n_{PRB} 的增序进行。 $N_{\text{RB}}^{\text{PDSCH}}$ 表示对应于 PDSCH 传输的资源块带宽。

图 6.10.3.2-1 给出了常规 CP 下用于 UE 专用参考信号传输的资源单元示意图。

图 6.10.3.2-2 给出了扩展 CP 下用于 UE 专用参考信号传输的资源单元示意图。

R_p 表示在天线端口 p 上用于传输参考符号的资源单元。

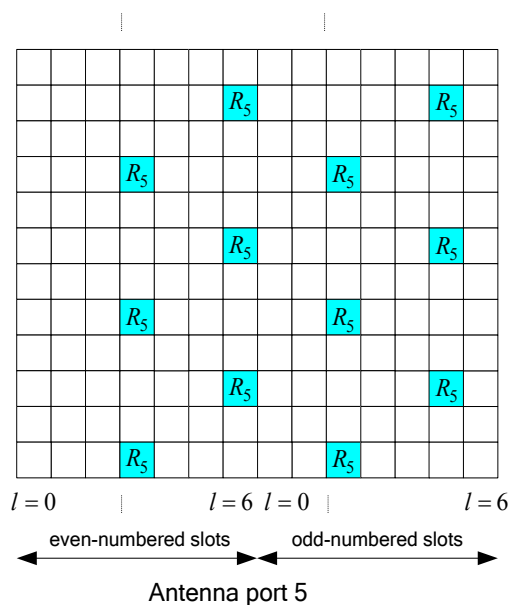


图 6.10.3.2-1: UE专用参考信号映射 (常规CP)

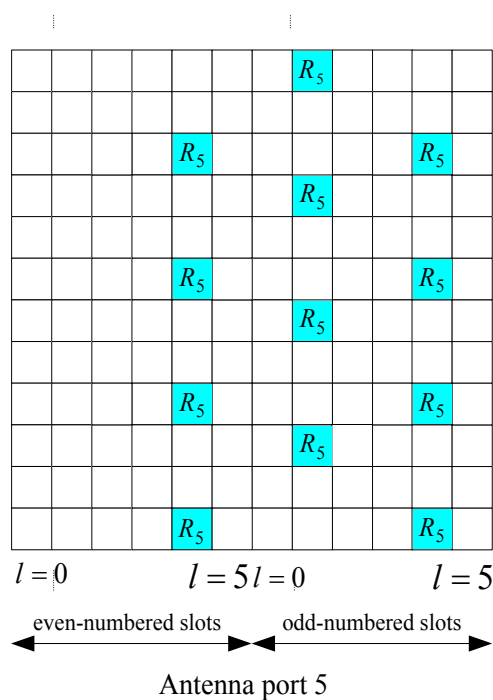


图 6.10.3.2-2: UE专用参考信号映射 (扩展CP)

6.11 同步信号

存在 504 个唯一的物理层小区 ID。这些物理层小区 ID 被分为 168 个唯一的物理层小区 ID 组，每一组包含 3 个唯一的 ID。分组保证每一个物理层小区 ID 是一个而且是唯一一个物理层小区 ID 组的一部分。这样，一个物理层小区 ID $N_{\text{ID}}^{\text{cell}} = 3N_{\text{ID}}^{(1)} + N_{\text{ID}}^{(2)}$ 就可以由物理层小区 ID 组数 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ （范围是 0~167）

和该物理层小区 ID 组中的物理层 ID 数 $N_{\text{ID}}^{(2)}$ （范围是 0~2）来唯一确定。

6.11.1 主同步信号

6.11.1.1 序列产生

用作主同步信号的序列 $d(n)$ 由频域 Zadoff-Chu 序列产生：

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

其中 Zadoff-Chu 根序列号 u 见表 6.11.1.1-1。

表 6.11.1.1-1: 主同步信号的根序号

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

6.11.1.2 资源单元映射

序列到资源单元的映射取决于帧结构。UE 不可假定主同步信号与任意下行参考信号在相同的天线端口上传输。UE 不可假定主同步信号与其他主同步信号在相同天线端口上传输。

序列 $d(n)$ 按下式映射到资源单元：

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

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

对帧结构类型 2，主同步信号映射到子帧 1 和 6 的第三个 OFDM 符号上。在此 OFDM 符号上，下列用于传输主同步信号的资源单元 (k, l) 保留，不用于主同步信号的传输：

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

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

6.11.2 次同步信号

6.11.2.1 序列产生

次同步信号的序列 $d(0), \dots, d(61)$ 是由两个长度为 31 的二进制序列交织级联产生。级联的序列使用扰码序列进行加扰，其中扰码序列由主同步信号给出。

两个长度为 31 的序列组合按下式定义了子帧 0 和子帧 5 之间不同的次同步信号：

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

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

其中 $0 \leq n \leq 30$ 。序号 m_0 和 m_1 由物理层小区 ID 组 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ 按下式给出：

$$m_0 = m' \bmod 31$$

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

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

YDB XXXX-XXXX

其中，上述输出列于表 6.11.2.1-1 中。

序列 $s_0^{(m_0)}(n)$ 和 $s_1^{(m_1)}(n)$ 按下式由 m 序列 $\tilde{s}(n)$ 的两个不同循环移位获得：

$$\begin{aligned} s_0^{(m_0)}(n) &= \tilde{s}((n+m_0) \bmod 31) \\ s_1^{(m_1)}(n) &= \tilde{s}((n+m_1) \bmod 31) \end{aligned}$$

其中 $\tilde{s}(i) = 1 - 2x(i)$, $0 \leq i \leq 30$, $x(i)$ 由下式决定：

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

初始值为 $x(0) = 0$, $x(1) = 0$, $x(2) = 0$, $x(3) = 0$, $x(4) = 1$ 。

扰码序列 $c_0(n)$ 和 $c_1(n)$ 取决于主同步信号，按下式由 m 序列 $\tilde{c}(n)$ 的两个不同循环移位获得：

$$\begin{aligned} c_0(n) &= \tilde{c}((n+N_{\text{ID}}^{(2)}) \bmod 31) \\ c_1(n) &= \tilde{c}((n+N_{\text{ID}}^{(2)}+3) \bmod 31) \end{aligned}$$

其中 $N_{\text{ID}}^{(2)} \in \{0,1,2\}$ 是物理层小区 ID 组 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ 内的物理层小区 ID，且 $\tilde{c}(i) = 1 - 2x(i)$, $0 \leq i \leq 30$, $x(i)$ 由下式得到：

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

初始值为 $x(0) = 0$, $x(1) = 0$, $x(2) = 0$, $x(3) = 0$, $x(4) = 1$ 。

扰码序列 $z_1^{(m_0)}(n)$ 和 $z_1^{(m_1)}(n)$ 由 m 序列 $\tilde{z}(n)$ 按下式进行循环移位获得：

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

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

其中 m_0 和 m_1 由表 6.11.2.1-1 获得，且 $\tilde{z}(i) = 1 - 2x(i)$, $0 \leq i \leq 30$, $x(i)$ 由下式得到：

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

初始值为 $x(0) = 0$, $x(1) = 0$, $x(2) = 0$, $x(3) = 0$, $x(4) = 1$ 。

表 6.11.2.1-1:物理层小区 ID 组 $N_{\text{ID}}^{(1)}$ 和序号 m_0 及 m_1 的映射关系

$N_{ID}^{(1)}$	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	-	-	-

6.11.2.2 资源单元映射

序列到资源单元的映射取决于帧结构。帧结构类型 2 的一个半帧中，主同步信号和次同步信号使用相同的天线端口。

序列 $d(n)$ 按下式映射到资源单元：

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

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

$$l = N_{symb}^{DL} - 1 \quad \text{in slots 1 and 11}$$

其中下列资源单元 (k, l) 保留，不用于次同步信号的传输：

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

$$l = N_{\text{ymb}}^{\text{DL}} - 1 \quad \text{in slots 1 and 11}$$

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

6.12 OFDM 基带信号产生

一个下行时隙中的第 l 个 OFDM 符号在天线端口 p 上的时间连续信号 $s_l^{(p)}(t)$ 为：

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

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

一个时隙中的 OFDM 符号将从 $l=0$ 开始，按照 l 的增序进行传输，其中 OFDM 符号 $l > 0$ 在一个时隙的开始时间为 $\sum_{l'=0}^{l-1} (N_{\text{CP},l'} + N) T_s$ 。在一个时隙中的第一个 OFDM 符号使用常规 CP，其他符号使用扩展 CP 时，使用扩展 CP 的 OFDM 符号的起始位置等于一个时隙中所有的 OFDM 符号使用扩展 CP 的情况。这样两个不同的循环前缀区域之前存在一部分未定义传输信号的时间部分。

表 6.12-1 列出了使用的 $N_{\text{CP},l}$ 的数值。注意，一个时隙中不同的 OFDM 符号可能具有不同的循环前缀长度。

表 6.12-1: OFDM 参数

配置		循环前缀长度 $N_{\text{CP},l}$
常规 CP	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$	160 for $l = 0$
	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$	144 for $l = 1, 2, \dots, 6$
扩展 CP	$\Delta f = 15 \text{ kHz}$	512 for $l = 0, 1, \dots, 5$
	$\Delta f = 7.5 \text{ kHz}$	1024 for $l = 0, 1, 2$

6.13 调制和上变换

将每一天线端口的复值 OFDM 基带信号调制和上变换到载波频率上的过程如图 6.13-1 所示。其中发射前需要的滤波器由[6]定义。

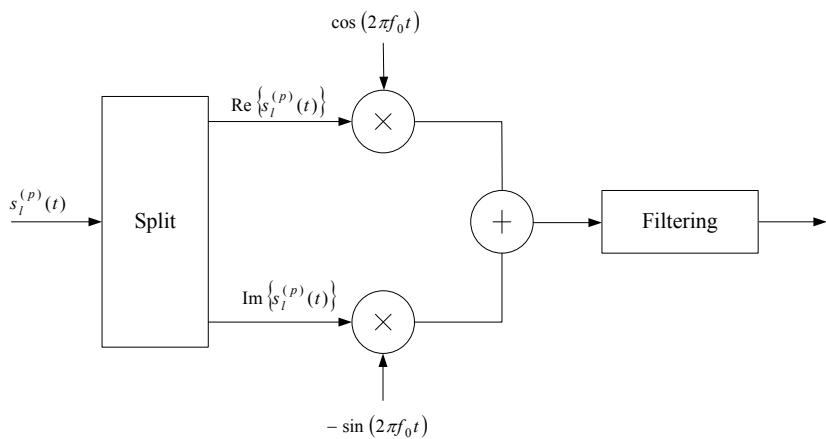


图 6.13-1: 下行调制

7 通用功能

7.1 调制映射

调制映射采用二进制数 0 和 1 作为输入，产生复值调制符号 $x=I+jQ$ 作为输出。

7.1.1 BPSK

BPSK 调制时，单比特 $b(i)$ 将按表 7.1.1-1 映射为复值调制符号 $x=I+jQ$ 。

表 7.1.1-1: BPSK 调制映射

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

7.1.2 QPSK

QPSK 调制时，两比特对 $b(i), b(i+1)$ 按表 7.1.2-1 映射为复值调制符号 $x=I+jQ$ 。

表 7.1.2-1: QPSK 调制映射

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

7.1.3 16QAM

16QAM 调制时，四比特对 $b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3)$ 按表 7.1.3-1 映射为复值调制符号 $x=I+jQ$ 。

表 7.1.3-1: 16QAM 调制映射

$b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3)$	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	$-3/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$

7.1.4 64QAM

64QAM 调制时，六比特组 $b(i), b(i+1), b(i+2), b(i+3), b(i+4), b(i+5)$ 按表 7.1.4-1 映射为复值调制符号 $x=I+jQ$ 。

表 7.1.4-1: 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	$-7/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$

YDB XXXX-XXXX

7.2 伪随机序列产生

伪随机序列由长度为 31 的 Gold 序列产生。长度为 M_{PN} 的输出序列 $c(n)$ ($n = 0, 1, \dots, M_{PN} - 1$) 定义为

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

其中 $N_C = 160$ ，第一个 m 序列初始化为 $x_1(0) = 1, x_1(n) = 0, n = 1, 2, \dots, 30$ 。第二个 m 序列以式

$c_{\text{init}} = \sum_{i=0}^{30} x_2(i) \cdot 2^i$ 进行初始化，其数值取决于序列的具体应用。

8 定时

8.1 上下行帧定时

终端传输上行无线帧 i 时，从终端侧对应的下行无线帧之前的 $(N_{TA} + N_{TA\text{offset}}) \times T_s$ 秒开始，其中 $0 \leq N_{TA} \leq 20512$ ，帧结构类型 2 时 $N_{TA\text{offset}} = 624$ 。注意，并不是一个无线帧中的所有时隙都被传输。如 TDD 双工方式，仅仅一个无线帧中的部分时隙被传输。

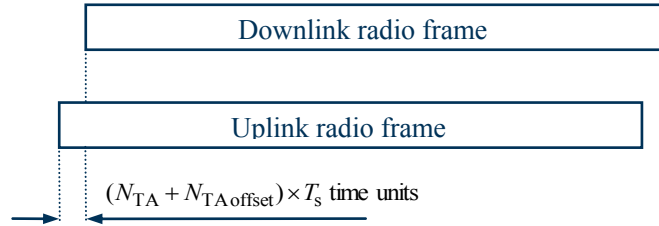


图8.1-1: 上下行定时关系

参考文献

- [1] 3GPP TR 21.905: "Vocabulary for 3GPP Specifications".
- [2] 3GPP TS 36.201: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical Layer – General Description".
- [3] 3GPP TS 36.212: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Multiplexing and channel coding".
- [4] 3GPP TS 36.213: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer procedures".
- [5] 3GPP TS 36.214: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Physical layer – Measurements".
- [6] 3GPP TS 36.104: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Base Station (BS) radio transmission and reception".
- [7] 3GPP TS 36.101: "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); User Equipment (UE) radio transmission and reception".
- [8] 3GPP TS36.321, "Evolved Universal Terrestrial Radio Access (E-UTRA); Medium Access Control