

YJ

中华人民共和国应急管理行业标准

YJ/T XXXXX—XXXX

应急指挥无线宽带自组网系统技术规范
第2部分：物理层

Technical specifications for emergency command wireless broadband ad hoc network
system Part 2: Physical layer

(点击此处添加与国际标准一致性程度的标识)

(征求意见稿)

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

中华人民共和国应急管理部 发布

目 次

前言	II
引言	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语和定义	1
4 缩略语	1
5 物理层概述	2
6 物理层帧结构	3
7 物理资源	4
8 物理信道	6
9 同步信号	17
10 参考信号	21
11 信道编码、复用和交织	22
12 同步过程	36
13 随机接入过程	36
14 物理传输信道相关调度	37
15 功率控制	57
16 HARQ 流程	58
附录 A（规范性） 通用功能定义	60

前 言

本文件按照GB/T 1.1—2020《标准化工作导则 第1部分：标准化文件的结构和起草规则》的规定起草。

本文件是应急指挥无线宽带自组网系统系列标准之一。该系列标准的结构及名称预计如下：

- 应急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第1部分：总体要求；
- 应急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第2部分：物理层；
- 应急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第3部分：数据链路层；
- 应急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第4部分：网络层。

请注意本文件的某些内容可能涉及专利。本文件的发布机构不承担识别专利的责任。

本文件由应急管理部科技和信息化司提出。

本文件由全国应急管理与减灾救灾标准化技术委员会（SAC/TC 307）归口。

本文件起草单位：

本文件主要起草人：

引 言

为规范应急指挥无线宽带自组网系统的技术体制，实现不同供应商提供的设备之间的互联互通，满足应急宽带自组网能够快速部署、自由组网的要求，推动应急管理体的无线通信数字化建设特制定本系列标准。应急指挥无线宽带自组网系统系列标准拟包含如下部分：

——第1部分：总体要求。目的在于确定应急指挥无线宽带自组网的技术体制，设备的功能、性能，设备的环境适应性等基本要求；

——第2部分：物理层。目的在于规范了自组网设备间承载数据链路层传输通道的信息并由天线收发的基本技术，包括发现组网、链路适配、功率控制、编码和调制传输等；

——第3部分：数据链路层。目的在于规范了应急指挥无线宽带自组网系统技术规范的数据链路层的协议，包括无线资源控制协议（RRC）、分组数据汇聚协议（PDCP）、无线链路控制协议（RLC）、媒体接入控制协议（MAC）；

——第4部分：网络层。目的在于规范了应急指挥无线宽带自组网系统空中接口网络层协议功能，包括网络层协议架构与功能、路由管理、消息和消息字段定义等内容。

应急指挥无线宽带自组网系统技术规范

第 2 部分：物理层

1 范围

本文件规定了应急指挥无线宽带自组网系统技术规范的物理层，包括物理层帧结构、物理资源、物理信道、同步信号、参考信号、信道编码、复用和交织、同步过程、随机接入过程、物理传输信道调度、功率控制、HARQ流程、通用功能等。

本文件适用于应急指挥无线宽带自组网的设备设计、制造与检测。

2 规范性引用文件

本文件没有规范性引用文件。

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

物理层 the physical layer

负责处理自组网节点之间通过空中接口进行数据的传输和接收。

3.2

数据链路层

负责自组网节点之间传输数据，确保数据的可靠传输。

3.3

网络层 network layer

主要处理路由和逻辑地址，确保数据包能够从源节点传输到目标节点。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACK: 应答 (ACKnowledgement)

AGC: 自动增益控制 (Automatic Gain Control)

BCH: 广播信道 (Broadcast Channel)

C-RNTI: 小区无线网络临时标识 (Cell-RNTI)

CCE: 控制信道单元 (Control Channel Element)

CDD: 循环时延分集 (Cyclic Delay Diversity)

CP: 循环前缀 (Cyclic Prefix)

CQI: 信道质量指示 (Channel Quality Indication)

CRC: 循环冗余校验CRC (Cyclic Redundancy Check)

DCI: 下行控制信息 (Downlink Control Information)

EPRE: 每资源粒子能量 (Energy Per Resource Element)

GP: 保护间隔 (Guard Period)

MAC: 媒体接入控制 (Media Access Control)

mod: 模运算 (modulo operation)

NACK: 非应答 (Not-acknowledgement)

HARQ: 混合自动重传请求 (HybridAutomatic Repeat reQuest)

OFDM: 正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
 PBCH: 物理广播信道 (Physical Broadcast Channel)
 PCCCH: 寻呼控制信道 (Physical Control CHannel)
 PDU: 分组数据单元 (Packet Data Unit)
 PMI: 预编码矩阵指示 (Precoding Matrix Indication)
 PTCH: 物理传输信道 (Physical Transport Channel)
 PRACH: 物理随机接入信道 (Physical Random Access Channel)
 PHICH: 物理HARQ指示信道 (Physical Hybrid ARQ Indicator Channel)
 PDCP: 分组数据汇聚协议 (Packet Data Convergence Protocol)
 PRB: 物理资源块 (Physical Resource Block)
 PSS: 主同步信号 (Primary Synchronization Signal)
 QAM: 正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation)
 QPSK: 四进制相移键控 (Quadrature Phase Shift Keying)
 RA-RNTI: 随机接入无线网络临时标识 (Random Access-RNTI)
 RB: 资源块 (Resource Block)
 RE: 资源单元 (Resource Element)
 REG: 资源单元组 (Resource Element Group)
 RI: 秩指示 (Rank Indication)
 RLC: 无线链路层控制协议 (Radio Link Control)
 RNTI: 无线网络临时识别符 (Radio Network Temporary Identity)
 RRC: 无线资源控制 (Radio Resource Control)
 RSRP: 参考信号接收功率 (Reference Signal Received Power)
 SI-RNTI: 系统消息无线网络临时标识 (System Information-RNTI)
 SSS: 辅同步信号 (Secondary Synchronization Signal)
 TTI: 发送时间间隔 (Transmission Time Interval)
 VRB: 虚拟资源块 (Virtual Resource Block)
 ZC: Zadoff-Chu序列 (Zadoff-Chu Sequence)

5 物理层概述

物理层协议框架如图1所示，主要分为上行发送和下行接收处理两部分协议内容，上行发送主要包括比特级和符号级编码，下行接收主要包括符号级和比特级解码。数据链路层准备好数据，经过物理层的上行发送流程后到天线发射出去；从天线接收到的信号经过物理层下行接收流程后得到的数据上报给数据链路层。

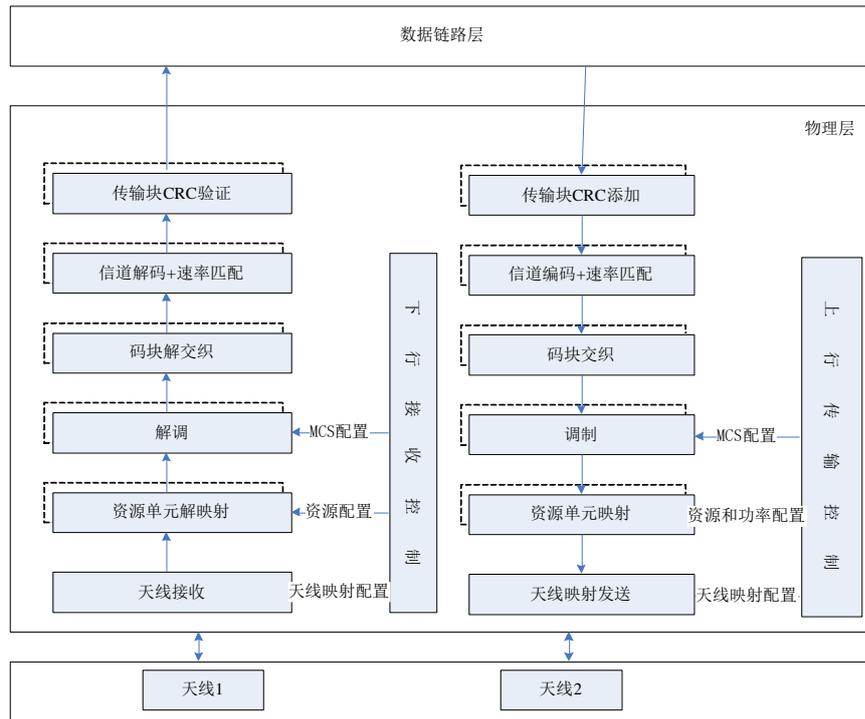


图1 物理层逻辑分层

6 物理层帧结构

在本部分中，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。

每个节点都以无线帧为单位进行资源占用并传输。

帧结构采用TDD模式，每个系统帧长达10 ms，由10个子帧（subframe）组成。系统帧的编号范围为 $0 \sim 1023$ ；一个系统帧内的子帧编号范围为 $0 \sim 9$ 。收发按无线帧进行组织，每个系统帧包含两个无线帧，每个无线帧长 $153600 \cdot T_s=5\text{ms}$ ，由五个长为 $30720 \cdot T_s=1\text{ms}$ 的子帧组成。无线帧内的子帧编号是 $0 \sim 4$ ，无线帧的帧号范围是 $0 \sim 2047$ ，偶数无线帧对应系统帧内的子帧 $0 \sim 4$ ，例如无线帧0；奇数无线帧对应系统帧内的子帧 $5 \sim 9$ ，例如无线帧1。

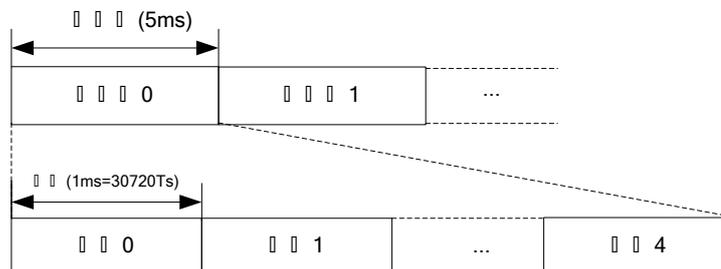


图2 帧结构

一个slot由多个符号(symbol)组成，每个符号(用1表示，从0开始计数)由循环前缀(Cyclic Prefix, 简称CP)和可用的符号时间组成，均使用OFDM符号(OFDM symbol)。固定采用Normal CP类型，CP长度可变，符号长度固定 $2048T_s$ 。

子帧结构支持两种：子帧结构1和子帧结构2。无线帧内子帧0使用子帧结构1，见图3。便于收发转换其他子帧使用子帧结构2，见图4。

子帧结构1：前2个符号是GP，作为自动增益控制（AGC）训练时间或射频器件切换时间，不参与符号计数。GP1和GP2长度分别是2192Ts，后面12个符号用于数据传输，时隙内OFDM符号的CP长度见表1。

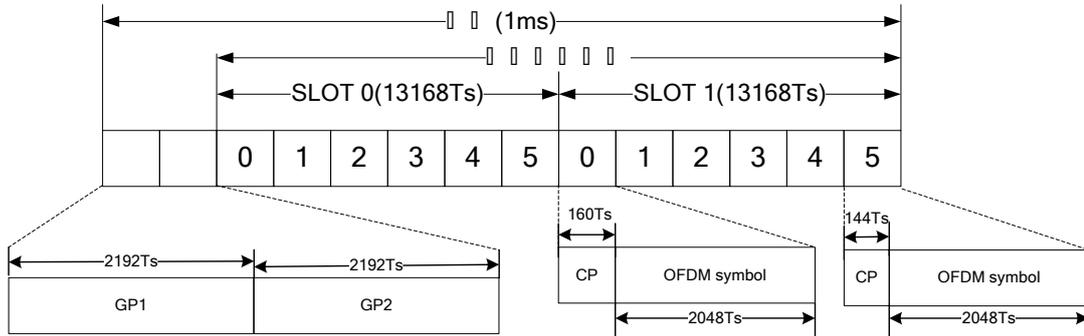


图3 子帧结构 1

表1 子帧结构 1 的 CP 长度

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

子帧结构2：14个符号均用于数据传输，时隙内OFDM符号的CP长度见表 2

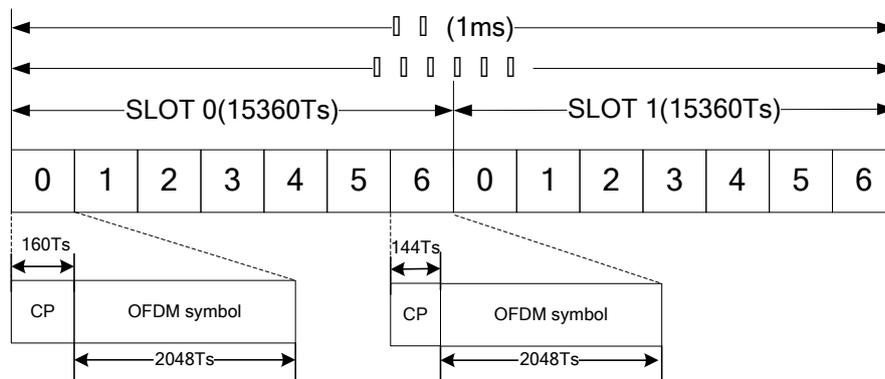


图4 子帧结构 2

表2 子帧结构 2 的 CP 长度

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

7 物理资源

7.1 资源单元

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 $N_{RB}N_{sc}^{RB}$ 个子载波和 N_{symb} 个OFDM符号组成，资源格如图4所示。 N_{RB} 的值由小区中配置的传输带宽决定，如表3所示。 N_{sc}^{RB} 表示每个RB包含的子载波数， N_{symb} 表示每个slot包含的符号数。

表3 信道带宽与传输带宽之间的对应关系

信道带宽 (MHz)	1.4	3	5	10	20
传输带宽 (N_{RB} , 单位为 RB)	6	15	25	50	100

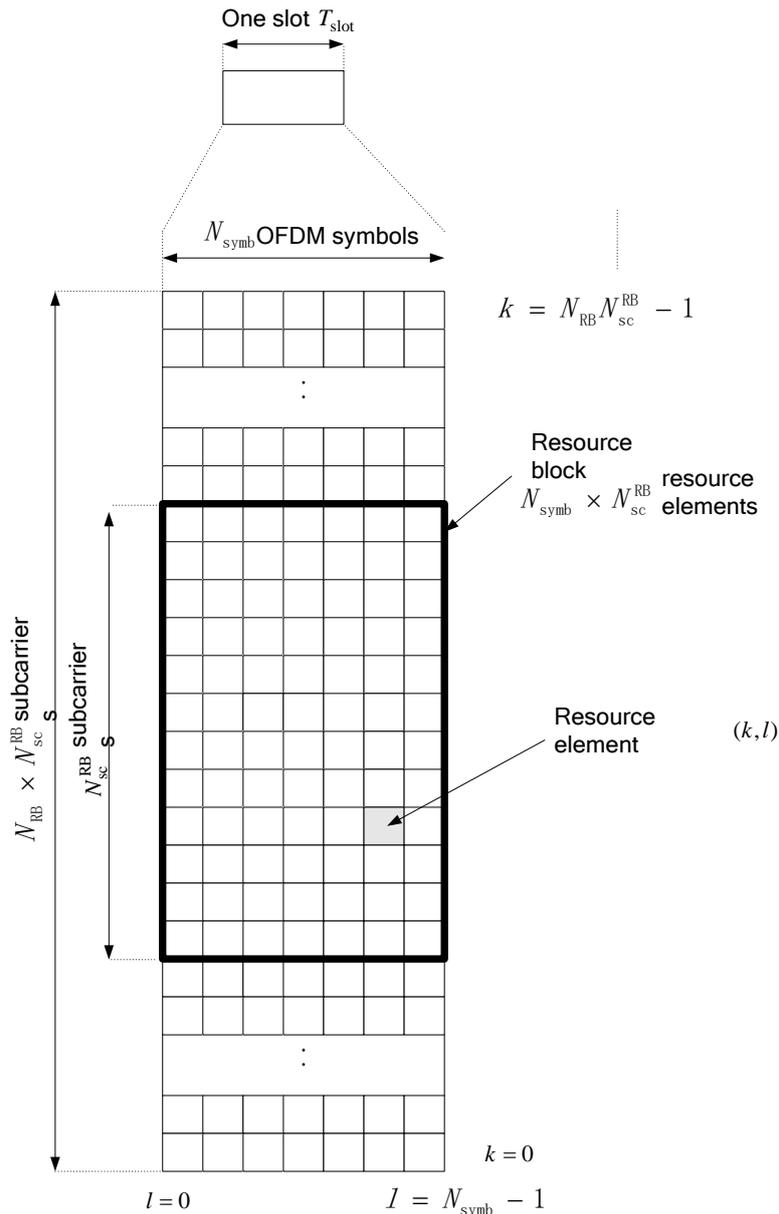


图5 资源格

资源格中的每个单元称为资源单元 (RE, Resource Element)，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 $k = 0, \dots, N_{RB}N_{sc}^{RB} - 1$, $l = 0, \dots, N_{symb} - 1$ 。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。

7.2 资源块

时域中连续的 N_{symp} 个OFDM符号和频域中连续的 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个子载波定义为一个物理资源块，其中 N_{symp} 和 $N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 在表4中给出。因此链路中的一个物理资源块由 $N_{\text{symp}} \times N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$ 个资源单元组成，对应时域的1个时隙和频域的 180 kHz。

表4 资源块参数

子帧结构	CP 类型	子载波间隔	$N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$	N_{symp}
1	常规循环前缀	15kHz	12	6
2	常规循环前缀	15kHz	12	7

一个时隙中资源单元(k, l)在频域的物理资源块编号为：

$$n_{\text{PRB}} = \left\lfloor \frac{k}{N_{\text{sc}}^{\text{RB}}} \right\rfloor \dots \dots \dots (1)$$

式中：

n_{PRB} ——物理资源块编号。

7.3 资源单元组

资源单元组 (REG, Resource Element Group) 用于定义如何将 L1/L2 控制信令映射到 RE 上。REG 是 L1/L2 控制信令进行物理资源分配的基本单位。一个 REG 中包含的 RE 集合取决于参考信号的个数。

REG 只存在于子帧的控制区域内，只用于 L1/L2 控制信令。由于参考信号所占的 RE 不能用于传输 L1/L2 控制信令，且一个 REG 必须包含至少 4 个可用于传输 L1/L2 控制信令的 RE，且一个 REG 所包含的所有 RE 必须位于同一 RB 内，所以只要某个 OFDM 符号内包含了参考信号，则每个 RB 在该 OFDM 符号上只存在 2 个 REG。

7.4 控制信道单元

一个PCCH在n个连续的控制信道单元 (CCE, Control Channel Element) 上传输， $n=1, 2, 4, 8$ 。系统中的CCE从0开始编号，直到 $N_{\text{CCE}} - 1$ ，其中 $N_{\text{CCE}} = \lfloor N_{\text{REG}}/9 \rfloor$ 。

8 物理信道

8.1 概述

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。本规范定义了如下的物理信道：

- 物理广播信道，PBCH；
- 物理控制信道，PCCH；
- 物理传输信道，PTCH；
- 物理随机接入信道，PRACH；
- 物理 HARQ 指示信道，PHICH。

物理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。以下物理信号定义为：

- 参考信号；
- 同步信号。

8.2 通用处理流程

本节描述了物理信道的通用结构，适用于多个物理信道。

物理信道的基带信号处理过程如图 6 所示，具体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；

- b) 对加扰后的比特进行调制，产生复值调制符号；
- c) 将复值调制符号映射到一个或几个传输层；
- d) 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；
- e) 把每个天线端口的复值调制符号映射到资源单元；
- f) 为每个天线端口产生复值的时域 OFDM 符号。

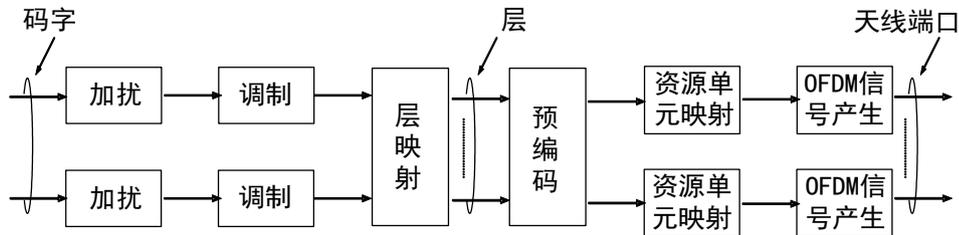


图6 物理信道通用处理过程

8.2.1 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 $\tilde{b}^{(q)}(0), \dots, \tilde{b}^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ ：

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

式中：

$\tilde{b}^q(i)$ ——加扰比特块；

$c^q(i)$ ——加扰序列。

其中加扰序列 $c^q(i)$ 见附录 A. 2。

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：

$$c_{\text{init}} = n_{\text{RNTI}} \cdot 2^{14} + q \cdot 2^{13} + n_{\text{sf}} \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \dots\dots\dots (3)$$

式中：

n_{RNTI} ——对应于和 PTCH 传输相关的 RNTI；

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

n_{sf} ——子帧号（0~9）。

8.2.2 调制

对每个码字 q ，扰码比特块 $\tilde{b}^{(q)}(0), \dots, \tilde{b}^{(q)}(M_{\text{bit}}^{(q)} - 1)$ 将按附录 A. 1 进行调制，所用调制方式见表 5，调制后产生一个复值调制符号块 $d^{(q)}(0), \dots, d^{(q)}(M_{\text{symb}}^{(q)} - 1)$ 。

表5 调制方式

物理信道	调制方式
PTCH	QPSK, 16QAM, 64QAM

8.2.3 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 $d^{(q)}(0), \dots, d^{(q)}(M_{\text{symb}}^{(q)} - 1)$ 将映射到层 $x(i) = [x^{(0)}(i) \dots x^{(v-1)}(i)]^T$ ， $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symb}}^{\text{layer}} - 1$ ，其中 v 是层数， $M_{\text{symb}}^{\text{layer}}$ 是每层的调制符号数。

8.2.3.1 单天线口的层映射

对于单天线口上的传输，使用单层， $v = 1$ ，且按下式映射：

$$x^{(0)}(i) = d^{(0)}(i) \dots\dots\dots (4)$$

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

8.2.3.2 空间复用的层映射

对空间复用，层映射按表 6 进行。层数 v 小于或等于用于物理信道传输的天线端口数 P 。

表6 空间复用的码字层映射

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

8.2.3.3 发射分集的层映射

对发射分集，层映射按表 7 进行。仅有一个码字且层数 v 等于用于物理信道传输的天线端口数 P 。

表7 发射分集的码字层映射

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

8.2.4 预编码

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

8.2.4.1 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：

$$y^{(p)}(i) = x^{(0)}(i) \dots\dots\dots (5)$$

式中：

p ——物理信道传输的单天线端口号。

8.2.4.2 基于空间复用的预编码

基于空间复用的预编码只能与 8.2.3.2 节描述的基于空间复用的层映射结合使用。空间复用支持两个天线端口，可用的天线端口集合为 $p \in \{0,1\}$ 。

空间复用的预编码定义为：

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(i) \\ \vdots \\ y^{(p-1)}(i) \end{bmatrix} = W(i)D(i)U \begin{bmatrix} x^{(0)}(i) \\ \vdots \\ x^{(v-1)}(i) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$W(i)$ ——预编码矩阵；

$D(i)$ ——循环延迟分集的对角阵；

U ——大小为 $v \times v$ 的矩阵。

$W(i)$ 大小为 $P \times v$ 且 $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symp}}^{\text{ap}} - 1$, $M_{\text{symp}}^{\text{ap}} = M_{\text{symp}}^{\text{layer}}$ 。大小为 $v \times v$ 的 $D(i)$ 表示支持循环延迟分集的对角阵，矩阵 U 大小为 $v \times v$ 。对于层数 v ，矩阵 $D(i)$ 和 U 从表 8 中选取。

表8 大延迟 CDD

层数 v	U	$D(i)$
2	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 1 \\ 1 & e^{-j2\pi/2} \end{bmatrix}$	$\begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & e^{-j2\pi/2} \end{bmatrix}$

对于空间复用， $W(i)$ 的值在按照配置的码本的预编码单元中选择。可以使用码本子集限制，进一步限制终端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 9。

对于两个天线口传输，即 $p \in \{0, 1\}$ ，预编码矩阵 $W(i)$ 将从表 9 或其中的子集选择。

表9 在天线端口 $\{0, 1\}$ 上传输使用的码本

Codebook index	Number of layers v	
	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	$\frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 \\ -j \end{bmatrix}$	-

8.2.4.3 发射分集的预编码

基于发射分集的预编码只能与 8.2.3.3 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 $y(i) = [y^{(0)}(i) \ y^{(1)}(i)]^T$, $i = 0, 1, \dots, M_{\text{symp}}^{\text{ap}} - 1$ 定义为：

$$\begin{bmatrix} y^{(0)}(2i) \\ y^{(1)}(2i) \\ y^{(0)}(2i+1) \\ y^{(1)}(2i+1) \end{bmatrix} = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 & j & 0 \\ 0 & -1 & 0 & j \\ 0 & 1 & 0 & j \\ 1 & 0 & -j & 0 \end{bmatrix} \begin{bmatrix} \text{Re}(x^{(0)}(i)) \\ \text{Re}(x^{(1)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(0)}(i)) \\ \text{Im}(x^{(1)}(i)) \end{bmatrix} \dots\dots\dots (7)$$

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

8.2.5 资源映射

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；
- 映射的位置不在 PBCH 的 PRB 资源段，不用于 PBCH，同步信号或参考信号的传输，并且；
- 不在 PCCH 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。

多天线情况下使用天线端口 0/1，单天线使用天线端口 0，通过信道估计判断天线 1 是否使用。

8.2.6 OFDM 基带信号产生

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

$$s_l^{(p)}(t) = \sum_{k=-\lfloor N_{RB}N_{SC}^{RB}/2 \rfloor}^{-1} a_{k^{(-)},l}^{(p)} \cdot e^{j2\pi k\Delta f(t-N_{CP}T_s)} + \sum_{k=1}^{\lfloor N_{RB}N_{SC}^{RB}/2 \rfloor} a_{k^{(+)},l}^{(p)} \cdot e^{j2\pi k\Delta f(t-N_{CP}T_s)} \dots\dots (8)$$

式中:

Δf ——子载波间隔;

t ——时间 (单位: 秒)。

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

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 $\sum_{l'=0}^{l-1} (N_{CP,l'} + N)T_s$ 。

表 1 和表 2 列出了使用的 $N_{CP,l}$ 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。

8.3 物理层传输信道

物理传输信道按 8.2 节中描述的方式进行处理和资源单元的映射。

8.4 物理广播信道

8.4.1 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) 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:

$$\tilde{b}(i) = (b(i) + c(i)) \bmod 2 \dots\dots\dots (9)$$

加扰序列每个无线帧内首子帧即子帧 0 初始化为

$$c_{\text{init}} = n_{\text{RNTI}} \cdot 2^{14} + n_{\text{sf}} \cdot 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}} \dots\dots\dots (10)$$

RNTI 为 SI-RNTI。PBCH 采用 Turbo 编码, 实现同 PTCH。

8.4.2 调制

扰码比特块 $\tilde{b}(0), \dots, \tilde{b}(M_{\text{bit}} - 1)$ 按 8.2 节进行调制, 产生一复值调制符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 。表 10 制定了适用于物理广播信道的调制映射。

表10 PBCH 调制方式

物理信道	调制方式
PBCH	QPSK

8.4.3 层映射和预编码

调制符号块 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 将按 8.2.3.1 或 8.2.3.3 节进行层映射, 并且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = M_{\text{symb}}$, 然后再根据 8.2.4.1 或 0 节进行预编码, 形成向量块 $\mathbf{y}(i) = [y^{(0)}(i) \dots y^{(P-1)}(i)]^T$, $i = 0, \dots, M_{\text{symb}} - 1$, 其中 $y^{(p)}(i)$ 表示天线口 p 的信号, 其中 $p = 0, \dots, P - 1$ 且参考信号的天线端口数为 $P \in \{1, 2\}$ 。

8.4.4 资源单元映射

每个天线端口的复值符号块 $\mathbf{y}^{(p)}(0), \dots, \mathbf{y}^{(p)}(M_{\text{symb}} - 1)$ 在每个无线帧内首个子帧内进行传输, 且顺序从 $\mathbf{y}(0)$ 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, 且 PBCH 映射有效带宽内, 端口 0 和 端口 1 的参考信号位置都不能映射 PBCH 数据, 如果当前时单端口模式, 另外一个端口的参考信号位置不映射任何数据;
- 不在 PCCH 所在的 OFDM 符号上映射;
- 不在 PSS、SSS 的符号上映射。

映射到不预留给参考信号发射的资源单元 (k, l) 上, 从子帧 0/5 内的符号 3 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：

$$k = \frac{N_{RB}N_{SC}^{RB}}{2} - 36 + k', \quad k' = 0, 1, \dots, 71 \dots\dots\dots (11)$$

$$l = 3, 6, 7, 8, 9, 10, 11$$

8.5 物理控制信道

8.5.1 PCCH 格式

物理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。分配给 PCCH 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 $N_{CCE} - 1$ ，其中 $N_{CCE} = \lfloor N_{REG}/9 \rfloor$ 。PCCH 支持表 11 所列的多种格式。多个 PCCH 可在一个子帧中传输。

表11 PCCH 支持格式

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

8.5.2 PCCH 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 $b^{(0)}(0), \dots, b^{(0)}(M_{\text{bit}}^{(0)} - 1), b^{(1)}(0), \dots, b^{(1)}(M_{\text{bit}}^{(1)} - 1), \dots, b^{(n_{\text{PCCH}}-1)}(0), \dots, b^{(n_{\text{PCCH}}-1)}(M_{\text{bit}}^{(n_{\text{PCCH}}-1)} - 1)$ ，其中 $M_{\text{bit}}^{(i)}$ 表示一个子帧中第 i 个物理控制信道上传输的比特数数目， n_{PCCH} 是一个子帧中传输的 PCCH 总数目。

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

$$\tilde{b}(i) = (b(i) + c(i)) \bmod 2 \dots\dots\dots (12)$$

式中：

$\tilde{b}(i)$ ——扰码比特块；

$c(i)$ ——加扰序列。

每个子帧起始加扰序列以初始化 $c_{\text{init}} = n_{\text{sf}} \times 2^9 + N_{\text{ID}}^{\text{cell}}$ 。CCE 号对应于比特 $b(72n), b(72n + 1), \dots, b(72n + 71)$ 。

8.5.3 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 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 。

8.5.4 层映射和预编码

调制符号 $d(0), \dots, d(M_{\text{symb}} - 1)$ 按 8.2.3.1 节或 8.2.3.3 节进行层映射，且 $M_{\text{symb}}^{(0)} = M_{\text{symb}}$ ；按 8.2.4.1 或 0 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。PCCH 在 PBCH 使用的相同天线端口上传输。

8.5.5 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 $z^{(p)}(i) = \{y^{(p)}(4i), y^{(p)}(4i + 1), y^{(p)}(4i + 2), y^{(p)}(4i + 3)\}$ 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 11.1.4 节的子块交织器进行，按照下列条例：

a) 交织器的输入输出由符号组块而非比特流定义

- b) 交织作用于符号组块,在 11.1.4 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

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 6.1.3 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) 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') ;
- 5) m' 加 1;
- 6) l' 加 1;
- 7) 若 $l' < L$, 重复步骤 3, 其中 L 对应于用于 PCCH 传输的 OFDM 符号数, 由当前的工作带宽决定;
- 8) k' 加 1;
- 9) 若 $k' < N_{\text{RB}} \cdot N_{\text{sc}}^{\text{RB}}$, 重复步骤 2)。

8.6 物理随机接入信道

8.6.1 时域和频域结构

如图7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12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。初始随机接入采用前导格式0, PHICH采用前导格式1。传输物理随机接入前导格式0时忽略子帧结构。

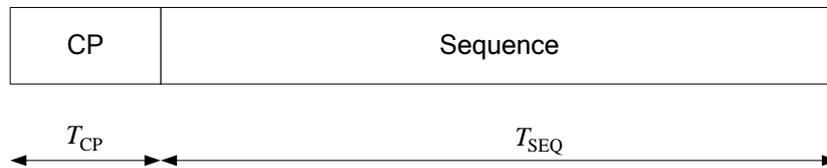


图7 随机接入前导格式

表12 随机接入前导参数

前导格式	T_{CP}	T_{SEQ}
0	$36864 \cdot T_s$	$24576 \cdot T_s$
1	$448 \cdot T_s$	$4096 \cdot T_s$

8.6.2 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。

每个小区中有最大 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, 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 16 和表 17, 分别对应前导格式 0 和 1。根据覆盖范围的大小选择不同的前导格式。

第 u 个根 Zadoff-Chu 序列定义为:

$$x_u(n) = e^{-j \frac{\pi u n(n+1)}{N_{\text{ZC}}}}, \quad 0 \leq n \leq N_{\text{ZC}} - 1 \quad (13)$$

式中：

N_{ZC} ——ZC序列的长度。

其中 ZC 序列的长度 N_{ZC} 见表 13。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：

$$x_{u,v}(n) = x_u((n + C_v) \bmod N_{ZC}) \dots\dots\dots (14)$$

式中：

C_v ——循环移位。

其中循环移位由下式给出：

$$C_v = \begin{cases} vN_{CS} & v = 0, 1, \dots, \lfloor \frac{N_{ZC}}{N_{CS}} \rfloor - 1, N_{CS} \neq 0 & \text{非限制集} \\ 0 & N_{CS} = 0 & \text{非限制集} \dots\dots\dots (15) \\ d_{\text{start}} \lfloor \frac{v}{n_{\text{shift}}^{\text{RA}}} \rfloor + (v \bmod n_{\text{shift}}^{\text{RA}}) N_{CS} & v = 0, 1, \dots, n_{\text{shift}}^{\text{RA}} n_{\text{group}}^{\text{RA}} + \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}} - 1 & \text{限制集} \end{cases}$$

对前导结构 0 和 1 的 N_{CS} 分别见表 14 和表 15。

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：

$$d_u = \begin{cases} p & 0 \leq p < \frac{N_{ZC}}{2} \dots\dots\dots (16) \\ N_{ZC} - p & \text{otherwise} \end{cases}$$

式中：

p ——非负整数；

N_{ZC} ——ZC序列的长度。

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：

$$\begin{aligned} n_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \lfloor d_u / N_{CS} \rfloor \\ d_{\text{start}} &= 2d_u + n_{\text{shift}}^{\text{RA}} N_{CS} \\ n_{\text{group}}^{\text{RA}} &= \lfloor N_{ZC} / d_{\text{start}} \rfloor \\ \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \max \left(\lfloor (N_{ZC} - 2d_u - n_{\text{group}}^{\text{RA}} d_{\text{start}}) / N_{CS} \rfloor, 0 \right) \end{aligned} \dots\dots\dots (17)$$

式中：

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

N_{CS} ——循环移位；

N_{ZC} ——ZC序列的长度。

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

$$\begin{aligned} n_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \lfloor (N_{ZC} - 2d_u) / N_{CS} \rfloor \\ d_{\text{start}} &= N_{ZC} - 2d_u + n_{\text{shift}}^{\text{RA}} N_{CS} \\ n_{\text{group}}^{\text{RA}} &= \lfloor d_u / d_{\text{start}} \rfloor \\ \bar{n}_{\text{shift}}^{\text{RA}} &= \min \left(\max \left(\lfloor (d_u - n_{\text{group}}^{\text{RA}} d_{\text{start}}) / N_{CS} \rfloor, 0 \right), n_{\text{shift}}^{\text{RA}} \right) \end{aligned} \dots\dots\dots (18)$$

式中：

N_{CS} ——循环移位；

d_u ——幅度为 $1/T_{\text{SEQ}}$ 的多普勒频偏对应的循环移位值。
对其他 d_u 值，在限制集中没有循环移位。

表13 随机接入前导序列长度

前导格式	N_{ZC}
0	839
1	139

表14 前导生成的循环移位值 N_{CS} (前导格式 0)

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15 前导生成的循环移位值 N_{CS} (前导格式 1)

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16 前导格式0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17 前导格式1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																			

目前宽带自组网选取上述子集，见表18。根据这张表获取逻辑根序列号，再用这个逻辑根序列号查表16获取物理根序列号。

表18 自组网逻辑根序列选取表格

前导序列号	逻辑根序列号
0~3	22, 23, 830, 831

8.6.3 基带信号产生

时间连续随机接入信号 $s(t)$ 定义为：

$$s(t) = \beta_{PRACH} \sum_{k=0}^{N_{ZC}-1} \sum_{n=0}^{N_{ZC}-1} x_{u,v}(n) \cdot e^{-j\frac{2\pi nk}{N_{ZC}}} \cdot e^{j2\pi(k+\phi+K(k_0+1/2))\Delta f_{RA}(t-T_{CP})} \dots\dots\dots (19)$$

式中：

- ϕ ——固定的偏移值；
- Δf_{RA} ——随机接入前导的子载波间隔；
- β_{PRACH} ——幅值因子；
- $s(t)$ ——时间连续随机接入信号；
- t ——时间。

其中 $0 \leq t < T_{SEQ} + T_{CP}$ ，乘以幅值因子 β_{PRACH} 是为了满足发射功率 P_{PRACH} 的要求， $k_0 = n_{PRB}^{RA} N_{SC}^{RB} - N_{RB} N_{SC}^{RB} / 2$ 。频域位置由参数 n_{PRB}^{RA} 控制。因子 $K = \Delta f / \Delta f_{RA}$ 表示随机接入前导与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19。

表19 随机接入基带参数

前导结构	Δf_{RA}	ϕ
0	1250 Hz	7
1	7500 Hz	2

8.7 物理 HARQ 指示信道

PHICH 信道承载 HARQ 的 ACK/NACK。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 通过不同的循环移位序列区分。

8.7.1 时域和频域结构

PHICH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13中格式1是PHICH基本的序列配置，这些参数的使用取决于覆盖距离、帧结构等。

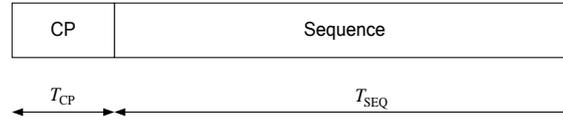


图8 PHICH 时域结构

8.7.2 PHICH 序列产生

反馈 ACK 的序列采用 ZC(Zadoff-Chu)序列，序列生成的过程见章节 8.6.2。NACK 不需要反馈。

8.7.3 基带信号产生

V_{ssfn} 为反馈最大的HARQ数量8，时间连续的ACK基带信号 $s(t)$ 表达式如下：

$$s(t) = \beta_{ACK} \cdot \sum_{v=0}^{V_{ssfn}-1} b_v \cdot \left(\sum_{k=0}^{N_{ZC}-1} \sum_{n=0}^{N_{ZC}-1} x_{u,v}(n) \cdot e^{-j\frac{2\pi nk}{N_{ZC}}} \cdot e^{j2\pi \left(k + \phi + K \left(k_0 + \frac{1}{2}\right)\right) \Delta f_{RA}(t - T_{CP})} \right) \dots (20)$$

式中：

β_{ACK} ——幅度调整因子；

K ——数据传输的子载波间隔与ACK的子载波间隔比；

ϕ ——映射时固定的偏移；

$s(t)$ ——时间连续的ACK基带信号。

其中 $0 \leq t < T_{SEQ} + T_{CP}$ ， b_v 取值0或者1，对应第 v 个的反馈值ACK/NACK。 β_{ACK} 为幅度调整因子，以确保能够达到ACK的发送功率 P_{ACK} 。 $K = \frac{\Delta f}{\Delta f_{ACK}}$ 为数据传输的子载波间隔与ACK的子载波间隔比， $k_0 = n_{PRB}^{RA} N_{sc}^{RB} - N_{RB} N_{sc}^{RB} / 2$ ，当固定映射在中间6RB时 k_0 取值0。 ϕ 为映射时固定的偏移，与子载波间隔有关，当 $\Delta f_{ACK} = 1.25\text{kHz}$ ， ϕ 取值7，当 $\Delta f_{ACK} = 7.5\text{kHz}$ ， ϕ 取值2。

9 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 $N_{ID}^{cell} = 3N_{ID}^{(1)} + N_{ID}^{(2)}$ 就可以由物理层小区 ID 组数 $N_{ID}^{(1)}$ （范围是 0~167）和该物理层小区 ID 组中的物理层 ID 数 $N_{ID}^{(2)}$ （范围是 0~2）来唯一确定。

同步信号包括主同步信号和次同步信号，第一组同步信号在子帧 0/5 上发送，扩展地，在子帧 2/7 上发送第二组同步信号，便于快速同步。为了将两组同步信号区分开，避免获取定时出错，将第二组同步信号的 $N_{ID}^{(2)}$ 取第一组同步信号的 $N_{ID}^{(2)} + 1$ 。现阶段只实现第一组同步信号 $N_{ID}^{(2)} = 0$ ，第二组同步信号 $N_{ID}^{(2)} = 1$ 。

9.1 主同步信号

9.1.1 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：

$$d_u(n) = \begin{cases} e^{-j\frac{\pi un(n+1)}{63}} & n = 0, 1, \dots, 30 \\ e^{-j\frac{\pi u(n+1)(n+2)}{63}} & n = 31, 32, \dots, 61 \end{cases} \dots (21)$$

式中：

$d_u(n)$ ——主同步信号的序列。

其中 Zadoff-Chu 根序列号 u 见表 20。

表20 主同步信号的根序号

$N_{ID}^{(2)}$	根序号 u
0	25
1	29
2	34

9.1.2 资源单元映射

序列到资源单元的映射取决于帧结构。节点不可假定主同步信号与任意参考信号在相同的天线端口上传输。节点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：

$$a_{k,l} = d(n) \dots \dots \dots (22)$$

式中：

$$n = 0, \dots, 61$$

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

第一组主同步信号映射到子帧 0/5 的 OFDM 符号 5 上，不包括 GAP 符号。第二组主同步信号映射到子帧 2/7 的 OFDM 符号 10 上，在此 OFDM 符号上，下列用于传输主同步信号资源单元 (k, l) 保留，不用于主同步信号的传输：

$$k = n - 31 + \frac{N_{RB} N_{SC}^{RB}}{2} \dots \dots \dots (23)$$

式中：

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

9.2 次同步信号

9.2.1 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 0/2 和子帧 5/7 之间不同的次同步信号：

$$d(2n) = \begin{cases} s_0^{(m_0)}(n)c_0(n) & \text{子帧 0/2} \\ s_1^{(m_1)}(n)c_0(n) & \text{子帧 5/7} \end{cases} \dots \dots \dots (24)$$

$$d(2n+1) = \begin{cases} s_1^{(m_1)}(n)c_1(n)z_1^{(m_0)}(n) & \text{子帧 0/2} \\ s_0^{(m_0)}(n)c_1(n)z_1^{(m_1)}(n) & \text{子帧 5/7} \end{cases}$$

式中：

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

$$m_0 = m' \bmod 31$$

$$m_1 = (m_0 + \lfloor m'/31 \rfloor + 1) \bmod 31 \dots \dots \dots (25)$$

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

式中：

$N_{ID}^{(1)}$ ——物理层小区ID组。

其中，上述输出列于表 21 中。

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

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

$$s_1^{(m_1)}(n) = \tilde{s}((n + m_1) \bmod 31) \dots\dots\dots (26)$$

式中：
 其中 $\tilde{s}(i) = 1 - 2x(i)$, $0 \leq i \leq 30$, $x(i)$ 由下式决定：
 $x(\bar{i} + 5) = (x(\bar{i} + 2) + x(\bar{i})) \bmod 2$, $0 \leq \bar{i} \leq 25$ (27)

式中：
 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：

$$c_0(n) = \tilde{c} \left((n + N_{ID}^{(2)}) \bmod 31 \right) \dots\dots\dots (28)$$

式中：
 $N_{ID}^{(2)}$ ——物理层小区ID组 $N_{ID}^{(1)}$ 内的物理层小区ID。
 $c_1(n) = \tilde{c}((n + N_{ID}^{(2)} + 3) \bmod 31) \dots\dots\dots (29)$

式中：
 $N_{ID}^{(2)}$ ——物理层小区ID组 $N_{ID}^{(1)}$ 内的物理层小区ID。
 其中 $N_{ID}^{(2)} \in \{0,1,2\}$ 是物理层小区 ID 组 $N_{ID}^{(1)}$ 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：

$$x(\bar{i} + 5) = (x(\bar{i} + 3) + x(\bar{i})) \bmod 2$$
, $0 \leq \bar{i} \leq 25$ (30)

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：

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

式中：
 $z_1^{(m_1)}(n) = \tilde{z} \left((n + (m_1 \bmod 8)) \bmod 31 \right) \dots\dots\dots (32)$

式中：
 其中 m_0 和 m_1 由表 21 获得，且 $\tilde{z}(i) = 1 - 2x(i)$, $0 \leq i \leq 30$, $x(i)$ 由下式得到：
 $x(\bar{i} + 5) = (x(\bar{i} + 4) + x(\bar{i} + 2) + x(\bar{i} + 1) + x(\bar{i})) \bmod 2$, $0 \leq \bar{i} \leq 25$ (33)

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

表21 物理层小区 ID 组 $N_{ID}^{(1)}$ 和序号 m_0 及 m_1 的映射关系

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

$N_{ID}^{(1)}$	m_0	m_1												
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	-	-	-

9.2.2 资源单元映射

第一组次同步信号序列到资源单元的映射在子帧 0/5 的 OFDM 符号 4 上，第二组次同步信号序列到资源单元的映射在子帧 2/7 的 OFDM 符号 9 上。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：

$$a_{k,l} = d(n), n = 0, \dots, 61 \dots \dots \dots (34)$$

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

其中下列资源单元 (k, l) 保留，不用于次同步信号的传输：

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

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

10 参考信号

10.1 序列生成

参考信号将在所有子帧中传输。

参考信号在天线端口 0~1 中的一个或多个端口上传输。

参考信号序列 $r_{l,n_s}(m)$ 定义为：

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

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。伪随机序列在每个 OFDM 符号起始处初始化，初始值为 $c_{init} = 2^{10} \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1) \cdot (2 \cdot N_{ID}^{cell} + 1) + 2 \cdot N_{ID}^{cell} + N_{CP}$ ，其中 $N_{CP}=1$ 。

对于子帧结构 1（2GAP+12 个有效符号）：参考信号的 c_{init} 稍有不同：

$$c_{init} = 2^{10} \cdot (7 \cdot (n_s + 1) + l + 1 + \lfloor l/3 \rfloor) \cdot (2 \cdot N_{ID}^{cell} + 1) + 2 \cdot N_{ID}^{cell} + N_{CP}, \quad \text{其中 } N_{CP}=1。$$

其中 l 的取值为 0,1,2,3,4,5，参考信号位置在每个 SLOT 中的 $l=0/3$

对于子帧结构 2（14 个有效符号）：

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

其中 l 的取值为 0,1,2,3,4,5,6，参考信号位置在每个 SLOT 中的 $l=0/4$

10.2 资源映射

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：

$$a_{k,l}^{(p)} = r_{l,n_s}(m') \dots \dots \dots (35)$$

式中：

p —— 端口号；

$r_{l,n_s}(m)$ —— 参考信号序列。

$$k = 6m + (v + v_{shift}) \bmod 6$$

$$l = 0, N_{Symb} - 3, p \in \{0, 1\}$$

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

$$m' = m + N_{RB}^{max} - N_{RB}$$

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：

$$v = \begin{cases} 0, & \text{if } p = 0 \text{ and } l = 0 \\ 3, & \text{if } p = 0 \text{ and } l \neq 0 \\ 3, & \text{if } p = 1 \text{ and } l = 0 \\ 0, & \text{if } p = 1 \text{ and } l \neq 0 \end{cases}$$

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

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9和图10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。

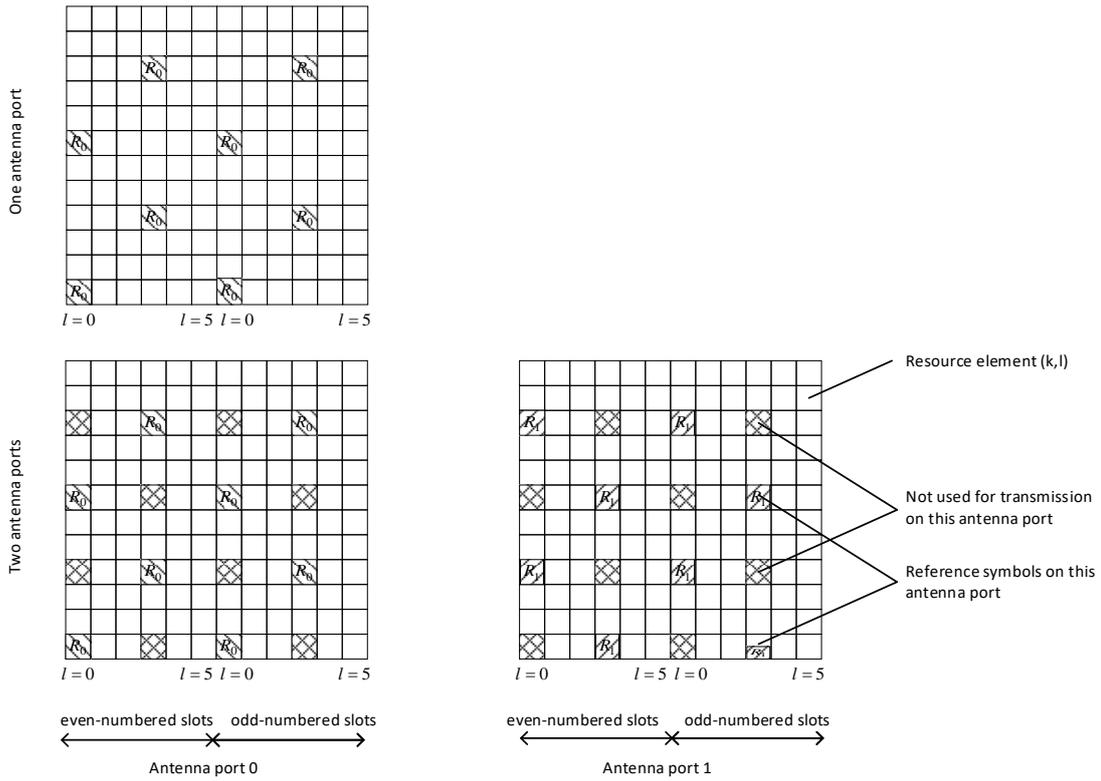


图9 参考信号映射(子帧结构 1)

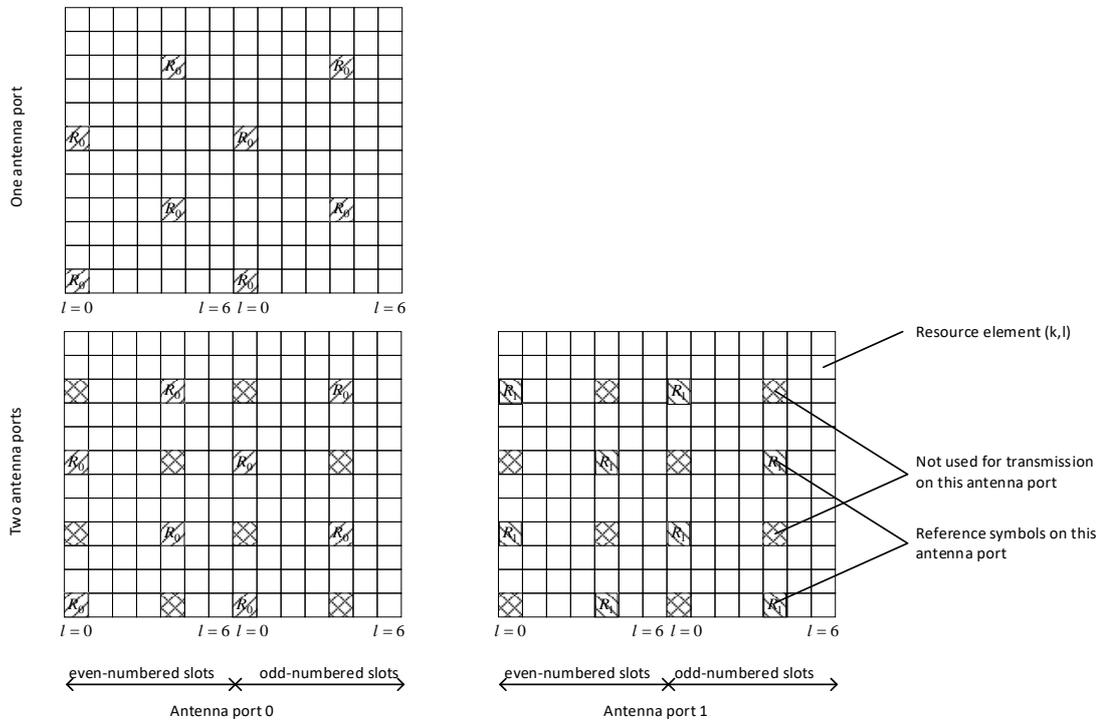


图10 参考信号映射(子帧结构 2)

11 信道编码、复用和交织

来自 MAC 层/向 MAC 层输出的数据和控制流经过编/解码，通过无线传输链路提供传输和控制服务。信道编码方案是错误检测、错误纠正、速率匹配、交织以及传输信道或控制信息向物理信道映射/从物理信道到传输信道控制信息解析或分离的组合方案。

11.1 通用流程

11.1.1 CRC 计算

CRC 计算单元的输入比特为 $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{A-1}$ ，奇偶校验比特为 $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots, p_{L-1}$ 。A 是输入序列的长度，L 表示校验比特的数目。校验比特由以下循环生成多项式之一产生：

- $g_{CRC24A}(D) = [D^{24} + D^{23} + D^{18} + D^{17} + D^{14} + D^{11} + D^{10} + D^7 + D^6 + D^5 + D^4 + D^3 + D + 1]$;
- $g_{CRC24B}(D) = [D^{24} + D^{23} + D^6 + D^5 + D + 1]$ ，CRC 长度 $L = 24$ 。
- $g_{CRC16}(D) = [D^{16} + D^{12} + D^5 + 1]$ ，CRC 长度 $L = 16$ 。
- $g_{CRC8}(D) = [D^8 + D^7 + D^4 + D^3 + D + 1]$ ，CRC 长度 $L = 8$ 。

编码以系统方式进行。这意味着在 GF(2) 中，多项式 $a_0D^{A+23} + a_1D^{A+22} + \dots + a_{A-1}D^{24} + p_0D^{23} + p_1D^{22} + \dots + p_{22}D^1 + p_{23}$ 被对应的长度为 24 的 CRC 生成多项式 $g_{CRC24A}(D)$ 或 $g_{CRC24B}(D)$ 除时产生的余数为 0；多项式 $a_0D^{A+15} + a_1D^{A+14} + \dots + a_{A-1}D^{16} + p_0D^{15} + p_1D^{14} + \dots + p_{14}D^1 + p_{15}$ 被 $g_{CRC16}(D)$ 除时产生的余数为 0；而多项式 $a_0D^{A+7} + a_1D^{A+6} + \dots + a_{A-1}D^8 + p_0D^7 + p_1D^6 + \dots + p_6D^1 + p_7$ 被 $g_{CRC8}(D)$ 除产生的余数为 0。

附加 CRC 之后的比特序列表示为 $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ ，这里 $B = A + L$ ， a_k 和 b_k 的关系如下：

$$\begin{aligned} b_k &= a_k && \text{对于 } k = 0, 1, 2, \dots, A-1 \\ b_k &= p_{k-A} && \text{对于 } k = A, A+1, A+2, \dots, A+L-1 \end{aligned}$$

11.1.2 码块分段和码块 CRC 添加

输入码块分段单元的比特序列为 $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ ，这里 $B > 0$ 。如果 B 大于最大码块大小 Z，则输入序列要进行分段操作，并且每个分段后的码块要被附上一个 $L = 24$ 的 CRC 序列。最大码块大小为：

- Z = 6144。

如果下述计算的填充比特数目 F 不等于 0，则在第一个块的开始处添加填充序列。

需要注意的是，如果 $B < 40$ ，则在码块的开始处添加填充序列。

在编码器的输入位置，将填充序列设置为空 (<NULL>)。

码块总数 C 根据如下方法计算得到：

```
if B ≤ Z
    L = 0
    码块数目为：C = 1
    B' = B
Else
    L = 24
    码块数目为：C = [B/(Z - L)]
    B' = B + C · L
```

end if

当 $C \neq 0$ 时，码块分段的输出比特为 $c_{r0}, c_{r1}, c_{r2}, c_{r3}, \dots, c_{r(K_r-1)}$ ，其中 r 为码块号， K_r 是码块 r 中的比特数。

每一个码块中比特数为（仅适用于 $C \neq 0$ 的情况）：

第一个分段大小： K_+ = 表 7 中满足 $C \cdot K \geq B'$ 的最小 K 值

if $C = 1$

长度为 K_+ 的码块数目为 $C_+ = 1$ ， $K_- = 0$ ， $C_- = 0$

else if $C > 1$

第二个分段大小为： K_- = 在表 7 中满足 $K < K_+$ 的最大 K 值

$$\Delta_K = K_+ - K_-$$

长度为 K_- 的分段数目为： $C_- = \left\lfloor \frac{C \cdot K_+ - B'}{\Delta_K} \right\rfloor$

长度为 K_+ 的分段数目为： $C_+ = C - C_-$

```

end if
填充比特数目为:  $F = C_+ \cdot K_+ + C_- \cdot K_- - B'$ 
for k = 0 to F-1  --插入填充比特

$$c_{0k} = < NULL >$$

end for
k = F
s = 0
for r = 0 to C-1
if  $r < C_-$ 

$$K_r = K_-$$

Else

$$K_r = K_+$$

end if
while  $k < K_r - L$ 

$$c_{rk} = b_s$$


$$k = k + 1$$


$$s = s + 1$$

end while
if  $C > 1$ 
根据 11.1.1 节, 使用序列  $c_{r0}, c_{r1}, c_{r2}, c_{r3}, \dots, c_{r(K_r-L-1)}$  和生成多项式  $g_{CRC24B(D)}$  来计算 CRC 奇偶校验比特  $p_{r0}, p_{r1}, p_{r2}, \dots, p_{r(L-1)}$ 。对于 CRC 计算, 如果存在填充比特, 假定其值为 0。
while  $k < K_r$ 

$$c_{rk} = p_{r(k+L-K_r)}$$


$$k = k + 1$$

end while
end if

$$k = 0$$

end for

```

11.1.3 信道编码

对于一个给定的码块, 输入信道编码模块的比特序列表示为 $c_0, c_1, c_2, c_3, \dots, c_{K-1}$, 其中 K 为需要进行编码的比特数。编码后的比特表示为 $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, d_3^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$, 其中 D 为每个输出流的编码比特数, i 表示为编码器输出的序号。 c_k 和 $d_k^{(i)}$ 的关系以及 K 和 D 的关系依赖于所使用的编码方案。

传输信道使用下面的编码方案:

- 咬尾卷积编码 (tail biting convolutional coding)
- Turbo 编码 (turbo coding)

不同类型的传输信道使用的编码方案和编码速率如表 22 所示; 不同类型的控制信道使用的编码方案和编码速率如表 23 所示。

每一个编码方案中 D 值计算方法如下:

- 咬尾卷积编码, 编码速率为 $1/3$, $D = K$;
- Turbo 编码, 编码速率为 $1/3$, $D = K + 4$ 。

对于两种编码方案, 其编码输出流序号 i 的范围是 0, 1 和 2。

表22 传输信道使用的信道编码方案和码率

传输信道	编码方案	码率
TCH	Turbo 编码	1/3
BCH	Turbo 编码	1/3

表23 控制信息使用的信道编码方案与码率

控制信息	编码方案	码率
DCI	咬尾卷积编码	1/3

11.1.3.1 咬尾卷积编码

本节定义了约束长度为7、码率为1/3的咬尾卷积编码。

卷积编码器的配置如图11所示。

编码器的移位寄存器的初始值设置为输入流最后的6个信息比特对应的值，使得移位寄存器的初始和最终状态相同。因此，用 $s_0, s_1, s_2, \dots, s_5$ 表示编码器的移位寄存器，那么移位寄存器初始值被设置为：

$$s_i = c_{(K-1-i)}$$

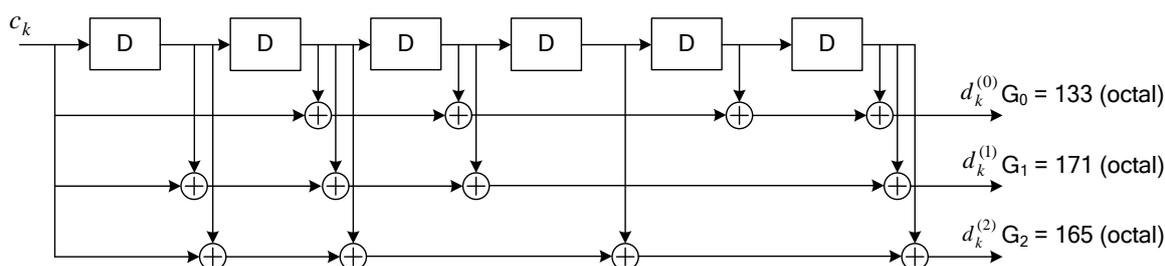


图11 码率为 1/3 的咬尾卷积编码器

编码器的输出流 $d_k^{(0)}$ 、 $d_k^{(1)}$ 和 $d_k^{(2)}$ 分别对应第一、第二和第三个校验数据流。

11.1.3.2 Turbo 编码

11.1.3.2.1 编码器

Turbo 编码器的方案是：并行级联卷积编码(PCCC, Parallel Concatenated Convolutional Code)，它使用了两个 8 状态子编码器和一个 Turbo 码内交织器。Turbo 编码器的码率为 1/3，结构如图 12 所示。

PCCC 中 8 状态子编码器的传输函数为：

$$G(D) = [1, \frac{g_1(D)}{g_0(D)}],$$

其中：

$$g_0(D) = 1 + D^2 + D^3$$

$$g_1(D) = 1 + D + D^3$$

当开始进行编码时，8 状态子编码器中移位寄存器的初始值为 0。

Turbo 编码器输出为：

$$\begin{aligned} d_k^{(0)} &= x_k \\ d_k^{(1)} &= z_k \\ d_k^{(2)} &= z'_k \end{aligned}$$

其中， $k = 0, 1, 2, \dots, K - 1$ 。

如果被编码的码块是 0 号码块，并且填充比特的数目大于 0，即 $F > 0$ ，则在编码器的输入时设 $c_k = 0, k = 0, \dots, (F-1)$ ，并输出时设置 $d_k^{(0)} = \langle \text{NULL} \rangle, k = 0, \dots, (F-1)$ 、 $d_k^{(1)} = \langle \text{NULL} \rangle, k = 0, \dots, (F-1)$ 。

输入 Turbo 编码器的比特表示为 $c_0, c_1, c_2, c_3, \dots, c_{K-1}$ ，第一个和第二个 8 状态子编码器的输出比特分别为 $z_0, z_1, z_2, z_3, \dots, z_{K-1}$ 和 $z'_0, z'_1, z'_2, z'_3, \dots, z'_{K-1}$ 。从 Turbo 码内交织器的输出比特表示为 $c'_0, c'_1, \dots, c'_{K-1}$ ，这些比特将输入第二个 8 状态子编码器。

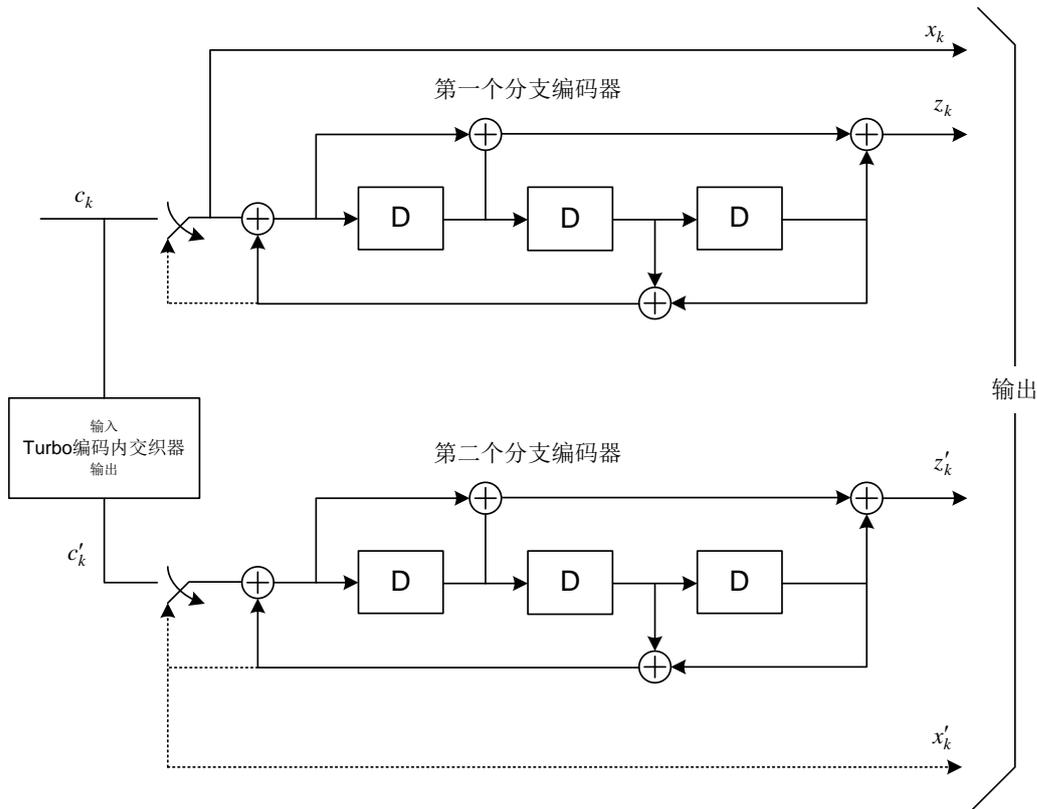


图12 码率为 1/3 的 Turbo 编码器结构(虚线仅应用于 Turbo 编码的迫零处理)

11.1.3.2.2 Turbo 编码器的迫零处理

Turbo 编码的迫零处理通过从所有信息比特编码之后的移位寄存器反馈中获取尾比特来完成编码，尾比特在信息比特编码之后添加。

前三个尾比特用于终止第一个编码器（图 12 中上面的那一个开关处于低端位置），此时第二个子编码器被禁用。最后三个尾比特用于终止第二个子编码器（图 12 中下面的那一个开关处于低端位置），此时第一个子编码器被禁用。

那么，用于 Trellis Termination 的传输比特为：

$$\begin{aligned}
 d_K^{(0)} &= x_K, d_{K+1}^{(0)} = z_{K+1}, d_{K+2}^{(0)} = x'_{K+1}, d_{K+3}^{(0)} = z'_{K+1} \\
 d_K^{(1)} &= z_K, d_{K+1}^{(1)} = x_{K+2}, d_{K+2}^{(1)} = z'_K, d_{K+3}^{(1)} = x'_{K+2} \\
 d_K^{(2)} &= x_{K+1}, d_{K+1}^{(2)} = z_{K+2}, d_{K+2}^{(2)} = x'_{K+1}, d_{K+3}^{(2)} = z'_{K+2}
 \end{aligned}$$

11.1.3.2.3 Turbo 码内交织器

输入 Turbo 码内交织器的比特表示为 c_0, c_1, \dots, c_{K-1} ，其中 K 为输入比特的数目。Turbo 码内交织器的输出表示为 $c'_0, c'_1, \dots, c'_{K-1}$

输入与输出比特的关系如下：

$$c'_i = c_{\Pi(i)}, i=0, 1, \dots, (K-1)$$

其中，输出序号 i 和输入序号 $\Pi(i)$ 的关系满足如下二次形式，即：

$$\Pi(i) = (f_1 \cdot i + f_2 \cdot i^2) \bmod K \dots\dots\dots (36)$$

式中：

i ——输出序号；

$\Pi(i)$ ——输入序号。

参数 f_1 和 f_2 取决于块大小 K ，如表24所示：

表24 Turbo码内交织器参数

i	K	f_1	f_2	i	K	f_1	f_2	i	K	f_1	f_2	i	K	f_1	f_2
1	40	3	10	48	416	25	52	95	1120	67	140	142	3200	111	240
2	48	7	12	49	424	51	106	96	1152	35	72	143	3264	443	204
3	56	19	42	50	432	47	72	97	1184	19	74	144	3328	51	104
4	64	7	16	51	440	91	110	98	1216	39	76	145	3392	51	212
5	72	7	18	52	448	29	168	99	1248	19	78	146	3456	451	192
6	80	11	20	53	456	29	114	100	1280	199	240	147	3520	257	220
7	88	5	22	54	464	247	58	101	1312	21	82	148	3584	57	336
8	96	11	24	55	472	29	118	102	1344	211	252	149	3648	313	228
9	104	7	26	56	480	89	180	103	1376	21	86	150	3712	271	232
10	112	41	84	57	488	91	122	104	1408	43	88	151	3776	179	236
11	120	103	90	58	496	157	62	105	1440	149	60	152	3840	331	120
12	128	15	32	59	504	55	84	106	1472	45	92	153	3904	363	244
13	136	9	34	60	512	31	64	107	1504	49	846	154	3968	375	248
14	144	17	108	61	528	17	66	108	1536	71	48	155	4032	127	168
15	152	9	38	62	544	35	68	109	1568	13	28	156	4096	31	64
16	160	21	120	63	560	227	420	110	1600	17	80	157	4160	33	130
17	168	101	84	64	576	65	96	111	1632	25	102	158	4224	43	264
18	176	21	44	65	592	19	74	112	1664	183	104	159	4288	33	134
19	184	57	46	66	608	37	76	113	1696	55	954	160	4352	477	408
20	192	23	48	67	624	41	234	114	1728	127	96	161	4416	35	138
21	200	13	50	68	640	39	80	115	1760	27	110	162	4480	233	280
22	208	27	52	69	656	185	82	116	1792	29	112	163	4544	357	142
23	216	11	36	70	672	43	252	117	1824	29	114	164	4608	337	480
24	224	27	56	71	688	21	86	118	1856	57	116	165	4672	37	146
25	232	85	58	72	704	155	44	119	1888	45	354	166	4736	71	444
26	240	29	60	73	720	79	120	120	1920	31	120	167	4800	71	120
27	248	33	62	74	736	139	92	121	1952	59	610	168	4864	37	152
28	256	15	32	75	752	23	94	122	1984	185	124	169	4928	39	462
29	264	17	198	76	768	217	48	123	2016	113	420	170	4992	127	234
30	272	33	68	77	784	25	98	124	2048	31	64	171	5056	39	158
31	280	103	210	78	800	17	80	125	2112	17	66	172	5120	39	80
32	288	19	36	79	816	127	102	126	2176	171	136	173	5184	31	96
33	296	19	74	80	832	25	52	127	2240	209	420	174	5248	113	902
34	304	37	76	81	848	239	106	128	2304	253	216	175	5312	41	166
35	312	19	78	82	864	17	48	129	2368	367	444	176	5376	251	336
36	320	21	120	83	880	137	110	130	2432	265	456	177	5440	43	170
37	328	21	82	84	896	215	112	131	2496	181	468	178	5504	21	86
38	336	115	84	85	912	29	114	132	2560	39	80	179	5568	43	174
39	344	193	86	86	928	15	58	133	2624	27	164	180	5632	45	176
40	352	21	44	87	944	147	118	134	2688	127	504	181	5696	45	178
41	360	133	90	88	960	29	60	135	2752	143	172	182	5760	161	120
42	368	81	46	89	976	59	122	136	2816	43	88	183	5824	89	182
43	376	45	94	90	992	65	124	137	2880	29	300	184	5888	323	184
44	384	23	48	91	1008	55	84	138	2944	45	92	185	5952	47	186
45	392	243	98	92	1024	31	64	139	3008	157	188	186	6016	23	94
46	400	151	40	93	1056	17	66	140	3072	47	96	187	6080	47	190
47	408	155	102	94	1088	171	204	141	3136	13	28	188	6144	263	480

11.1.4 速率匹配

11.1.4.1 Turbo编码传输信道速率匹配

Turbo编码的传输信道的速率匹配以码块为单位进行，过程为：首先将三个信息比特流 $d_k^{(0)}$ 、 $d_k^{(1)}$ 及 $d_k^{(2)}$ 进行交织，然后进行比特收集，最后是循环缓存器的产生，如图13所示。每个码块的输出比特的传输方式见11.1.4.1.2节中描述。

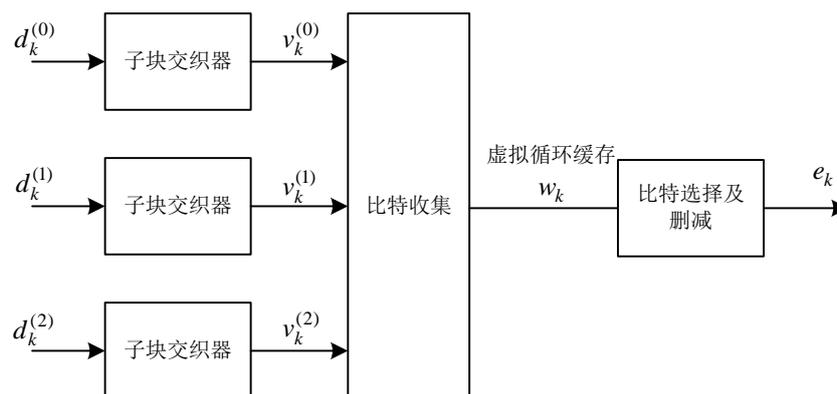


图13 Turbo 编码的传输信道的速率匹配

比特流 $d_k^{(0)}$ 根据 11.1.4.1.1 节中定义的子块交织器进行进行交织，其对应的输出序列定义为 $v_0^{(0)}, v_1^{(0)}, v_2^{(0)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(0)}$ ， K_{Π} 的定义见 11.1.4.1.1 节。

比特流 $d_k^{(1)}$ 根据 11.1.4.1.1 节中定义的子块交织器进行交织，其对应的输出序列定义为 $v_0^{(1)}, v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(1)}$ 。

比特流 $d_k^{(2)}$ 根据 11.1.4.1.1 节中定义的子块交织器进行交织，其对应的输出序列定义为 $v_0^{(2)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(2)}$ 。

用于传输的比特序列 e_k 的生成过程在 11.1.4.1.2 节中给出。

11.1.4.1.1 子块交织器

用 $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$ 表示子块交织器的输入比特， D 为比特数。子块交织器的输出比特序列生成过程为：

- 令 $C_{subblock}^{TC} = 32$ 为矩阵的列数，矩阵的各列序号从左至右为 $0, 1, 2, \dots, C_{subblock}^{TC} - 1$ 。
- 阵的行数 $R_{subblock}^{TC}$ 为满足下式的最小的整数：

$$D \leq (R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$$

矩阵的各行序号从上至下为 $0, 1, 2, \dots, R_{subblock}^{TC} - 1$ 。

- 如果 $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC}) > D$ ，则在头部添加 $N_D = (R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC} - D)$ 个虚比特（dummy bits），使得 $y_k = \langle \text{NULL} \rangle$ ， $k = 0, 1, \dots, N_D - 1$ 。然后， $y_{N_D+k} = d_k^{(i)}$ ($k = 0, 1, \dots, D-1$)，从矩阵 $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ 第 0 行第 0 列位置开始逐行写入比特序列 y_k （从比特 y_0 开始写）。

$$\begin{bmatrix} y_0 & y_1 & y_2 & \cdots & y_{C_{subblock}^{TC}-1} \\ y_{C_{subblock}^{TC}} & y_{C_{subblock}^{TC}+1} & y_{C_{subblock}^{TC}+2} & \cdots & y_{2C_{subblock}^{TC}-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}+1} & y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}+2} & \cdots & y_{(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}-1} \end{bmatrix}$$

对于 $d_k^{(0)}$ 和 $d_k^{(1)}$ ：

- 基于表 25 所示的 $\langle P(j) \rangle_{j \in \{0, 1, \dots, C_{subblock}^{TC}-1\}}$ 的模式，进行矩阵的列间置换，其中 $P(j)$ 表示第 j 个变换列的原始列位置。进行列间置换后的 $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ 维矩阵为：

$$\begin{bmatrix} y_{P(0)} & y_{P(1)} & y_{P(2)} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{TC}-1)} \\ y_{P(0)+C_{subblock}^{TC}} & y_{P(1)+C_{subblock}^{TC}} & y_{P(2)+C_{subblock}^{TC}} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{TC}-1)+C_{subblock}^{TC}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{P(0)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & y_{P(1)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & y_{P(2)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{TC}-1)+(R_{subblock}^{TC}-1) \times C_{subblock}^{TC}} \end{bmatrix}$$

e) 块交织器的输出是从列变换之后的 $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ 维矩阵中逐列读出的比特序列。子块交织的输出比特表示为 $v_0^{(i)}, v_1^{(i)}, v_2^{(i)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(i)}$ ，其中 $v_0^{(i)}$ 对应于 $y_{P(0)}$ ， $v_1^{(i)}$ 对应于 $y_{P(0)+C_{subblock}^{CC}} \dots$ ，且

$$K_{\Pi} = (R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})。$$

对于 $d_k^{(2)}$ ：

f) 用 $v_0^{(2)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(2)}$ 表示子块交织器的输出，其中 $v_k^{(2)} = y_{\pi(k)}$ ，同时

$$\pi(k) = \left(P \left(\left\lfloor \frac{k}{R_{subblock}^{TC}} \right\rfloor \right) + C_{subblock}^{TC} \times (k \bmod R_{subblock}^{TC}) + 1 \right) \bmod K_{\Pi} \dots \dots \dots (37)$$

式中：

P——置换模式。

置换模式 P 的定义见表 25。

表25 子块交织器列间置换模式

列数 $C_{subblock}^{TC}$	列间置换模式 $\langle P(0), P(1), \dots, P(C_{subblock}^{TC} - 1) \rangle$
32	$\langle 0, 16, 8, 24, 4, 20, 12, 28, 2, 18, 10, 26, 6, 22, 14, 30, 1, 17, 9, 25, 5, 21, 13, 29, 3, 19, 11, 27, 7, 23, 15, 31 \rangle$

11.1.4.1.2 比特收集、选择及传输

对应第 r 个码块的长度为 $K_w = 3K_{\Pi}$ 的循环缓存器按如下方式生成：

$$w_k = v_k^{(0)} \quad \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1$$

$$w_{K_{\Pi}+2k} = v_k^{(1)} \quad \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1$$

$$w_{K_{\Pi}+2k+1} = v_k^{(2)} \quad \text{for } k = 0, \dots, K_{\Pi} - 1$$

N_{IR} 表示传输块软缓存的比特长度， N_{cb} 表示第 r 个码块软缓存的比特长度。 N_{cb} 的计算方式为

$$N_{cb} = \min \left(\left\lfloor \frac{N_{IR}}{C} \right\rfloor, K_w \right) \quad \text{对于 Turbo 编码传输信道}$$

其中， C 为 11.1.2 节中计算出的码块的数量， N_{IR} 为

$$N_{IR} = \left\lfloor \frac{N_{soft}}{K_{MIMO} \cdot \min(M_{DL_HARQ}, M_{limit})} \right\rfloor \dots \dots \dots (38)$$

式中：

N_{soft} ——总的软信道比特数。

K_{MIMO} ——取值 1。

M_{DL_HARQ} ——定义的最大 HARQ 进程数。

M_{limit} 为常数 8。

E 表示第 r 个码块的速率匹配的输出序列长度， rv_{idx} 表示该传输的冗余版本号 $rv_{idx}=0$ ，速率匹配的输出序列表示为 $e_k, k = 0, 1, \dots, E - 1$ 。

G 表示一个传输块的总的可用比特数。

令 $G' = G / (N_L \cdot Q_m)$ ，其中 Q_m 在调制方式为 QPSK、16QAM、64QAM 时取值分别为 2、4、6。

a) 当传输块映射到单层传输层时， M 取值为 1，

b) 当传输块映射到 2 层传输层时， M 取值为 2。

令 $\gamma = G' \bmod C$ ，其中 C 为 11.1.2 节中计算出的码块的数量，则 E 的计算方法为：

if $r \leq C - \gamma - 1$

$$\text{设置 } E = N_L \cdot Q_m \cdot \lceil G'/C \rceil$$

else

$$\text{设置 } E = N_L \cdot Q_m \cdot \lceil G'/C \rceil$$

end if

令 $k_0 = R_{subblock}^{TC} \cdot \left(2 \cdot \left\lfloor \frac{N_{cb}}{8R_{subblock}^{TC}} \right\rfloor \cdot rv_{idx} + 2 \right)$ ，其中 $R_{subblock}^{TC}$ 为小节中定义的矩阵行数。速率匹配的输出序列 e_k 的计算方法为：

```

设置  $k = 0, j = 0$ 
while {  $k < E$  }
    if  $w_{(k_0+j) \bmod N_{cb}} \neq \langle NULL \rangle$ 
         $e_k = w_{(k_0+j) \bmod N_{cb}}$ 
         $k = k + 1$ 
    end if
     $j = j + 1$ 
end while

```

11.1.4.2 卷积编码的传输信道和控制信息的速率匹配

卷积编码的传输信道和控制信息的速率匹配如图14所示,包括三个信息比特流 $d_k^{(0)}$, $d_k^{(1)}$ 和 $d_k^{(2)}$ 的交织, 然后是比特收集, 最后是循环缓冲器生成。传输的输出比特见11.1.4.2.2 节中的描述。

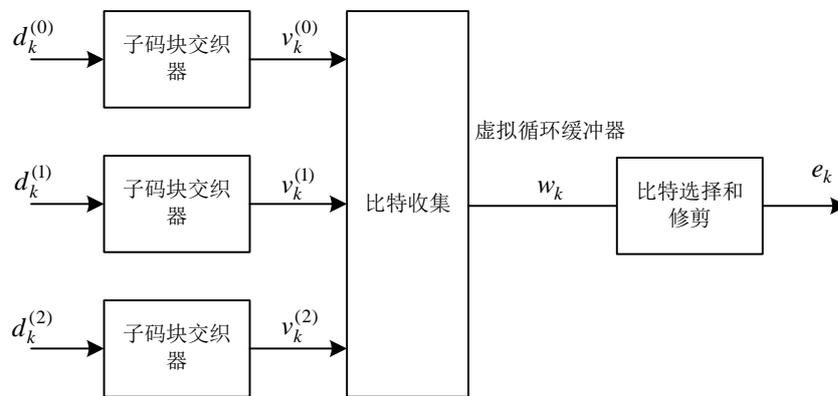


图14 卷积编码的传输信道和控制信息的速率匹配

比特流 $d_k^{(0)}$ 根据 11.1.4.2.1 节定义的子块交织器进行交织, 其输出序列为 $v_0^{(0)}, v_1^{(0)}, v_2^{(0)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(0)}$, 其中 K_{Π} 的定义见 11.1.4.2.1 节。

比特流 $d_k^{(1)}$ 根据 11.1.4.2.1 节定义的子块交织器进行交织, 其输出序列为 $v_0^{(1)}, v_1^{(1)}, v_2^{(1)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(1)}$ 。

比特流 $d_k^{(2)}$ 根据 11.1.4.2.1 节定义的子块交织器进行交织, 其输出序列为 $v_0^{(2)}, v_1^{(2)}, v_2^{(2)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(2)}$ 。

传输的比特序列 e_k 按照 11.1.4.2.2 节描述被生成。

11.1.4.2.1 子块交织器

输入子块交织器的比特表示为 $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$, 其中 D 是比特数目。从子块交织器输出的输出比特序列按照如下描述获得:

- 设矩阵的列数为 $C_{subblock}^{CC} = 32$, 矩阵的列数从左向右依次编号为 $0, 1, 2, \dots, C_{subblock}^{CC} - 1$ 。
- 确定矩阵的行数 $R_{subblock}^{CC}$, 它是满足下式的最小整数, 即:

$$D \leq (R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC}) \dots\dots\dots (39)$$

式中:

矩阵的行从上到下编号为 $0, 1, 2, \dots, R_{subblock}^{CC} - 1$ 。

- 如果 $(R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC}) > D$, 则在头部添加 $N_D = (R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC} - D)$ 个虚比特 (dummy bits), 使得 $y_k = \langle NULL \rangle, k = 0, 1, \dots, N_D - 1$ 。然后, $y_{N_D+k} = d_k^{(i)} (k = 0, 1, \dots, D-1)$, 从矩阵 $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ 第0行第0列位置开始逐行写入比特序列 y_k (从比特 y_0 开始写)。

$$\begin{bmatrix} y_0 & y_1 & y_2 & \cdots & y_{C_{subblock}^{CC}-1} \\ y_{C_{subblock}^{CC}} & y_{C_{subblock}^{CC}+1} & y_{C_{subblock}^{CC}+2} & \cdots & y_{2C_{subblock}^{CC}-1} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & y_{(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}+1} & y_{(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}+2} & \cdots & y_{(R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC}-1)} \end{bmatrix}$$

- d) 基于表 26 所示的 $(P(j))_{j \in \{0,1,\dots,C_{subblock}^{CC}-1\}}$ 的模式, 进行矩阵的列间置换, 其中 $P(j)$ 表示第 j 个变换列的原始列位置。进行列间置换后的 $(R_{subblock}^{TC} \times C_{subblock}^{TC})$ 维矩阵为:

$$\begin{bmatrix} y_{P(0)} & y_{P(1)} & y_{P(2)} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{CC}-1)} \\ y_{P(0)+C_{subblock}^{CC}} & y_{P(1)+C_{subblock}^{CC}} & y_{P(2)+C_{subblock}^{CC}} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{CC}-1)+C_{subblock}^{CC}} \\ \vdots & \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ y_{P(0)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & y_{P(1)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & y_{P(2)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} & \cdots & y_{P(C_{subblock}^{CC}-1)+(R_{subblock}^{CC}-1) \times C_{subblock}^{CC}} \end{bmatrix}$$

- e) 子块交织器的输出是从列变换之后的 $(R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC})$ 维矩阵中逐列读出的比特序列。子块交织的输出比特表示为 $v_0^{(i)}, v_1^{(i)}, v_2^{(i)}, \dots, v_{K_{\Pi}-1}^{(i)}$, 其中 $v_0^{(i)}$ 对应于 $y_{P(0)}$, $v_1^{(i)}$ 对应于 $y_{P(0)+C_{subblock}^{CC}}$ ……, 且 $K_{\Pi} = (R_{subblock}^{CC} \times C_{subblock}^{CC})$ 。

表26 子块交织器列间置换模式

列数 $C_{subblock}^{CC}$	列间置换模式 $\langle P(0), P(1), \dots, P(C_{subblock}^{CC}-1) \rangle$
32	$\langle 1, 17, 9, 25, 5, 21, 13, 29, 3, 19, 11, 27, 7, 23, 15, 31, 0, 16, 8, 24, 4, 20, 12, 28, 2, 18, 10, 26, 6, 22, 14, 30 \rangle$

该子块交织器也被用做 PCCH 调制符号的交织。在 PCCH 调制符号的交织中, 输入比特序列由 PCCH 符号四元组组成。

11.1.4.2.2 比特收集, 选择及传输

长度为 $K_w = 3K_{\Pi}$ 的循环缓冲器生成方式如下:

$$\begin{aligned} w_k &= v_k^{(0)} & k &= 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \\ w_{K_{\Pi}+k} &= v_k^{(1)} & k &= 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \\ w_{2K_{\Pi}+k} &= v_k^{(2)} & k &= 0, \dots, K_{\Pi} - 1 \end{aligned}$$

E 表示速率匹配输出序列长度, 速率匹配输出比特序列为 e_k , $k = 0, 1, \dots, E - 1$ 。

设置 $k = 0, j = 0$

while { $k < E$ }

if $w_{j \bmod K_w} \neq \langle NULL \rangle$

$e_k = w_{j \bmod K_w}$

$k = k + 1$

end if

$j = j + 1$

end while

11.1.5 码块级联

码块级联块的输入比特序列表示为 e_{rk} , $r = 0, \dots, C - 1$ 和 $k = 0, \dots, E_r - 1$ 。码块级联块的输出比特序列表示为 f_k , $k = 0, \dots, G - 1$ 。

码块级联包括依次级联不同码块的速率匹配输出。因此,

设置 $k = 0, r = 0$

while $r < C$

Set $j = 0$

```

while  $j < E_r$ 
     $f_k = e_{rj}$ 
     $k = k + 1$ 
     $j = j + 1$ 
end while
 $r = r + 1$ 
end while

```

11.2 物理广播信道

图 15 给出了广播信道 BCH 的处理结构。到达编码单元的数据，一个 TTI (5ms) 中最多有一个传输块，其编码流程如下：

- 向传输块添加 CRC
- 信道编码
- 速率匹配

广播信道 BCH 的编码步骤如下图所示：

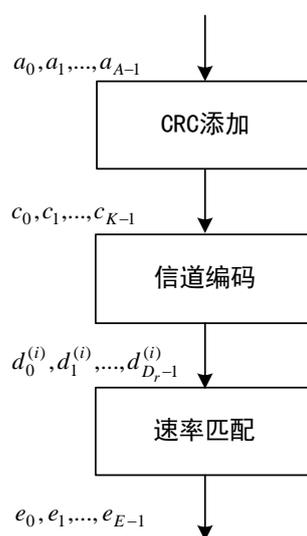


图15 传输信道 BCH 的处理流程

11.2.1 传输块 CRC 添加

BCH 传输块的错误检测通过 CRC 提供。

使用整个传输块来计算 CRC 校验比特。一个传输块送到物理层的比特记为 $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{A-1}$ ，校验比特为 $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots, p_{L-1}$ ，A 是传输块大小，L 是校验比特的数目。最低信息位 a_0 对应于传输块的最高有效位。校验比特按照 11.1.1 节中的描述进行计算并添加到 BCH 传输块中，并使用生成多项式 gCRC24A(D)。

11.2.2 信道编码

信息比特被送入信道编码模块。这些比特表示为 $c_0, c_1, c_2, c_3, \dots, c_{K-1}$ ，其中 K 是比特数目。这些比特按照 11.1.3.2 节中的描述进行 Turbo 编码。

信道编码后的比特表示为 $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, d_3^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$ ($i = 0, 1, 2$)，D 是每一个编码流中的比特数，即 $D = K + 4$ 。

11.2.3 速率匹配

Turbo 编码后的比特块被输入速率匹配单元， $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, d_3^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$ 表示输入比特，其中 $i = 0, 1$, and 2，i 是编码流序号，D 是每个编码流中的比特数目。码块按照 11.1.4.1 节的描述进行速率匹配。

速率匹配之后的比特表示为 $e_0, e_1, e_2, e_3, \dots, e_{E-1}$ ，其中是E速率匹配比特数，定义见参考 11.1.4.1 节。

11.3 物理传输信道

图 16 给出了传输信道 (TCH) 各传输块的处理结构。到达编码单元的数据，一个 TTI 中最多有两个传输块。各传输块的编码流程如下：

- 向传输块添加 CRC；
- 码块分段以及码块 CRC 添加；
- 信道编码；
- 速率匹配；
- 码块级联。

传输信道 TCH 的编码流程如下图所示：

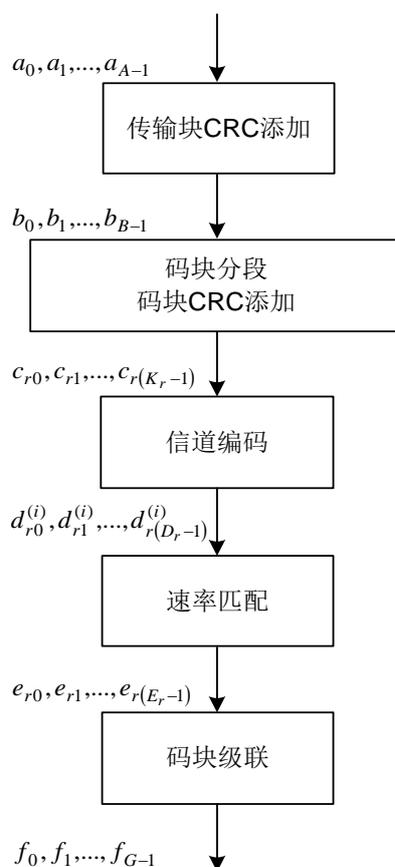


图16 传输信道 TCH 的处理流程

11.3.1 传输块循环冗余校验添加

传输块的错误检测由 CRC 提供。

使用整个传输块来计算 CRC 校验比特。送到层 1 的一个传输块的比特表示为 $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{A-1}$ ，校验比特为 $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots, p_{L-1}$ ，其中，A 为传输块的大小，L 为校验比特数。最低信息位 a_0 对应于传输块的最高有效位。

校验比特按照 11.1.1 节的描述进行计算并添加到传输块中，设置 L 为 24 比特，并使用生成多项式 $g_{CRC24A}(D)$ 。

11.3.2 码块分段与码块 CRC 添加

输入到码块分段的比特表示为 $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ ，其中 B 是传输块（包括 CRC）中的比特数。

码块分段和码块 CRC 添加按照 11.1.2 小节的描述进行处理。码块分段之后的比特表示为 $c_{r0}, c_{r1}, c_{r2}, c_{r3}, \dots, c_{r(K_r-1)}$ ，其中 r 是码块号， K_r 是码块 r 中的比特数。

11.3.3 信道编码

码块被送入信道编码模块。码块分段之后的比特表示为 $c_{r0}, c_{r1}, c_{r2}, c_{r3}, \dots, c_{r(K_r-1)}$ ，其中 r 为码块号， K_r 是码块 r 中的比特数，总码块数为 C ，每个码块按照 11.1.3.2 节中的描述单独进行 Turbo 编码。

信道编码之后的比特表示为 $d_{r0}^{(i)}, d_{r1}^{(i)}, d_{r2}^{(i)}, d_{r3}^{(i)}, \dots, d_{r(D_r-1)}^{(i)}$ ， $i = 0, 1, 2$ ，其中 D_r 是码块 r 的第 i 个编码流的比特数，即 $D_r = K_r + 4$ 。

11.3.4 速率匹配

Turbo 编码之后的比特块被送入速率匹配单元，表示为 $d_{r0}^{(i)}, d_{r1}^{(i)}, d_{r2}^{(i)}, d_{r3}^{(i)}, \dots, d_{r(D_r-1)}^{(i)}$ ，其中 $i = 0, 1, 2$ ， r 为码块序号， i 是编码流序号， D_r 是码块 r 的每个编码流的比特数，总码块数为 C ，每个码块按照 11.1.4.1 节中的描述独立地进行速率匹配。

速率匹配之后的比特表示为 $e_{r0}, e_{r1}, e_{r2}, e_{r3}, \dots, e_{r(E_r-1)}$ ，其中 r 为码块序号， E_r 为码块 r 速率匹配之后的比特数。

11.3.5 码块级联

输入码块级联单元的比特表示为 $e_{r0}, e_{r1}, e_{r2}, e_{r3}, \dots, e_{r(E_r-1)}$ ($r = 0, \dots, C - 1$)，其中 E_r 为第 r 个码块的速率匹配的比特数目。

码块级联按照 11.1.5 节描述进行。

码块级联后的比特表示为 $f_0, f_1, f_2, f_3, \dots, f_{G-1}$ ，其中 G 为用于传输的编码比特总数目。与一个码块级联后的传输块想对应的这个编码序列，可以认为是码字。

11.4 物理控制信道

DCI 传输针对一个 RNTI 的调度信息。RNTI 被隐式地编码在 CRC 中。

图 17 给出了 DCI 的处理结构。编码流程如下：

- 信息单元复用；
- CRC 添加；
- 信道编码；
- 速率匹配。

DCI 的编码步骤如下图所示：

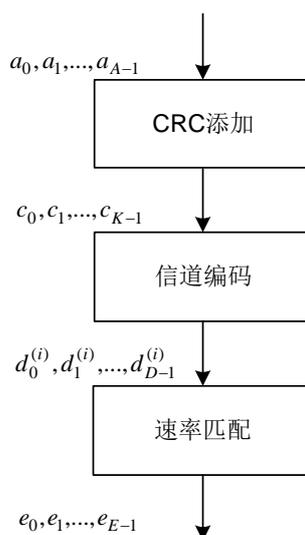


图17 DCI 的处理

11.4.1 DCI 格式

下面的 DCI 格式中定义的字段对应于信息比特 a_0 到 a_{A-1} 。

每一个字段（如果有的话，填充的 0 比特也包括在内）按照下面描述中出现的顺序来进行映射，第一个字段映射到最低信息位 a_0 ，接下来的字段映射到高信息位。每一个字段的最高有效位映射到对应字段的最低信息位，例如，第一个字段的最高有效位映射到 a_0 。

11.4.1.1 格式 PC

下面的信息通过 DCI 格式 PC 进行传输：

- 格式 PC 和格式 1A 区分标志 ——1 比特，其中，“0”表示格式 PC，“1”表示格式 1A；
- CQI——16 比特，其中，单个宽带 CQI 放置在高四位；
- RI ——1 比特；
- 定时同步成功标志——1 比特；
- 预留——2 比特。

11.4.1.2 格式 1A

DCI 格式 1A 用于一个 PDCCH 码字和由一个 PDCCH 命令发起的调度。

下面的信息通过 DCI 格式 1A 进行传输：

- 格式 PC 和格式 1A 区分标志 ——1 比特，其中，“0”表示格式 PC，“1”表示格式 1A；
- 集中式/分布式 VRB 分配标志——1 比特，目前固定采用集中式分配方式；
- 资源块分配—— $\lceil \log_2(N_{RB}(N_{RB} + 1)/2) \rceil$ 比特；
- 调制与编码方案——5 比特；
- HARQ 进程数——4 比特；
- 新数据指示 1——1 比特；
- 新数据指示 2——1 比特；
- 预留——3 比特（1.4MHz/5MHz/10MHz），2 比特（3MHz/20MHz）。

11.4.1.3 格式 2A

下面的信息通过 DCI 格式 2A 传输：

- 资源块分配—— $\lceil \log_2(N_{RB}(N_{RB} + 1)/2) \rceil$ 比特

此外，对于传输块 1：

- 调制与编码方案——5 比特
- 新数据指示 1——1 比特
- HARQ 进程数——4 比特
- 新数据指示 2——1 比特
- 预留——2 比特

对于传输块 2：

- 调制与编码方案——5 比特
- 新数据指示 1——1 比特
- HARQ 进程数——4 比特
- 新数据指示 2——1 比特
- 预留——2 比特

对于使用两根天线端口的传输，如果使用两个码字传输，则传输的层数为 2；如果码字 0 激活，而码字 1 未激活，则使用发射分集。

11.4.2 CRC 添加

通过循环冗余检查（CRC）来对 DCI 传输提供出错检查。

整个 PDCCH 载荷用于计算 CRC 奇偶校验比特。PDCCH 载荷比特表示为 $a_0, a_1, a_2, a_3, \dots, a_{A-1}$ ，奇

偶校验比特表示为 $p_0, p_1, p_2, p_3, \dots, p_{L-1}$ 。其中， A 为PCCH的载荷大小，而 L 为奇偶校验比特数。

根据 11.1.1 节计算奇偶校验比特，并进行 CRC 添加，设置 L 为 16 比特，得到序列 $b_0, b_1, b_2, b_3, \dots, b_{B-1}$ ，其中： $B = A + L$ 。

当没有配置节点发射天线选择或节点发射天线选择不可用时，在 CRC 添加后，使用相应的 RNTI $x_{rnti,0}, x_{rnti,1}, \dots, x_{rnti,15}$ 对 CRC 的奇偶校验位进行加扰，形成比特序列 $c_0, c_1, c_2, c_3, \dots, c_{B-1}$ ，其中， $x_{rnti,0}$ 是该 RNTI 的最高位。 c_k 和 b_k 的关系为：

$$\begin{aligned} c_k &= b_k && \text{当 } k = 0, 1, 2, \dots, A-1 \text{ 时} \\ c_k &= (b_k + x_{rnti,k-A}) \bmod 2 && \text{当 } k = A, A+1, A+2, \dots, A+15 \text{ 时} \end{aligned}$$

11.4.3 信道编码

信息比特会被传递给信道编码块，表示为 $c_0, c_1, c_2, c_3, \dots, c_{K-1}$ ，其中 K 是比特数，并根据 11.1.3.1 节给出的尾比特卷积编码对其进行编码。

编码后的比特表示为 $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, d_3^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$ ，其中 $i = 0, 1, \text{和 } 2$ ， D 是第 i 个码流的比特数，即 $D = K$ 。

11.4.4 速率匹配

一个尾比特卷积编码块将被传递给速率匹配块，编码后的比特表示为 $d_0^{(i)}, d_1^{(i)}, d_2^{(i)}, d_3^{(i)}, \dots, d_{D-1}^{(i)}$ ，其中 $i = 0, 1, \text{和 } 2$ ，是码流的编号； D 是每个码流的比特数。这个编码块根据 11.1.4.2 节中定义进行速率匹配。

速率匹配后，比特序列表示为 $e_0, e_1, e_2, e_3, \dots, e_{E-1}$ ，其中 E 是速率匹配后的比特数。

12 同步过程

12.1 小区搜索

小区搜索过程就是新接入节点取得和已入网节点时间和频域同步，并检测物理层小区 ID 的过程。小区搜索支持不同的传输带宽，对应 6 个资源块或者以上。

小区搜索通过同步信号实现：主同步信号和次同步信号。

12.2 时间同步

12.2.1 无线信道检测

节点针对接收一跳邻节点的无线信道质量进行检测，但不会向高层报告同步状态，未同步/已同步，而是通过规定时间内是否接收到系统消息 SIB2 来识别，由 ERRC 进行判断，若未收到，则将该邻节点从一跳邻节点列表中剔除。

12.2.2 全网络定时同步

所有在网节点的定时保持大致对齐，包含如下流程：

1) 选择一个在网节点（主控节点）的本地定时作为全网的基准定时，其他在网节点均以该基准定时为目标调整自身定时，以实现全网节点的定时大致对齐；

2) 新节点（非主控节点）在接入网络时，需要将本地定时调整至与被接入节点对齐，使得新节点在入网时的初始定时就能够与全网基准定时保持大致对齐。

13 随机接入过程

在进行初始化的物理随机接入过程之前，节点先确定如下信息：

随机接入信道参数（PRACH 时域和频率位置），由上层配置。

用于决定小区中根序列及其在前导序列集合中的循环移位值的参数（逻辑根序列表格索引、循环移位 N_{CS} 、集合类型（受限集合和非受限集合））。

根据接入密钥确定 PRACH 频域起始位置：

由于 P-PRACH 频域占 6 个 RB，所以系统带宽对应的可用 P-PRACH 频域资源个数如下表所示：

表27 P-PRACH 频谱资源个数

带宽 (RB)	可用 P-PRACH 发送的频域资源个数 $N_{freqpos}$
6	1
15	2
25	4
50	8
100	16

则频域起始位置：

$$n_{start_rb} = (((key \% (N_{freqpos} \times 32)) / 32) \% N_{freqpos}) * 6 \dots\dots\dots (40)$$

式中：

$N_{freqpos}$ ——频域资源个数。

PRACH 时域位置位于无线帧内的子帧 2、3。

13.1 物理层随机接入过程

从物理层来看，物理层随机接入过程包括随机接入前导的发送以及随机接入响应。被高层调度到数据信道的剩余消息传输未包括在物理层随机接入过程中。一个随机接入信道占用预留给随机接入前导传输的一个或一系列连续子帧中的 6 个资源块。

物理层随机接入过程包括以下几个步骤：

高层前导发送请求触发物理层过程。

高层请求中包括前导序号、目标前导传输功率 (PREAMBLE_RECEIVED_TARGET_POWER)、爬坡功率、发送 PRACH 的无线帧、关联的随机接入无线网络标识 (RA-RNTI)。

前导传输功率 PPRACH 由下式决定，

$PPRACH = \min\{P_{CMAX}, PREAMBLE_RECEIVED_TARGET_POWER + PL\}$ [dBm]，其中 P_{CMAX} 是配置的最大传输功率，PL 是节点估计的接收路径损耗。

使用前导序号在前导序列集合中选择前导序列。

使用选中的前导序列，在指定的 PRACH 资源上，使用传输功率 PPRACH 进行一次前导传输。

在被接入节点所占无线帧的某个子帧 n ($n=2$) 中尝试检测与 RA-RNTI 关联的 PCCH。如果检测到，那么相应的传输块被送往高层。随机接入响应所在无线帧位于 PRACH 所在无线帧的下一个不相邻的无线帧上，PRACH 所在无线帧和随机接入响应所在无线帧均为被接入节点占用的无线帧。

13.1.1 定时

对于物理层随机接入过程，随机接入前导发送以后的发送传输定时步骤如下：

如果在子帧 n 中检测到与 RA-RNTI 关联的 PCCH，并且对应的传输块中包括一个已传输前导序列的响应，则物理层上报给高层，高层下发 Temp-C-RNTI 并指示随机接入过程成功，后续物理层根据无线帧占用情况在本节点占用无线帧的子帧上报对应的 GRANT，高层组织好数据后在对应的子帧发送 MSG3。物理层从 RAR PDU 中解析出 NewNodeTimingAdj，并按照这个调整量进行本地定时调整，以保证本地定时与被接入节点的定时对齐，后续发送 MSG3 以此定时进行发送。

如果在子帧 n 中接收到一个随机接入响应，并且对应的传输块中不包含已传前导序列的响应，则如果上层请求，物理层仍然根据上层指示在新的资源上传输一个新的前导序列。

如果在子帧 n 中没有接收到随机接入响应，如果上层请求，物理层仍然根据上层指示在新的资源上传输一个新的前导序列。

14 物理传输信道相关调度

14.1 物理传输信道的调度

单节点单载波单码字的 HARQ 进程最大数目为 16。

广播不做 HARQ，不包含在以上 HARQ 最大进程数的规定内。

根据在子帧中检测到的具有 DCI 格式 1A, 2A 的 PCCH，使用上层定义的传输块数目限制条件来解码在同一子帧中相应的 PTCH。

如果节点被高层设置解码具有用 SI-RNTI 或 RA-RNTI 或临时 C-RNTI 扰码 CRC 的 PCCH 时，将根据表 28 中定义的组合来解码 PCCH 和对应的 PTCH。对应于这些 PCCH 的 PTCH 用 SI-RNTI 或 RA-RNTI 或临时 C-RNTI 来进行扰码初始化。

表28 配置 SI-RNTI/RA-RNTI/Temp-C-RNTI 的 PCCH 和 PTCH

DCI 格式	搜索空间	对应 PCCH 的 PTCH 的传输机制
DCI 格式 1A	公共	节点设置传输模式 1 时，则使用单天线端口，端口 0。否则，使用传输分集。

如果节点被高层配置解码具有用 C-RNTI 扰码的 CRC 的 PCCH，将按照表 29 中的定义解码 PCCH 和任意与之对应的 PTCH。与 PCCH 对应的 PTCH 通过 C-RNTI 进行扰码初始化。广播业务在 DRB7 上承载，处理广播业务数据时，广播 RNTI 的处理与 C-RNTI 一致。

表29 配置 C-RNTI 的 PCCH 和 PTCH

传输模式	DCI 格式	搜索空间	对应 PCCH 的 PTCH 的传输机制
模式 1	DCI 格式 1A	公共	单天线端口，端口 0
模式 2	DCI 格式 1A	公共	传输分集
模式 3	DCI 格式 1A	公共	传输分集
	DCI 格式 2A	公共	空间复用

14.1.1 单天线端口

在 PTCH 单天线端口传输方案（端口 0）下，节点可以假设 PTCH 上的传输将按照 8.2.4.1 节来执行。

14.1.2 传输分集

在 PTCH 传输分集方案下，节点可假设 PTCH 上的传输将按照 0 节来执行。

14.1.3 空间复用方案

对于 PTCH 的空间复用传输方案，节点可假设 PTCH 上的传输将根据 8.2.4.2 节中对可用传输层数目的定义来执行。

14.1.4 资源分配

节点根据检测到的 PCCH DCI 格式对于资源分配域进行解释。在每一个 PCCH 中的资源分配域包含现有资源分配的信息。如果控制信息未能检测到，节点应该在对应的 PCCH 中丢弃 PTCH 资源分配。

资源分配信息向被调度节点指示一系列连续分配的局部的虚拟资源块。节点的局部虚拟资源块分配变化范围为从单个虚拟资源块到跨越整个系统带宽的最大数目的虚拟资源块。节点的分布虚拟资源块分配的变化范围从单个 VRB 到 N_{VRB} 个 VRB。资源分配域包含一个对应于资源块起点 RB_{start} 的资源指示

值(RIV)以及一个连续分配资源块的长度 L_{CRBs} 。资源指示值定义如下:

如果 $(L_{CRBs} - 1) \leq \lfloor N_{RB}/2 \rfloor$, 则:

$$RIV = N_{RB}(L_{CRBs} - 1) + RB_{start}$$

否则

$$RIV = N_{RB}(N_{RB} - L_{CRBs} + 1) + (N_{RB} - 1 - RB_{start})$$

其中 $L_{CRBs} \geq 1$ 不能超过 $N_{VRB} - RB_{start}$ 。

14.1.5 调制阶数和传输块大小的确定

为了确定调制阶数以及物理传输信道中传输块大小, 首先需要,

在 DCI 中读取 5-bit 的“调制编码方案”域 (I_{MCS})

其次, 确定传输的 PRB 大小, 各信道带宽和 PRB 的对应关系见表 3, 其中子帧 0/5 传输 MIB 的子帧需要减去 6RB。

14.1.5.1 调制阶数的决定

如果 DCI 的 CRC 用 RA-RNTI, 或者 SI-RNTI 或者 Temp-C-RNTI 进行扰码, 在物理传输信道中节点使用 $Q_m = 2$ 作为编码阶数, 否则使用 I_{MCS} 和表 30 来决定编码阶数(Q_m)。

表30 PTCH 调制与 TBS 序号表

MCS 序号 I_{MCS}	调制阶数 Q_m	TBS 序号 I_{TBS}
0	2	0
1	2	1
2	2	2
3	2	3
4	2	4
5	2	5
6	2	6
7	2	7
8	2	8
9	2	9
10	4	9
11	4	10
12	4	11
13	4	12
14	4	13
15	4	14
16	4	15
17	6	15
18	6	16
19	6	17
20	6	18
21	6	19

表30 PTCH调制与TBS序号表（续）

MCS 序号 I_{MCS}	调制阶数 Q_m	TBS 序号 I_{TBS}
22	6	20
23	6	21
24	6	22
25	6	23
26	6	24
27	6	25
28	6	26
29	2	预留
30	4	
31	6	

14.1.5.2 传输块大小的决定

不管 DCI 的 CRC 用何种 RNTI 进行扰码，对于 DCI 格式 1A 和 DCI 格式 2A：

如果 $0 \leq I_{MCS} \leq 28$ ，将首先用 I_{MCS} 和表 30 来决定其 TBS 序号 (I_{TBS})，除非在 DCI 格式 1A, 2A 中传输块被禁用。

如果 $29 \leq I_{MCS} \leq 31$ ，则该传输块被禁用。

对于 $1 \leq N_{PRB} \leq 110$ ，TBS 由表 31 中 (I_{TBS}, N_{PRB}) 来决定。如果从表 31 中获取到的 TBS 有效信道编码速率高于 0.930，则根据 TBS 不超过 (物理信道可承载比特数乘以 0.930) 从表 31 中选取 TBS。

表31 子帧结构 1 的传输块大小表 (27×110 维)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
0	16	32	56	88	120	152	176	208	224	256
1	24	56	88	144	176	208	224	256	328	344
2	32	72	144	176	208	256	296	328	376	424
3	40	104	176	208	256	328	392	440	504	568

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
4	56	120	208	256	328	408	488	552	632	696
5	72	144	224	328	424	504	600	680	776	872
6	328	176	256	392	504	600	712	808	936	1032
7	104	224	328	472	584	712	840	968	1096	1224
8	120	256	392	536	680	808	968	1096	1256	1384
9	136	296	456	616	776	936	1096	1256	1416	1544
10	144	328	504	680	872	1032	1224	1384	1544	1736
11	176	376	584	776	1000	1192	1384	1608	1800	2024
12	208	440	680	904	1128	1352	1608	1800	2024	2280
13	224	488	744	1000	1256	1544	1800	2024	2280	2536
14	256	552	840	1128	1416	1736	1992	2280	2600	2856
15	280	600	904	1224	1544	1800	2152	2472	2728	3112
16	328	632	968	1288	1608	1928	2280	2600	2984	3240
17	336	696	1064	1416	1800	2152	2536	2856	3240	3624
18	376	776	1160	1544	1992	2344	2792	3112	3624	4008
19	408	840	1288	1736	2152	2600	2984	3496	3880	4264
20	440	904	1384	1864	2344	2792	3240	3752	4136	4584
21	488	1000	1480	1992	2472	2984	3496	4008	4584	4968
22	520	1064	1608	2088	2664	3240	3752	4264	4776	5352
23	552	1128	1736	2088	2856	3240	4008	4584	4968	5736
24	584	1192	1800	2088	2984	3240	4264	4968	5160	5992

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	1	2	3	4	5	6	7	8	9	10
25	616	1256	1864	2088	3112	3240	4392	5160	5160	6200
26	712	1480	2088	2088	3240	3240	5160	5160	5160	7480
I_{TBS}	N_{PRB}									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
0	288	328	344	376	392	424	456	488	504	536
1	376	424	456	488	520	568	600	632	680	712
2	472	520	568	616	648	696	744	776	840	872
3	616	680	744	808	872	904	968	1032	1096	1160
4	776	840	904	1000	1064	1128	1192	1288	1352	1416
5	968	1032	1128	1224	1320	1384	1480	1544	1672	1736
6	1128	1224	1352	1480	1544	1672	1736	1864	1992	2088
7	1320	1480	1608	1672	1800	1928	2088	2216	2344	2472
8	1544	1672	1800	1928	2088	2216	2344	2536	2664	2792
9	1736	1864	2024	2216	2344	2536	2664	2856	2984	3112
10	1928	2088	2280	2472	2664	2792	2984	3112	3368	3496
11	2216	2408	2600	2792	2984	3240	3496	3624	3880	4008
12	2472	2728	2984	3240	3368	3624	3880	4136	4392	4584
13	2856	3112	3368	3624	3880	4136	4392	4584	4968	5160
14	3112	3496	3752	4008	4264	4584	4968	5160	5544	5736
15	3368	3624	4008	4264	4584	4968	5160	5544	5736	6200
16	3624	3880	4264	4584	4968	5160	5544	5992	6200	6456

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	11	12	13	14	15	16	17	18	19	20
17	4008	4392	4776	5160	5352	5736	6200	6456	6712	7224
18	4392	4776	5160	5544	5992	6200	6712	7224	7480	7992
19	4776	5160	5544	5992	6456	6968	7224	7736	8248	8504
20	5160	5544	5992	6456	6968	7480	7992	8248	8760	9144
21	5544	5992	6456	6968	7480	7992	8504	9144	9528	9912
22	5992	6456	6968	7480	7992	8504	9144	9528	10296	10680
23	6200	6968	7480	7992	7992	9144	9912	10296	10296	11448
24	6712	7224	7480	7992	7992	9912	10296	11064	11064	12216
25	6968	7480	7480	7992	7992	10296	10680	11064	11064	12576
26	8248	7480	7480	7992	7992	11832	12576	11064	11064	14688
I_{TBS}	N_{PRB}									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
0	568	600	616	648	680	712	744	776	776	808
1	744	776	808	872	904	936	968	1000	1032	1064
2	936	968	1000	1064	1096	1160	1192	1256	1288	1320
3	1224	1256	1320	1384	1416	1480	1544	1608	1672	1736
4	1480	1544	1608	1736	1800	1864	1928	1992	2088	2152
5	1864	1928	2024	2088	2216	2280	2344	2472	2536	2664
6	2216	2280	2408	2472	2600	2728	2792	2984	2984	3112
7	2536	2664	2792	2984	3112	3240	3368	3368	3496	3624
8	2984	3112	3240	3368	3496	3624	3752	3880	4008	4264

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	21	22	23	24	25	26	27	28	29	30
9	3368	3496	3624	3752	4008	4136	4264	4392	4584	4776
10	3752	3880	4008	4264	4392	4584	4776	4968	5160	5352
11	4264	4392	4584	4776	4968	5352	5544	5736	5992	5992
12	4776	4968	5352	5544	5736	5992	6200	6456	6712	6712
13	5352	5736	5992	6200	6456	6712	6968	7224	7480	7736
14	5992	6200	6456	6968	7224	7480	7736	7992	8248	8504
15	6456	6712	6968	7224	7736	7992	8248	8504	8760	9144
16	6712	7224	7480	7736	7992	8504	8760	9144	9528	9912
17	7480	7992	8248	8760	9144	9528	9912	10296	10296	10680
18	8248	8760	9144	9528	9912	10296	10680	11064	11448	11832
19	9144	9528	9912	10296	10680	11064	11448	12216	12576	12960
20	9912	10296	10680	11064	11448	12216	12576	12960	13536	14112
21	10680	11064	11448	12216	12576	12960	13536	14112	14688	15264
22	11448	11832	12576	12960	13536	14112	14688	15264	15840	16416
23	12216	12576	12960	13536	14112	14688	15264	15840	16416	16992
24	12960	13536	13536	14112	14112	15840	16416	16992	17568	18336
25	13536	13536	13536	14112	14112	16416	16992	17568	18336	19080
26	15264	13536	13536	14112	14112	19080	19848	20616	21384	22152
I_{TBS}	N_{PRB}									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
0	840	872	904	936	968	1000	1032	1032	1064	1096

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
1	1128	1160	1192	1224	1256	1288	1352	1384	1416	1416
2	1384	1416	1480	1544	1544	1608	1672	1672	1736	1800
3	1800	1864	1928	1992	2024	2088	2152	2216	2280	2344
4	2216	2280	2344	2408	2472	2600	2664	2728	2792	2856
5	2728	2792	2856	2984	3112	3112	3240	3368	3496	3496
6	3240	3368	3496	3496	3624	3752	3880	4008	4136	4136
7	3752	3880	4008	4136	4264	4392	4584	4584	4776	4968
8	4392	4584	4584	4776	4968	4968	5160	5352	5544	5544
9	4968	5160	5160	5352	5544	5736	5736	5992	6200	6200
10	5544	5736	5736	5992	6200	6200	6456	6712	6712	6968
11	6200	6456	6712	6968	6968	7224	7480	7736	7736	7992
12	6968	7224	7480	7736	7992	8248	8504	8760	8760	9144
13	7992	8248	8504	8760	9144	9144	9528	9912	9912	10296
14	8760	9144	9528	9912	9912	10296	10680	11064	11064	11448
15	9528	9912	10296	10296	10680	11064	11448	11832	11832	12216
16	9912	10296	10680	11064	11448	11832	12216	12216	12576	12960
17	11064	11448	11832	12216	12576	12960	13536	13536	14112	14688
18	12216	12576	12960	13536	14112	14112	14688	15264	15264	15840
19	13536	13536	14112	14688	15264	15264	15840	16416	16992	16992
20	14688	14688	15264	15840	16416	16992	16992	17568	18336	18336
21	15840	15840	16416	16992	17568	18336	18336	19080	19848	19848

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	31	32	33	34	35	36	37	38	39	40
22	16992	16992	17568	18336	19080	19080	19848	20616	21384	21384
23	17568	18336	19080	19848	19848	20616	21384	22152	22152	22920
24	19080	19848	19848	20616	21384	22152	22920	22920	23688	24496
25	19848	20616	20616	21384	22152	22920	23688	24496	24496	25456
26	22920	23688	24496	25456	25456	26416	27376	28336	29296	29296
I_{TBS}	N_{PRB}									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
0	1128	1160	1192	1224	1256	1256	1288	1320	1352	1384
1	1480	1544	1544	1608	1608	1672	1736	1736	1800	1800
2	1800	1864	1928	1992	2024	2088	2088	2152	2216	2216
3	2408	2472	2536	2536	2600	2664	2728	2792	2856	2856
4	2984	2984	3112	3112	3240	3240	3368	3496	3496	3624
5	3624	3752	3752	3880	4008	4008	4136	4264	4392	4392
6	4264	4392	4584	4584	4776	4776	4968	4968	5160	5160
7	4968	5160	5352	5352	5544	5736	5736	5992	5992	6200
8	5736	5992	5992	6200	6200	6456	6456	6712	6968	6968
9	6456	6712	6712	6968	6968	7224	7480	7480	7736	7992
10	7224	7480	7480	7736	7992	7992	8248	8504	8504	8760
11	8248	8504	8760	8760	9144	9144	9528	9528	9912	9912
12	9528	9528	9912	9912	10296	10680	10680	11064	11064	11448
13	10680	10680	11064	11448	11448	11832	12216	12216	12576	12960

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	41	42	43	44	45	46	47	48	49	50
14	11832	12216	12216	12576	12960	12960	13536	13536	14112	14112
15	12576	12960	12960	13536	13536	14112	14688	14688	15264	15264
16	13536	13536	14112	14112	14688	14688	15264	15840	15840	16416
17	14688	15264	15264	15840	16416	16416	16992	17568	17568	18336
18	16416	16416	16992	17568	17568	18336	18336	19080	19080	19848
19	17568	18336	18336	19080	19080	19848	20616	20616	21384	21384
20	19080	19848	19848	20616	20616	21384	22152	22152	22920	22920
21	20616	21384	21384	22152	22920	22920	23688	24496	24496	25456
22	22152	22920	22920	23688	24496	24496	25456	25456	26416	27376
23	23688	24496	24496	25456	25456	26416	27376	27376	28336	28336
24	25456	25456	26416	26416	27376	28336	28336	29296	29296	30576
25	26416	26416	27376	28336	28336	29296	29296	30576	31704	31704
26	30576	30576	28336	28336	30576	30576	30576	30576	31704	31704
I_{TBS}	N_{PRB}									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
0	1416	1416	1480	1480	1544	1544	1608	1608	1608	1672
1	1864	1864	1928	1992	1992	2024	2088	2088	2152	2152
2	2280	2344	2344	2408	2472	2536	2536	2600	2664	2664
3	2984	2984	3112	3112	3240	3240	3368	3368	3496	3496
4	3624	3752	3752	3880	4008	4008	4136	4136	4264	4264
5	4584	4584	4776	4776	4776	4968	4968	5160	5160	5352

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	51	52	53	54	55	56	57	58	59	60
6	5352	5352	5544	5736	5736	5992	5992	5992	6200	6200
7	6200	6456	6456	6712	6712	6712	6968	6968	7224	7224
8	7224	7224	7480	7480	7736	7736	7992	7992	8248	8504
9	7992	8248	8248	8504	8760	8760	9144	9144	9144	9528
10	9144	9144	9144	9528	9528	9912	9912	10296	10296	10680
11	10296	10680	10680	11064	11064	11448	11448	11832	11832	12216
12	11832	11832	12216	12216	12576	12576	12960	12960	13536	13536
13	12960	13536	13536	14112	14112	14688	14688	14688	15264	15264
14	14688	14688	15264	15264	15840	15840	16416	16416	16992	16992
15	15840	15840	16416	16416	16992	16992	17568	17568	18336	18336
16	16416	16992	16992	17568	17568	18336	18336	19080	19080	19848
17	18336	19080	19080	19848	19848	20616	20616	20616	21384	21384
18	19848	20616	21384	21384	22152	22152	22920	22920	23688	23688
19	22152	22152	22920	22920	23688	24496	24496	25456	25456	25456
20	23688	24496	24496	25456	25456	26416	26416	27376	27376	28336
21	25456	26416	26416	27376	27376	28336	28336	29296	29296	30576
22	27376	28336	28336	29296	29296	30576	30576	31704	31704	32856
23	29296	29296	30576	30576	31704	31704	32856	32856	34008	34008
24	31704	31704	32856	32856	34008	34008	35160	35160	36696	36696
25	32856	32856	34008	34008	35160	35160	36696	36696	37888	37888
26	37888	37888	39232	40576	40576	40576	42368	42368	43816	43816

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
0	1672	1736	1736	1800	1800	1800	1864	1864	1928	1928
1	2216	2280	2280	2344	2344	2408	2472	2472	2536	2536
2	2728	2792	2856	2856	2856	2984	2984	3112	3112	3112
3	3624	3624	3624	3752	3752	3880	3880	4008	4008	4136
4	4392	4392	4584	4584	4584	4776	4776	4968	4968	4968
5	5352	5544	5544	5736	5736	5736	5992	5992	5992	6200
6	6456	6456	6456	6712	6712	6968	6968	6968	7224	7224
7	7480	7480	7736	7736	7992	7992	8248	8248	8504	8504
8	8504	8760	8760	9144	9144	9144	9528	9528	9528	9912
9	9528	9912	9912	10296	10296	10296	10680	10680	11064	11064
10	10680	11064	11064	11448	11448	11448	11832	11832	12216	12216
11	12216	12576	12576	12960	12960	13536	13536	13536	14112	14112
12	14112	14112	14112	14688	14688	15264	15264	15264	15840	15840
13	15840	15840	16416	16416	16992	16992	16992	17568	17568	18336
14	17568	17568	18336	18336	18336	19080	19080	19848	19848	19848
15	18336	19080	19080	19848	19848	20616	20616	20616	21384	21384
16	19848	19848	20616	20616	21384	21384	22152	22152	22152	22920
17	22152	22152	22920	22920	23688	23688	24496	24496	24496	25456
18	24496	24496	24496	25456	25456	26416	26416	27376	27376	27376

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	61	62	63	64	65	66	67	68	69	70
19	26416	26416	27376	27376	28336	28336	29296	29296	29296	30576
20	28336	29296	29296	29296	30576	30576	31704	31704	31704	32856
21	30576	31704	31704	31704	32856	32856	34008	34008	35160	35160
22	32856	34008	34008	34008	35160	35160	36696	36696	36696	37888
23	35160	35160	36696	36696	37888	37888	37888	39232	39232	40576
24	36696	37888	37888	39232	39232	40576	40576	42368	42368	42368
25	39232	39232	40576	40576	40576	42368	42368	43816	43816	43816
26	45352	45352	46888	46888	48936	48936	48936	51024	51024	52752
I_{TBS}	N_{PRB}									
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
0	1992	1992	2024	2088	2088	2088	2152	2152	2216	2216
1	2600	2600	2664	2728	2728	2792	2792	2856	2856	2856
2	3240	3240	3240	3368	3368	3368	3496	3496	3496	3624
3	4136	4264	4264	4392	4392	4392	4584	4584	4584	4776
4	5160	5160	5160	5352	5352	5544	5544	5544	5736	5736
5	6200	6200	6456	6456	6712	6712	6712	6968	6968	6968
6	7480	7480	7736	7736	7736	7992	7992	8248	8248	8248
7	8760	8760	8760	9144	9144	9144	9528	9528	9528	9912
8	9912	9912	10296	10296	10680	10680	10680	11064	11064	11064
9	11064	11448	11448	11832	11832	11832	12216	12216	12576	12576
10	12576	12576	12960	12960	12960	13536	13536	13536	14112	14112

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	71	72	73	74	75	76	77	78	79	80
11	14112	14688	14688	14688	15264	15264	15840	15840	15840	16416
12	16416	16416	16416	16992	16992	17568	17568	17568	18336	18336
13	18336	18336	19080	19080	19080	19848	19848	19848	20616	20616
14	20616	20616	20616	21384	21384	22152	22152	22152	22920	22920
15	22152	22152	22152	22920	22920	23688	23688	23688	24496	24496
16	22920	23688	23688	24496	24496	24496	25456	25456	25456	26416
17	25456	26416	26416	26416	27376	27376	27376	28336	28336	29296
18	28336	28336	29296	29296	29296	30576	30576	30576	31704	31704
19	30576	30576	31704	31704	32856	32856	32856	34008	34008	34008
20	32856	34008	34008	34008	35160	35160	35160	36696	36696	36696
21	35160	36696	36696	36696	37888	37888	39232	39232	39232	40576
22	37888	39232	39232	40576	40576	40576	42368	42368	42368	43816
23	40576	40576	42368	42368	43816	43816	43816	45352	45352	45352
24	43816	43816	45352	45352	45352	46888	46888	46888	48936	48936
25	45352	45352	46888	46888	46888	48936	48936	48936	51024	51024
26	52752	52752	55056	55056	55056	55056	57336	57336	57336	59256
I_{TBS}	N_{PRB}									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
0	2280	2280	2280	2344	2344	2408	2408	2472	2472	2536
1	2984	2984	2984	3112	3112	3112	3240	3240	3240	3240
2	3624	3624	3752	3752	3880	3880	3880	4008	4008	4008

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
3	4776	4776	4776	4968	4968	4968	5160	5160	5160	5352
4	5736	5992	5992	5992	5992	6200	6200	6200	6456	6456
5	7224	7224	7224	7480	7480	7480	7736	7736	7736	7992
6	8504	8504	8760	8760	8760	9144	9144	9144	9144	9528
7	9912	9912	10296	10296	10296	10680	10680	10680	11064	11064
8	11448	11448	11448	11832	11832	12216	12216	12216	12576	12576
9	12960	12960	12960	13536	13536	13536	13536	14112	14112	14112
10	14112	14688	14688	14688	14688	15264	15264	15264	15840	15840
11	16416	16416	16992	16992	16992	17568	17568	17568	18336	18336
12	18336	19080	19080	19080	19080	19848	19848	19848	20616	20616
13	20616	21384	21384	21384	22152	22152	22152	22920	22920	22920
14	22920	23688	23688	24496	24496	24496	25456	25456	25456	25456
15	24496	25456	25456	25456	26416	26416	26416	27376	27376	27376
16	26416	26416	27376	27376	27376	28336	28336	28336	29296	29296
17	29296	29296	30576	30576	30576	30576	31704	31704	31704	32856
18	31704	32856	32856	32856	34008	34008	34008	35160	35160	35160
19	35160	35160	35160	36696	36696	36696	37888	37888	37888	39232
20	37888	37888	39232	39232	39232	40576	40576	40576	42368	42368
21	40576	40576	42368	42368	42368	43816	43816	43816	45352	45352
22	43816	43816	45352	45352	45352	46888	46888	46888	48936	48936
23	46888	46888	46888	48936	48936	48936	51024	51024	51024	51024

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	81	82	83	84	85	86	87	88	89	90
24	48936	51024	51024	51024	52752	52752	52752	52752	55056	55056
25	51024	52752	52752	52752	55056	55056	55056	55056	57336	57336
26	59256	59256	61664	61664	61664	63776	63776	63776	66592	66592
I_{TBS}	N_{PRB}									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
0	2536	2536	2600	2600	2664	2664	2728	2728	2728	2792
1	3368	3368	3368	3496	3496	3496	3496	3624	3624	3624
2	4136	4136	4136	4264	4264	4264	4392	4392	4392	4584
3	5352	5352	5352	5544	5544	5544	5736	5736	5736	5736
4	6456	6456	6712	6712	6712	6968	6968	6968	6968	7224
5	7992	7992	8248	8248	8248	8504	8504	8760	8760	8760
6	9528	9528	9528	9912	9912	9912	10296	10296	10296	10296
7	11064	11448	11448	11448	11448	11832	11832	11832	12216	12216
8	12576	12960	12960	12960	13536	13536	13536	13536	14112	14112
9	14112	14688	14688	14688	15264	15264	15264	15264	15840	15840
10	15840	16416	16416	16416	16992	16992	16992	16992	17568	17568
11	18336	18336	19080	19080	19080	19080	19848	19848	19848	19848
12	20616	21384	21384	21384	21384	22152	22152	22152	22920	22920
13	23688	23688	23688	24496	24496	24496	25456	25456	25456	25456
14	26416	26416	26416	27376	27376	27376	28336	28336	28336	28336
15	28336	28336	28336	29296	29296	29296	29296	30576	30576	30576

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	91	92	93	94	95	96	97	98	99	100
16	29296	30576	30576	30576	30576	31704	31704	31704	31704	32856
17	32856	32856	34008	34008	34008	35160	35160	35160	35160	36696
18	36696	36696	36696	37888	37888	37888	37888	39232	39232	39232
19	39232	39232	40576	40576	40576	40576	42368	42368	42368	43816
20	42368	42368	43816	43816	43816	45352	45352	45352	46888	46888
21	45352	46888	46888	46888	46888	48936	48936	48936	48936	51024
22	48936	48936	51024	51024	51024	51024	52752	52752	52752	55056
23	52752	52752	52752	55056	55056	55056	55056	57336	57336	57336
24	55056	57336	57336	57336	57336	59256	59256	59256	61664	61664
25	57336	59256	59256	59256	61664	61664	61664	61664	63776	63776
26	61664	61664	61664	61664	63776	63776	63776	63776	66592	66592
I_{TBS}	N_{PRB}									
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
0	2792	2856	2856	2856	2984	2984	2984	2984	2984	3112
1	3752	3752	3752	3752	3880	3880	3880	4008	4008	4008
2	4584	4584	4584	4584	4776	4776	4776	4776	4968	4968
3	5992	5992	5992	5992	6200	6200	6200	6200	6456	6456
4	7224	7224	7480	7480	7480	7480	7736	7736	7736	7992
5	8760	9144	9144	9144	9144	9528	9528	9528	9528	9528
6	10680	10680	10680	10680	11064	11064	11064	11448	11448	11448
7	12216	12576	12576	12576	12960	12960	12960	12960	13536	13536

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	101	102	103	104	105	106	107	108	109	110
8	14112	14112	14688	14688	14688	14688	15264	15264	15264	15264
9	15840	16416	16416	16416	16416	16992	16992	16992	16992	17568
10	17568	18336	18336	18336	18336	18336	19080	19080	19080	19080
11	20616	20616	20616	21384	21384	21384	21384	22152	22152	22152
12	22920	23688	23688	23688	23688	24496	24496	24496	24496	25456
13	26416	26416	26416	26416	27376	27376	27376	27376	28336	28336
14	29296	29296	29296	29296	30576	30576	30576	30576	31704	31704
15	30576	31704	31704	31704	31704	32856	32856	32856	34008	34008
16	32856	32856	34008	34008	34008	34008	35160	35160	35160	35160
17	36696	36696	36696	37888	37888	37888	39232	39232	39232	39232
18	40576	40576	40576	40576	42368	42368	42368	42368	43816	43816
19	43816	43816	43816	45352	45352	45352	46888	46888	46888	46888
20	46888	46888	48936	48936	48936	48936	48936	51024	51024	51024
21	51024	51024	51024	52752	52752	52752	52752	55056	55056	55056
22	55056	55056	55056	57336	57336	57336	57336	59256	59256	59256
23	57336	59256	59256	59256	59256	61664	61664	61664	61664	63776
24	61664	61664	63776	63776	63776	63776	66592	66592	66592	66592
25	63776	63776	66592	66592	66592	66592	68808	68808	68808	71112
26	75376	75376	75376	75376	75376	75376	75376	75376	75376	75376
I_{TBS}	N_{PRB}									
	6	15	25	50	100					

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	6	15	25	50	100					
0	152	424	776	1608	3112					
1	208	568	1032	2088	4136					
2	256	712	1256	2536	5160					
3	328	968	1608	3240	6456					
4	408	1192	2088	4136	8248					
5	504	1480	2536	4968	9912					
6	600	1736	2984	5992	11448					
7	712	2024	3496	7224	13536					
8	808	2344	4008	7992	15840					
9	936	2600	4584	9144	17568					
10	1032	2984	4968	9912	19848					
11	1192	3240	5736	11448	22152					
12	1352	3752	6456	12960	25456					
13	1544	4264	7480	14688	28336					
14	1736	4776	8248	16416	31704					
15	1800	5160	8760	17568	34008					
16	1928	5544	9144	19080	36696					
17	2152	5992	10296	21384	40576					
18	2344	6712	11448	22920	43816					
19	2600	7224	12216	24496	48936					
20	2792	7736	12960	26416	52752					

表31 子帧结构1的传输块大小表(27×110维) (续)

I_{TBS}	N_{PRB}									
	6	15	25	50	100					
21	2984	8248	14112	29296	57336					
22	3240	8760	15264	31704	61664					
23	3240	8760	15840	32856	63776					
24	3240	8760	15840	35160	68808					
25	3240	8760	15840	36696	71112					
26	3240	8760	15840	36696	75376					

14.2 节点上报信道质量指示 (CQI)、秩指示 (RI) 的过程

节点不需反馈预编码矩阵指示 (PMI)，只需要反馈 CQI 和 RI。节点用来上报 CQI、RI 的时间频域资源跟本节点占用的无线帧有关。对于空间复用节点将决定与可用传输层数目对应的 RI。对于传输分集，RI 等于 1。

本节点计算评估 CQI、RI 至少间隔 20ms，在一跳邻节点占用的无线帧上进行计算，并记录对应一跳邻节点的反馈信息。

CQI/RI 上报在 DCI 格式 PC 中携带，RI 和 CQI 所占 bit 宽度见 11.4.1.1 节。CQI/RI 的上报是非周期性的，节点在自己占用的无线帧上发送携带 CQI 和 RI 信息的 DCI 格式 PC 给一跳邻节点。

对于传输模式 1，RI=1，宽带 CQI 的上报是以 RI=1 计算而来的。

对于传输模式 3，对 CQI 的计算假定对于 RI=1 时传输中一个码字，RI>1 时传输两个码字，上报的宽带 CQI 值是以上报的 RI 值为条件计算而来的。

15 功率控制

接收功率控制决定了每个资源粒子的能量 (EPRE)。资源粒子能量表示插入 CP 之前的能量。资源粒子能量同时表示应用的调制方式中星座图中各点能量的平均值。发送功率控制决定了传输的物理信道里一个 OFDM 符号的平均功率。

15.1 发送功率控制

发送功率控制控制不同物理信道的传输能量。

15.1.1 物理传输信道和物理广播信道

在子帧 i 中物理传输信道 (PTCH) 和物理广播信道 (PBCH) 中发送功率 P 采取固定功率策略，由用户设置，固定功率发送的场景包括仅发参考信号和同步信号的发送。

MSG3 的发送功率由节点根据路损计算得到，定义如下：

$$P_{MSG3} = \min\{P_{CMAX}, P_{target} + PL\} [\text{dBm}]$$

其中

P_{CMAX} 是配置的最大传输功率。

P_{target} 是期望的到达功率。

PL 是在新节点评估的接收路径损耗，单位为 dB，并且 $PL = \text{referenceSignalPower} - \text{RSRP}$ ，其中 $\text{referenceSignalPower}$ 由被接入节点填充，在 MSG2 PDU 中携带。

15.1.2 物理 HARQ 指示信道

在子帧 i 中物理 HARQ 指示信道 (PHICH) 发送功率 P_{ACK} 由节点根据路损计算得到, 定义如下:

$$P_{ACK} = \min\{P_{CMAX}, P_{target_ack} + PL\} [\text{dBm}]$$

其中

P_{CMAX} 是配置的最大传输功率。

P_{target_ack} 是期望的到达功率, 由当前接收 ACK 的一跳邻节点决定, 该节点根据接收的 RSRP 来决定, 并告知 ACK 发送方。

PL 是在本节点评估的接收路径损耗, 单位为 dB, 并且 $PL = \text{referenceSignalPower} - \text{RSRP}$, 其中 $\text{referenceSignalPower}$ 在 MIB 中携带。

15.2 接收功率分配

在每个 OFDM 符号中的资源粒子上 (对于 0 EPRS 的 PTCH 资源粒子不适用), PTCH 与参考信号 RS 的 EPRE 比值固定为 0。另外, 可以假定, 对于 16QAM 或 64QAM, PTCH 与参考信号 RS 的 EPRS 比值为 0。

PBCH 与 SSS 的 EPRE 比值固定为 0, PSS 与 SSS 的 EPRE 比值固定为 0。

16 HARQ 流程

16.1 HARQ 反馈策略

HARQ 反馈遵循:

- 最大重传次数 (初传+重传): 3 次;
- MSG3/MSG4 支持 HARQ 重传;
- HARQ 重传仅用于单播数据, 组播/广播不进行 HARQ 重传;
- 不实现重传合并, 冗余版本号固定为 0;
- HARQ 进程数: 单节点单载波单码字 16 个。
- 若支持载波聚合, 各载波分别维护 HARQ 进程;
- 若支持传输模式 3 空间复用, 同一个一跳邻节点各码字的 HARQ 进程分别维护。

16.2 HARQ 时序约束

如图 18 所示, 假设 $\text{RadioFrame}=N$ 和 $\text{RadioFrame}=N+k$ (k 取值 $[1, 31]$) 是节点 A 占用的两个相邻无线帧。

若 $\text{RadioFrame}=N$ 的子帧 0/1/2/3 上调度了 1 个或多个一跳邻节点, 这些被调度的一跳邻节点在 $\text{RadioFrame}=N+k$ 的子帧 4 上反馈 HARQ, 译码正确则反馈 ACK, 否则不需要反馈。节点 A 接收 HARQ 后, 物理层将 HARQ 信息上报给高层, 若需重传, 高层在下一个本节点占用的无线帧进行相应 HARQ 进程的重传。

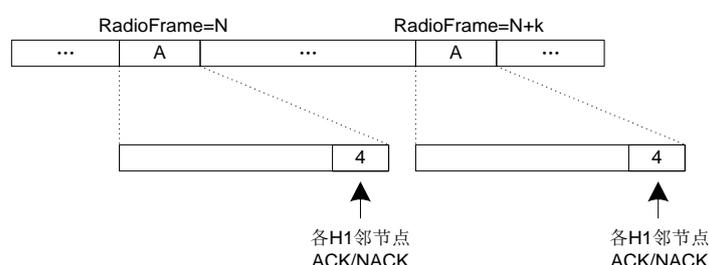


图18 HARQ 时序

16.3 HARQ 反馈

固定将 ACK 的频域位置配置在整个带宽起始的 6 个 RB, 选择 MSG1 对应的频域位置时需要固定跳过这 6 个 RB; 1.4MHz 带宽只有 6 个 RB, 需要将 MSG1 发送选择的 preamble idx 和 ACK 的 preamble idx

($0^{\sim}7$) 错开, 即不能选择 $0^{\sim}7$ 。

HARQ ACK 序列采用 PRACH preamble 序列的方式承载, 只需要承载 ACK。不同子帧反馈的 ACK 选择不同的 preamble 序列 (采用相同的根序列+不同的 preamble idx 生成); 同一个节点同一子帧反馈多个子帧的 ACK, 需要 ALGO 将多个 ACK preamble 序列相加生成组合数据。

针对载波聚合和传输模式 3 两个码字的场景, 同一 ACK 反馈子帧上最多可承载 8 个 preamble 序列的叠加序列 (来自 $1^{\sim}4$ 个不同的一跳邻节点)。

附录 A
(规范性)
通用功能定义

A.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。

A.1.1 QPSK

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

表A.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	$-1/\sqrt{2}$	$-1/\sqrt{2}$

A.1.2 16QAM

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

表A.2 表 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	$-3/\sqrt{10}$	$-3/\sqrt{10}$

A.1.3 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 A.3 映射为复值调制符号 $x=I+jQ$ 。

表A.3 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	$-7/\sqrt{42}$	$-7/\sqrt{42}$

A.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

$$c(n) = (x_1(n + N_c) + x_2(n + N_c)) \bmod 2$$

$$x_1(n + 31) = (x_1(n + 3) + x_1(n)) \bmod 2$$

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

其中 $N_c = 1600$, 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。

《应急指挥无线宽带自组网系统技术规范

第2部分 物理层》

(征求意见稿 送审稿 报批稿)

编制说明

标准编制组

2024年7月

一、工作简况

（一）任务来源

根据《应急管理部办公厅关于印发 2023 年第二批行业标准制修订计划的通知》（应急厅函〔2023〕288 号）要求，应急管理部科技和信息化司组织起草了《应急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第 2 部分 物理层》，编号为 2023-YJ-05，项目周期 16 个月，由 TC307 应急管理标准化技术委员会组织审查。

（二）制定背景

党的十八大以来，以习近平同志为核心的党中央高度重视应急管理体系和能力建设。根据《“十四五”国家应急体系规划》，强化数字技术在灾害事故应对中的运用，全面提升监测预警和应急处置能力。加强空、天、地、海一体化应急通信网络建设，提高极端条件下应急通信保障能力。

为了落实国家十四五政策要求，解决大震巨灾场景下的多层次多队伍协同救援指挥的难题，快速构建救援现场指挥体系，应急管理部提出了数字化战场建设的相关工作，其中构建一张具有自主知识产权的、移动的、带宽高、传输距离远，组网灵活，性能稳定的无线骨干网络，是数字化战场网络基础的核心。目前国内掌握无线宽带自组网技术的厂商所采用的技术体制、协议都各不相同，因此设备间无法实现空口互通，这与数字化战场对宽带自组网的需求是相悖的。因此，研制应急指挥无线宽带自组网系统技术规范的主要目的是根据当前应急管理部对无线宽带自组网的需求，充分采纳

现有厂商在相关技术的长处，统一无线宽带自组网各层的技术实现，使得采用本标准研制的自组网产品能够通过空口互联互通，满足数字化战场对无线自组网所需的功能要求和性能要求。

（三）起草小组人员组成及所在单位

根据标准编制计划，由应急管理部大数据中心面向社会公开征集标准编制单位，并于 2022 年 8 月成立标准起草工作组，共同开展标准制订工作。

（四）主要起草过程

2022 年 3 月，通过应急管理部网站公开征集参与编制单位。收集 45 家单位有效材料。

2022 年 6 月，通过对申请单位进行逐一审核，组织专家听取了 17 家申请单位的线上汇报，遴选出 7 家参与编制单位并在部门门户网站应急装备之家公示。

2022 年 8 月，召开标准编制工作启动会，成立了标准起草工作组。

2022 年 12 月，完成技术规范初版冻结。

2023 年 3 月，各参研单位依据冻结的技术规范版本完成原型机研制工作并开展互联互通测试。

2023 年 5 月，标准编制组向 TC307 递交了标准立项申请并开展标准草案稿编制工作。

2023 年 6 月，通过立项审查。

2023 年 10 月，完成行标立项。

2023 年 11 月，完成宽带自组网基本功能和性能指标实

实验室测试，根据测试过程对标准内容进行完善。

2023年12月，完成外场模拟测试，根据测试过程对标准内容进一步完善。

2024年5月，参与“应急使命·2024”演习，针对自组网应用情况对标准规范进一步修改完善，形成标准征求意见稿。

二、标准编制原则、主要技术内容及其确定依据

（一）标准编制原则

本文件按照 GB/T 1.1-2020（标准化工作导则 第一部分：标准化文件的结构和起草规则）的规定起草。

本文件编写过程中遵循全面、科学、合理、可行的原则，做到既先进又切实可行。

（二）标准主要技术内容及确定依据

《应急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第2部分 物理层》（征求意见稿）共有16章，主要包含范围、规范性引用文件、术语和定义、缩略语、物理层概述、物理层帧结构、物理资源、物理信道、同步信号、参考信号、信道编码、复用和交织、同步过程、随机接入过程、物理传输信道相关调度、功率控制、HARQ流程等相关内容。

1. 范围

本文件规定了应急指挥无线宽带自组网系统技术规范的物理层，包括物理层帧结构、物理资源、物理信道、同步信号、参考信号、信道编码、复用和交织、同步过程、随机接入过程、物理传输信道调度、功率控制、HARQ流程、通用

功能等。

本文件适用于应急指挥无线宽带自组网的设备设计、制造与检测。

2. 规范性引用文件

本文件主要参考应 2023-YJ-04 急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第 1 部分 总体要求和 2023-YJ-06 应急指挥无线宽带自组网系统技术规范 第 3 部分:数据链路层文件。

3. 术语和定义

本文件没有需要界定的术语和定义。

4. 缩略语

该章节主要定义使用本标准的缩略语。

5. 物理层概述

该章节描述了物理层协议框架。

6. 物理层帧架构

该章节规定了自组网物理层帧结构，定义了时间和频率资源的分配方式。

7. 物理资源

该章节描述了应急宽带自组网的资源块和资源元素的定义，使得数据传输可以在频域和时域上进行灵活的调度和复用，从而提高传输效率。

8. 物理信道

该章节定义了应急宽带自组网的各个物理信道，并为这些物理信道规定了响应的职责。

9. 同步信号

该章节定义了应急宽带自组网设备所需的主辅同步信号。用于设备搜索组网和初步同步。

10. 参考信号

该章节定义了用于信道估计、测量和解调，帮助设备进行精确的信道估计，从而提高数据传输的可靠性和效率。

11. 信道编码、复用和交织

该章节规定了各个物理信道的编码方式、校验方式、以及速率匹配方法。

12. 同步过程

该章节规定了自组网设备使用主辅同步信号进行设备搜索过程，即新接入节点取得和已入网节点时间和频域同步，并检测物理层小区 ID 的过程。

13. 随机接入过程

该章节规定了自组网设备在组网过程中随机接入的过程。

14. 物理传输信道相关调度

该章节规定了自组网设备在交互过程中，高效利用物理资源的各种方法。

15. 功率控制

规定了应急宽带自组网设备在运行过程中发送功率的控制方法与接收数据时的功率分配方法。

16. HARQ 流程

该章节规定了应急宽带自组网混合请求重传的基本方法。

(三) 标准修订变化及依据 (仅修订标准需要列出)

无。

三、试验验证的分析、综述报告、技术经济论证, 预期的经济效益、社会效益和生态效益。

无。

四、与国际、国外同类标准技术内容的对比情况

国际、国外可公开的标准和技术主要有 IEEE 802.11 系列标准、802.15、以及 MANET 等; 802.11 标准的 AD Hoc 模式主要用于高速率、短距离通信, 且移动速度较慢; 802.15 则适用于低功耗、短距离网络; 802.11p 专为车载 Ad hoc 网络 (VANET) 设计, 相对传输速率较低; MANET 则未定义物理层, 主要关注链路层和网络层协议; 3GPP 的 D2D 技术则关注点对点的通信, 并无路由能力。

编制组在充分调研了上述各个标准后, 决定采用 LTE 的技术体制, 结合 MANET 的路由技术, 设计了一套全新的无线宽带自组网。

五、以国际标准为基础的起草情况、是否合规引用或采用国际国外标准以及未采用国际标准的原因

无。

六、与有关法律、行政法规及相关标准水平的关系

(一) 与有关法律、行政法规、标准关系

现有的宽带自组网设备厂家繁多, 存在着技术体制多, 协议不同, 无法互联互通, 没有统一标准的现状; 因此本文件与现行法律法规和政策及其它强制性标准没有矛盾。

(二) 配套推荐性标准的制定情况 (强制性标准应填写) 无。

七、重大分歧意见的处理过程及依据

异厂商互联问题。最初在需求层面，各厂商对设备使用情况的考虑是差异巨大的，主要存在两种观点，一是异厂商设备在实战中的互联需求是可以使用除空口互联方式的技术实现的。二是，真正的实战中必定会存在空口互通的情况，且使用空口互通外的其他方式会存在中心节点失效问题。经过各参研单位的谨慎考虑，最终决定了使用空口互通来作为基本需求。一切技术提案以此为基础。

八、作为强制性标准或推荐性标准的建议及理由

本标准适用于应急指挥通信宽带自组网设备，是厂商对应急宽带自组网设备的设计、开发基准。是各级应急管理部门招标、检测与验收的依据，应为推荐性标准。

九、标准自发布日期至实施日期的过渡期建议及理由

本标准 of 推荐性行业标准，无需设置过渡期。

十、与实施标准有关的政策措施

由于本标准是推荐性行业标准，因此为使标准能够尽快得到落实和应用，建议标准起草单位在行业主管部门的领导下，能够出台配套的相关政策并对标准内容进行宣传贯彻工作，加快推动标准实施。

十一、是否需要对外通报的建议及理由。

无。

十二、废止现行有关标准的建议

无。

十三、涉及专利的有关说明

无。

十四、标准所涉及的产品、过程或者服务目录

无。

十五、其他应予以说明的事项

无。