



# 中华人民共和国国家标准

GB/T XXXX—201X

## 合作式智能运输系统 专用短程通信 第2部分 媒体访问控制层和物理层规范

Cooperation of roadside to vehicle

dedicated short range communications—

Part2: Specification of medium access control layer and physical layer

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布  
中国国家标准化管理委员会



# 目 次

前言 .....	I
引言 .....	II
1 范围 .....	1
2 术语和定义 .....	1
3 缩略语 .....	2
4 系统参考模型 .....	4
5 有中心节点通信模式的 MAC 层 .....	5
5.1 概述 .....	5
5.2 适配子层 .....	5
5.3 MAC 子层 .....	5
5.4 OBU 的状态 .....	6
6 有中心节点通信模式的 MAC 帧格式 .....	8
6.1 通用 MAC 帧格式 .....	8
6.1.1 通用 MAC 帧格式概述 .....	8
6.1.2 帧控制字段 .....	8
6.1.3 分片号 (FSN) 字段 .....	10
6.1.4 序号 (SN) 字段 .....	10
6.1.5 预留 .....	10
6.1.6 分片指示字段 .....	10
6.1.7 长度字段 .....	10
6.1.8 帧体字段 .....	10
6.1.9 FCS 字段 .....	10
6.2 数据帧 .....	10
6.2.1 数据帧概述 .....	10
6.2.2 预留字段 .....	11
6.2.3 随路请求指示字段 .....	11
6.2.4 立即/延迟确认字段 .....	11
6.2.5 数据填充帧 .....	11
6.3 管理控制帧 .....	11
6.3.1 管理控制帧概述 .....	11
6.3.2 无序列号管理控制帧通用帧格式 .....	11
6.3.3 有序列号管理控制帧通用帧格式 .....	11
6.3.4 管理控制帧定义 .....	12
6.4 G-MPDU .....	29
7 有中心节点通信模式的 MAC 层功能 .....	29
7.1 适配子层 .....	29
7.2 MAC 子层 .....	30

7.2.1 寻址与连接 .....	30
7.2.2 MAC 地址 .....	30
7.2.3 广播标识 (BOBUID) .....	30
7.2.4 车载单元标识 (OBUID) .....	30
7.2.5 临时车载单元标识 (TOBUID) .....	30
7.2.6 流标识 (FID) .....	30
7.3 OBU 入网流程 .....	30
7.3.1 概述 .....	30
7.3.2 获取系统同步 .....	31
7.3.3 随机接入 .....	32
7.3.4 能力协商 .....	32
7.4 管理业务流 .....	33
7.4.1 建立业务流和数据发送 .....	33
7.4.2 修改业务流 .....	34
7.4.3 删除业务流 .....	35
7.5 资源请求与资源分配 .....	36
7.5.1 资源请求 .....	36
7.5.2 资源分配 .....	37
7.6 业务类型与 QoS .....	38
7.6.1 QoS .....	38
7.6.2 业务类型 .....	39
7.7 分片和重组 .....	39
7.8 重传机制 .....	39
7.9 帧确认 .....	40
7.10 链路自适应 .....	40
7.10.1 下行链路自适应 .....	40
7.10.2 上行链路自适应 .....	41
7.11 退出网络流程 .....	41
7.12 随机退避 .....	42
7.13 节电管理 .....	42
7.13.1 概述 .....	42
7.13.2 节电机制 .....	43
7.14 移动性管理 .....	45
7.14.1 小区重选 .....	46
7.14.2 切换管理 .....	46
7.15 异常处理 .....	49
7.15.1 异常处理概述 .....	49
7.15.2 竞争冲突引起的异常处理 .....	49
7.15.3 意外情况导致的异常处理 .....	50
7.16 系统配置参数 .....	51
8 无中心节点通信模式的 MAC 层 .....	52
8.1 无中心节点通信模式 MAC 层概述 .....	52
8.2 无中心节点通信模式的 MAC 层帧结构 .....	52
8.2.1 帧控制域 .....	52

8.2.2 跳数指示字段.....	53
8.2.3 源 MAC 地址.....	53
8.2.4 序列号字段.....	53
8.2.5 长度指示字段.....	53
8.2.6 预留字段.....	53
8.2.7 数据字段.....	54
8.2.8 FCS 字段.....	54
9 有中心节点通信模式物理层.....	54
9.1 帧结构与 OFDM 基本参数.....	54
9.1.1 帧结构.....	54
9.1.2 OFDM 基本参数.....	55
9.1.3 物理层符号定义.....	56
9.2 发射机框图与信号处理流程.....	57
9.2.1 发射机框图.....	57
9.2.2 加扰.....	58
9.2.3 信道编码.....	59
9.2.4 速率匹配.....	61
9.2.5 流映射.....	63
9.2.6 比特交织.....	64
9.2.7 星座映射.....	65
9.2.8 空时编码(可选).....	69
9.2.9 相位跟踪导频.....	69
9.2.10 时频加载.....	69
9.3 前导序列.....	70
9.3.1 短前导序列 (S-Preamble).....	70
9.3.2 长前导序列 (L-Preamble).....	70
9.4 系统信息信道与控制信道.....	71
9.4.1 系统信息信道字段定义.....	71
9.4.2 控制信道字段定义.....	72
9.5 上下行传输信道.....	73
9.5.1 上下行传输信道资源分配类型.....	74
9.5.2 上下行传输信道资源指示.....	74
9.5.3 传输信道解调导频.....	74
9.5.4 上下行传输信道多天线方案.....	75
9.5.5 信令/反馈传输信道.....	75
9.6 上下行探测信道.....	80
9.6.1 下行探测信道.....	80
9.6.2 上行探测信道.....	80
9.7 上行调度请求信道.....	82
9.7.1 PN 序列的产生.....	82
9.7.2 调制映射.....	83
9.7.3 子载波映射.....	83
9.7.4 频域循环移位.....	83

9.7.5 调度请求信号格式.....	83
9.7.6 独立资源请求帧资源分配.....	83
9.8 上行随机接入或测距信道.....	84
9.8.1 随机接入或测距信号产生.....	85
9.8.2 随机接入或测距信号格式.....	85
9.8.3 随机接入请求帧资源分配.....	85
9.8.4 随机接入响应帧资源分配.....	86
9.9 上行功率控制.....	88
9.9.1 开环功控.....	88
9.9.2 闭环功控.....	88
9.10 上行测距调度.....	88
9.11 发射机与接收机指标要求.....	89
9.11.1 工作频段及信道.....	89
9.11.2 带内发射和杂散发射.....	89
9.11.3 发射频谱模板.....	89
9.11.4 发射功率.....	89
9.11.5 发射频率容差.....	89
9.11.6 符号时钟频率容差.....	89
9.11.7 发射机星座误差.....	90
9.11.8 接收机最小输入灵敏度.....	90
10 无中心节点通信模式物理层.....	91
10.1 帧结构.....	91
10.2 OFDM 基本参数.....	91
10.3 发射机框图与信号处理流程.....	92
10.3.1 发射机框图.....	92
10.3.2 加扰.....	93
10.3.3 信道编码.....	93
10.3.4 速率匹配.....	93
10.3.5 流映射.....	93
10.3.6 比特交织.....	93
10.3.7 星座映射.....	93
10.3.8 空时编码（可选）.....	94
10.3.9 相位跟踪导频.....	94
10.3.10 时频加载.....	94
10.4 前导序列.....	94
10.4.1 短前导序列（S-Preamble）.....	95
10.4.2 长前导序列（L-Preamble）.....	95
10.5 系统信息信道.....	95
10.5.1 系统信息信道字段定义.....	95
10.6 传输信道.....	96
10.6.1 传输信道解调导频.....	96
10.6.2 解调导频图样.....	96
10.6.3 解调导频间隔.....	96
10.6.4 解调导频序列.....	96

10.6.5 传输信道多天线方案.....	96
10.7 发射机与接收机指标要求.....	96
附录 A （资料性附录） 本部分涉及的专利信息.....	97
附录 B （规范性附录） MCS 参数 .....	99
附录 C （规范性附录） 解调导频图样 .....	100
附录 D （规范性附录） 探测导频图样.....	101
附录 E （规范性附录） LDPC 校验矩阵 .....	102
参考文献.....	107
图 1 系统参考模型.....	4
图 2 MAC 层功能组成.....	5
图 3 OBU 状态转移 .....	7
图 4 通用 MAC 帧格式.....	8
图 5 帧控制域.....	8
图 6 数据帧.....	11
图 7 无序列号管理控制帧通用帧格式 .....	11
图 8 有序列号管理控制帧通用帧格式 .....	12
图 9 随机接入请求帧.....	13
图 10 随机接入响应帧.....	14
图 11 动态业务建立请求帧 .....	16
图 12 动态业务建立响应帧.....	16
图 13 动态业务修改请求帧.....	17
图 14 动态业务修改响应帧.....	17
图 15 动态业务删除请求帧.....	17
图 16 动态业务删除响应帧.....	17
图 17 独立资源请求帧.....	18
图 18 包含随路资源请求的数据帧 .....	21
图 19 CQI 信息部分 .....	21
图 20 ACK 帧.....	22
图 21 GroupAckReq.....	22
图 22 GroupAck 帧.....	23
图 23 退出网络帧.....	24
图 24 休眠请求帧.....	24
图 25 休眠响应帧.....	25
图 26 下行业务指示帧.....	25
图 27 G-MPDU 格式.....	29
图 28 G-MPDU 子帧格式 .....	29
图 29 MPDU 定界符 .....	29
图 30 入网流程.....	31
图 31 车载单元获取系统同步流程.....	31

图 32 保持同步流程.....	32
图 33 随机接入流程图.....	32
图 34 能力协商.....	33
图 35 上行业务流建立和数据发送流程.....	33
图 36 下行业务流建立和数据发送流程.....	34
图 37 上行业务流修改和数据发送流程.....	34
图 38 下行业务流修改和数据发送流程.....	35
图 39 上行业务流删除流程.....	35
图 40 上/下行业务流删除流程.....	36
图 41 竞争资源请求.....	36
图 42 轮询流程.....	37
图 43 资源请求/分配流程.....	38
图 44 MAC 帧分片.....	39
图 45 基于请求-响应的下行链路自适应.....	41
图 46 上行退出网络流程.....	41
图 47 下行退出网络流程.....	42
图 48 由 OBU 触发的休眠, 由 RSU 唤醒的示例.....	43
图 49 由 RSU 触发休眠, 并由 RSU 唤醒的流程.....	44
图 50 由 OBU 触发唤醒的流程.....	45
图 51 小区重选流程.....	46
图 52 ITS 系统空中接口切换的基本流程.....	47
图 53 由 OBU 触发的空中接口切换程序示例.....	49
图 54 无中心节点通信模式的 MAC 帧格式.....	52
图 55 帧控制域.....	52
图 56 跳数指示字段.....	53
图 57 物理层帧结构.....	54
图 58 频率域子载波结构.....	55
图 59 RSU 侧发射机框图.....	58
图 60 OBU 侧发射机框图.....	58
图 61 扰码序列生成框图.....	59
图 62 卷积编码器结构.....	60
图 63 5/8 码率打孔.....	62
图 64 2/3 码率打孔.....	62
图 65 3/4 码率打孔.....	62
图 66 5/6 码率打孔.....	63
图 67 7/8 码率打孔.....	63
图 68 BPSK 星座映射.....	67
图 69 QPSK 星座映射.....	67
图 70 16-QAM 星座映射.....	68
图 71 64-QAM 星座映射.....	68
图 72 输出符号流时频加载顺序.....	70
图 73 物理层前导序列.....	70
图 74 下行信令/反馈传输信道.....	76
图 75 上行信令/反馈传输信道格式 1.....	77



图 76 上行信令/反馈传输信道格式 2.....	77
图 77 调度请求信号生成方法.....	82
图 78 PN 序列生成器.....	83
图 79 信号格式 1.....	85
图 80 信号格式 2.....	85
图 81 信号格式 3.....	85
图 82 物理层帧结构.....	91
图 83 频率域子载波结构.....	92
图 84 OBU 发射机框图.....	93
图 85 物理层前导序列.....	94



## 前 言

本标准按照GB/T 1.1-2009给出的规则起草。

本标准由全国智能运输系统标准化技术委员会（SAC/TC 268）提出并归口。

本标准起草单位：交通运输部公路科学研究院、北京新岸线移动多媒体技术有限公司、工信部电信研究院、北京中交国通智能交通系统技术有限公司、工信部电子技术标准化研究院。

本标准主要起草人：王笑京、雷俊、宋向辉、杨琪、汤立波、李斌、闫志刚、杨宏、刘慎发、王竞、阎德升、刘谦雷、姚惠娟、于晓燕、杨蕴、王东柱、杨文丽、刘鸿伟、梅新民。

## 引 言

本文件的发布机构提请注意，声明符合本文件时，涉及到相关的专利的使用。

本文件的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本文件的发布机构保证，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本文件的发布机构备案。

本文件所涉及的专利相关信息见附录A。

专利相关信息可以通过以下方式获得：

专利持有人名称：北京新岸线移动多媒体技术有限公司

地址：北京市海淀区清华科技园科技大厦A座16层

联系人：郑兴旺

联系电话：010-82150688

# 合作式智能运输系统 专用短程通信 第2部分

## 媒体访问控制层和物理层规范

### 1 范围

本部分规定了合作式智能交通系统专用短程通信的媒体访问控制层技术要求和物理层技术要求。包括：系统参考模型，有中心节点通信模式的MAC层帧格式和MAC层功能，无中心节点通信模式的MAC层帧格式及功能、有中心节点通信模式的物理层参数及功能，无中心节点通信模式的物理层参数及功能等。

本部分适用于合作式智能运输系统车辆与车辆之间以及车辆与道路基础设施之间的无线通信设备。

### 2 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

#### 2.1

**媒体访问控制 (MAC) 协议数据单元 (MPDU) MAC protocol data unit**

两个对等MAC实体之间利用PHY层服务所交换的数据单元。

#### 2.2

**MAC 管理协议数据单元 MAC management protocol data unit**

两个对等MAC实体之间为实现MAC管理协议所交换的数据单元。

#### 2.3

**MAC 服务数据单元 MAC service data unit**

MAC 服务访问点(SAP)之间作为单元而交付的信息。

#### 2.4

**路侧单元 road side unit**

安装在道路两侧或门架上，通过专用短程无线通信接收来自OBU的信息和向OBU发送信息的功能实体。

#### 2.5

**车载单元 on board unit**

安装在车辆上的具备信息采集、处理、存储、输入和输出接口，具有专用短程无线通信模块的功能实体。

#### 2.6

**调制编码方案 modulation and coding scheme**

在空间流上采用的特定调制方式和编码速率的组合。

#### 2.7

**空间流 space stream**

空间并行发射的数据流。

#### 2.8

**空时流 space time stream**

对空间流进行空时编码后的空时编码流。

#### 2.9

**组确认 group acknowledgement**

一种批量反馈确认信息的方式。

## 2. 10

**短前导序列 short preamble sequence**

用于自动增益控制和粗同步的训练序列。

## 2. 11

**长前导序列 long preamble sequence**

用于细同步和信道估计的训练序列。

## 2. 12

**系统信息信道 system information channel**

包含帧结构配置等系统信息的物理信道。

## 2. 13

**控制信道 control channel**

包含用户上下行传输调度信息的物理信道。

## 2. 14

**下行探测信道 downlink sounding channel**

用于发送下行探测信号，完成下行信道测量的物理信道。

## 2. 15

**上行探测信道 uplink sounding channel**

用于发送上行探测信号，完成上行信道测量的物理信道。

## 2. 16

**上行调度请求信道 uplink scheduling request channel**

用于发送上行调度请求信号的物理信道。

## 2. 17

**上行随机接入信道 uplink random access channel**

用于发送上行随机接入信号的物理信道。

## 2. 18

**下行传输信道 downlink transmission channel**

用于传输用户下行业务数据和控制信息的物理信道。

## 2. 19

**上行传输信道 uplink transmission channel**

用于传输用户上行业务数据和反馈信息的物理信道。

## 2. 20

**下行保护间隔 downlink guard interval**

物理层帧结构中下行到上行转换的保护间隔。

## 2. 21

**上行保护间隔 uplink guard interval**

物理层帧结构中上行到下行转换的保护间隔。

## 3 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACK: 确认 (Acknowledgement)

ARQ: 自动请求重传 (Automatic Repeat Request)

BCC: 二进制卷积码 (Binary Convolutional Code)

BCF: 广播控制帧 (Broadcasting Control Frame)  
BFM: 波束赋形矩阵 (Beamforming Matrix)  
BPSK: 二进制相移键控 (Binary Phase Shift Keying)  
BS: 缓存大小 (Buffer Size)  
BOBUID: 广播OBUID (Broadcasting OBUID)  
CCH: 控制信道 (Control Channel)  
CP: 循环前缀 (Cyclic Prefix)  
CQI: 信道质量信息 (Channel Quality Information)  
CRC: 循环冗余校验 (Cyclic Redundancy Check)  
CSI: 信道状态信息 (Channel State Information)  
DL-SCH: 下行探测信道 (Downlink Sounding Channel)  
DL-TCH: 下行传输信道 (Downlink Transmission Channel)  
DSA: 动态业务建立 (Dynamic Service Addition)  
DSC: 动态业务改变 (Dynamic Service Change)  
DSD: 动态业务删除 (Dynamic Service Delete)  
EQM: 同等调制 (Equal Modulation)  
FCS: 帧校验序列 (Frame Check Sequence)  
FFT: 快速傅里叶变换 (Fast Fourier Transform)  
FID: 流标识 (Flow ID)  
FSN: 分片号 (Fragment Sequence Number)  
G-MPDU: 组MAC协议数据单元 (Group MPDU)  
GroupACK: 组确认 (Group Acknowledgement)  
IFFT: 逆快速傅里叶变换 (Inverse Fast Fourier Transform)  
IP: 因特网协议 (Internet Protocol)  
LDPC: 低密度奇偶校验 (Low Density Parity Check)  
L-Preamble: 长前导 (Long Preamble)  
LSB: 最低有效位 (Least Significant Bit)  
MAC: 媒体访问控制 (Medium Access Control)  
MCS: 调制编码方案 modulation and coding scheme  
MIMO: 多输入多输出 (Multiple Input Multiple Output)  
MMPDU: MAC管理协议数据单元 (MAC Management Protocol Data Unit)  
MPDU: MAC协议数据单元 (MAC Protocol Data Unit)  
MSB: 最高有效位 (Most Significant Bit)  
MSDU: MAC业务数据单元 (MAC Service Data Unit)  
OFDM: 正交频分复用 (Orthogonal Frequency Division Multiplexing)  
PDU: 协议数据单元 (Protocol Data Unit)  
PHY: 物理层 (Physical layer)  
PN: 伪噪声 (Pseudo Noise)  
PS: 功率节省 (Power Saving)  
QAM: 正交幅度调制 (Quadrature Amplitude Modulation)  
QoS: 服务质量 (Quality Of Service)  
QPSK: 四相相移键控 (Quadrature Phase Shift Keying)  
RA: 随机接入 (Random Access)

REQ: 请求 (Request)  
 RMS: 根均方 (Root Mean Square)  
 RSP: 响应 (Response)  
 RSU: 路侧单元 (Roadside Unit)  
 SAP: 服务接入点 (Service Access Point)  
 SCG: 业务控制网关 (Service Control Gateway)  
 SDU: 服务数据单元 (Service Data Unit)  
 SICH: 系统信息信道 (System Information Channel)  
 SINR: 信干噪比 (Signal To Interference Noise Ratio)  
 SN: 序号 (Sequence Number)  
 SNR: 信噪比 (Signal To Noise Ratio)  
 S-Preamble: 短前导 (Short Preamble)  
 SSN: 起始序号 (Starting Sequence Number)  
 OBC: 终端基本能力 (OBU Basic Capability)  
 OBU: 车载单元 (on Board Unit)  
 OBUID: 车载单元标识 (OBU Identifier)  
 OME: 车载单元管理实体 (OBU Management Entity)  
 STBC: 空时分组编码 (Space Time Block Code)  
 TDD: 时分双工 (Time Division Duplexing)  
 TOBUID: 临时车载单元标识 (Temporary OBUID)  
 UGI: 上行保护间隔 (Uplink Guard Interval)  
 UL-RACH: 上行随机接入信道 (Uplink Random Access Channel)  
 UL-SCH: 上行探测信道 (Uplink Sounding Channel)  
 UL-SRCH: 上行调度请求信道 (Uplink Schedule Request Channel)  
 UL-TCH: 上行传输信道 (Uplink Transmission Channel)

#### 4 系统参考模型

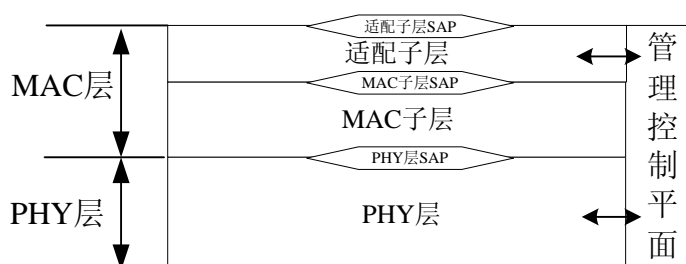


图1 系统参考模型

系统参考模型见错误!未找到引用源。，各层的主要功能如下：

a) MAC 层包括适配子层和 MAC 子层：

- 1) 适配子层：主要提供外部网络数据和本部分 MAC 层业务数据单元 (MSDU) 之间的映射和转换的功能；



- 2) MAC 子层：除了担当媒体访问控制功能外，还包括对系统的管理和控制以及对 PHY 的特定功能的支持。
- b) PHY 层：主要提供将 MAC 层协议数据单元 (MPDU) 映射到相应的物理信道的 PHY 传输机制，采用了正交频分复用 (OFDM) 和多入多出 (MIMO) 技术。

## 5 有中心节点通信模式的 MAC 层

### 5.1 概述

MAC 层用于管理和控制多个用户之间分配和共享物理层传输资源，功能组成见图 2。在本部分中，为了支持多媒体业务具有 QoS 保证并高效传输，本部分定义的 MAC 层具有如下特征：

- 采用面向多用户调度的集中控制架构；
- MAC 层提供面向连接的服务，支持不同优先级业务的 QoS。

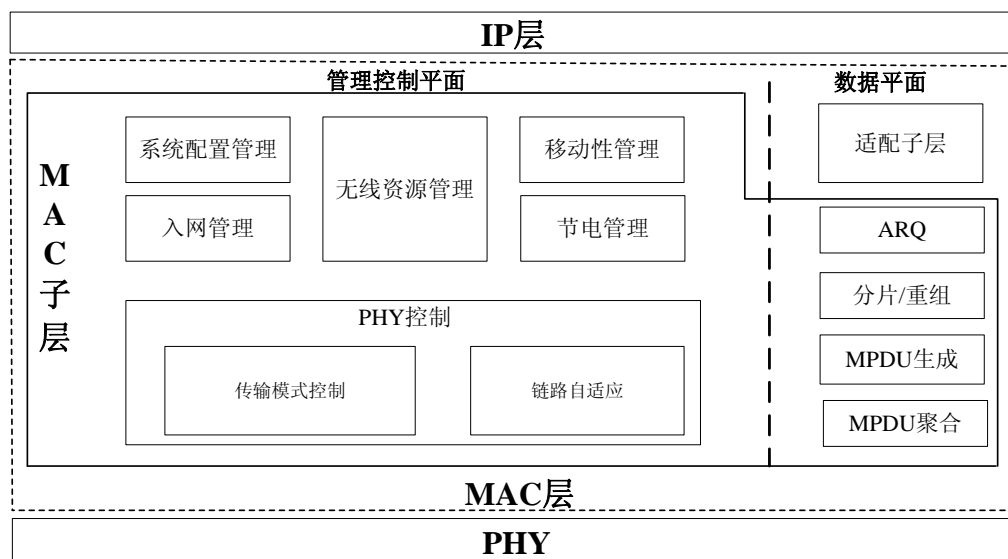


图2 MAC 层功能组成

### 5.2 适配子层

MAC 层分为适配子层和 MAC 子层。其中适配子层使用 MAC 子层提供的服务。适配子层完成功能如下：

- 接收来自上层的业务数据单元 (SDU)；
- 对接收的上层 SDU 进行分类；
- 将本层生成的适配子层的 PDU 送给 MAC 子层；
- 接收对等实体中适配子层的 SDU。

### 5.3 MAC 子层

MAC 子层基本功能分为管理控制平面和数据平面。

管理控制平面包括如下功能：

- 系统配置：管理系统配置消息，并和终端交互系统配置信息；

- 无线资源管理：主要完成业务调度功能，基于业务参数和信道条件完成资源分配，具备负载均衡、接入控制等功能；
- 入网管理：负责初始化和接入流程，产生接入流程所需的消息，包括：接入码选择、能力协商等；
- 节电管理：管理无业务的 OBU 进入休眠状态，以及从休眠状态回到激活状态；
- PHY 层控制：主要包括以下子功能：
  - a) 传输模式选择：
    - ◆ MIMO 工作模式选择；
    - ◆ STBC 模式选择。
  - b) 链路自适应：
    - ◆ CQI 测量和反馈；
    - ◆ MCS 选择和反馈；
    - ◆ 功率的控制和管理。

数据平面包括如下功能：

- 自动请求重传（ARQ）：对 MAC 层的 MPDU 或者分片/聚合 MPDU 的确认和重传操作；
- 分片/重组：根据调度结果发端将上层业务数据单元进行分片处理后发送给下一个处理模块，在接收端将多个分片重组恢复；
- MPDU 生成：将上层业务单元封装成基本的 MAC 帧，然后发送给下一个处理模块；
- MPDU 聚合：根据调度结果发端将上层业务数据单元进行聚合操作。

#### 5.4 OBU 的状态

ITS 系统中 OBU 的状态机转移图如图 3 所示。OBU 的状态转移图包括四个状态：初始状态、接入状态，连接状态和空闲状态，见下：

- 初始状态：OBU 上电后，搜索物理帧导频，获取系统同步；
- 接入状态：OBU 需要通过获取同步，随机接入和能力协商接入流程。其中包括 3 个子状态：
  - a) 等待随机接入请求资源分配状态：OBU 发送完随机接入码后，转入等待随机接入请求资源分配状态，等待 RSU 侧分配 CCH，用于发送后续的随机接入请求；
  - b) 等待随机接入响应状态：OBU 利用 RSU 分配的资源发送完随机接入请求帧，并转入等待随机接入响应状态；
  - c) 等待能力协商响应状态：OBU 收到随机接入响应信息和分配的 CCH 后，OBU 发送能力协商请求帧，并转入等待能力协商响应状态；
- 连接状态：业务运行状态，为用户分配预留资源，用于资源申请，在下行业务中稍带上行 ACK 资源；响应流修改、删除请求；接收到休眠请求后转入休眠状态；接收到退网帧后进行用户退网处理，返回初始状态；
- 空闲状态：当 OBU 无任何接入连接时，进入空闲状态；

状态机转移条件见表 2。

表 1 状态机转移条件

编号	转移名称	转移前状态	转移后状态	转移条件描述
1	发送随机接入码	初始状态	等待随机接入请求 资源分配	OBU 发送随机接入码
2	发送随机接入请求	等待随机接入请求 资源分配	等待随机接入响应	OBU 接收到随机接入请求资源分配的 CCH, 发送随机接入请求
3	随机接入成功	等待随机接入响应	等待能力协商响应	OBU 接收到 RSU 发送的随机接入响应帧,
4	业务流建立完成	等待能力协商响应	连接状态	RSU 响应 OBU 的流建立请求, 为用户建立业务流, 为用户分配预留的资源
5	退网	连接状态	初始状态	RSU 接收到退网请求, 响应该用户, 删除用户
6	业务流删除	连接状态	空闲状态	当 OBU 所有的业务连接删除后, 转为空闲状态
7	业务流建立	空闲状态	连接状态	空闲状态的 OBU 如果建立了业务流, 转入连接状态
8	流修改、删除	连接状态	连接状态	OBU 请求的业务流管理操作
9	超时一	等待随机接入请求 资源分配	初始状态	随机接入请求资源分配发送超时
10	超时二	等待随机接入响应	初始状态	随机接入响应超时
11	超时三	等待能力协商响应	初始状态	能力协商响应超时
12	超时四	连接	初始状态	流建立请求超时

OBU 状态转移见图 3。

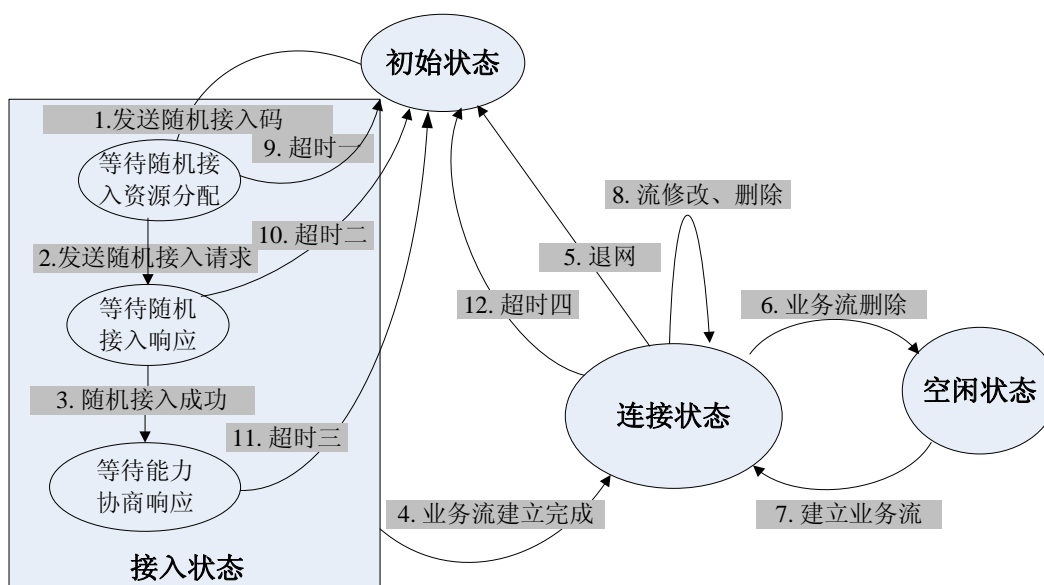


图3 OBU 状态转移

## 6 有中心节点通信模式的 MAC 帧格式

### 6.1 通用 MAC 帧格式

#### 6.1.1 通用 MAC 帧格式概述

图 4 给出 MAC 协议数据单元 (MPDU) 的帧格式。每一个 MPDU 都可以被分成三部分。第一部分是定长的通用 MAC，第二部分是 MPDU 所携带的净荷，第三部分是校验 (FCS) 信息。

MAC 帧中的所有字段包含的比特按照从低到高进行编号，按照从低到高的顺序发送到物理层。一个字节内的比特按照由左 (LSB) 到右 (MSB) 的顺序传送到物理层。同一字段内包含的比特按照从低到高的编号顺序对应十进制数，例如 b9-b11=000，对应 0；b9-b11=001，对应 4。

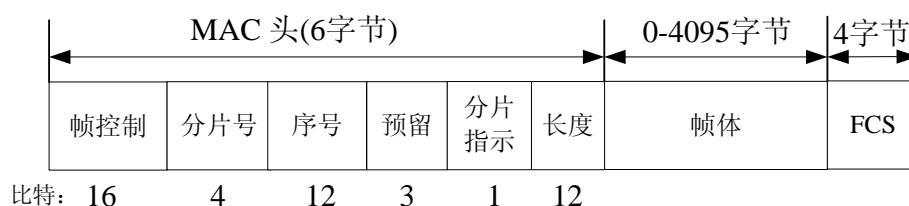


图4 通用 MAC 帧格式

#### 6.1.2 帧控制字段

##### 6.1.2.1 帧控制字段概述

帧控制域包含下列字段：协议版本、帧类型、子类型、流标识 (FID)、重传指示和预留，具体格式见图 1。所有 MAC 帧都包含帧控制字段。

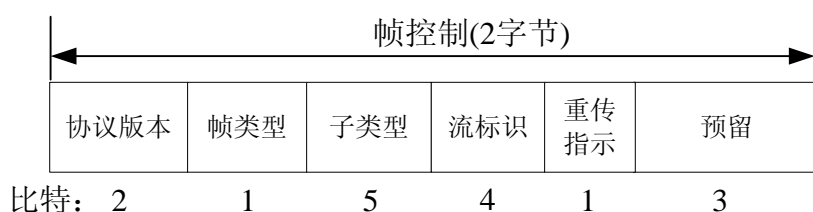


图5 帧控制域

##### 6.1.2.2 协议版本字段

协议版本字段长度为 2 比特，且在本部分的所有修订版中长度和位置始终不变。对本部分而言，协议版本值为 0，所有的其它值保留。

##### 6.1.2.3 帧类型和子类型字段

帧类型字段长度为 1 比特，子类型字段长度为 5 比特，这两个字段共同标识帧的功能。帧类型共有两种类型：管理控制和数据。每种帧类型又分为几种子类型。表 2 定义了类型和子类型的各种有效组合。

表 2 有效的类型和子类型的组合

类型 b2	类型描述	子类型值 b7 b6 b5 b4 b3	子类型描述
0	管理 控制	00000	广播控制帧 (BCF)
		00001	随机接入请求帧(RA_REQ)
		00010	随机接入响应帧(RA_RSP)
		00011	终端基本能力协商请求帧 (OBC_REQ)
		00100	终端基本能力协商响应帧 (OBC_RSP)
		00101	动态业务建立请求帧 (DSA_REQ)
		00110	动态业务建立响应帧 (DSA_RSP)
		00111	动态业务修改请求帧 (DSC_REQ)
		01000	动态业务修改响应帧 (DSC_RSP)
		01001	动态业务删除请求帧 (DSD_REQ)
		01010	动态业务删除响应帧 (DSD_RSP)
		01011	独立资源请求帧 (RES_REQ)
		01100	保留
		01101	信道质量反馈帧 (CQI_FB)
		01110	保留
		01111	保留
		10000	确认帧 (ACK)
		10001	组确认请求帧 (GroupAckReq)
		10010	组确认帧 (GroupAck)
		10011	退出网络帧 (Quit)
		10100	保留
		10101	休眠请求帧 (SLP_REQ)
		10110	休眠响应帧 (SLP_RSP)
		10111	下行业务指示帧 (DTF_IND)
		11000	保留
		11001	测量请求帧 (CM_REQ)
		11010	测量响应帧 (CM_RSP)
		11011	测量报告帧 (CM_REP)
		11100	切换请求帧 (HO_REQ)
		11101	切换命令帧 (HO_CMD)
		11110~11111	保留
1	数据	00000	数据帧 (DATA)
		00001	数据填充帧 (PAD_DATA)
		00010~11111	保留

## 6.1.2.4 流标识字段

流标识字段的长度为 4 比特。0000 用于管理控制流，0001-1111 用于数据流。

#### 6.1.2.5 重传指示字段

重传指示字段长度为1比特。若当前帧为前面帧的重传帧，该字段设置为1；否则，设置为0。

#### 6.1.2.6 预留字段

预留字段为3比特，默认设置为0。

#### 6.1.3 分片号（FSN）字段

分片号字段长度为4比特，用于指示MSDU/MMPDU的每个分片的编号，取值范围为0~15。当MSDU/MMPDU仅有一个分片时，分片号为0；当MSDU/MMPDU有多个分片时，其第一个分片号为0。同一MSDU/MMPDU的不同分片的分片号以1递增。

#### 6.1.4 序号（SN）字段

序号字段长度为12比特，取值范围为0~4095，用以指示MSDU/MMPDU的序列编号。一个FID流内所有发送的MSDU/MMPDU均被分配一个序号。第一个MSDU/MMPDU序号为0，同一FID内不同MSDU/MMPDU的序号以1递增。

#### 6.1.5 预留

预留字段为3比特，默认设置为0。

#### 6.1.6 分片指示字段

分片指示字段长度为1比特。在所有的数据帧或有序列号管理控制帧中，若后面还有当前MSDU/MMPDU的分片，该字段被设置为1；否则，该字段被设置为0。

#### 6.1.7 长度字段

长度字段为12比特，表示MAC头字段与FCS字段之间所有字段的总字节长度。

#### 6.1.8 帧体字段

帧体字段的长度是可变的，最小帧体长度为0个字节，最大帧体长度是4095字节。

#### 6.1.9 FCS 字段

FCS 字段是一个 32 比特长的字段，包含一个 32 比特 CRC。FCS 由 MAC 帧头和帧体的全部字段计算得到。

FCS 采用下述 32 次方标准多项式计算得到：

$$G(x)=x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$$

寄存器初始状态为 0xFFFFFFFF，运算结束后将寄存器状态取反作为 FCS 字段输出。FCS 字段按照从高阶到低阶的字节顺序进行发送。

### 6.2 数据帧

#### 6.2.1 数据帧概述

数据帧的帧格式见图 6 。

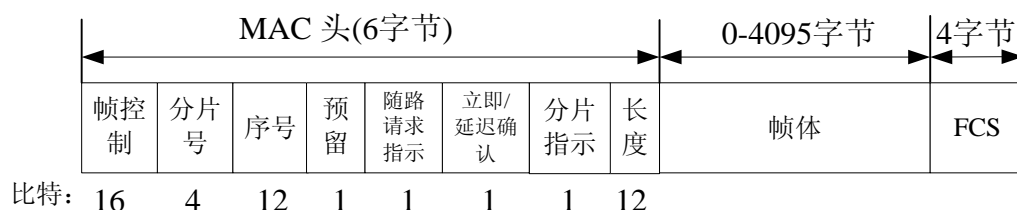


图6 数据帧

### 6.2.2 预留字段

该字段长度为1比特，默认设置为0。

### 6.2.3 随路请求指示字段

随路请求指示字段长度为1比特。该字段为1，表示在帧体部分的最前面会增加一个随路资源请求字段；该字段为0，表示无随路资源请求字段。

### 6.2.4 立即/延迟确认字段

立即/延迟确认字段长度为1比特。该字段为1，表示发送端通知接收端，收到该帧后需要对所有未确认的数据帧立即确认；该字段为0，表示发送端允许接收端收到该帧后延迟确认。

### 6.2.5 数据填充帧

类型为1，并且子类型为00001时，表示为数据填充帧，此时帧体部分为无效数据，只起占位作用。

## 6.3 管理控制帧

### 6.3.1 管理控制帧概述

管理控制帧包括无序列号管理控制帧和有序列号管理控制帧。无序列号管理控制帧包括：随机接入请求帧、随机接入响应帧、终端基本能力协商请求帧、终端基本能力协商响应帧、动态业务建立请求帧、动态业务建立响应帧、动态业务修改请求帧、动态业务修改响应帧、动态业务删除请求帧、动态业务删除响应帧、独立资源请求帧、ACK 帧、GroupAckReq 帧、GroupAck 帧、退出网络帧、休眠请求帧、休眠响应帧和下行业务指示帧，CM-REQ，CM-RSP，CM-REP，HO-REQ 帧和 HO-CMD 帧。

有序列号管理控制帧包括：BCF 帧、CM-REP 帧。

### 6.3.2 无序列号管理控制帧通用帧格式

无序列号管理控制帧帧格式见图7。



图7 无序列号管理控制帧通用帧格式

### 6.3.3 有序列号管理控制帧通用帧格式

有序列号管理控制帧帧格式见图8。

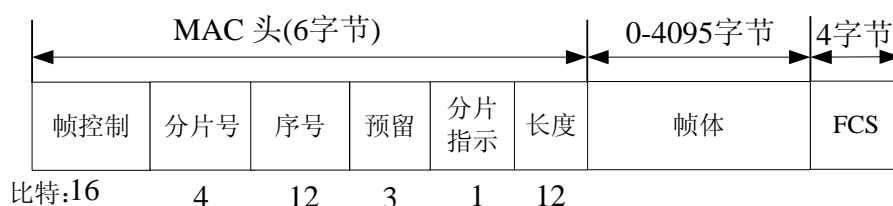


图8 有序列号管理控制帧通用帧格式

### 6.3.4 管理控制帧定义

#### 6.3.4.1 广播控制（BCF）帧

BCF 帧用于 RSU 广播能力。

帧体包含固定和可扩展部分。固定部分的信息见 0。可扩展部分可以是 TLV 结构。

表 3 BCF 帧体固定部分

信息	长度（比特）	说明
RSU MAC 地址	48	RSU 的唯一标识
工作信道号	8	RSU 占用的信道编号
帧长	2	0 表示可变帧长； 1 表示 1 ms 帧长； 2 表示 2ms 帧长； 3 表示 5ms 帧长。
RSU 端天线配置	3	用于指示 RSU 端最多的天线配置。 0 表示 1 根天线； 1 表示 2 根天线； 2-7 保留。
预留	2	默认设置为 0
MCS 指示	1	0：支持 MCS0-MCS9； 1：支持全部 MCS。
网络别名长度	8	网络别名字段的有效长度，取值范围 1-31，单位字节。
网络别名	248	以字母或数字开头的字符串，最大长度是 31 字节。
时间戳	64	提供一个 RSU 内的公共时钟，用于 OBU 初始化的系统同步，单位 us。
BCF 间隔	16	指示 BCF 帧出现的时间周期，单位 ms。
随机接入退避的最小窗口	4	用于随机接入退避窗口的控制，最小窗口取值范围 $0 \sim 2^n - 1$
调度请求退避的最小窗口	4	用于基于竞争的资源请求的退避窗口的控制，最小窗口取值范围 $0 \sim 2^n - 1$
随机接入退避的最大窗口	8	用于随机接入退避窗口的控制，最大窗口取值范围 $0 \sim 2^n - 1$



表3 （续）

信息	长度（比特）	说明
调度请求退避的最大窗口	8	用于基于竞争的资源请求的退避窗口的控制，最大窗口取值范围 $0 \sim 2^n - 1$
RSU 发射功率	8	指示 RSU 当前的发射功率 该字段对应带符号的十进制数为 $n$ ， $n = -128 \sim 127$ （负数部分以补码形式表示）：RSU 发射功率为 $n$ dBm。
预留	5	默认设置为 0
下行探测导频图样	3	指示下行探测导频图样索引（附表 C1 索引）
下行探测信道的位置	8	指示下行探测信道在 DL-TCH 信道中的位置。该字段对应十进制数为 $n$ ， $n = 0 \sim 255$ ，下行探测信道将 DL-TCH 信道分为前后两部分，后一部分共有 $n$ 个 OFDM 符号。
解调导频时域间隔 0	7	相邻解调导频时间域间隔的 OFDM 符号个数（短间隔配置）
解调导频时域间隔 1	9	相邻解调导频时间域间隔的 OFDM 符号个数（长间隔配置）
DGI	2	下行与上行的转换时间 0：保护间隔为 2 个 OFDM 符号周期； 1：保护间隔为 4 个 OFDM 符号周期； 2~3：保留。
UGI	2	上行与下行的转换时间 0：保护间隔为 2 个 OFDM 符号周期； 1：保护间隔为 4 个 OFDM 符号周期（处理延迟）； 2~3：保留。
UL-RACH 信道格式	2	00：随机接入格式 1； 01：随机接入格式 2； 10：随机接入格式 3； 11：保留。
RSSI-DL-DROP	8	表示当前小区信号强度衰落门限值，用来触发测量请求。
预留	2	默认设置为 0

#### 6.3.4.2 随机接入请求帧（RA\_REQ）

随机接入请求帧见图9，用于 OBU 向 RSU 发起随机接入请求。



图9 随机接入请求帧

帧体内容见表 4。

表 4 随机接入请求帧体

名称	长度（比特）	值
OBU MAC 地址	48	OBU 的 MAC 地址
RSU MAC 地址	48	请求接入的 RSU 的 MAC 地址
功率调整余量	8	OBU 发射功率调整余量 该字段对应带符号的十进制数为 $n$ , $n=-128\sim 127$ （负数部分以补码形式表示）：发射功率余量为 $n$ dBm。
OBU 发射功率	8	OBU 当前发射功率 该字段对应带符号的十进制数为 $n$ , $n=-128\sim 127$ （负数部分以补码形式表示）：OBU 发射功率为 $n$ dBm。
预留	32	默认设置为 0

## 6.3.4.3 随机接入响应帧（RA\_RSP）

随机接入响应帧见图 10，用于 RSU 对接收到的随机接入请求做出响应。



图10 随机接入响应帧

随机接入响应帧体内容见表 50。

表 5 随机接入响应帧体

名称	长度（比特）	值
功率调整	8	OBU 发射功率调整值， 该字段对应带符号的十进制数为 $n$ , $n=-128\sim 127$ （负数部分以补码形式表示）：发射功率调整为 $n$ dBm。
接入状态	2	0：保留； 1：放弃； 2：成功； 3：重新接入。
预留	6	默认值 0
OBU MAC 地址	48	OBU 的 MAC 地址
TOBU ID	12	用于识别车载单元的临时标识
预留	36	默认设置为 0

## 6.3.4.4 终端基本能力协商请求帧（OBC\_REQ）

终端基本能力协商请求帧用于 OBU 向 RSU 通报自己的基本能力。

帧体包含的信息见表 6。

表 6 终端基本能力请求帧体

名称	长度（比特）	值
OBU 天线数	3	0 表示 1 根天线； 1 表示 2 根天线； 2~7 保留。
预留	4	默认设置为 0
OBU 支持的调度机制	1	0：仅支持时分调度 1：保留
预留	8	默认设置为 0
OBU 最大发射流数	3	0：流数为 1； 1：流数为 2； 2-7 保留。
OBU 最大接收流数	3	0 表示流数为 1； 1 表示流数为 2； 2-7 保留。
预留	2	默认设置为 0
OBU LDPC 能力指示	1	0：不支持 LDPC 码长 1 1：支持 LDPC 码长 1
OBU Tx STBC 能力指示	1	0：不支持 1：支持
OBU Rx STBC 能力指示	1	0：不支持 1：支持
预留	8	默认设置为 0
上行信令/反馈信道格式 2 支持指示	1	0：不支持 1：支持
预留	68	默认设置为 0

## 6.3.4.5 终端基本能力协商响应帧（OBC\_RSP）

终端基本能力协商响应帧用于 RSU 通知 OBU 工作参数。

帧体包含的信息见表 7。

表 7 终端基本能力响应帧体

名称	长度（比特）	值
OBU ID	12	用于识别车载单元
预留	6	默认设置为 0
调度机制	1	0：仅时分调度 1：保留

表 7（续）

名称	长度（比特）	值
预留	1	默认设置为 0
LDPC 指示	1	OBU 所支持的编码方式： 0：不支持 LDPC 码长 1； 1：支持 LDPC 码长 1。
Tx STBC	1	0：不支持 1：支持
Rx STBC	1	0：不支持 1：支持
OBU 最大发射流数	3	0 表示流数为 1； 1 表示流数为 2； 2-7 保留。
OBU 最大接收流数	3	0 表示流数为 1； 1 表示流数为 2； 2-7 保留。
预留	8	默认设置为 0
上行信令/反馈信道格式 2	1	0：不支持格式 2 1：支持格式 2
预留	1	默认设置为 0
预留	72	默认设置为 0

#### 6.3.4.6 业务流管理

动态业务建立请求帧见图 11，用于 RSU 和 OBU 之间建立业务流所做出的请求。

比特：16	4	3	1	32	48	35	1	4	32
帧控制	FID	业务类型	方向	业务保障速率	目的MAC地址	预留	分片确认机制指示	FID最大缓冲能力(MaxBufferSize)	FCS

图11 动态业务建立请求帧

动态业务建立响应帧见图 12，是 RSU 对 OBU 发起的动态业务建立请求所做出的响应。

比特：16	4	3	1	32	32	35	1	4	32
帧控制	FID	业务类型	预留	业务保障速率	业务最大速率	预留	分片确认机制指示	FID最大缓冲能力(MaxBufferSize)	FCS

图12 动态业务建立响应帧

动态业务修改请求帧见图 13，用于 RSU 和 OBU 对业务流的 QoS 参数所做出的修改请求。

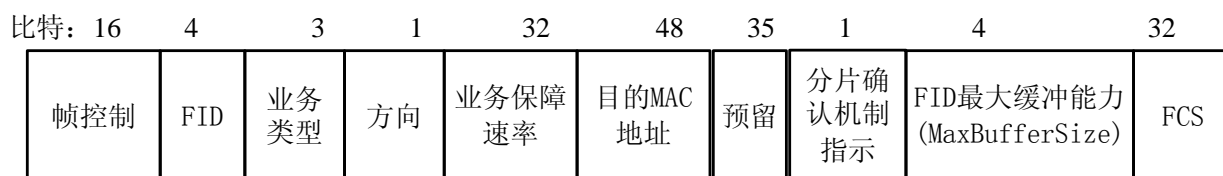


图13 动态业务修改请求帧

动态业务修改响应帧见图 14，是 RSU 对 OBU 发起的动态业务修改请求所做出的响应。



图14 动态业务修改响应帧

动态业务删除请求帧见图 15 用于 RSU 和 OBU 删除业务流所做出的请求。

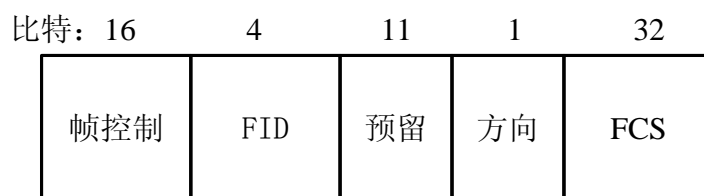


图15 动态业务删除请求帧

动态业务删除响应帧见图 16，是 RSU 对 OBU 发起的动态业务流删除请求所做出的响应。



图16 动态业务删除响应帧

动态业务建立请求、响应，动态业务修改请求、响应的帧体内容定义见 0。

表 8 业务流管理的帧体描述

字段	长度（比特）	描述
FID	4	业务流标识
业务类型	3	具体的业务类型（见 0）
方向	1	0 表示下行； 1 表示上行。
预留	35/1/11	默认设置为 0
分片确认机制指示	1 比特	0：分片组合确认。 1：分片确认
业务保障速率	32	单位 bit/s，取值 $0\sim 2^{32}$
业务最大速率	32	单位 bit/s，取值 $0\sim 2^{32}$
目的 MAC 地址	48	48 位 MAC 地址
FID 最大缓冲能力 (MaxBufferSize)	4	0：最多缓冲 8 个 MPDU； 1：最多缓冲 16 个 MPDU； 2：最多缓冲 32 个 MPDU； 3：最多缓冲 64 个 MPDU； 4：最多缓冲 128 个 MPDU； 5：最多缓冲 256 个 MPDU； 6-15：保留

#### 6.3.4.7 资源请求帧

资源请求包括两种方式：

- （1）独立发送资源请求；
- （2）发送数据时携带随路资源请求。

独立资源请求帧用于 OBU 的业务流向 RSU 请求带宽，见图 17。

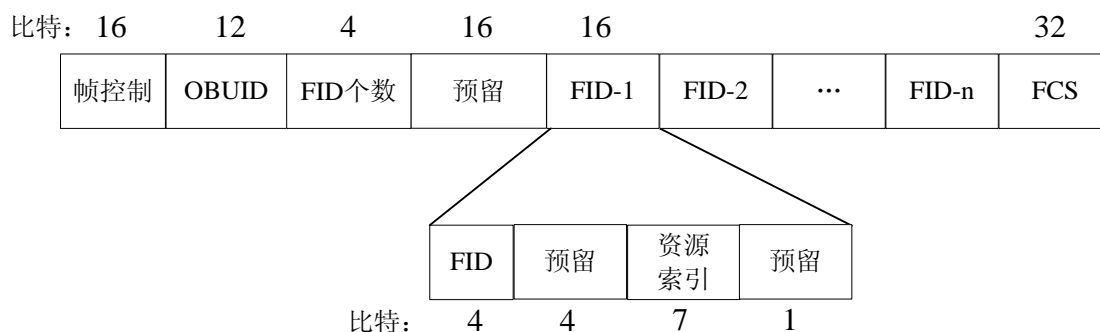


图17 独立资源请求帧

独立资源请求帧的帧体部分内容见 0。

表 9 独立资源请求帧的帧体

字段	长度（比特）	描述
OBUID	12	唯一标识一个 OBU
FID 个数	4	指示资源请求的业务流个数
预留	16	默认设置为 0
FID	4	表示 OBU 为业务流 FID 进行资源请求
预留	4	默认设置为 0
资源索引	7	表示请求的资源大小在资源表格中的索引
预留	1	默认设置为 0

资源表格见 0。

表 10 资源表格

索引	资源大小值（字节）	索引	资源大小值（字节）
0	BS = 0	64	2689<= BS <=2800
1	1< BS <=14	65	2801<= BS <=2912
2	15<= BS <=28	66	2913<= BS <=3024
3	29<=BS <=42	67	3025<= BS <=3136
4	43<=BS <=56	68	3137<= BS <=3360
5	57<= BS <=70	69	3361<= BS <=3584
6	71<=BS <=84	70	3585<= BS <=3808
7	85<= BS <=98	71	3809<= BS <=4032
8	99<= BS <=112	72	4033<=BS <=4256
9	113<= BS <=126	73	4257<= BS <=4480
10	127<= BS <=140	74	4481<=BS <=4704
11	141<= BS <=154	75	4705<= BS <=4928
12	155<= BS <=168	76	4929<=BS <=5152
13	169<=BS <=182	77	5153<=BS <=5376
14	183<= BS <=196	78	5377<= BS <=5600
15	197<= BS <=210	79	5601<= BS <=5824
16	211<= BS <=224	80	5825<= BS <=6272
17	225<= BS <=238	81	6273<= BS <=6720
18	239<= BS <=252	82	6721<= BS <=7168
19	253<=BS <=266	83	7169<= BS <=7616
20	267<= BS <=280	84	7617<= BS <=8064
21	281<= BS <=308	85	8065<= BS <=8512
22	309<= BS <=336	86	8513<= BS <=8960
23	337<=BS <=364	87	8961<= BS <=9408
24	365<= BS <=392	88	9409<= BS <=9856
25	393<=BS <=420	89	9857<= BS <=10304
26	421<= BS <=448	90	10305<= BS <=10752

表 10（续）

索引	资源大小值（字节）	索引	资源大小值（字节）
27	449<= BS <=476	91	10753<= BS <=11648
28	477<= BS <=504	92	11649<= BS <=12544
29	505<= BS <=532	93	12545<= BS <=13440
30	533<= BS <=560	94	13441<= BS <=14336
31	561<= BS <=588	95	14337<=BS <=15232
32	589<= BS <=616	96	15233<= BS <=16128
33	617<= BS <=644	97	16129<=BS <=17920
34	645<= BS <=672	98	17921<= BS <=19712
35	673<=BS <=700	99	19713<= BS <=21504
36	701<= BS <=728	100	21505<= BS <=23296
37	729<= BS <=784	101	23297<=BS <=25088
38	785<= BS <=840	102	25089<= BS <=28672
39	841<= BS <=896	103	28673<= BS <=32256
40	897<= BS <=952	104	32257<= BS <=35840
41	953<= BS <=1008	105	35841<= BS <=39424
42	1009<=BS <=1064	106	39425<= BS <=43008
43	1065<= BS <=1120	107	43009<= BS <=50176
44	1121<= BS <=1176	108	50177<= BS <=57344
45	1177<= BS <=1232	109	57345<= BS <=64512
46	1233<= BS <=1288	110	64513<= BS <=71680
47	1289<= BS <=1344	111	71681<= BS <=86016
48	1345<=BS <=1400	112	86017<= BS <=100352
49	1401<= BS <=1456	113	100353<= BS <=114688
50	1457<=BS <=1512	114	114689<= BS <=129024
51	1513<= BS <=1568	115	129025<= BS <=143360
52	1569<= BS <=1624	116	143361<=BS <=172032
53	1625<= BS <=1680	117	172033<= BS <=200704
54	1681<= BS <=1736	118	200705<= BS <=229376
55	1737<= BS <=1792	119	229377<= BS <=258048
56	1793<=BS <=1904	120	258049<= BS <=286720
57	1905<=BS <=2016	121	286721<= BS <=344064
58	2017<= BS <=2128	122	344065<= BS <=458752
59	2129<= BS <=2240	123	458753<= BS <=573440
60	2241<= BS <=2352	124	573441<= BS <=802816
61	2353<= BS <=2464	125	802817<= BS <=1835008
62	2465<= BS <=2576	126	1835009<= BS <=3500000
63	2577<= BS <=2688	127	BS >=3500000

当随路请求指示字段为 1，在帧体部分的最前面会增加一个随路资源请求字段，见图 18。



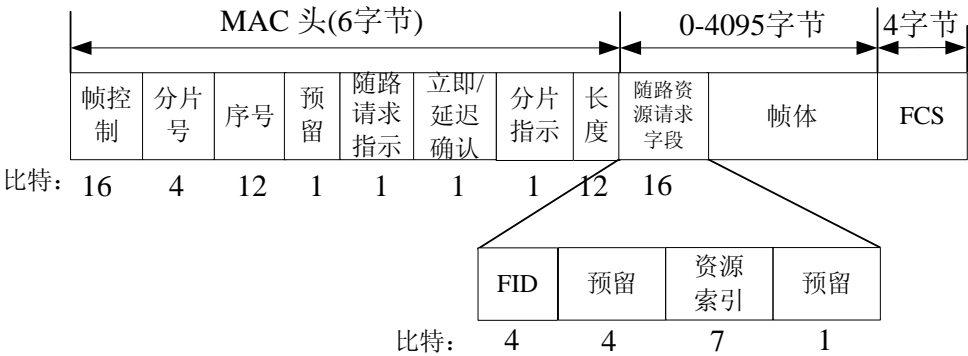


图18 包含随路资源请求的数据帧

FID 和资源索引定义见表 9。

6.3.4.8 信道质量反馈（CQI\_FB）帧

信道质量反馈 CQI\_FB 帧见错误!未找到引用源。。帧体 CQI 信息部分包括 MCS1、编码类型和 SINR，帧体定义见 0。

当本条涉及的 MAC 帧体出现字节不对齐时，需要在帧体后补充 1-7 个比特保持字节对齐。



图19 CQI 信息部分

表 11 CQI 信息部分

字段	长度（比特）	描 述
预留	4	默认设置为 0
MCS1	7	请求信道的 MCS
预留	7	默认设置为 0
编码类型	2	表示 OBU 推荐的编码方式， 0: BCC; 1: LDPC 码长 1; 2: LDPC 码长 2; 3: LDPC 码长 3。
SINR	8	请求信道各空间流上的平均 SINR 该字段对应的十进制数为 n，取值 0~255，SINR 表示为 $-10+0.25\cdot n$ （dB）。



## 6.3.4.11 组确认帧（GroupAck）

组确认帧字段定义见图 22。

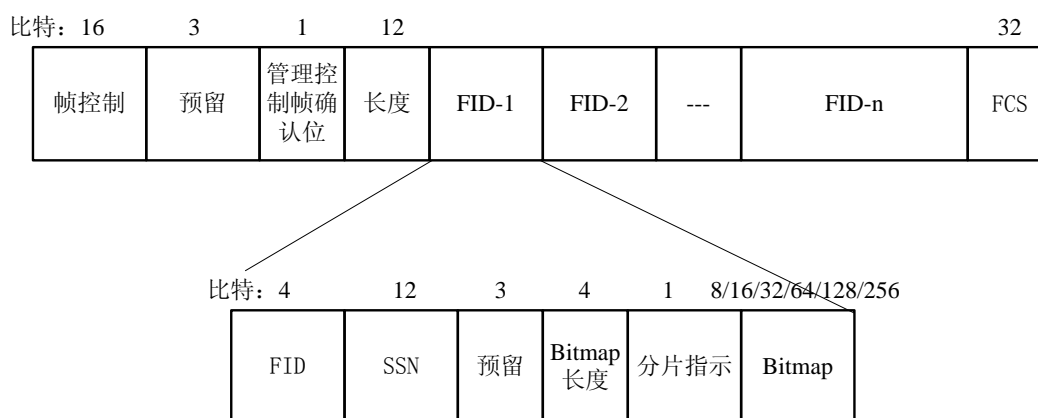


图22 GroupAck 帧

组确认帧的帧体部分内容见 0。

表 14 GroupAck 帧的帧体

字段	长度（比特）	描述
预留	3	默认设置为 0。
管理控制帧确认位	1	指示对接收到一个无序列号管理控制帧进行确认。
长度	12	表示长度字段与 FCS 字段之间所有字段的总字节长度。
FID	4	通知发送端该 FID 信息块是对某一 FID 业务流进行 GroupAck 确认。
SSN	12	当分片指示为 0 时，表示通知发送端该 FID 信息块的 Bitmap 的起始序号。 当分片指示为 1 时，表示通知发送端该 FID 信息块 Bitmap 的序号。
Bitmap 长度	4	指示每个 FID 信息块的 Bitmap 的长度。 0: 8 比特； 1: 16 比特； 2: 32 比特； 3: 64 比特； 4: 128 比特； 5: 256 比特； 6-15: 保留。
预留	3	默认设置为 0。
分片指示	1	为 1，指示是对分片数据帧的确认。此时，Bitmap 中每个 bit 位是为某帧的一个分片做出确认。 为 0，指示是对未分片数据帧的确认。此时，Bitmap 中每个 bit 位是为某帧做出确认。
Bitmap	8/16/32/64/128/256	Bitmap 中的一个比特表示某个 MPDU/分片是否成功接收，成功接收设为 1，否则设为 0，MPDU 序号/分片号根据 SSN 与偏移量计算得出。

## 6.3.4.12 退出网络帧 (Quit)

退出网络帧见图 23，用于 OBU 退出网络。

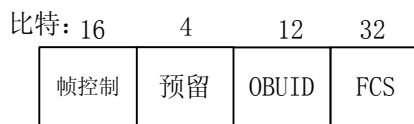


图23 退出网络帧

退出网络帧的帧体部分定义见 0。

表 15 退出网络帧的帧体

字段	长度（比特）	描述
预留	4	默认设置为 0。
OBUID	12	用于识别车载单元。

## 6.3.4.13 休眠请求帧 (SLP\_REQ)

休眠请求帧用于 OBU 向 RSU 发送的由激活模式向休眠模式的切换请求，字段定义见图 24。

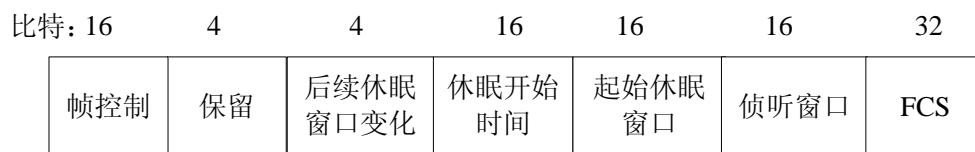


图24 休眠请求帧

休眠请求帧的帧体内容定义见 0。

表 16 休眠请求帧的帧体

字段	长度（比特）	说明
保留	4	默认设置为 0。
后续休眠窗口变化	4	表示 OBU 请求的相对于起始休眠窗口的变化， 0：不变；1：倍增；其他值保留。
休眠开始时间	16	表示 OBU 请求的第一个休眠窗口的开始时刻，用帧号表示。
起始休眠窗口	16	表示 OBU 请求的第一个休眠窗口的大小，以 ms 为单位。
侦听窗口	16	表示 OBU 请求的侦听窗口的大小，以 ms 为单位。

6.3.4.14 休眠响应帧（SLP\_RSP）

休眠响应帧用于 RSU 主动发送通知 OBU 休眠，或者用于休眠请求帧响应，帧体字段见图 25 。

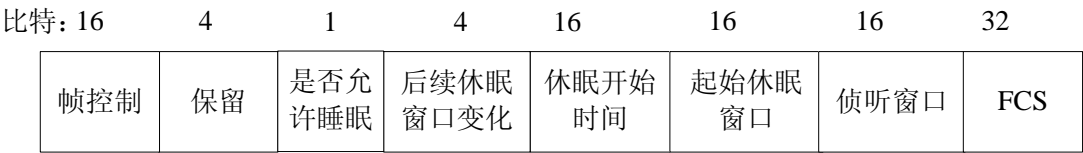


图25 休眠响应帧

休眠响应帧的帧体内容见0。

表 17 休眠响应帧的帧体

字段	长度（比特）	说明
保留	3	默认设置为 0。
是否允许睡眠	1	0：表示不允许 OBU 休眠； 1：表示允许 OBU 休眠；
后续休眠窗口变化	4	表示 RSU 允许的相对于起始休眠窗口的变化， 0：不变； 1：倍增； 其他值保留。
休眠开始时间	16	表示 RSU 允许的第一个休眠窗口的开始时刻， 用帧号表示。
起始休眠窗口	16	表示 RSU 允许的第一个休眠窗口的大小，以 BCF 间隔为单位。
侦听窗口	16	表示 RSU 允许的侦听窗口的大小，以 BCF 间隔 为单位。

6.3.4.15 下行业务指示帧（DTF\_IND）

下行业务指示帧用于RSU通知处于休眠状态的OBU的下行业务情况，其帧体字段见图26 。



图26 下行业务指示帧

下行业务指示帧的帧体内容见 0。

表 18 下行业务指示帧体字段

字段	长度（比特）	说明
预留	12	默认设置为 0。
TI 指示	4	表示 RSU 侧是否有本 OBU 的下行数据， 0：表示无本 OBU 的数据； 1：表示有本 OBU 的数据； 其他值保留。

## 6.3.4.16 测量请求帧（CM-REQ）

OBU 根据测量的当前小区的 RSSI，一旦 RSSI 低于阈值，可以主动向当前 RSU 发送 CM-REQ 消息，请求测量时间和邻近小区列表信息。CM-REQ 携带的参数见表 19。

表 19 CM-REQ 消息参数

字段	长度（比特）	描述
测量时间分配	8	表示请求的测量时间，以帧为单位。
平均信号质量	8	表示当前服务 RSU 的平均 RSSI 强度
预留	64	默认设置为 0

## 6.3.4.17 测量响应帧（CM-RSP）

CM-RSP 可以用来响应 CM-REQ 消息，也可以由网络侧主动发送，对 OBU 进行测量的控制。CM-RSP 携带的参数见表 20。

表 20 CM-RSP 消息参数

字段	长度（比特）	说明
测量时间分配	8	表示分配的测量时间，以帧为单位。 如果置为 0, 表示拒绝测量。
测量开始时间	8	表示从接到测量响应消息后开始，OBU 启动测量的时间，以帧为单位。
测量结果上报模式	2	表示测量结果的上报模式。 0：事件触发性上报 1：周期性上报 2-3：保留
测量类型	2	表示测量类型： 0：表示只检测到 SICH； 1：表示需要接收到 BCF； 2：表示需要测量 TA 3： 预留
预留	4	默认设置为 0。

表 20 (续)

字段	长度 (比特)	说明
测量间隔	8	以帧为单位。
测量次数	8	表示测量结果上报的次数
测量结果上报周期	8	如果测量结果上报模式为 1, 表示测量结果上报周期, 以帧为单位。
候选 RSU1 标识	8	表示候选 RSU1 MAC 地址的低 8 位
候选 RSU1 信道标识	8	表示候选 RSU1 的工作信道的信道号
候选 RSU2 标识	8	表示候选 RSU2 的 MAC 地址的低 8 位
候选 RSU2 信道标识	8	表示候选 RSU2 的工作信道的信道号
预留	64	默认设置为 0。

#### 6.3.4.18 测量报告帧 (CM\_REP)

根据收到的 CM-RSP 消息中的测量报告的指示信息, OBU 进行测量结果上报。CM-REP 消息中携带的参数见表 21。

表 21 CM-REP 消息参数

字段	长度 (比特)	说明
测量结果报告模式	2	表示测量结果的上报模式, 0: 事件触发性报告 1: 周期性报告 2-3: 保留
预留	6	
当前小区的平均 RSSI	8	表示当前小区接收到的平均 RSSI。
候选 RSU1 标识	8	表示候选 RSU1 的 MAC 地址的低 8 位
候选 RSU1 信道号	8	表示候选 RSU1 的信道号
候选 RSU1 的平均 RSSI	8	表示候选 RSU1 接收到的平均 RSSI
候选 RSU2 的标识	8	表示候选 RSU2 的 MAC 地址的低 8 位
候选 RSU2 的信道号	8	表示候选 RSU2 的信道号
候选 RSU2 的平均 RSSI	8	示候选 RSU2 接收到的平均 RSSI

#### 6.3.4.19 切换请求帧 (HO\_REQ)

对于由 OBU 触发的切换, OBU 可以向当前服务的 RSU (RSU-S) 发送 HO\_REQ 消息, 触发切换程序。其中 HO\_REQ 携带参数见表 22。

表 22 HO\_REQ 消息参数

字段	长度（比特）	说明
候选 RSU1	8	表示候选 RSU1 的 MAC 地址的低 8 位
候选 RSU 信道标识	8	表示候选 RSU1 的工作信道的信道号
候选 RSU1 的信道质量	8	表示候选 RSU 的平均 RSSI 强度
候选 RSU 2	8	表示候选 RSU2 的 MAC 地址的低 8 位
候选 RSU2 信道标识	8	表示候选 RSU2 的工作信道的信道号
候选 RSU 2 的信道质量	8	表示候选 RSU2 的平均 RSSI 强度
预留	64	

## 6.3.4.20 切换命令帧 (HO\_CMD)

当前服务的 RSU 发送 HO\_CMD 触发切换，或者用来确认由 OBU 发送的 HO\_REQ 的消息。

HO\_CMD 携带的消息参数见表 23。

表 23 HO\_CMD 消息参数

字段	长度（比特）	说明
切换指示	2	表示是否接收 OBU 发起的切换 0：拒绝切换； 1：接收切换； 2-3：保留。
切换类型	2	表示切换类型 0： 重新接入类型； 1： 竞争接入类型 2： 无竞争接入类型； 3： 预留
预留	4	默认设置为 0。
目标 RSU1	8	表示候选 RSU1 的 MAC 地址低 8 位
目标 RSU 1 信道标识	8	表示候选 RSU1 的工作信道的信道号
TOBUID	12	如果切换类型为 3， 表示由 RSU-D 为 OBU 预先分配用于切换时间内临时 OBUID。 如果切换类型为其他值，该字段保留。
有效时间	4	表示 TOBUID 有效时间，以帧为单位
TA 信息	8	如果切换类型为 3， 表示 RSU-D 为 OBU 估测的 TA 信息。 如果切换类型为其他值，该字段保留。
AK 信息	64	如果切换类型为 3， 表示 RSU-D 中的认证信息 如果切换类型为其他值，该字段保留。
预留	64	



## 6.4 G-MPDU

G-MPDU 由一系列 G-MPDU 子帧组成，如图 27 所示。



图27 G-MPDU 格式

G-MPDU 子帧包括 MPDU 定界符、MPDU 和可能的填充字节。除了最后一个 G-MPDU 子帧，每个 G-MPDU 子帧需要增加 0~1 个填充字节，使每个 G-MPDU 子帧的长度是 2 字节的整数倍。G-MPDU 子帧格式如图 28 所示。



图28 G-MPDU 子帧格式

MPDU 定界符长度为 2 个字节，用来定位 G-MPDU 的 MPDU 单元。定界符的格式如图 29 所示。



图29 MPDU 定界符

定界符标识的值固定为 0x46。CRC 由 MPDU 去掉 FCS 的剩余长度得出。采用 8 位 CRC 校验，CRC 采用标准多项式产生：

$$G(x) = x^8 + x^2 + x + 1$$

寄存器初始状态为 0xFF，运算结束后将寄存器状态取反作为 CRC 校验序列输出。CRC 校验比特按照从高阶到低阶的字节顺序进行发送。

在业务传输信道传输的所有 MPDU 都使用 G-MPDU 方式传输。

## 7 有中心节点通信模式的 MAC 层功能

### 7.1 适配子层

适配子层的功能是对 IP 层数据分类，并用一个 FID 标识一个业务流。

在 OBU/RSU 内部，适配层将 IP 数据包分成多个业务流。每个业务流属于一种业务类型，并使用一个 FID 标识。FID 范围是 1-15，每个 FID 业务流都对应着一组 QoS 参数。

每个 OBU 内部最多允许同时建立 15 个业务流占用 UL-TCH 与 RSU 数据通信。同样，RSU 针对每个 OBU 最多允许同时建立 15 个业务流占用 DL-TCH 同 OBU 数据通信。各种管理控制帧占用 FID 为 0 的通信连接并且默认已建立成功。

## 7.2 MAC 子层

### 7.2.1 寻址与连接

OBU 和 RSU 都具有一个 48 比特全球唯一的 MAC 地址作为标识。该地址用于在网络接入阶段相互确认和网内数据包转发。如果 OBU 成功接入到网络中, RSU 会为 OBU 分配一个 12 比特的车载单元标识 (OBUID) 用于唯一标识 OBU。

MAC 层可为应用提供面向连接的服务, RSU 与每个 OBU 之间上行/下行最多可以保持 16 个连接, 每个连接用 4 比特的 FID 进行内部标识。

### 7.2.2 MAC 地址

OBU和RSU都采用全球唯一的48比特的MAC地址则作为标识。

### 7.2.3 广播标识 (BOBUID)

BOBUID 长度为 12 比特, 取值范围 0x000 和 0x001, 用于向本 RSU 范围内所有 OBU 广播。

### 7.2.4 车载单元标识 (OBUID)

OBUID 长度为 12 比特, 取值范围 0x100~0xFFF。

OBU 完成能力协商后, RSU 为每个 OBU 分配在本 RSU 范围内的唯一标识 (OBUID)。

在接收并解析CCH信息过程中, 车载单元除了需要处理和本OBUID匹配的控制信息外, 还需要处理BOBUID所携带的控制信息。

### 7.2.5 临时车载单元标识 (TOBUID)

TOBUID 长度为 12 比特, 取值范围 0x002~0x0FF, 用于在分配 OBUID 之前临时标识一个 OBU。RSU 通过随机接入响应帧分配一个 TOBUID 值给 OBU。

在 OBU 与 RSU 能力协商过程中, OBU 使用 TOBUID 来匹配 CCH 中携带的 OBUID, 并解析出属于自己的控制信息。一旦车载单元获取了 OBUID, 则原有的 TOBUID 失效。

### 7.2.6 流标识 (FID)

FID 长度为 4 比特, 用于标识一个上行或下行业务流。FID 编号由发送端管理, 上行和下行相互独立。

## 7.3 OBU 入网流程

### 7.3.1 概述

入网流程指 OBU 发现网络, 并与 RSU 建立连接的过程。网络接入包括下列步骤:

- a) 获取系统同步
- b) 随机接入
- c) 能力协商

入网流程见图30。

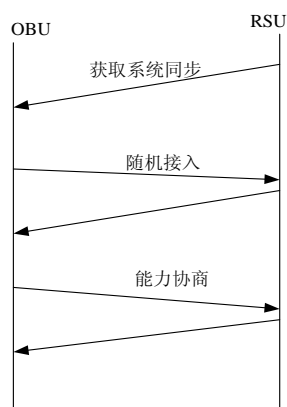


图30 入网流程

### 7.3.2 获取系统同步

OBU 获取系统同步流程见图 31。

- 在某一信道上扫描物理信号；
- 如果 OBU 能正确检测出物理帧头，则认为该信道存在物理帧，否则重复检测操作，直到超过信道等待时间，切换到下一信道重复上述操作；
- 如果 OBU 能正确解析 SICH 和 CCH，收到 BCF 帧后获取系统信息，则系统初始同步成功，否则，超过信道等待时间后，切换到下一信道重复上述操作。

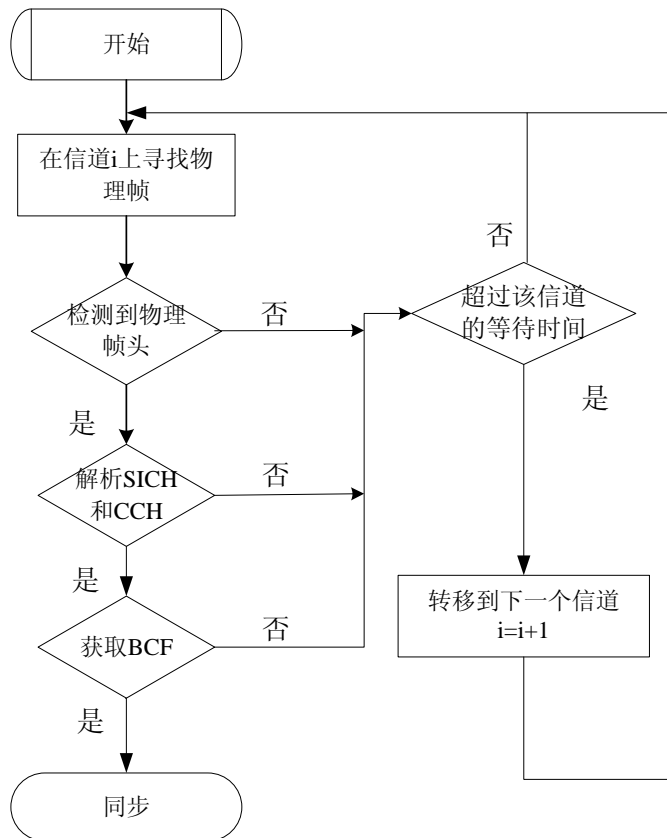


图31 车载单元获取系统同步流程

在 OBU 初始同步成功之后，OBU 进入同步保持环节。

如果 SICH 定时器超时或者 BCF 定时器超时，OBU 需要重新建立初始同步，进入图 31 的流程。保持同步的流程见图 32。

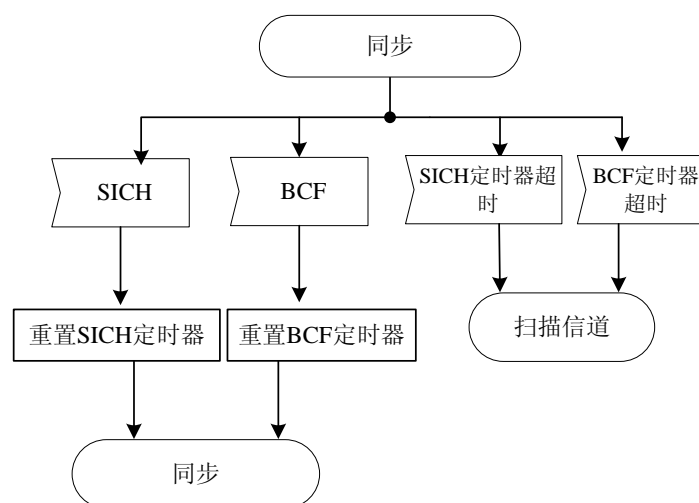


图32 保持同步流程

### 7.3.3 随机接入

随机接入流程见图33。

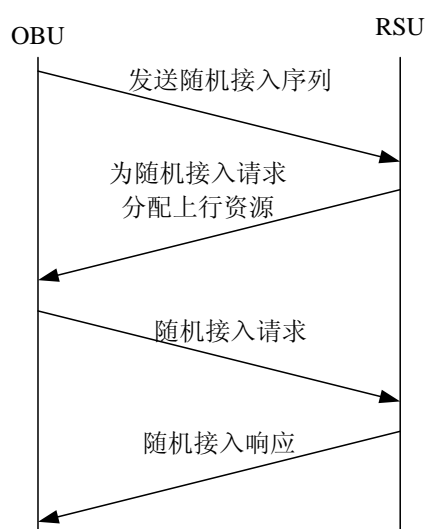


图33 随机接入流程图

### 7.3.4 能力协商

OBU 通过发送终端基本能力协商请求帧（OBC\_REQ）来通知 RSU 它的基本能力。RSU 收到 OBC\_REQ 后，进行能力参数对比。将双方都支持的能力参数、为 OBU 分配的 OBUID 和调度机制信息都包含在终端基本能力协商响应帧（OBC\_RSP）中通知给 OBU。

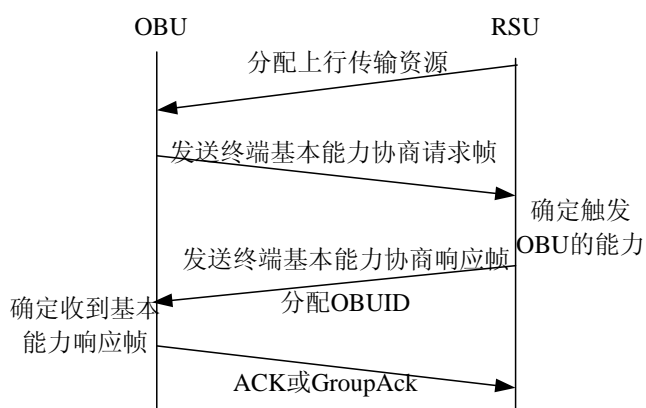


图34 能力协商

## 7.4 管理业务流

### 7.4.1 建立业务流和数据发送

上行业务流建立和数据发送流程见图 35 。

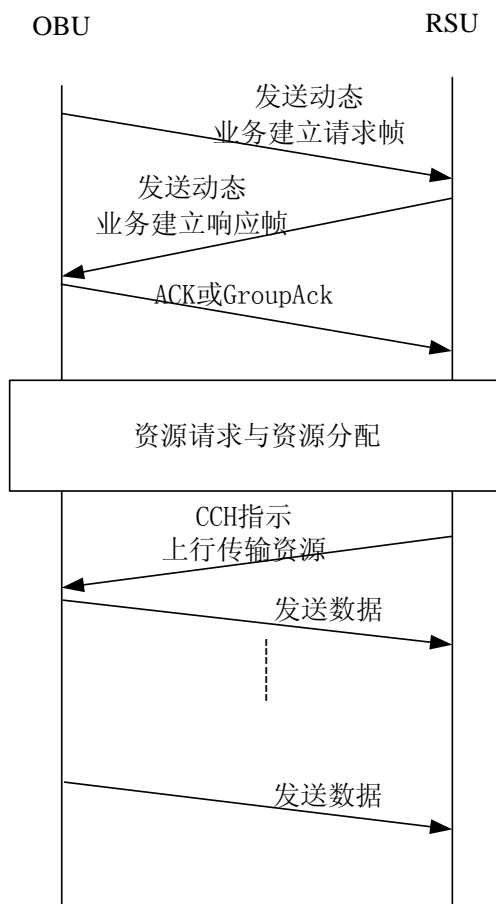


图35 上行业务流建立和数据发送流程

下行业务流和数据发送流程见图 36 。

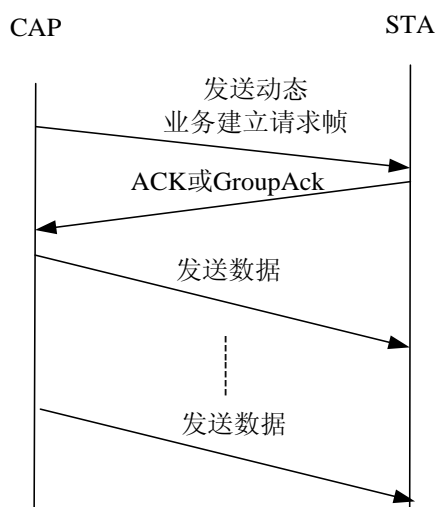


图36 下行业务流建立和数据发送流程

#### 7.4.2 修改业务流

上行业务流修改和数据发送流程见图 37 。

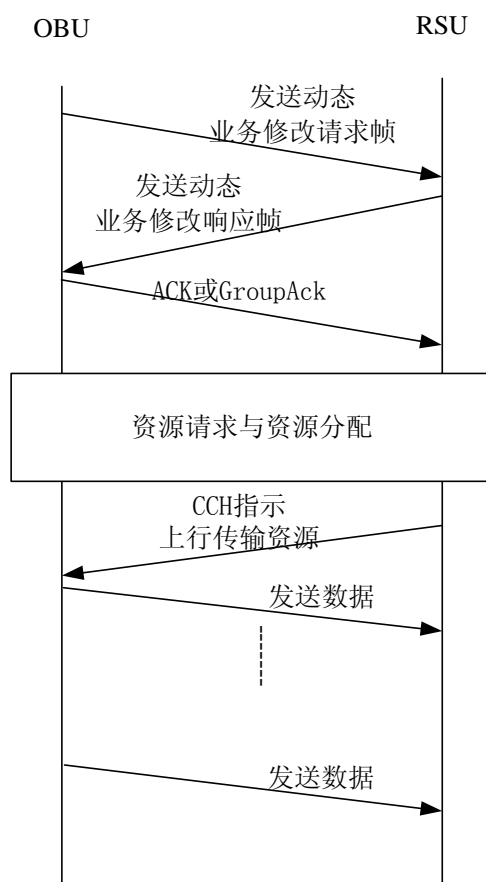


图37 上行业务流修改和数据发送流程

下行业务流修改和数据发送流程见图 38 。

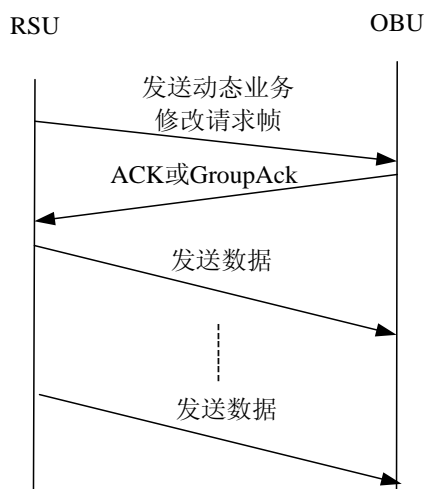


图38 下行业务流修改和数据发送流程

#### 7.4.3 删除业务流

- a) 业务传输结束，OBU 发起动态业务删除流程见图 39 。
  - b) 业务传输结束，RSU 发起动态业务删除流程见图 40 。
- 其中，RSU 可通过设置动态业务删除请求帧的方向字段删除上行业务流。

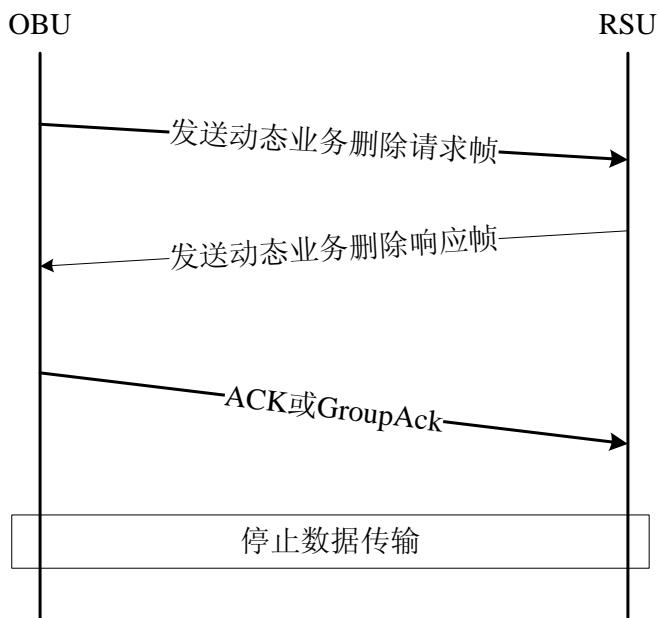


图39 上行业务流删除流程

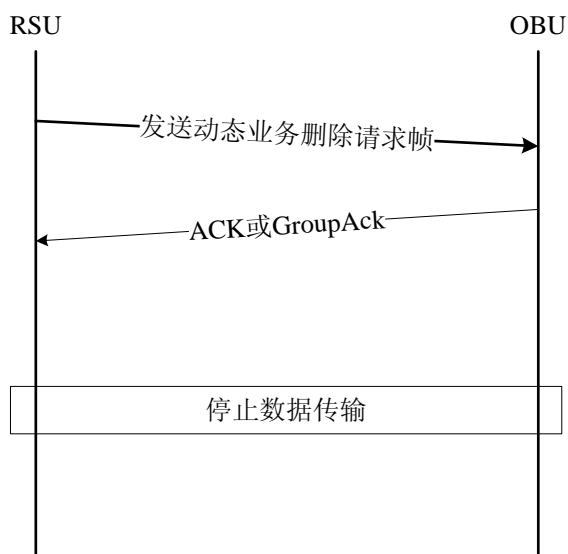


图40 上/下行业务流删除流程

## 7.5 资源请求与资源分配

### 7.5.1 资源请求

#### 7.5.1.1 资源请求概述

本部分系统支持的资源请求方式如下：

- a) 竞争资源请求：OBU 在调度请求信道发送调度请求序列；
- b) 轮询：OBU 在 RSU 轮询分配的上行带宽内发出资源请求；
- c) 随路资源请求：OBU 在拥有上行资源时通过随路字段发送资源请求。

#### 7.5.1.2 竞争资源请求

OBU在需要上行传输资源时，通过在上行调度请求信道发送调度请求序列进行资源请求。资源请求流程见图41。

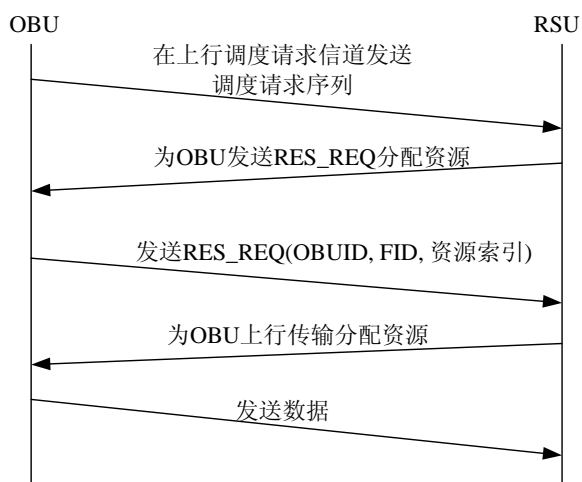


图41 竞争资源请求



### 7.5.1.3 轮询

如果RSU有足够的带宽资源，可以对OBU进行单播轮询。RSU为每个OBU都维护一个定时器。该定时器超时，RSU分配资源给OBU进行上行业务传输，同时复位定时器。

轮询流程见图42。

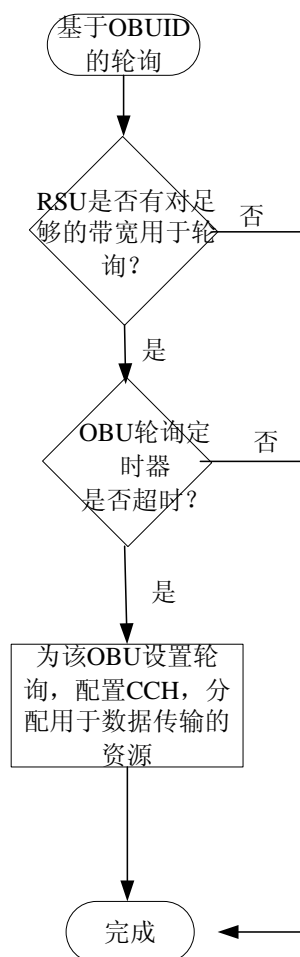


图42 轮询流程

轮询流程图的说明：

- (1) 检查RSU是否有足够的带宽用于轮询。
- (2) 如果没有足够的带宽，结束流程。
- (3) 如果有足够的带宽，检查OBU的轮询定时器是否超时。
- (4) 如果超时，为OBU分配用于数据传输的资源，同时复位轮询定时器。
- (5) 如果没有超时，结束流程。

### 7.5.2 资源分配

OBU按FID业务流进行资源请求，RSU通过CCH将资源分配给OBU。OBU所有的FID流之间资源分

配由OBU内部调度完成。资源请求及分配流程见图43。

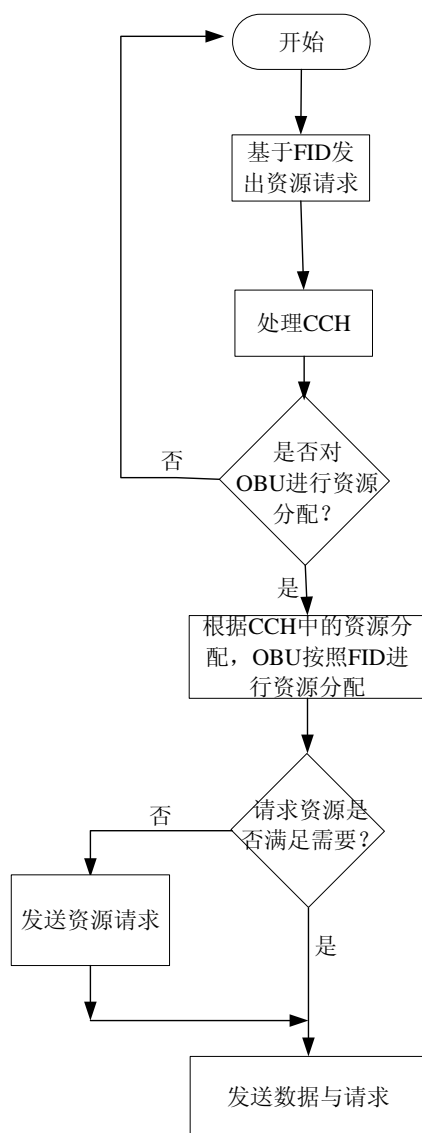


图43 资源请求/分配流程

## 7.6 业务类型与 QoS

### 7.6.1 QoS

业务流的 QoS 参数见下:

- 业务类型: 此参数唯一确定业务的种类。
- 业务优先级: 此参数规定了分配给一个业务流的优先级。
- 业务保障速率: 此参数定义了保障本业务的基本速率, 单位比特每秒, 其与 IP 适配层输入的 SDU 速率相匹配。此参数不包括 MAC 开销。
- 最大业务速率: 此参数描述了系统提供给业务的最大业务速率用于速率整形, 超出该速率的额外数据将会被丢弃, 单位比特每秒, 其与 IP 适配层输入的 SDU 速率相匹配。此参数不包括 MAC 开销。

### 7.6.2 业务类型

根据业务的 QoS 参数，在 MAC 层定义八种业务类型，分为预留资源类和不预留资源类两大类。其中业务类型 0 到 3 属于预留资源类，系统为对应业务保证传输比特速率；业务类型 4 到 7 属于不预留资源类，系统不为对应业务保证传输比特速率。

业务类型和参数要求见 0。

表 24 八种业务的应用类别、主要 QoS 参数

业务类型	资源类型	优先级	时延预算	丢包率预算	业务举例
0	预留资源	1	50ms	$10^{-3}$	紧急安全业务 i
1		2	100 ms	$10^{-2}$	语音会话
2		4	150 ms	$10^{-3}$	视频会话（实时流业务）
3		3	50 ms	$10^{-3}$	实时游戏
4		5	300 ms	$10^{-6}$	非会话类视频（缓存流业务）
5	不预留资源	6	100 ms	$10^{-3}$	交互式游戏
6		7	300 ms	$10^{-6}$	视频（缓存流业务）、基于 TCP 的业务（例如，WWW、FTP、P2P 文件共享等）
7		8	1000 ms	$10^{-6}$	对传输时间要求低的后台 E-Mail 接收、文件下载和文件打印等

### 7.7 分片和重组

将一个 MSDU/MMPDU 划分成长度更小的一组 MAC 帧的过程称为分片，见图 44。分片由发送端完成。在接收端将多个分片重新组合在一起，即重组。

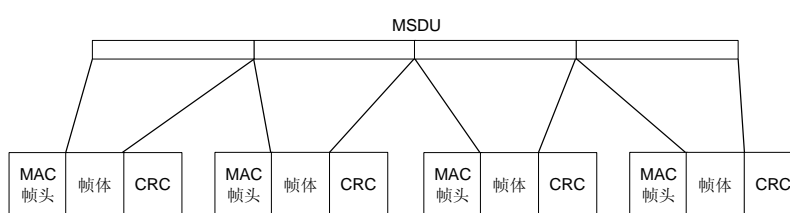


图44 MAC 帧分片

### 7.8 重传机制

本部分中所有非广播的管理控制帧（除随机接入请求响应帧和独立资源请求帧）都需要发送确认帧或者隐含确认。隐含确认是指对于有对应响应帧的单播管理控制帧可以将响应帧当作这一帧的确认帧。非广播的管理控制帧不需要立即确认，响应帧可以在之后允许的最大物理帧数内做出响应即可。RSU 发送的响应帧收不到 OBU 的确认帧，可以未达到“MPDU 最大重传次数”前重传该响应帧，重传次数超过“MPDU 最大重传次数”后，发送端将丢弃该帧。

数据帧使用立即确认和延迟确认由发送端决定。接收端根据 MAC 头的立即/延迟确认字段来决定

是否需要立即确认。如果在下一个时间周期没有收到确认帧，则可以在未达到“MPDU 最大重传次数”前重传该数据帧，重传次数超过“MPDU 最大重传次数”后，发送端将丢弃该帧。这里说的下一个时间周期可以是上行物理帧周期对于下行物理帧周期，也可以是下行物理帧周期对应与上一物理帧的上行周期。当 MPDU 重传时，序号和分片号保持不变。

## 7.9 帧确认

本部分使用 ACK 帧或 GroupAck 帧进行帧确认。

对于管理控制帧，没有对应响应帧的单播管理控制帧需要使用 ACK 或 GroupAck 确认，否则直接用对应响应帧确认，对应响应帧列表见表 25。

表 25 对应响应帧

请求帧	对应响应帧
随机接入请求帧(RA_REQ)	随机接入响应帧(RA_RSP)
终端基本能力协商请求 (OBC_REQ)	终端基本能力协商响应 (OBC_RSP)
上行动态业务建立请求 (DSA_REQ)	动态业务建立响应 (DSA_RSP)
上行动态业务修改请求 (DSC_REQ)	动态业务修改响应 (DSC_RSP)
上行动态业务删除请求 (DSD_REQ)	动态业务删除响应 (DSD_RSP)
组确认请求帧 (GroupAckReq)	组确认帧 (GroupAck)
休眠请求帧 (SLP_REQ)	休眠响应帧 (SLP_RSP)
测量请求帧 (CM-REQ)	测量响应帧 (CM- RSP)
切换请求帧 (HO-REQ)	切换响应帧 (HO-RSP)

ACK 帧和 GroupAck 帧，不再需要其他帧进行确认。

根据 DSA-REQ/DSA-RSP 或者 DSS-REQ/DSC-RSP 消息中的分片确认指示字段为 0,表示采用分片组合确认机制。发送端依次发送多个分片,接收端不针对分片进行确认,接收端正确收到所有数据分片后,对整个数据帧进行确认。发送端发完所有分片后,如果收不到确认,需要重传整个数据帧,而不是重传数据帧的分片。

对于分片和未分片的数据帧,可以使用 ACK 或 GroupAck 任意一种方式确认。

使用立即确认的帧确认等待间隔是一个时间周期。使用延迟确认的帧确认等待间隔由发送端决定。

接收端将以 SN 升序来将 MSDU 送入下一个 MAC 处理流程。任何送入下一个 MAC 处理流程的 MSDU 将被从缓存中删除。

## 7.10 链路自适应

### 7.10.1 下行链路自适应

#### 7.10.1.1 下行链路自适应概述

RSU 端根据 OBU 反馈的信道质量信息 (CQI), 自适应地为 OBU 选择不同的物理层传输模式, 包括编码类型和 MCS 等。

### 7.10.1.2 请求-响应的反馈机制

基于请求-响应的反馈机制指RSU主动发送CQI反馈请求，见图45。

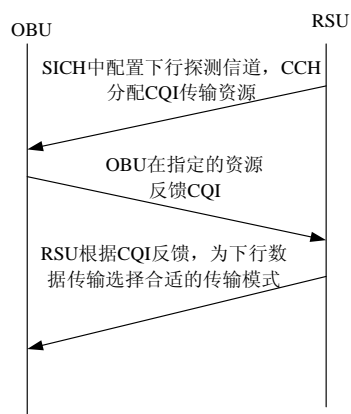


图45 基于请求-响应的下行链路自适应

### 7.10.1.3 主动反馈

OBU可以主动向RSU发送CQI。反馈所需资源的获取可包括以下方式：

- a) CQI 反馈直接和数据聚合在一起, 利用已分配的上行数据资源来传输；
- b) OBU 在上行数据帧中，携带相应 CQI 上报的资源请求，然后 RSU 分配资源；
- c) OBU 通过发送调度请求序列，发送资源请求，为 CQI 反馈请求资源分配。

主动反馈时，CQI信息封装成CQI\_FB帧。

### 7.10.2 上行链路自适应

RSU 可以根据 OBU 的上行链路质量和上行功率等信息，自适应为 OBU 调整物理层传输模式。

### 7.11 退出网络流程

当OBU希望离开网络时，则主动向RSU发送退出网络帧，收到RSU的ACK反馈后即可离开。下行方向RSU可以向OBU发送退出网络帧，要求OBU退出网络。见图46 和图47。

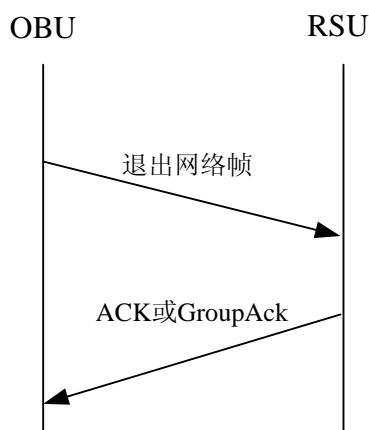


图46 上行退出网络流程

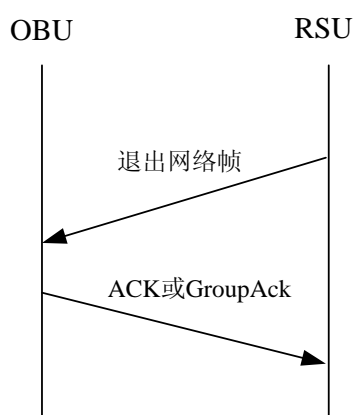


图47 下行退出网络流程

## 7.12 随机退避

采用二进制指数退避算法来处理碰撞冲突。二进制指数退避算法的最小回退窗口和最大回退窗口的大小由 RSU 控制，并在 BCF 帧（见 0）广播。

步骤1、当 OBU 发送随机接入序列或调度请求序列时，首先设置其内部回退窗口等于 BCF 帧中定义的最小回退窗口  $CW_{\min}$ 。

步骤2、OBU 在随机接入信道发送随机接入序列或在调度请求信道发送调度请求序列；

步骤3、OBU 在随后的 CCH 中等待用于随机接入请求或资源请求的资源分配信息；

步骤4、如果 OBU 接收到资源分配信息，则处理过程结束；

步骤5、如果在“随机接入最大等待帧间隔”或“调度请求最大等待帧间隔”内没有在 CCH 中检测到用于随机接入请求或资源请求的资源分配信息，则 OBU 认为竞争冲突；

步骤6、OBU 将在  $[0 \quad 2^{m-1} \cdot CW_{\min}]$  间随机选择退避值（退避窗口不大于最大回退窗口），退避单位为一个帧，其中  $m$  表示重传次数；

步骤7、OBU 在退避计数器为 0 后，再次发送随机接入序列或调度请求序列。然后重复 4、5、6、7 四个步骤，直至达到“随机接入最大重试次数”。

## 7.13 节电管理

### 7.13.1 概述

在 ITS 系统中，OBU 有两种功率状态：

——激活状态：即 OBU 处于全功率的正常的通信模式；

——休眠状态：指 OBU 处于较低的功率状态模式下，不能发送和接收数据。

这两种状态之间的转移由 OBU 的功率管理模式确定的。其中管理模式如下：

——激活模式（AM：Active Mode）指 OBU 处于激活状态，在任意时刻都可以接收帧；

——休眠模式（SM：Sleep Mode）指 OBU 在一定周期之内处于最小的功率状态，从而节省功率和

空中接口资源。

在休眠模式下，休眠周期包括休眠窗口和侦听窗口。在休眠窗口内 OBU 不能与 RSU 通信，此时可以在一个或者多个物理帧关闭一个或者多个硬件设备，以达到节电的目的。在每个休眠窗口结束后都会有一个侦听窗口。在侦听窗口内，RSU 通过 DTF\_IND 帧指示 OBU 是否有数据到达。侦听窗口结束后，如果 OBU 收到数据到达指示，则退出休眠模式准备接收数据，否则继续保持休眠模式，返回休眠窗口。

### 7.13.2 节电机制

#### 7.13.2.1 节电机制概述

休眠模式可以由 OBU 或者 RSU 触发。休眠参数在 OBU 和 RSU 之间通过 MAC 层信令协商。

#### 7.13.2.2 由 OBU 触发的休眠

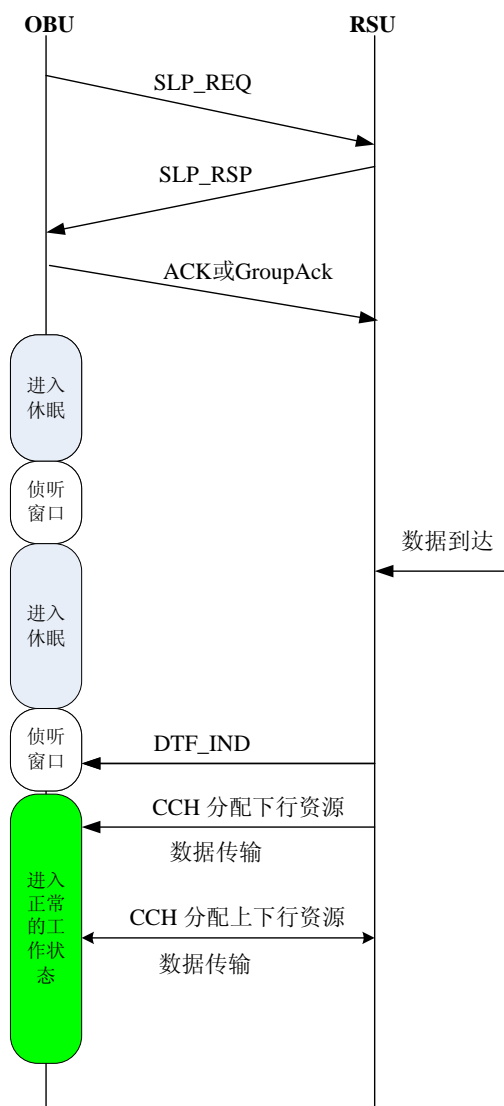


图48 由 OBU 触发的休眠，由 RSU 唤醒的示例

当 OBU 在某段时间内都没有上行数据传输时，OBU 可以触发相应的休眠操作，通过相应的管理控制帧交互（SLP\_REQ /SLP\_RSP），和 RSU 协商休眠周期和休眠开始时间等参数，具体见 6.3.4.13 和 6.3.4.14 。 RSU 为处于休眠模式的 OBU 缓存下行数据，当缓存数据到达一定门限时，RSU 在侦听窗口发送 DTF\_IND 帧激活休眠中的 OBU。具体流程见图 48 。

### 7.13.2.3 由 RSU 触发的休眠

RSU 根据 OBU 的工作状态，通过 SLP\_RSP 帧，通知 OBU 进入休眠状态，并在 SLP\_RSP 帧中携带 OBU 的休眠参数。具体流程见图 49 。

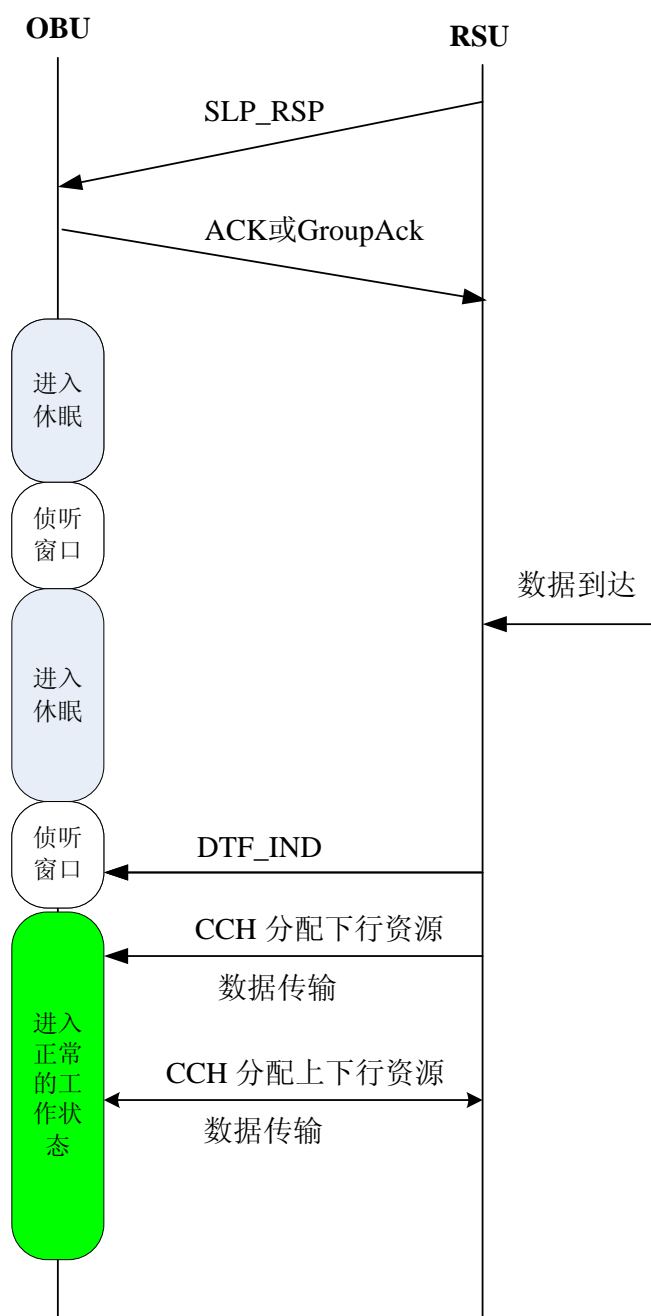


图49 由 RSU 触发休眠，并由 RSU 唤醒的流程



#### 7.13.2.4 由 OBU 触发的唤醒

如果休眠中的 OBU 有上行数据需要传输，OBU 可以主动终止休眠，进入激活状态，具体流程见图 50。

对于处于休眠的 OBU，如果在侦听窗口内检测到信号强度低于相应阈值，也需要触发唤醒操作。

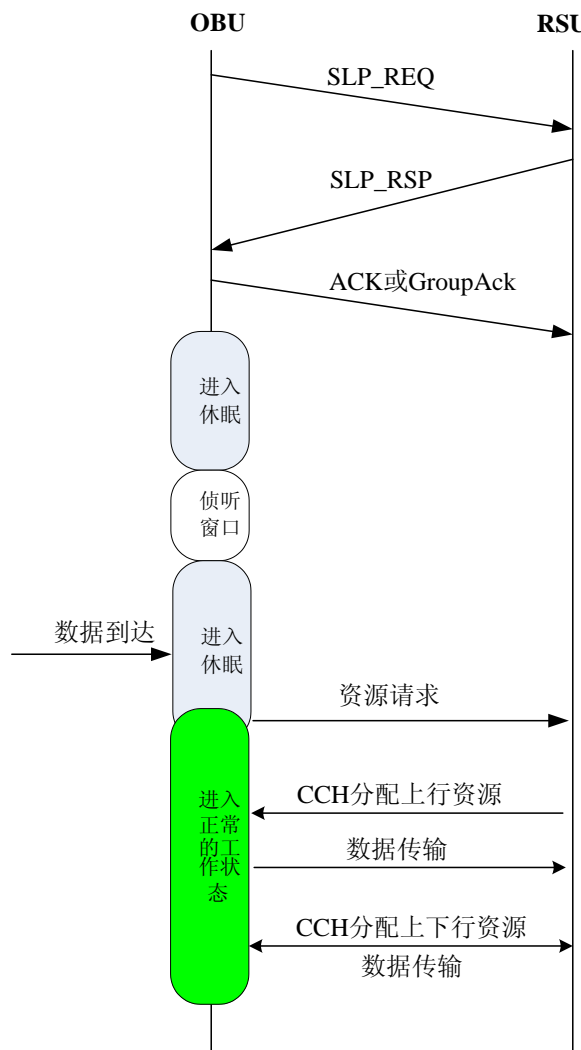


图50 由 OBU 触发唤醒的流程

#### 7.13.2.5 由 RSU 触发的唤醒

在OBU休眠周期内，RSU缓存OBU的下行数据。当缓存数据到达一定门限时，RSU在侦听窗口发送DTF\_IND帧激活休眠中的OBU，流程见图49。

### 7.14 移动性管理

移动性管理是ITS系统必备的机制。该功能根据OBU的状态主要分为两类：空闲状态下的移动性管理和连接状态下的移动性管理。空闲状态下的移动性管理主要通过小区重选过程来实现，连接状态下的移动性管理主要由切换过程来完成。

7. 14. 1 小区重选

在空闲模式下，通过对服务小区和邻近小区的信道质量测量值的监控来触发小区重选。服务小区可以通过测量响应消息指示和配置 OBU 搜索和测量邻近小区的信息。小区重选的准则涉及服务小区和邻近小区的测量。OBU 根据当前的信道质量测量结果和网络侧配置的门限值，依据重选判决准则来判定是否发起小区重选过程。一旦确定重选目标小区，OBU 开始与目标小区进行入网程序。与目标小区完成入网程序后，则 OBU 可以驻留在本小区，并向核心网发送位置更新消息。流程见图 51 。

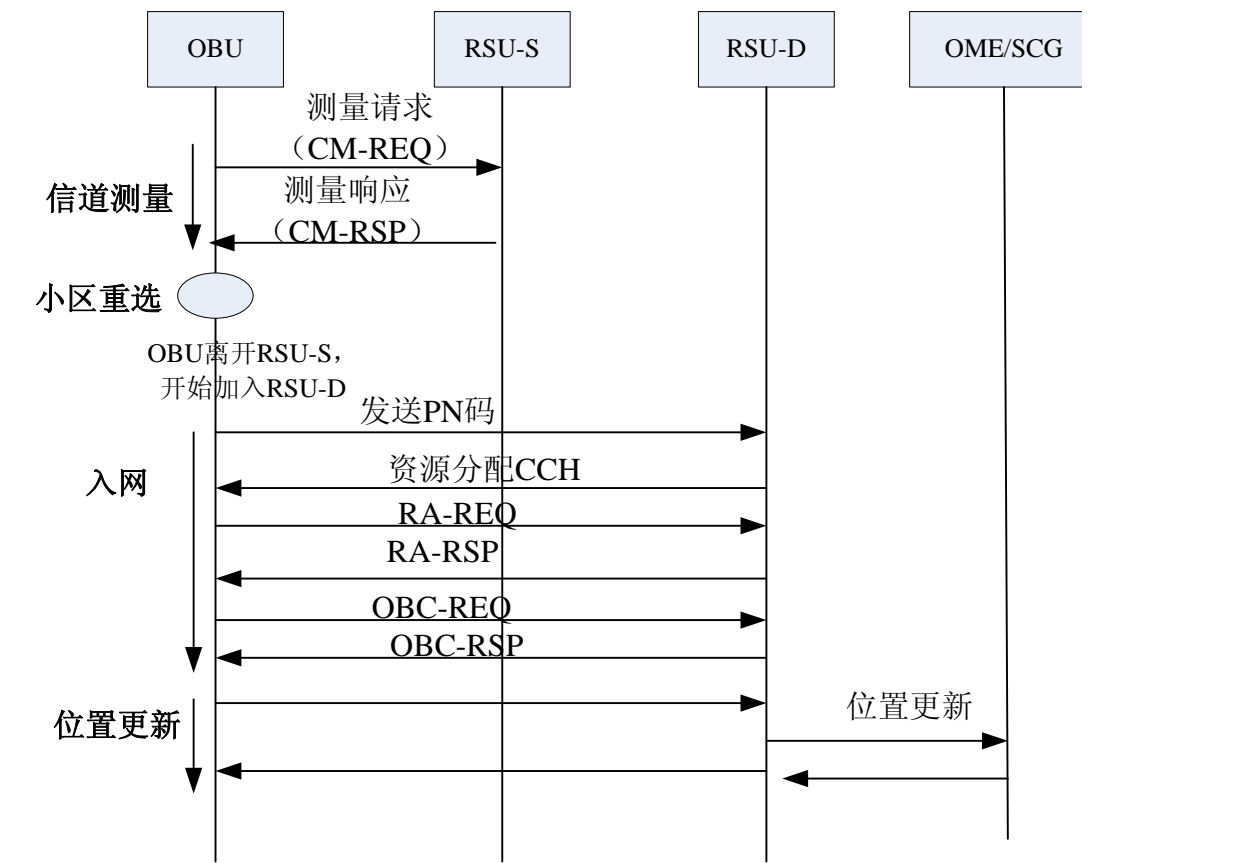


图51 小区重选流程

7. 14. 2 切换管理

7. 14. 2. 1 切换基本流程

当 OBU 处于业务连接状态时，通过切换流程可以为 OBU 实现移动性管理。切换程序包括信道测量切换触发，切换判决与切换准备和切换执行。基本的切换程序如图 52 所示。

——信道测量：

为了辅助切换判决，RSU 可以为 OBU 分配相应的时间间隔进行信道扫描测量，并上报服务小区和邻近小区的信道测量结果，为后续的信道切换和小区切换做准备。

具体的测量步骤如下所示，

步骤 1，OBU 测量当前小区工作信道的平均信号强度（RSSI）。

步骤 2，将当前小区的工作信道的平均 RSSI 测量值与设定的门限值 RSSI\_DL\_DROP 进行比较。测量值小于门限值 RSSI\_DL\_DROP 时，定时器开始计时。

步骤3,如果在设定的迟滞时间  $T_1$  内当前小区的平均RSSI的测量值都小于门限值RSSI\_DL\_DROP,发送测量请求消息给RSU-S。

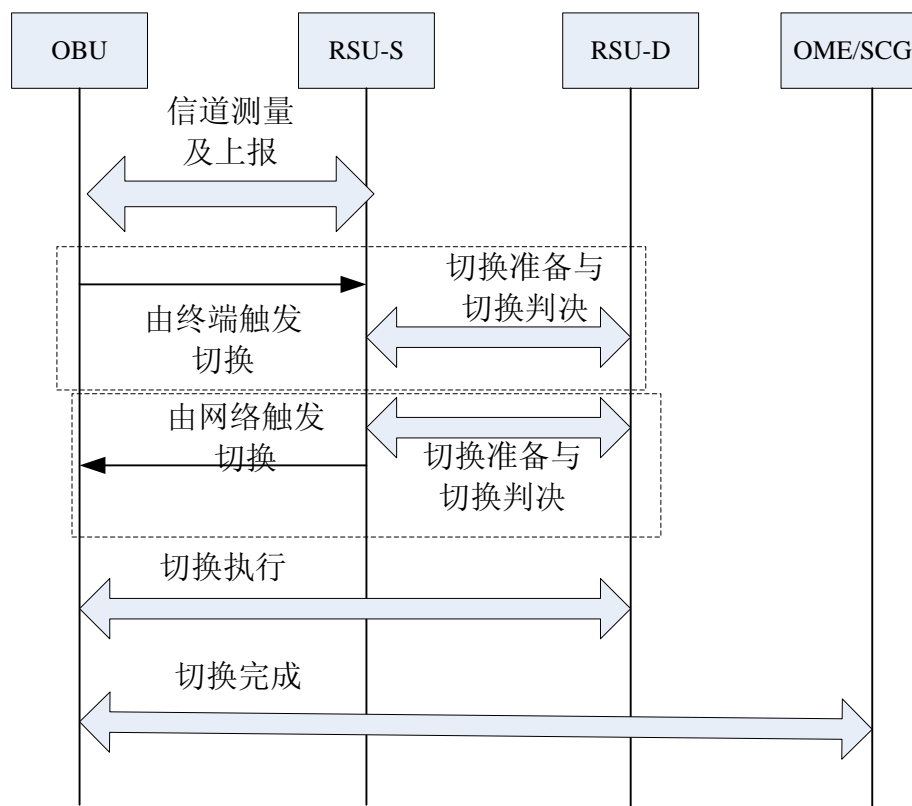


图52 ITS 系统空中接口切换的基本流程

步骤4,根据RSU-S返回的测量响应消息,此消息携带分配的测量时间与候选小区列表信息,启动对候选小区的测量,测量候选小区的工作信道的RSSI。

步骤5,如果候选小区符合切换条件,则发送包含有候选小区的作信道的平均RSSI测量值的切换请求给RSU-S。

RSU-S根据OBU发送的切换请求进行切换判决并执行后续的切换流程。

#### ——切换触发

对于ITS系统,切换可以根据信道变化由OBU触发;对于OBU触发的切换,OBU向RSU-S发送HO-REQ消息触发切换程序,然后开始RSU与RSU之间的切换准备的信令交互。

网络侧也可以根据负载均衡为目的发起切换。对于由网络侧触发的切换,网络侧向RSU-S向OBU发送HO-CMD消息来触发切换的,RSU-S和RSU-D之间的切换准备交互程序在切换触发之前完成,见图52。

#### ——切换判决和切换准备

对于OBU触发的切换,RSU-S根据HO-REQ消息所携带的推荐的一个或者多个候选RSU,RSU-S可以向一个或者多个候选RSU发送切换准备消息,询问可用资源等参数,从而为OBU确定切换目标RSU-D。并通过HO-CMD消息通知OBU。

对于由网络侧触发的切换,网络侧根据先前的切换准备交互为OBU选择目标RSU,并通过HO-CMD消息中携带目标RSU-D信息。一旦确定RSU-D后,RSU-S可以通过骨干网将OBU能力信

息、业务上下文等信息在切换前发送至 RSU-D，用于切换性能优化。

在此阶段中，RSU-D 可以预先分配临时 OBUID 参数，经过 RSU-S 并通过 HO-CMD 消息发送给 OBU。OBU 收到 HO-CMD 命令后，OBU 根据 HO-CMD 所携带参数应该更新信息，包括 OBUID 应为 RSU-D 所分配的 TOBUID，认证消息应为 RSU-D 所使用的认证等消息。如果 RSU-D 为 OBU 在切换过程中分配了 TOBUID，那么此时 OBU 所使用的 FID 在切换过程中无需更新。

#### ——切换执行

一旦接收到 HO-CMD 消息，在指定的切换时间内，OBU 开始执行与 RSU-D 入网程序。如果 HO-CMD 消息中携带了 RSU-D 所分配的 TOBUID 参数，在临时 OBUID 参数的有效期内，OBU 应该使用 TOBUID 参数完成与 RSU-D 的无竞争的接入流程，即 OBU 等待 TOBUID 所分配的资源指示进行无竞争接入。如果临时 OBUID 过期，OBU 应随机选择 PN 码在 RACH 信道中进行竞争的随机接入。RSU-D 收到测距码后，将发送测距 CCH 同时分配 RA-REQ 的上行带宽。OBU 收到 RA-RSP 后，OBU 在 RSU-D 接入成功，即可以正常通信。

#### ——切换完成

OBU 与 RSU-D 可以正常通信以后，RSU-D 向 OME/SCG 发送路由更新消息，进行后台路由更新。

### 7.14.2.2 切换流程

由于切换流程属于跨多个网络实体，跨多层协议的复杂过程。下面将针对 ITS 系统内空口最基本的切换过程给出介绍。

以 OBU 触发切换为例的切换流程见图 53。其中虚线部分是可选步骤，根据切换命令的指示类型来确定切换的流程。

切换步骤如下：

- 1) 在一段时间内当前小区的信号质量(平均 RSSI)低于测量阈值,OBU 向当前服务小区(RSU-S)发送测量请求消息；
- 2) RSU-S 返回测量响应消息，并为 OBU 分配信道测量时间和携带候选列表信息；
- 3) OBU 根据信道测量结果进行切换触发判断，如果在一段时间内接收到的信号质量(平均 RSSI)超过切换阈值，向 RSU-S 发送切换请求触发切换；
- 4) RSU-S 根据切换请求的所携带的推荐候选 RSU 进行切换判决，并确定目标 RSU-D；
- 5) RSU-S 向目标 RSU-D1 发送切换准备，进行切换资源的预留；
- 6) RSU-S 向 OBU 发送切换命令消息。切换命令消息中携带切换类型指示；
- 7) 收到切换命令后，OBU 根据切换命令所携带的相关参数，向 RSU-D 发起切换过程；根据切换命令消息中携带的切换类型，进入不同的切换流程。如果切换类型为“重新接入类型”，那么 OBU 将在 RSU-D 发起一次接入过程，与入网流程相同。如果切换类型为竞争型接入，将根据步骤 8)~11) 步骤进行竞争模式的接入，省去了能力协商过程。如果切换类型为无竞争接入，按照步骤 12) 进行切换
- 8) OBU 在 RSU-D 的 RACH 信道发送 PN 码，以新的 OBU 一样采用竞争接入模式；

- 9) RSU-D 收到 PN 码之后,发送传输 RA-REQ 的上行资源分配 CCH 并携带功率和上行 TA 信息;
- 10) OBU 在所分配的资源上发送 RA-REQ, 携带 OBU MAC 地址;
- 11) 收到 RA-REQ 后, RSU-D 发送 RA-RSP, 并分配唯一的 OBUID;
- 12) 无竞争接入模式下, RSU-D 需要提前为该用户分配 OBUID, 并在切换命令中通知 OBU 由 RSU-D 的分配的临时 OBUID 等信息;
- 13) RSU-D 向核心网设备 OME/SCG 发送路由更新消息, 进行下行业务传输恢复;
- 14) 至此, OBU 通过 RSU-D 的上下行业务切换完成, 通知 RSU-S 释放资源。

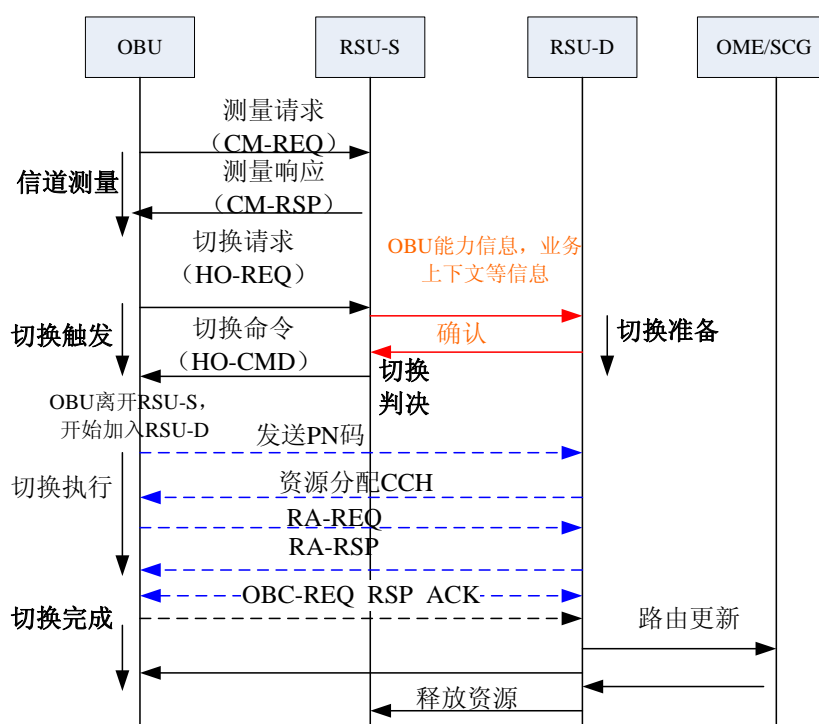


图53 由 OBU 触发的空中接口切换程序示例

## 7.15 异常处理

### 7.15.1 异常处理概述

异常处理分为两种类型, 竞争冲突引起的异常处理和意外情况导致的异常处理。

### 7.15.2 竞争冲突引起的异常处理

#### 7.15.2.1 随机接入序列冲突

OBU发送随机接入序列后, 如果超过“随机接入最大等待帧间隔”后, 仍然没有得到RSU的资源分配, 则认为本次随机接入失败, 需要重新进行随机接入流程。

OBU发送随机接入请求帧后, 如果超过“随机接入响应最大等待帧间隔”后, 仍然没有收到随机接入响应帧, 则认为本次随机接入失败, 需要重新进行随机接入流程。

#### 7.15.2.2 调度请求序列冲突

OBU发送调度请求序列后，如果超过“调度请求最大等待帧间隔”后，仍没有得到RSU的资源分配，则认为本次资源请求失败，需要重新进行资源请求。

OBU发送独立资源请求帧后，如果超过“资源请求最大等待帧间隔”后，仍没有得到RSU的资源分配，则认为本次资源请求失败，需要重新进行资源请求。

### 7.15.3 意外情况导致的异常处理

#### 7.15.3.1 OBU 失去同步

OBU超过BCF定时器，仍然没有收到BCF帧，则认为OBU已经与RSU失去同步，需要重新接入网络。

#### 7.15.3.2 RSU 连续发送失败

RSU向OBU发送MPDU/G-MPDU后，如果没有收到任何一个MPDU正确的确认，则认为本次发送失败并启动发送失败次数计数器。如果发给该OBU的后续MPDU/G-MPDU仍然失败，则将发送失败次数累加。如果收到任何一个MPDU的正确的确认，则将累加计数器清零。如果该累加值超过“RSU对OBU允许的连续发送失败最大次数”，RSU则认为该OBU已经出现异常，将其从活动OBU列表中删除。

#### 7.15.3.3 随机接入阶段异常

OBU发送随机接入序列后，等待“随机接入最大等待帧间隔”后，如没有收到RSU的发送随机接入请求帧的资源指示，重新发送随机接入序列。RSU在收到OBU随机接入序列后，等待“随机接入最大等待帧间隔”后，如没有收到OBU的随机接入请求帧，删除对应OBU的所有信息。OBU在发送随机接入请求帧后，等待“随机接入响应最大等待帧间隔”后，如果没有收到RSU的随机接入响应帧，重新发送随机接入序列。OBU检测接收到的随机接入响应帧中的OBU的MAC地址，如果与自身的地址不匹配，重新发送随机接入序列。

#### 7.15.3.4 能力协商阶段异常

OBU收到RSU的随机接入响应帧，并等待“终端基本能力协商请求帧的最大等待帧间隔”后，如没有收到RSU的终端基本能力协商请求帧资源指示，则认为本次能力协商失败，重新进行随机接入流程。

OBU发送终端基本能力协商请求帧后，等待“终端基本能力协商响应帧的最大等待帧间隔”后，如没有收到终端基本能力协商响应帧，则认为本次能力协商失败，重新进行随机接入流程。

RSU发送终端基本能力协商响应帧，并在“终端基本能力协商响应帧确认的最大等待帧间隔”后，如没有收到OBU对终端基本能力协商响应帧的确认，则认为本次能力协商失败。在终端基本能力协商响应帧确认的最大等待帧间隔内，RSU可以重传终端基本能力协商响应帧。

#### 7.15.3.5 动态业务流管理阶段异常

OBU在上行业务流管理过程中，发送业务流管理请求（**DSA-REQ/DSC-REQ/DSD-REQ**）后，如超过“业务流响应帧的最大等待帧间隔”，仍然没收到业务流管理响应帧（**DSA-RSP/DSC-RSP/DSD-RSP**），认为本次业务流管理过程失败。RSU发送业务流响应帧后，如果超过“业务流响应帧确认的最大等待帧间隔”，仍然没有收到ACK或者GroupACK，认为本次业务流管理过程失败。

RSU发送业务流管理请求帧（**DSA-REQ/DSC-REQ/DSD-REQ**）后，如超过“下行业务流请求帧确认的最大等待帧间隔”，仍然没有收到ACK或者GroupACK，认为本次业务流管理过程失败。

对于RSU发送业务流管理请求响应帧重传超限后，仍然没有收到ACK或者GroupACK，RSU主动发起删除该业务流过程。下行业务流管理过程中，RSU发送业务流管理请求重传超限后，仍然没收到业务流管理响应帧，RSU主动发起删除该业务流过程。上述两个过程中，RSU重传累加值超过“RSU连续重传最大

次数”后，仍然没收到业务流管理响应帧或者确认帧，RSU则认为OBU已经出现异常，主动将其从活动OBU列表中删除。

### 7.15.3.6 分片组合确认异常处理

如果采用分片组合确认时，发送端依次发送多个分片，接收端针对分片不进行逐个确认，接收端正确收到一个数据帧的所有分片后，对整个数据帧进行确认。发送端发完一个数据帧的所有分片后，如果收不到对应的确认帧，需要重传整个数据帧，重传数据帧不再分片。如果上述重传数据帧碰到资源不够的情况无法发送，即使无法发出也将重传次数加1。

### 7.15.3.7 切换异常处理

对于终端触发的切换，如果OBU发送切换请求后，如果超过最大等待时间仍然未收到相应的切换命令消息，那么OBU将在RSU-D发起入网流程。如果OBU发送切换请求后，收到携带拒绝切换的切换命令，如果此时OBU和RSU-S之间的链路可用，那么OBU将从候选小区列表中，选择另外一个候选小区，重新发起切换请求流程。如果此时OBU和RSU-S之间的链路不可用，那么OBU将向另外一候选小区发起入网流程。

## 7.16 系统配置参数

系统配置参数定义见0。

表 26 系统配置参数设置表

参数名称	默认值	说明
随机接入最大等待帧间隔	4	OBU 发送随机接入序列后，可以容忍的最大等待帧数
随机接入响应最大等待帧间隔	4	OBU 发送随机接入请求帧后，可以容忍的最大等待帧数
终端基本能力协商请求帧的最大等待帧间隔	4	OBU 收到随机接入请求响应帧后，等待 RSU 为 OBU 分配资源指示的最大帧数
终端基本能力协商响应帧的最大帧间隔	4	OBU 发送终端基本能力协商请求帧后，可以容忍的最大等待帧数
终端基本能力协商响应帧确认的最大等待帧间隔	4	RSU 发送终端基本能力协商请求响应帧后，可以容忍的最大等待帧数
业务流响应帧的最大等待帧间隔	4	OBU 发送业务流请求帧后，可以容忍的最大等待帧数
下行业务流请求帧确认的最大等待帧间隔	4	RSU 发送业务流请求帧后，可以容忍的最大等待帧数
业务流响应帧确认的最大等待帧间隔	4	RSU 发送业务流响应帧后，可以容忍的最大等待帧数
调度请求最大等待帧间隔	4	OBU 发送调度请求序列后，可以容忍的最大等待帧数
资源请求最大等待帧间隔	4	OBU 发送独立资源请求帧或者捎带资源请求帧后，可以容忍的最大等待帧数
RSU 对 OBU 允许的连续发送失败最大次数	20	针对某一 OBU，RSU 可以容忍的连续发送失败次数
MPDU 最大重传次数	5	某一个 MPDU，尝试重传的最大次数
随机接入最大重试次数	10	OBU 可以尝试随机接入的最大次数
FID 为 0 的连接的最大缓冲能力	16	FID 为 0 的连接最多缓冲 16 个 MPDU

## 8 无中心节点通信模式的 MAC 层

### 8.1 无中心节点通信模式 MAC 层概述

无中心节点通信模式是车辆与车辆之间直接传递信息。无中心节点通信模式使用单独的10MHz频段工作，这10MHz载波称为无中心节点通信模式载波。如无中心节点通信模式载波与有中心节点通信模式载波间隔30MHz以上，则无中心节点通信模式与有中心节点通信模式系统在无线传输时可互不干扰，无中心节点通信模式MAC层与有中心节点通信模式MAC层可各自独立工作。若无中心节点通信模式载波与有中心节点通信模式载波相邻，需要避免收发间的邻信道干扰。

无中心节点通信模式采用共享竞争信道MAC机制，此机制描述如下：在OBU发出信息前，检测无中心节点通信模式的信息帧，并同时监测信道空闲状态，若存在信号强度大于信道空闲门限值（-80dBm），则认为信道忙，并继续监测信道状况。在检测到信道空闲后，随机避让 $2^n$ 个基本时间单位（ $n$ 即竞争窗口， $n \leq 9$ ，基本时间单位为13us），在随机避让过程中，依然需要检测信道状态，遇信道忙时，避让计时器暂停，信道空闲后，避让计时器在停止处继续倒数计时，并在计时器归零后发出无中心节点通信模式方式的数据包。

### 8.2 无中心节点通信模式的 MAC 层帧结构

MAC 层的帧格式见图 54。MAC 帧可以被分成三部分。第一部分是定长的 MAC 头信息，第二部分是 MAC 帧所携带的数据，第三部分是校验（FCS）信息。

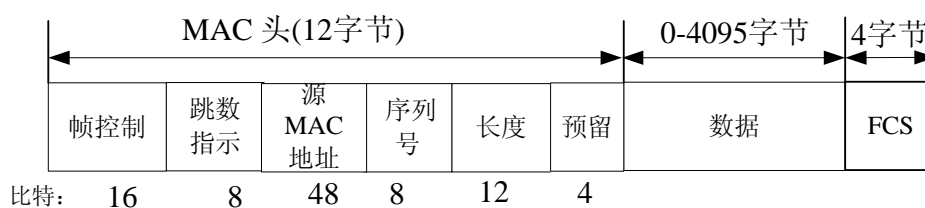


图54 无中心节点通信模式的 MAC 帧格式

#### 8.2.1 帧控制域

帧控制域包含下列字段：协议版本、帧类型和预留字段，具体格式见图 55。所有 MAC 帧都包含帧控制字段。

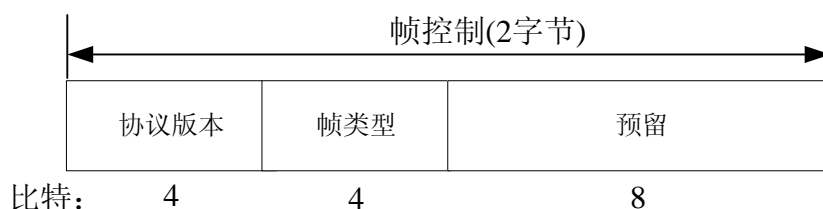


图55 帧控制域

##### 8.2.1.1 协议版本字段

协议版本字段长度为 4 比特，本标准协议版本取值为 0，其它值保留。

##### 8.2.1.2 帧类型和子类型字段



帧类型字段长度为 4 比特，帧类型描述见表 27。

表 27 帧类型

类型序号	类型描述	类型值	子类型说明
1	保留	0000	预留
2	数据	0001	数据帧（DATA）
3~16	保留	其它	保留

### 8.2.1.3 预留字段

预留字段为8比特，默认设置为0。

### 8.2.2 跳数指示字段

跳数指示字段包含8个bit。前4位表示当前帧的跳数，从0000到1111依次表示第0跳至第15跳。后四位比特表示最大跳数限制，从0000到1111依次表示最大跳数限制为0跳到15跳。

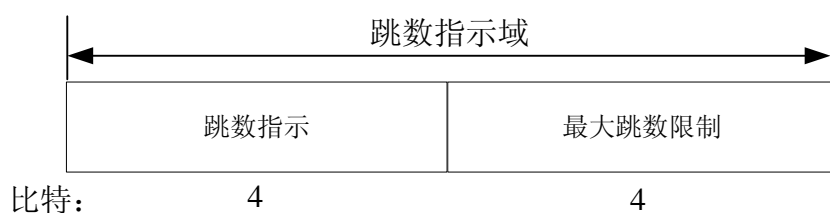


图56 跳数指示字段

若最大跳数限制为0，则接收到此消息的OBU不再转发，当接收到的MAC帧中跳数与最大跳数相等时，OBU不再转发此消息。当跳数指示小于最大跳数时，接收到此消息的所有OBU在此字段加1后，转发此消息。

最大跳数限制应根据消息的类型赋值。

### 8.2.3 源 MAC 地址

源MAC地址字段长度为48比特，用于表示发起消息的站点的MAC地址

### 8.2.4 序列号字段

序列号字段长度为 8 比特，取值范围为 0~255，用以指示 MSDU/MMPDU 的序列编号。

### 8.2.5 长度指示字段

长度指示字段共12bit，用来指示后面的数据字段长度。

### 8.2.6 预留字段

预留字段为 8 比特，默认设置为 0。

### 8.2.7 数据字段

数据字段的长度是可变的，最小数据长度为0个字节，最大数据长度是4095字节。

### 8.2.8 FCS 字段

FCS 字段是一个 32 比特长的字段，包含一个 32 比特 CRC。FCS 由 MAC 帧头和帧体的全部字段计算得到。

FCS 采用下述 32 次方标准多项式计算得到：

$$G(x)=x^{32}+x^{26}+x^{23}+x^{22}+x^{16}+x^{12}+x^{11}+x^{10}+x^8+x^7+x^5+x^4+x^2+x+1$$

寄存器初始状态为 0xFFFFFFFF，运算结束后将寄存器状态取反作为 FCS 字段输出。FCS 字段按照从高阶到低阶的字节顺序进行发送。

## 9 有中心节点通信模式物理层

### 9.1 帧结构与 OFDM 基本参数

#### 9.1.1 帧结构

物理层帧结构见图57。

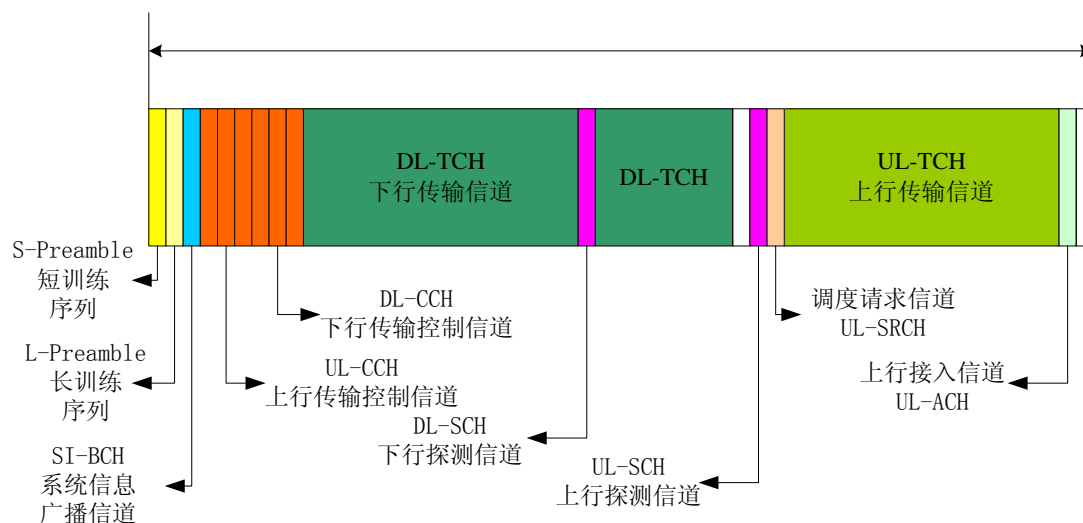


图57 物理层帧结构

帧结构中各子信道定义如表 28所示。

表 28 帧结构子信道定义

信道名称	功能	持续时间
短前导序列 S-Preamble	系统粗同步	1 OFDM 符号
长前导序列 L-Preamble	系统精同步及信道估计	1 OFDM 符号

表 28 (续)

信道名称	功能	持续时间
系统信息信道 SICH	广播帧结构配置	1 OFDM 符号
控制信道 CCH	1. 上行传输信道资源调度 2. 下行传输信道资源调度	SICH 指示 ( $\leq 63symbols$ )
下行探测信道 DL-SCH	下行信道测量	MAC 层 BCF 帧指示
上行探测信道 UL-SCH	上行信道测量	SICH 指示 ( $\leq 4symbols$ )
上行调度请求信道 UL-SRCH	上行调度请求	SICH 指示 ( $\leq 4symbols$ )
上行随机接入信道 UL-RACH	OBV 初始接入	MAC 层 BCF 帧指示
下行传输信道 DL-TCH	1. 下行业务传输 2. 下行信令传输	SICH 指示 ( $\leq 51symbols$ )
上行传输信道 UL-TCH	1. 上行业务传输 2. 上行反馈传输	SICH 指示 ( $\leq 51symbols$ )
下行保护间隔 DGI	下行至上行收发保护间隔	MAC 层 BCF 帧指示
上行保护间隔 UGI	上行至下行收发保护间隔	MAC 层 BCF 帧指示

注：MAC 层 BCF 帧是广播配置消息，在 DL-TCH 信道周期性广播。广播周期在 MAC 层 BCF 帧中指示。

### 9.1.2 OFDM 基本参数

系统工作带宽为20MHz，每个OFDM符号可用的频率域子载波结构见图58。

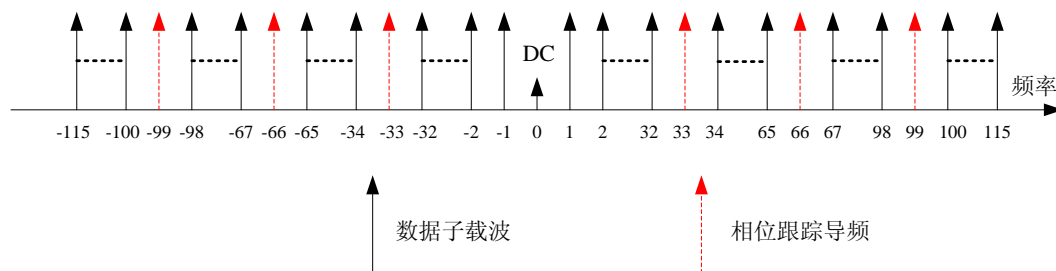


图58 频率域子载波结构

时频域OFDM基本参数见0。对于20MHz系统，虚拟子载波集合为：

$$SC_v^{20} = \{k | k = -128, \dots, -116, 0, 116, \dots, 127\} \dots\dots\dots (1)$$

表 29 OFDM 基本参数

系统带宽	20MHz
频率域子载波间隔	78.125KHz
基带采样时钟	20MHz
FFT 样点数	256
CP 样点数	32
数据子载波数	224
数据子载波索引	$[-115 \dots -100] [-98 \dots -67] [-65 \dots -34] [-32 \dots -1]$ $[+115 \dots +100] [+98 \dots +67] [+65 \dots +34] [+32 \dots +1]$
相位跟踪导频子载波数	6
相位跟踪导频索引	$[-99 \quad -66 \quad -33 \quad +33 \quad +66 \quad +99]$
虚拟子载波数	26
虚拟子载波索引	$[-128 \dots -116] [0] [+116 \dots +127]$
FFT 时间窗口	12.8us
循环前缀周期	1.6us
OFDM 符号周期	14.4us

### 9.1.3 物理层符号定义

本部分相关符号定义见0。

表 30 物理层符号定义

符号	定义
$N_{ID}^{RSU}$	RSU MAC 地址低 7 位
$N_{ID}^{OBU}$	OBU MAC 地址低 12 位
$N_{Frame}$	帧编号 0~4095
$N_{fft}$	FFT 样点数
$N_{cp}$	CP 样点数
$\Delta f$	子载波间隔
$N_{sympss}$	每个空间流 OFDM 符号个数
$N_{scpsym}$	每个 OFDM 符号数据子载波个数
$N_{cbpsym}$	每个 OFDM 符号承载的编码后比特数

表 30（续）

符号	定义
$N_{cbpsc}$	每子载波承载的编码后比特数
$N_{ss}$	并行空间流数
$N_{sts}$	并行空时流数
$N_{tx}$	发射天线数
$DPI_F$	解调导频频域周期（子载波间隔）
$DPI_T$	解调导频时域周期（OFDM 符号间隔）
$DPI_{num}$	解调导频占用的 OFDM 符号个数
$SPI_F$	探测导频频域周期（子载波间隔）
$SPI_{num}$	探测导频占用的 OFDM 符号个数
$SC_V^{20}$	20MHz 系统虚拟子载波集合
$SC_{dp}^{sti}$	第 $sti$ 个空时流解调导频子载波集合索引
$SC_{sp\ C}^{ti}$	第 $ti$ 个发射天线探测导频子载波集合索引
$si$	空间流索引
$sti$	空时流索引
$ti$	发射天线索引

## 9.2 发射机框图与信号处理流程

### 9.2.1 发射机框图

RSU 侧发射机框图见图 59 。

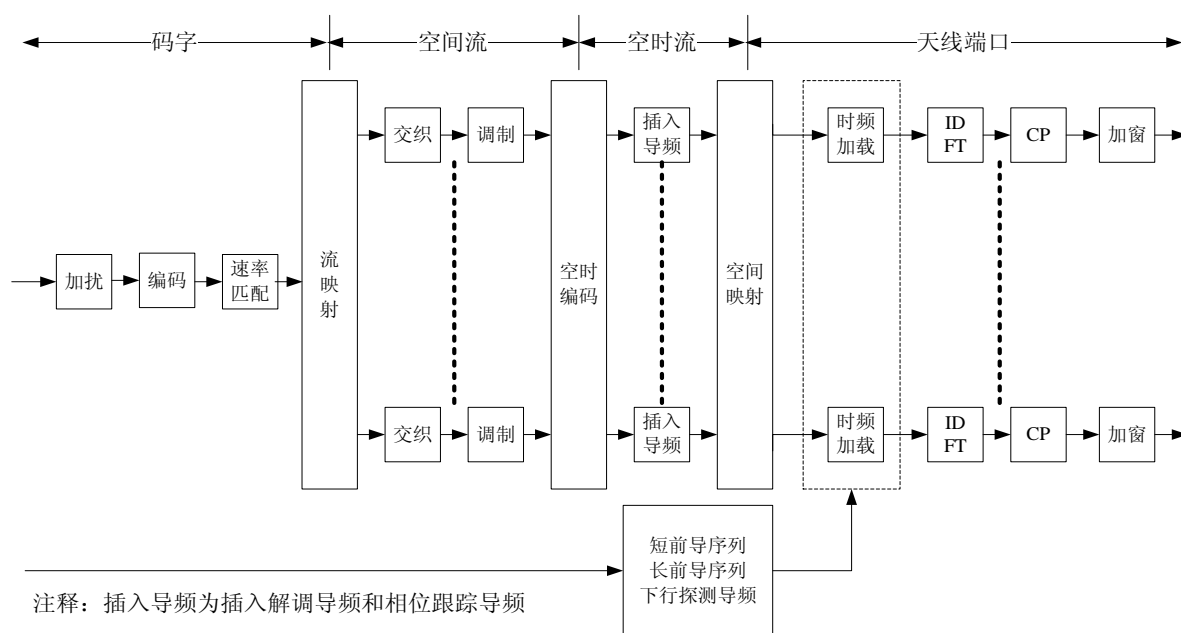


图59 RSU 侧发射机框图

下行多天线传输支持：开环 MIMO，每个用户传输一个码字。

OBU 侧发射机框图见图 60。

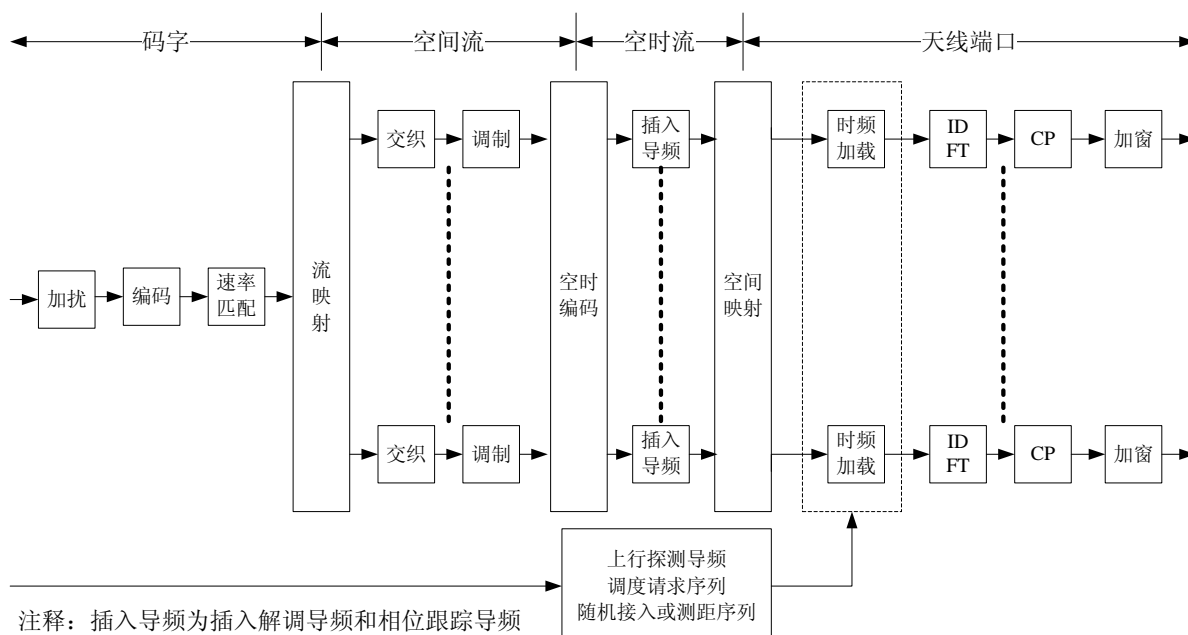


图60 OBU 侧发射机框图

对于上行传输，各用户只能传输一个码字。上行多天线传输支持开环 MIMO。

### 9.2.2 加扰

将生成多项式为  $1 + X^{11} + X^{15}$  的最大长度线性反馈移位寄存器的输出二进制序列  $[s_0 s_1 \dots s_{Len\_bit-1}]$  作

为扰码序列，对数据比特序列 $[b_0 b_1 \cdots b_{Len\_bit-1}]$ 加扰。系统中每个编码块加扰复位一次。扰码序列生成框图见图 61。

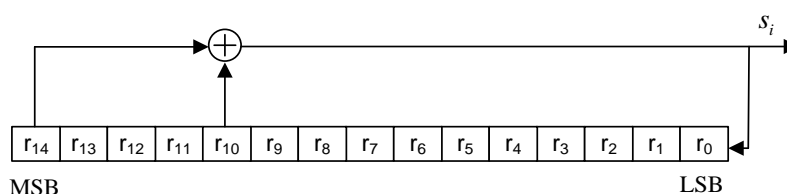


图61 扰码序列生成框图

对于下行系统信息信道，寄存器的初始值 $r_{init} = [101010001110110]_b$ ，MSB 在左，LSB 在右；对于其它上下行控制信道和业务信道，寄存器的初始值 $r_{init} = [00101011 N_{ID}^{AP}]$ ，其中 $N_{ID}^{AP}$ 为 RSU MAC 地址的最低 7 比特，在系统信息信道广播。

对数据比特序列和扰码序列按照下式逐位进行异或运算，就可以得到加扰输出的比特序列 $[\tilde{b}_0 \tilde{b}_1 \cdots \tilde{b}_{Len\_bit-1}]$ 。

$$\tilde{b}_i = (b_i + s_i) \bmod 2 \quad i = 0, 1, \cdots, Len\_bit - 1 \quad (2)$$

### 9.2.3 信道编码

信道编码模块对加扰输出的数据比特序列 $[\tilde{b}_0 \tilde{b}_1 \cdots \tilde{b}_{Len\_bit-1}]$ 进行FEC保护。本部分支持卷积编码和LDPC编码两种前向纠错码。

#### 9.2.3.1 卷积编码

本部分卷积码结构为[133 171]，见图 62。卷积编码输出为 $[c_0 c_1 \cdots c_{Len\_cw-1}]$ 。

$$Len\_cw = 2 \times (Len\_bit + 6) \quad (3)$$

式中：

$$\begin{aligned} c_{2l} &= c_l^0 \\ c_{2l+1} &= c_l^1 \quad l = 0, 1, \cdots, Len\_cw/2 \end{aligned}$$

本部分采用归零卷积编码，在比特序列 $[\tilde{b}_0 \tilde{b}_1 \cdots \tilde{b}_{Len\_bit-1}]$ 后需要填充 6 个零比特。

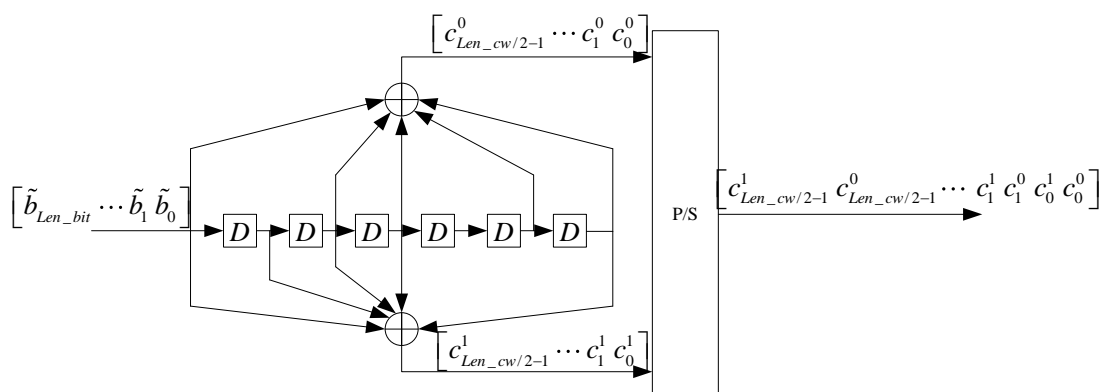


图62 卷积编码器结构

### 9.2.3.2 LDPC 编码

#### 9.2.3.2.1 LDPC 码校验矩阵与生成矩阵

高性能纠错编码采用 LDPC 码。其校验矩阵  $\mathbf{H}$  见 4 式：

$$\mathbf{H} = \begin{bmatrix} \mathbf{A}_{0,0} & \mathbf{A}_{0,1} & \cdots & \mathbf{A}_{0,c-1} \\ \mathbf{A}_{1,0} & \mathbf{A}_{1,1} & \cdots & \mathbf{A}_{1,c-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{A}_{\rho-1,0} & \mathbf{A}_{\rho-1,1} & \cdots & \mathbf{A}_{\rho-1,c-1} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (4)$$

式中：

$\mathbf{A}_{i,j}$ ：一个行重量为 0 或者 1 的  $t \times t$  循环矩阵，该矩阵的每行皆由其上一行循环右移一位得到，其中第一行是最后一行的循环右移。

矩阵  $\mathbf{H}$ ：表征的码字称为  $(N, K)$  LDPC 码，其中  $N = c \times t$  为码长， $K = (c - \rho) \times t$  表示编码信息比特的长度，其编码码率为  $R = K/N$ 。 $\mathbf{A}_i = [\mathbf{A}_{i,0}, \mathbf{A}_{i,1}, \dots, \mathbf{A}_{i,c-1}]$ ,  $i = 0, 1, \dots, \rho - 1$  的第一行称为  $\mathbf{H}$  的第  $i+1$  个行生成器，则  $\mathbf{H}$  共有  $\rho$  个行生成器。

校验矩阵  $\mathbf{H}$  对应的生成矩阵  $\mathbf{G}$ ，见下式：

$$\mathbf{G} = [\mathbf{I} | \mathbf{P}],$$

其中  $\mathbf{I}$  是单位阵，矩阵  $\mathbf{P}$  见 5 式：

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{0,0} & \mathbf{P}_{0,1} & \cdots & \mathbf{P}_{0,\rho-1} \\ \mathbf{P}_{1,0} & \mathbf{P}_{1,1} & \cdots & \mathbf{P}_{1,\rho-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{P}_{c-\rho-1,0} & \mathbf{P}_{c-\rho-1,1} & \cdots & \mathbf{P}_{c-\rho-1,\rho-1} \end{bmatrix} \dots \dots \dots (5)$$

式中的  $\mathbf{P}_{i,j}$  是一个  $t \times t$  循环矩阵，该矩阵的各列皆由其前一列循环下移一位得到，其中第一列是最前一列的循环下移。 $\mathbf{P}_j = [\mathbf{P}_{0,j}, \mathbf{P}_{1,j}, \dots, \mathbf{P}_{c-\rho-1,j}]^T$ ,  $j = 0, 1, \dots, \rho - 1$  的第一列称为生成矩阵  $\mathbf{G}$  的第  $j+1$  个列生成器，则  $\mathbf{G}$  共有  $\rho$  个列生成器。



## 9.2.3.2.2 LDPC 编码

LDPC 码编码过程表示见式 6:

$$\mathbf{x} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{G} \dots \dots \dots (6)$$

其中,  $\mathbf{u} = (u_0, u_1, \dots, u_{K-1})$  为  $K$  个编码信息比特,  $\mathbf{x} = (u_0, u_1, \dots, u_{K-1}, v_0, v_1, \dots, v_{N-K-1})$  为长度为  $N$  的码字,

$\mathbf{v} = (v_0, v_1, \dots, v_{N-K-1})$  为  $N-K$  个校验比特, 且编码码字满足校验方程  $\mathbf{H} \cdot \mathbf{x}^T = 0$ 。

LDPC 码长、码率、信息比特长度、循环子矩阵的大小见 0。LDPC 校验矩阵见附录 E。

表 31 LDPC 编码参数

$N$	$K$	$R$	$t$
1344	672	1/2	42
1344	840	5/8	42
1344	1008	3/4	42
1344	1176	7/8	42
2688	1344	1/2	112
2688	1680	5/8	112
2688	2016	3/4	112
2688	2240	5/6	112
5376	2688	1/2	112
5376	3360	5/8	112
5376	4032	3/4	112
5376	4704	7/8	112

## 9.2.4 速率匹配

若信道编码为卷积码, 编码器输出码率为 1/2。通过打孔, 可获得 5/8, 2/3, 3/4, 5/6 和 7/8 码率。

打孔图样见图 63 至图 67。

d) 5/8 码率

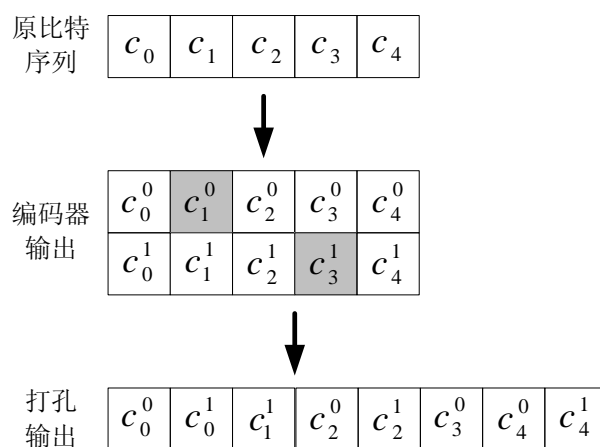


图63 5/8 码率打孔

e) 2/3 码率

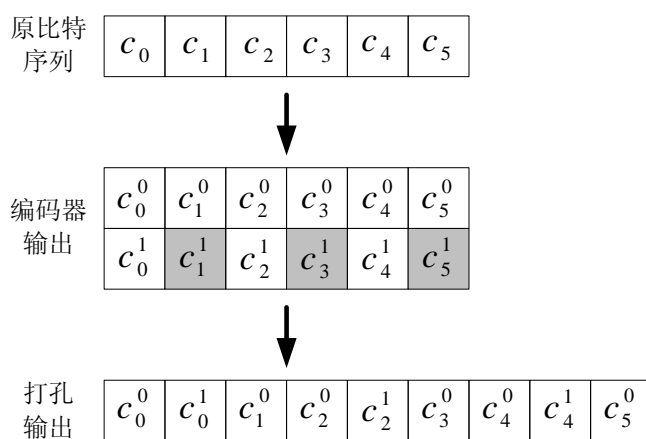


图64 2/3 码率打孔

f) 3/4 码率

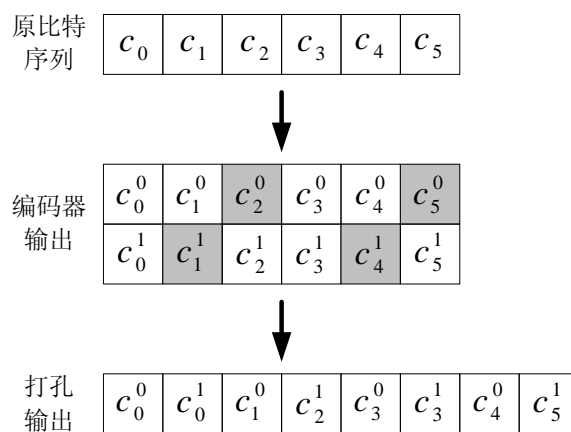


图65 3/4 码率打孔

g) 5/6 码率

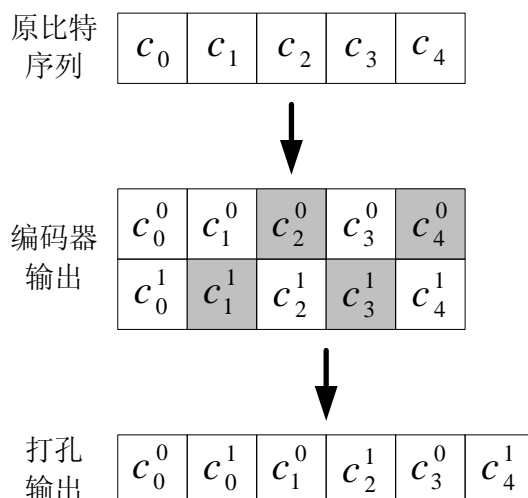


图66 5/6 码率打孔

h) 7/8 码率

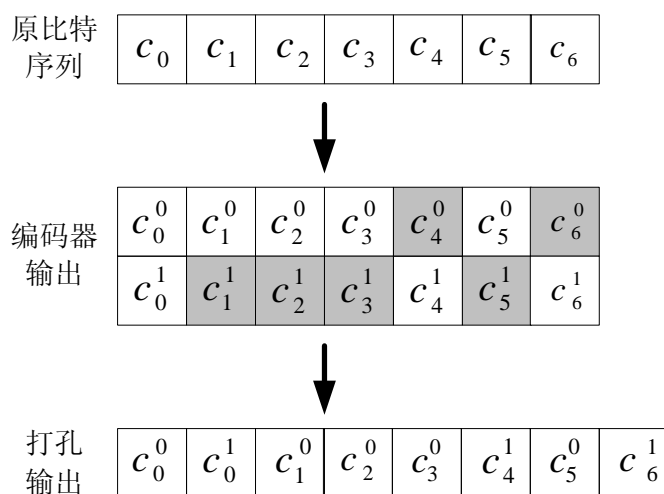


图67 7/8 码率打孔

若信道编码为 LDPC 码，不需要上述打孔处理。

同一码字的不同空间流传输的 OFDM 符号数量相同。打孔处理后，输出码字  $[\tilde{c}_0 \tilde{c}_1 \cdots \tilde{c}_{Len\_punc-1}]$ 。

$$Len\_punc = N_{sympss} \cdot N_{scpsym} \cdot \sum_{si=0}^{N_{ss}-1} N_{cbpsc}(si) \dots\dots\dots (7)$$

### 9.2.5 流映射

各空间流采用相同的调制阶数，均有  $N_{sympss} \cdot N_{scpsym}$  个调制符号。对于第  $si$  个空间流，分配比特标

记为  $[q_0^{si} q_1^{si} \cdots q_{Len\_cb(si)-1}^{si}]$ 。  $Len\_cb(si)$  为空间流  $si$  分配的编码比特个数。

令  $l = 0, 1, 2, \dots, Len\_cb(si) - 1$

$$q_l^{si} = \begin{cases} \tilde{c} \left[ \frac{l}{N_{cbpsc}(si)} \right] \sum_{n=0}^{N_{ss}-1} N_{cbpsc}(n) + \sum_{i=\left[ \frac{l}{N_{cbpsc}(si)} \right] N_{cbpsc}(si)}^{l-1} N_{ss}^{si}(i) + si & l \leq Len\_cb(si) - 1 \\ non & l > Len\_cb(si) \end{cases} \dots\dots\dots (8)$$

$$Len\_cb(si) = N_{sympss} \cdot N_{scpsym} \cdot N_{cbpsc}(si)$$

8 式中：

——  $N_{ss}^{si}(i)$  为第  $si$  个空间流发射第  $i$  个比特时并行空间流数；

——  $N_{cbpsc}(si)$  为第  $si$  个空间流上每个子载波承载的编码比特个数。

——  $Len\_cb$  个比特共分为  $N_{sympss} \cdot N_{scpsym}$  个分配周期，在每个分配周期内：

$N_{ss}^{si}(i) = N_{ss}^{sj}(j) \quad 0 \leq i, j < Len\_cb(si) - 1$ ，在所有空间流之间逐比特依次分配。对于一个分

配周期，当第  $si$  个空间流分配了  $N_{cbpsc}(si)$  个比特时，该空间流在本周期内退出后续流映射环节。

下一比特序列周期重复前一比特序列周期的分配过程。

空间流并行传输时，每个码字映射到哪些空间流在控制信道（见 0）中指示。

如果信道编码为 BCC，各空间流映射的编码比特  $q_l^{si}$ ，在每个 OFDM 符号内，进行如下循环移位操作。

$$r = \left[ l + si \cdot N_{cbpsc}(si) \cdot 37 \right] \bmod \left[ N_{scpsym} \cdot N_{cbpsc}(si) \right] \dots\dots\dots (9)$$

$$l = 0, 1, 2, \dots, N_{scpsym} \cdot N_{cbpsc}(si) - 1$$

循环移位后，各空间流输出比特序列  $q_{r(l)}^{si} \quad l = 0, 1, \dots, N_{scpsym} \cdot N_{cbpsc}(si) - 1$  输出到比特交织器。

### 9.2.6 比特交织

如果信道编码为 LDPC 码，不需要比特交织处理；如果信道编码为卷积码，采用如下比特交织处理。每个空间流的交织深度见 10 式：

$$N_{cbpsym}(si) = N_{cbpsc}(si) \cdot N_{scpsym} \dots\dots\dots (10)$$

采用如下两次置换过程。

第一次置换：

$$i = (N_{cbpsym}(si)/16) \cdot \text{mod}(k, 16) + \lfloor k/16 \rfloor \quad i, k = 0, 1, \dots, N_{cbpsym} - 1 \quad \dots\dots\dots (11)$$

第二次置换：

$$j = \tilde{Q}(si) \times \lfloor i / \tilde{Q}(si) \rfloor + \text{mod} \left\{ \left[ i + N_{cbpsym}(si) - \lfloor 16 \times i / N_{cbpsym}(si) \rfloor \right], \tilde{Q}(si) \right\} \quad \dots\dots\dots (12)$$

12 式中：

$$\tilde{Q}(si) = \max \left( \frac{N_{cbpsc}(si)}{2}, 1 \right)$$

经过上述交织处理，各流输出比特序列为  $[\tilde{q}_0^{si} \tilde{q}_1^{si} \dots \tilde{q}_{Len_{cw}(si)-1}^{si}]$ 。

解交织过程如下。第一次置换：

$$i = \tilde{Q}(si) \times \lfloor j / \tilde{Q}(si) \rfloor + \text{mod} \left\{ \left[ j + \lfloor 16 \times j / N_{cbpsym}(si) \rfloor \right], \tilde{Q}(si) \right\} \quad \dots\dots\dots (13)$$

其中，  $j = 0, 1, \dots, N_{cbpsym} - 1$ 。

第二次置换：

$$k = 16 \cdot i - (N_{cbpsym}(si) - 1) \times \lfloor 16 \times i / N_{cbpsym}(si) \rfloor \quad \dots\dots\dots (14)$$

### 9.2.7 星座映射

系统支持 BPSK，QPSK，16-QAM 和 64-QAM 调制。每个子载波调制输出符号为：

$$d = (I + jQ) \times K_{MOD} \quad \dots\dots\dots (15)$$

$K_{MOD}$  是不同调制方式的归一化参数，见 0。

表 32 不同调制方式的归一化参数

调制方式	$K_{MOD}$
BPSK	1
QPSK	$1/\sqrt{2}$
16-QAM	$1/\sqrt{10}$
64-QAM	$1/\sqrt{42}$

不同调制方式的比特映射关系见 0 至 0。

表 33 BPSK 星座映射表

输入比特 ( $b_0$ )	I 路输出	Q 路输出
0	-1	0
1	1	0

表 34 QPSK 星座映射表

输入比特 ( $b_0$ )	I 路输出	输入比特 ( $b_1$ )	Q 路输出
0	-1	0	-1
1	1	1	1

表 35 16-QAM 星座映射表

输入比特 ( $b_0b_1$ )	I 路输出	输入比特 ( $b_2b_3$ )	Q 路输出
00	-3	00	-3
01	-1	01	-1
11	1	11	1
10	3	10	3

表 36 64-QAM 星座映射表

输入比特 ( $b_0b_1b_2$ )	I 路输出	输入比特 ( $b_3b_4b_5$ )	Q 路输出
000	-7	000	-7
001	-5	001	-5
011	-3	011	-3
010	-1	010	-1
110	1	110	1
111	3	111	3
101	5	101	5
100	7	100	7

不同调制方式的比特映射图样见图 68 至图 71 。

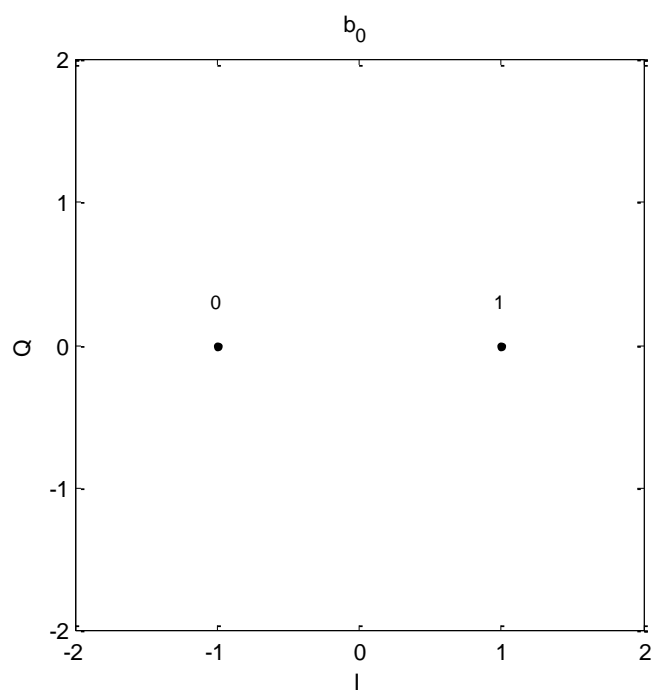


图68 BPSK 星座映射

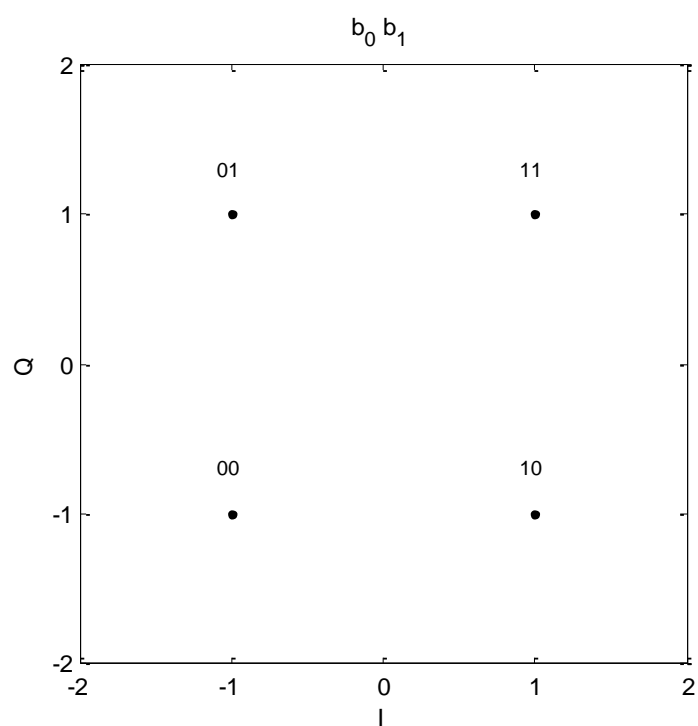


图69 QPSK 星座映射

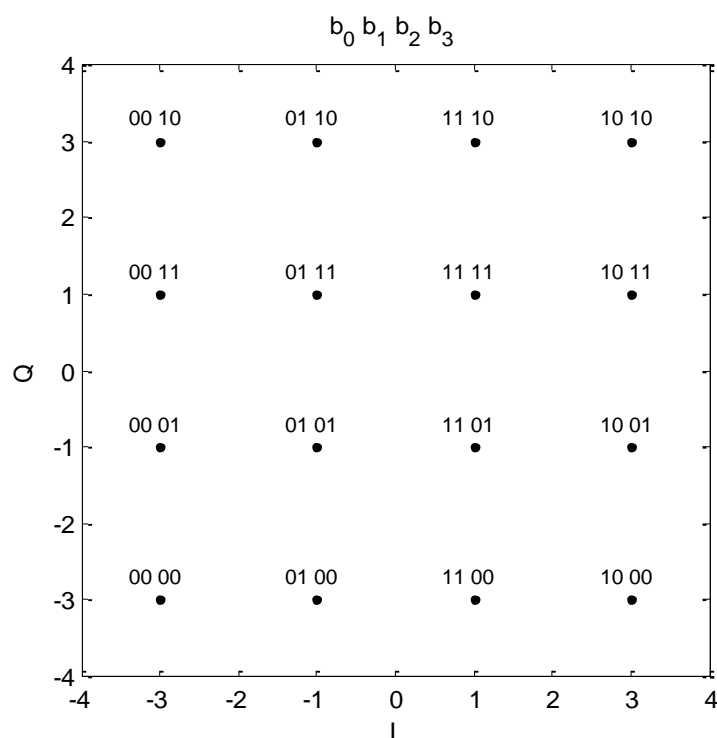


图70 16-QAM 星座映射

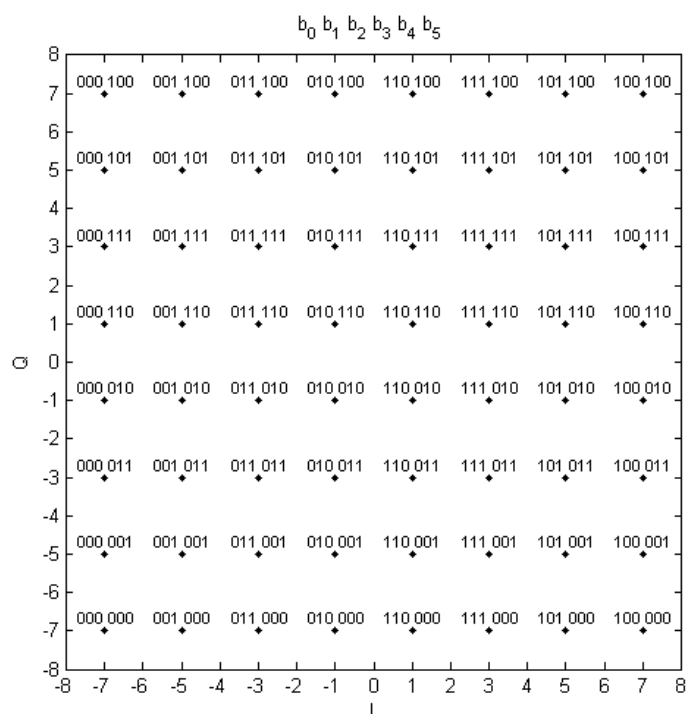


图71 64-QAM 星座映射

经过上述调制映射后，各空间流输出调制符号流为  $[d_0^{si} d_1^{si} \cdots d_{Len\_mod(si)-1}^{si}]$ 。



$$Len\_mod(si) = N_{sympss} \cdot N_{scpsym} \dots\dots\dots (16)$$

### 9.2.8 空时编码(可选)

本部分所定义的系统支持 1 个调制符号流空时编码，将空间流扩展为 2 个空时流，使系统获得发射分集增益。若在传输中使用空时编码，0 中 b<sub>55</sub> 置为 1，否则置 0。

调制输出符号为  $d_{k,i,n}; k=0 \dots N_{scpsym}-1; i=0 \dots N_{ss}-1; n=0 \dots N_{sympss}-1$ ，经 STBC 编码后，输出为  $\tilde{d}_{k,i,n}; k=0 \dots N_{scpsym}-1; i=0 \dots N_{sts}-1; n=0 \dots N_{sympss}-1$ 。STBC 输出符号与输入符号间的映射关系见 0。

表 37 空时编码

$N_{sts}$	$N_{ss}$	$i_{STS}$	$\tilde{d}_{k,i,2m}$	$\tilde{d}_{k,i,2m+1}$
2	1	1	$d_{k,1,2m}$	$d_{k,1,2m+1}$
		2	$-d_{k,1,2m+1}^*$	$d_{k,1,2m}^*$

### 9.2.9 相位跟踪导频

在 20MHz 带宽下共配置 6 个相位跟踪导频，占用的子载波索引为  $[-99 \ -66 \ -33 \ 33 \ 66 \ 99]$ 。各相位跟踪导频发射符号依次为  $[1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]$ ，经 BPSK 调制后加载到相位跟踪导频子载波。

### 9.2.10 时频加载

对第  $ti$  个天线端口，发射符号流为  $[\tilde{x}_0^{ti} \ \tilde{x}_1^{ti} \ \dots \ \tilde{x}_{Len\_precode-1}^{ti}]$ 。

$$Len\_precode = N_{sympss} + Len\_dp \dots\dots\dots (17)$$

式中： $Len\_dp$  为解调导频符号个数。依据调度信令（见 9.5.3）指示的解调导频图样，可计算获得解调导频占用的 OFDM 符号数。

时频加载顺序见图 72，先做频域加载后做时域加载。

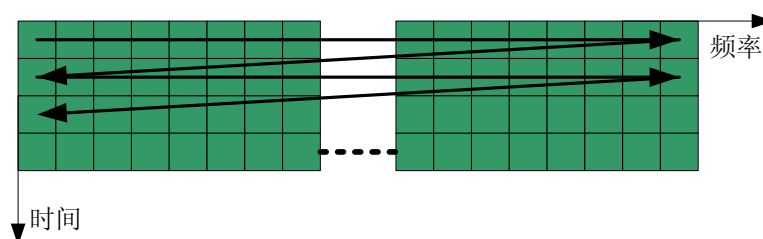


图72 输出符号流时频加载顺序

### 9.3 前导序列

物理层前导序列由短前导序列和长前导序列组成，占用两个 OFDM 符号，见图 73。

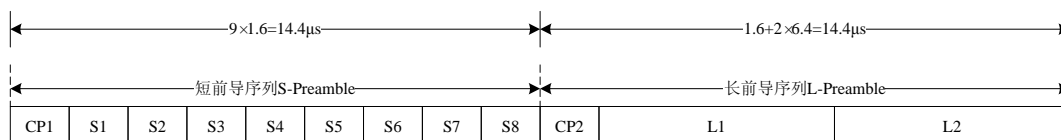


图73 物理层前导序列

发送前导时，RSU 以 20MHz 为基本带宽，RSU 和 OBU 的 IFFT 点数  $N_{\text{ifft}}=256$ 。

#### 9.3.1 短前导序列（S-Preamble）

短前导序列共有 28 个符号，在频域占用 28 个子载波。这些子载波由序列  $Z$  组成的元素进行调制。

$$Z(n) = e^{j\pi \frac{m^2}{N}}, n=0,1,\dots,27; r=27; N=28 \dots\dots\dots (18)$$

短前导序列的 28 个符号通过下述方法映射到 28 个频域子载波上。

需要填充的子载波集合为：  $\{k_n | k_n = -112 + 8 \cdot m, m = 0, 1, 2, \dots, 28, m \neq 14\}$ 。

$$\begin{aligned} & n = 0 \\ & \text{for } k = -115 : 1 : +115 \\ & \quad \text{if } k \in \{k_n\} \\ & \quad \quad S_k = Z(n) \\ & \quad \quad n = n + 1 \dots\dots\dots (19) \\ & \quad \text{else} \\ & \quad \quad S_k = 0 \\ & \quad \text{end} \\ & \text{end} \end{aligned}$$

#### 9.3.2 长前导序列（L-Preamble）

长前导序列共有 114 个符号，在频域占用 114 个子载波。长度为 114 的伪随机序列  $\{C_n, n=0,1,\dots,113\}$

经 BPSK 调制后, 通过下述方法映射到子载波上。

需要填充的子载波集合为:  $\{k_n | k_n = -114 + 2 \cdot m, m = 0, 1, 2 \cdots 114, m \neq 57\}$ 。

$$\begin{array}{l}
n = 0 \\
\text{for } k = -115:1:+115 \\
\quad \text{if } k \in \{k_n\} \\
\quad \quad S_k = C_n \\
\quad \quad n = n + 1 \quad \dots\dots\dots (20) \\
\quad \text{else} \\
\quad \quad S_k = 0 \\
\quad \text{end} \\
\text{end}
\end{array}$$

经上述方法映射后,子载波-115至+115加载的符号为:

$$L_{-115.115} =$$
[illegible]

## 9.4 系统信息信道与控制信道

#### 9.4.1 系统信息信道字段定义

系统信息信道采用 MCS0 传输, 不采用空时编码。系统信息字段定义如 0 所示。

表 38 系统信息字段

比特	定义	注释
$b_7\ b_6 \cdots b_0$	本 RSU MAC 地址低 8 位	RSU 标识及扰码种子
$b_{20}\ b_{19} \cdots b_8$	版本号	系统物理层版本号
$b_{23}\ b_{22}b_{21}$	RSU 天线配置	000, 1 根天线 001, 2 根天线 ... 111, 预留

表 38 (续)

比特	定义	注释
$b_{29} b_{28} \cdots b_{24}$	控制信道周期指示	控制信道周期, $\leq 63$ OFDM 符号
$b_{31} b_{30}$	预留	预留
$b_{40} b_{39} \cdots b_{32}$	下行传输信道周期指示	下行传输信道周期, $\leq 511$ OFDM 符号
$b_{47} b_{46} \cdots b_{41}$	预留	预留
$b_{56} b_{55} \cdots b_{48}$	上行传输信道周期指示	上行传输信道周期, $\leq 511$ OFDM 符号
$b_{63} b_{62} \cdots b_{57}$	预留	预留
$b_{64}$	下行探测信道配置	0, 无下行探测信道
		1, 配置下行探测信道
$b_{66} b_{65}$	预留	预留
$b_{68} b_{67}$	上行探测信道配置	00, 无上行探测信道
		01, 上行探测信道为 1 个 OFDM 符号
		10, 上行探测信道为 2 个 OFDM 符号
		11, 上行探测信道为 4 个 OFDM 符号
$b_{70} b_{69}$	上行调度请求信道配置	00, 无调度请求信道
		01, 调度请求信道为 1 个 OFDM 符号
		10, 调度请求信道为 2 个 OFDM 符号
		11, 调度请求信道为 4 个 OFDM 符号
$b_{71}$	上行随机接入或测距信道配置	0, 无上行随机接入或测距信道
		1, 配置上行随机接入或测距信道
$b_{72}$	上行随机接入或测距信道指示	0, 配置上行随机接入信道
		1, 配置上行测距信道
$b_{75} b_{74} b_{73}$	预留	预留
$b_{87} b_{86} \cdots b_{76}$	帧标号	0~4095, 帧编号计数
$b_{103} b_{102} \cdots b_{88}$	16 比特 CRC	CRC 校验保护
$b_{111} b_{110} \cdots b_{104}$	卷积码编码器归零比特	将卷积码结束状态归零
注: 系统信息信道采用 16 位 CRC 校验, CRC 生成多项式为 $g(D) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$ 。寄存器初始状态为 0xFF, 运算结束后将寄存器状态取反作为 CRC 校验序列输出。高阶寄存器输出对应高位 ( $b_{103}$ ), 低阶寄存器输出对应低位 ( $b_{88}$ )。		

#### 9.4.2 控制信道字段定义

控制信道采用 MCS1 传输, 不采用空时编码。控制信道由多个单播和广播调度信令组成。上下行单播调度信令字段见 0。

表 39 下行与上行调度信令字段定义

比特	定义	
	DL	UL
$b_0$	$b_0 = 0$ ，上行调度； $b_0 = 1$ ，下行调度	
$b_1$	$b_1 = 0$ ，时分资源调度； $b_1 = 1$ ，预留	
$b_5\ b_4 \cdots b_2$	预留	
$b_7\ b_6$	指示本次调度传输方式 00，开环 MIMO 传输； 01， 预留； 10， 预留； 11， 预留	
$b_{16}\ b_{15} \cdots b_8$	用户资源组起始 OFDM 符号索引，域值：0~510	
$b_{23}\ b_{22} \cdots b_{17}$	码字的 MCS 及并行空间流数(<=2)指示（附录 B）	
$b_{32}\ b_{31} \cdots b_{24}$	用户资源组连续 OFDM 符号数，域值：1~511	
$b_{39}\ b_{38} \cdots b_{33}$	预留	
$b_{42}b_{41}b_{40}$	000，开环 MIMO 其它，预留	$b_{40} = 1$ ，请求 CQI 反馈 $b_{42}b_{41} = 01$ ， 预留 $b_{42}b_{41} = 10$ ， 预留 $b_{42}b_{41} = 11$ ， 预留
$b_{44}b_{43}$	00，BCC 编码； 01，LDPC 码长 1（1344 比特）； 10，LDPC 码长 2（2688 比特）； 11，LDPC 码长 3（5376 比特）	
$b_{45}$	0，时域解调导频间隔 0（短解调导频间隔，见 0） 1，时域解调导频间隔 1（长解调导频间隔，见 0）	
$b_{47}\ b_{46}$	00，频域解调导频图样 1（DPI=1）； 01，频域解调导频图样 2（DPI=2）； 10，频域解调导频图样 3（DPI=4）； 11，预留	
$b_{54}\ b_{53} \cdots b_{48}$	$b_{48} = 0$ ， $b_{54} \cdots b_{49}$ 指示本用户资源组内用于信令和反馈传输的资源，域值 0~63	
	$b_{48} = 1$ ， $b_{54} \cdots b_{49}$ 预留	
$b_{55}$	0，不采用 STBC 传输； 1，采用 STBC 传输	
$b_{71}\ b_{70} \cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 OBUID 加扰的运算结果	
注 1： $b_{71}\ b_{70} \cdots b_{56}$ 为单播调度信令字段的 CRC 校验码被 OBUID 加扰的运算结果。 $[b_{71}\ b_{70} \cdots b_{56}] = [0\ 0\ 0\ 0\ d_{11}\ d_{10} \cdots d_0]_{STAIR} \oplus [c_{15}\ c_{14} \cdots c_0]_{CRC}$		
注 2：控制信道采用 16 位 CRC 校验，CRC 生成多项式为 $g(D) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$ 。定义同 0。		
注 3： $b_{54} \cdots b_{49}$ 指示的信令和反馈传输格式见 9.5.5 。		

## 9.5 上下行传输信道

### 9.5.1 上下行传输信道资源分配类型

在上下行传输信道，本部分支持时分资源复用调度。

#### 9.5.1.1 时分复用资源分配

在上行或下行传输信道为每个OBU分配的时频资源称为资源组。

时分复用时，OBU 资源组内 OFDM 符号索引按照时间增长方向由 0 至  $D(b_{32} b_{31} \cdots b_{24}) - 1$ 。其中，

$D(b_{32} b_{31} \cdots b_{24})$  表示比特  $b_{32} b_{31} \cdots b_{24}$  对应的十进制数。

### 9.5.2 上下行传输信道资源指示

#### 9.5.2.1 时分复用资源分配

在 OBU 调度信令 (0) 中，用  $[b_{16} b_{15} \cdots b_8]$  指示 OBU 资源组起始 OFDM 符号索引，域值 0 ~510；

用  $[b_{32} b_{31} \cdots b_{24}]$  指示 OBU 资源组占用的连续 OFDM 符号个数。

为 OBU 分配的资源组包括解调导频占用的资源。

### 9.5.3 传输信道解调导频

本部分可动态调整解调导频图样。通过控制信道调度信令  $b_{45}$  (见 0) 可配置不同的时域导频间隔；通过控制信道调度信令  $b_{47}b_{46}$  可配置不同的频域导频图样。

#### 9.5.3.1 解调导频图样

频域解调导频图样见附录 C。

#### 9.5.3.2 解调导频间隔

通过控制信道调度信令  $b_{45}$  (0) 可配置不同的时域导频间隔，以自适应不同的无线传播环境。时域导频间隔配置， $DPI_T$ ，即：每隔  $DPI_T$  个 OFDM 符号插入一组解调导频。 $b_{45} = 0$  为短  $DPI_T$ ， $b_{45} = 1$  为长  $DPI_T$ 。长、短  $DPI_T$  在 MAC 层 BCF 帧指示。

#### 9.5.3.3 解调导频序列

导频序列生成多项式为  $1 + X^{11} + X^{15}$ 。最大长度线性反馈移位寄存器结构见图 61。生成序列经 BPSK 调制得到导频符号序列  $\{s_i\}$   $i = 0, 1, \dots, 32767$ 。寄存器初始状态为：

$$[00101011 a_6 a_5 a_4 a_3 a_2 a_1 a_0]$$

MSB 在左，LSB 在右。 $a_6 a_5 \cdots a_0$  是 RSU 的 MAC 地址最低 7 比特。

解调导频按照如下规则映射到时频资源。令：

$$i = 231 \cdot l + (k + 115) \dots\dots\dots (21)$$

21式中：

$$k = -115, \dots, +115; l = 0, 1, \dots, DP_{num} - 1。$$

$$\begin{aligned} & i = 0 \\ & \text{for } l = 0 : 1 : DP_{num} - 1 \\ & \quad \text{for } k = -115 : 1 : +115 \\ & \quad \quad \text{if } k \in SC_{dp}^{sti} \\ & \quad \quad \quad p_{k,l}^{sti} = s_i \\ & \quad \quad \text{else} \dots\dots\dots (22) \\ & \quad \quad \quad p_{k,l}^{sti} = 0 \\ & \quad \quad \text{end} \\ & \quad i = i + 1 \\ & \quad \text{end} \\ & \text{end} \end{aligned}$$

$SC_{dp}^{sti}$  的定义见表C. 2。

#### 9.5.4 上下行传输信道多天线方案

多天线传输模式下，第  $ti$  个天线端口的时域基带信号见 23 式：

$$r_{Field}^{(ti)}(t) = \frac{1}{\sqrt{N_{Field}^{Tone} \cdot N_{sts}}} w_T(t) \sum_{\substack{k=-N_{fft}/2 \\ k \notin SC_V}}^{N_{fft}/2-1} \sum_{si=1}^{N_{sts}} [Q_k]_{ti,si} \tilde{x}_k^{(si)} \exp(j2\pi k \Delta f t) \dots\dots\dots (23)$$

23式中：

——  $w_T(t)$  为时域窗函数；

——  $\tilde{x}_k^{(si)}$  为第  $si$  个空时流上第  $k$  个子载波的加载符号；

——  $[Q_k]_{ti,si}$  表示预编码矩阵  $Q_k \in C^{N_{tx} \times N_{sts}}$  的第  $ti$  行、 $si$  列的元素。

上下行多天线传输模式均为开环 MIMO，对应的预编码矩阵  $Q_k \in C^{N_{tx} \times N_{sts}}$  为列正交矩阵，且

$$\|Q_k\| = \sqrt{N_{sts}}。$$

#### 9.5.5 信令/反馈传输信道

OBU 时分复用资源时，0 中  $b_{54} b_{53} \dots b_{49}$  指示业务传输从 OBU 资源组中索引为  $D(b_{54} b_{53} \dots b_{49})$  的

OFDM 符号开始传输分组数据及其解调导频。 $D(b_{54} b_{53} \cdots b_{49})$  为  $b_{54} b_{53} \cdots b_{49}$  对应的十进制数, 其中  $b_{54}$  为高位,  $b_{49}$  为低位。在 OBU 资源组内, OFDM 符号 0 至 OFDM 符号  $D(b_{54} b_{53} \cdots b_{49})-1$  用于信令或反馈传输, 且传输格式独立于 0 中的指示。其对应的传输格式见 0。

表 40 信令/反馈传输格式

编码	卷积码, 1/2 码率
流数	单流
调制	QPSK
空时编码	禁用
公共解调导频	格式 1 (附 录 C)
传输模式	开环 MIMO

信令/反馈传输除复用 0 分配的业务传输资源外, 还可通过如下广播信令分配专用的信令/反馈传输资源。

#### 9.5.5.1 下行信令/反馈传输信道

下行信令/反馈传输信道复用 DL-TCH 资源, 见图 74。所有下行信令/反馈传输信道共享一个解调导频。

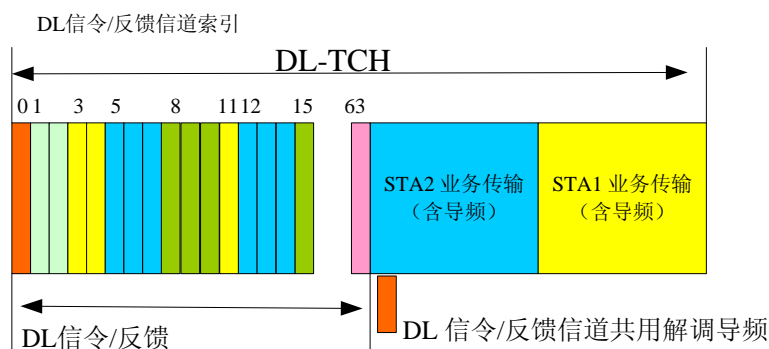


图74 下行信令/反馈传输信道

#### 9.5.5.2 上行信令/反馈传输信道

上行信令/反馈传输信道复用 UL-TCH 资源。上行信令/反馈传输信道可支持两种结构, 见图 75 和图 76。图 76 中的格式 2 为可选格式, 其中, 每个基本资源块为  $28_{subc} \times 8_{symbol}$  (不包括相位跟踪导频)。并且, 前 4 个 OFDM 符号和后 4 个 OFDM 符号跳频方式见图 76。



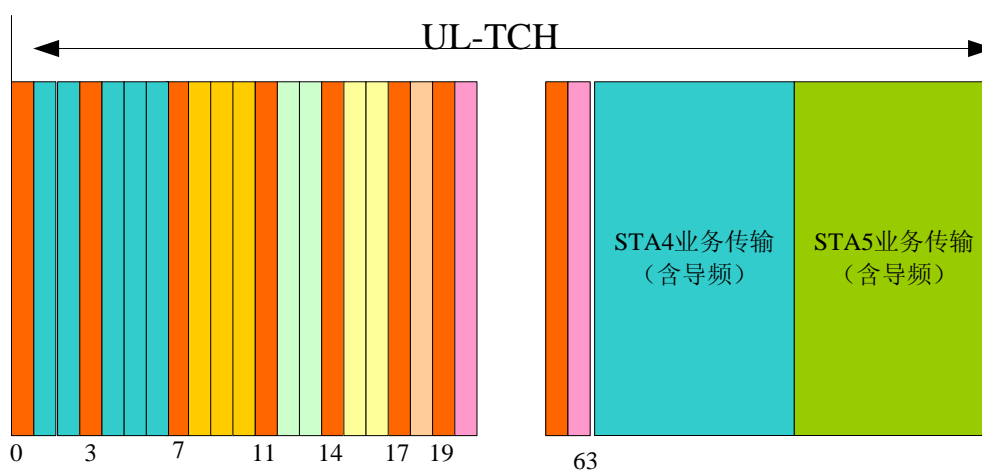


图75 上行信令/反馈传输信道格式 1

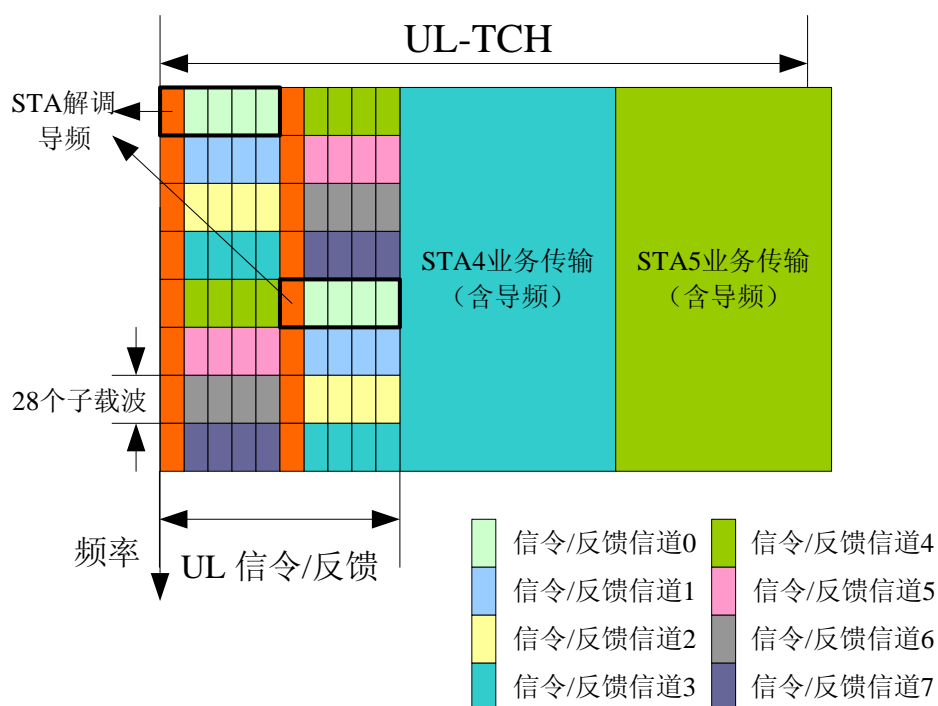


图76 上行信令/反馈传输信道格式 2

### 9.5.5.3 信令/反馈传输信道资源指示

每帧内，信令/反馈传输信道在 DL-TCH 和 UL-TCH 占用资源通过 CCH 广播调度信令以广播方式通知所有 OBU。该广播调度信令使用控制信道资源，与控制信道调度信令具有相同的分组大小，采用相同的传输格式（见错误!未找到引用源。）。广播调度信令 CRC 校验用 MAC 层定义的 BOBUID 加扰。具体字段定义见 0。

表 41 信令/反馈传输信道资源指示信令字段

比特	定义	
	DL	UL
$b_3\ b_2\ b_1\ b_0$	广播类型 $b_3\ b_2\ b_1\ b_0=0001$ ，下行信令/反馈信道资源指示 $b_3\ b_2\ b_1\ b_0=0000$ ，上行信令/反馈信道资源指示	
$b_7\ b_6\ b_5\ b_4$	预留	
$b_{16}\ b_{15}\cdots b_8$	信令/反馈信道资源组起始 OFDM 符号索引，域值：0~510	
$b_{22}\ b_{21}\cdots b_{17}$	预留	
$b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23}$	信令/反馈信道占用的符号数，域值：1~63	
$b_{30}b_{29}$	预留	00，格式 1 01，格式 2 10~11，预留
$b_{31}$	0，下行广播信道分配有效 1，下行广播信道分配无效	预留
$b_{36}\ b_{35}\cdots b_{32}$	下行广播信道占用的信令/反馈信道起始索引，域值：1~31	
$b_{39}b_{38}b_{37}$	下行广播信道占用的信令/反馈信道个数，域值：1~7	
$b_{55}\ b_{54}\cdots b_{40}$	预留	
$b_{71}\ b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果	
注 1：下行信令/反馈信道占用的 OFDM 符号数为 $D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})$ ，索引为 0 的 OFDM 符号为公共解调导频占用资源；		
注2：CRC定义同0。		

## 9.5.5.4 信令/反馈传输信道分配

RSU 为 OBU 分配信令/反馈传输信道的信令见 0。

表 42 信令/反馈传输信道分配信令字段定义

比特	定义	
	DL	UL
$b_3\ b_2\ b_1\ b_0$	广播类型 $b_3\ b_2\ b_1\ b_0=0011$ ，下行信令/反馈信道分配 $b_3\ b_2\ b_1\ b_0=0010$ ，上行信令/反馈信道分配	
$b_7\ b_6\ b_5\ b_4$	预留	
$b_{31}\ b_{30}\cdots b_8$ (信道 1)	$b_{19}\ b_{18}\cdots b_8$ ，指示 OBUID	
	$b_{22}\ b_{21}b_{20}$ ，预留	
	$b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23}$ ，指示该 OBU 在信令/反馈信道起始位置索引，域值取值范围 0~63。	
	$b_{31}b_{30}b_{29}$ ，指示占用的信令/反馈信道个数，域值：1~7；域值为 0 表示该信道指示无效。	
$b_{55}\ b_{54}\cdots b_{32}$ (信道 2)	$b_{43}\ b_{42}\cdots b_{32}$ ，指示 OBUID	
	$b_{46}\ b_{45}\ b_{44}$ ，预留	
	$b_{52}\ b_{51}\cdots b_{47}$ ，指示该 OBU 在信令/反馈信道的起始位置索引，域值取值范围 0~63。	
	$b_{55}b_{54}b_{53}$ ，指示占用的信令/反馈信道个数，域值：1~7；域值为 0 表示该信道指示无效。	
$b_{71}\ b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果	
<p>注：下行信令反馈传输信道，<math>D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})</math> 指示的是对应OBU下行信令反馈传输信道的第1个OFDM符号，<math>D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})=0</math> 指示下行信令反馈传输信道公共解调导频，属于无效指示。上行信令反馈传输信道格式1，<math>D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})</math> 指示的是对应OBU上行信令反馈传输信道的第1个OFDM符号，<math>D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})-1</math>对应的OFDM符号是该OBU上行信令反馈传输信道的解调导频。</p> <p>对于格式1，<math>D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})=0</math> 是无效指示。上行信令反馈传输信道格式2，<math>D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})</math> 指示的是对应OBU上行信令反馈传输信道索引，<math>D(b_{28}\ b_{27}\cdots b_{23})=0</math> 指示信令/反馈信道0（见图76 ）。下行信令反馈传输信道和上行信令反馈传输信道格式1，每个OFDM符号为一个信令/反馈信道；上行信令反馈传输信道格式2，每个资源块为一个信令/反馈信道（见图76 ）。 </p>		

## 9.6 上下行探测信道

### 9.6.1 下行探测信道

当系统信息字段 **SICH** 中的  $b_{64}=1$ ，表示本帧配置下行探测信道。下行探测信道在下行传输信道的具体位置以及下行探测信道导频图样由 **MAC** 层 **BCF** 帧指示。

#### 9.6.1.1 下行探测导频图样

下行探测信道可支持的逻辑天线端口数为 1~2 个，导频图样见附录 D。

#### 9.6.1.2 下行探测序列生成

导频序列生成多项式为  $1+X^{11}+X^{15}$ 。生成序列经 **BPSK** 调制得到导频符号序列  $\{s_i\}$   $i=0,1,\dots,32767$ 。寄存器初始状态为：

$$[00101011a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0]$$

**MSB** 在左，**LSB** 在右。 $a_6a_5\cdots a_0$  是 **RSU** 的 **MAC** 地址最低 7 比特。

探测导频按照如下规则映射到时频资源。令：

$$i = 231 \cdot l + (k + 115) \dots\dots\dots (24)$$

24式中： $k = -115, \dots, +115$ ;  $l = 0, 1, \dots, SP_{num} - 1$ 。

$$\begin{aligned} & i = 0 \\ & \text{for } l = 0:1:SP_{num} - 1 \\ & \quad \text{for } k = -115:1:+115 \\ & \quad \quad \text{if } k \in SC_{sp}^{ti} \\ & \quad \quad \quad p_{k,l}^{ti} = s_i \\ & \quad \quad \text{else} \dots\dots\dots (25) \\ & \quad \quad \quad p_{k,l}^{ti} = 0 \\ & \quad \quad \text{end} \\ & \quad i = i + 1 \\ & \quad \text{end} \\ & \text{end} \end{aligned}$$

$SC_{sp}^{ti}$  定义见表D.2。

## 9.6.2 上行探测信道

### 9.6.2.1 上行探测导频端口

上行探测导频端口见0。

表 43 上行探测导频端口索引

子载波分组索引	导频端口子载波位置	上行探测导频端口索引			
		OFDM 符号 0	OFDM 符号 1	OFDM 符号 2	OFDM 符号 3
0	$[\pm 1, \pm 5, \dots, \pm 113]$	0	4	8	12
1	$[\pm 2, \pm 6, \dots, \pm 114]$	1	5	9	13
2	$[\pm 3, \pm 7, \dots, \pm 115]$	2	6	10	14
3	$[\pm 4, \pm 8, \dots, \pm 112]$	3	7	11	15

## 9.6.2.2 上行探测信道分配

RSU 为 OBU 分配上行探测信道的信令见 0。

表 44 上行探测信道分配信令字段

比特	定义	
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型 $b_3b_2b_1b_0=1000$ ，上行探测信道资源指示	
$b_7b_6b_5b_4$	预留	
$b_{23}b_{22}\cdots b_8$	端口 1	$b_{19}b_{18}\cdots b_8$ ， OBU ID
		$b_{23}b_{22}\cdots b_{20}$ ， 上行探测导频端口索引
$b_{39}b_{38}\cdots b_{24}$	端口 2	$b_{35}b_{34}\cdots b_{24}$ ， OBU ID
		$b_{39}b_{38}\cdots b_{36}$ ， 上行探测导频端口索引
$b_{55}b_{54}\cdots b_{40}$	端口 3	$b_{51}b_{50}\cdots b_{40}$ ， OBU ID
		$b_{55}b_{54}\cdots b_{52}$ ， 上行探测导频端口索引
$b_{71}b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果	
注：上行探测导频端口索引指示 OBU 天线 0 的探测导频端口。如果 OBU 为多天线配置，其它天线 上行探测导频端口索引如下式： $SP_{ii}^{UL} = D(b_kb_{k-1}\cdots b_{k-3}) + ti \quad (ti = 0, 1, \cdots, 7) \dots\dots\dots$ 其中， $D(b_kb_{k-1}\cdots b_{k-3})$ 表示比特 $b_kb_{k-1}\cdots b_{k-3}$ 对应的十进制数。		

## 9.6.2.3 上行探测导频序列

导频序列生成多项式为  $1 + X^{11} + X^{15}$ 。最大长度线性反馈移位寄存器结构见图 61。生成序列经 BPSK 调制得到导频符号序列  $\{s_i\}$   $i = 0, 1, \dots, 32767$ 。寄存器初始状态为：

$$[00101011a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0]$$

MSB 在左, LSB 在右。 $a_6a_5\cdots a_0$  是 RSU 的 MAC 地址最低 7 比特。

RSU 为 OBU 分配的上行探测导频端口集合为:  $SP_{port}^{ti} = \{(k, l) | k \in [-115, +115], l \in [0, 3]\}$ , 其中  $k$  为 0 中子载波索引,  $l$  为 OFDM 符号索引,  $ti$  为 OBU 天线端口索引,  $port$  为上行探测导频端口索引。上行探测导频按照如下规则映射到时频资源。令:

$$i = 231 \cdot l + (k + 115) \dots\dots\dots (27)$$

27式中:  $k = -115, \dots, +115$ ,  $l = 0, 1, 2, 3$

$$\begin{aligned} & i = 0 \\ & \text{for } l = 0:1:3 \\ & \quad \text{for } k = -115:1:+115 \\ & \quad \quad \text{if } \{k, l\} \in \{SP_{port}^{ti} | ti = 0, 1, \dots, N_{tx} - 1\} \\ & \quad \quad \quad p_{port}^{k,l} = s_i \\ & \quad \quad \text{else} \dots\dots\dots (28) \\ & \quad \quad \quad p_{port}^{k,l} = 0 \\ & \quad \quad \text{end} \\ & \quad i = i + 1 \\ & \quad \text{end} \\ & \text{end} \end{aligned}$$

## 9.7 上行调度请求信道

上行调度请求信道 UL-SRCH 在上行帧中的位置见本部分帧结构, 见图 57。上行调度请求信号产生方法见图 77。

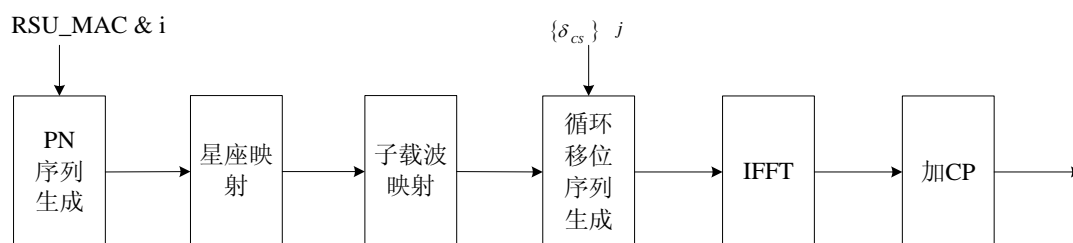


图77 调度请求信号生成方法

图77中, RSU\_MAC指RSU的MAC地址的最低7比特,  $i$  为PN序列索引 ( $0 \leq i < 4$ ),  $\{\delta_{cs}\}$  为循环移位参数集,  $j$  为循环移位参数索引 ( $0 \leq j < 8$ )。

### 9.7.1 PN 序列的产生

PN 序列采用生成多项式为  $1 + X^{11} + X^{15}$  的最大长度线性反馈移位寄存器序列，见图 78。

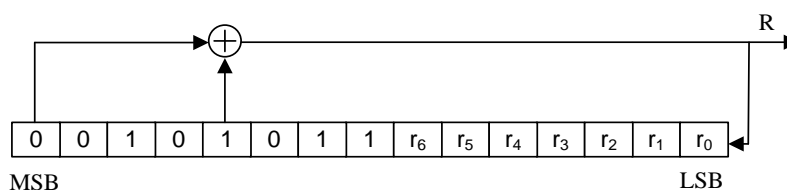


图78 PN 序列生成器

寄存器的初始值  $r_{init} = [00101011r_6r_5r_4r_3r_2r_1r_0]_b$ ，MSB 在左，LSB 在右；其中  $[r_6r_5r_4r_3r_2r_1r_0]_b = R \delta \psi M$ ，是RSU的MAC地址的最低7比特。

### 9.7.2 调制映射

序列  $S_i$  经BPSK调制，见0，得到序列  $C_i$ 。

### 9.7.3 子载波映射

序列  $C_i$  按照下式进行子载波映射，得到序列  $M_i$ 。

$$M_{i,k} = \begin{cases} C_{i,k+112} & \text{if } -112 \leq k < 0 \\ C_{i,k+111} & \text{if } 1 \leq k < 113 \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (29)$$

### 9.7.4 频域循环移位

对子载波映射后的序列  $M_i$  按照下式循环移位，得到序列  $T_i^j$ 。

$$T_{i,k}^j = M_{i,k} e^{-j \frac{2\pi k \delta_{CS}^j}{N_{IFFT}}} \dots\dots\dots (30)$$

式中： $N_{IFFT}$  为IFFT的点数， $k \in [-\frac{N_{IFFT}}{2}, \frac{N_{IFFT}}{2} - 1]$ ， $\delta_{CS}^j$  为循环移位参数，单位为采样点个数。对

于20MHz系统， $N_{IFFT} = 256$ ， $\{\delta_{CS}\} = \{0 \ 32 \ 64 \ 96 \ 128 \ 160 \ 192 \ 224\}$ 。

### 9.7.5 调度请求信号格式

调度请求信号格式见9.8.2 节的随机接入信号格式1。

### 9.7.6 独立资源请求帧资源分配

RSU 通过 0 所示信令为 OBU 分配独立资源请求帧占用的 UL-TCH 资源。

表 45 独立资源请求帧资源分配

比特	定义
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型 $b_3b_2b_1b_0=0110$ ，独立资源请求帧（为独立资源请求帧分配资源）
$b_7b_6b_5b_4$	预留
$b_{23}b_{22}\cdots b_8$ 分配 1	$b_9b_8=00$ ，对应 UL-SRCH 第 1 个 OFDM 符号的调度请求 $b_9b_8=01$ ，对应 UL-SRCH 第 2 个 OFDM 符号的调度请求 $b_9b_8=10$ ，对应 UL-SRCH 第 3 个 OFDM 符号的调度请求 $b_9b_8=11$ ，对应 UL-SRCH 第 4 个 OFDM 符号的调度请求
	$b_{11}b_{10}$ ，PN 序列索引，域值：0~3
	$b_{14}b_{13}b_{12}$ ，PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例：000 循环移位 0，001 循环移位 32，依次类推 111 循环移位 224
	$b_{17}b_{16}b_{15}$ ，调度请求发生的系统帧号最低 3 比特指示
	$b_{23}b_{22}\cdots b_{18}$ ，为调度请求分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引，域值取值范围 1~63，域值为 0 表示无效指示
$b_{39}b_{38}\cdots b_{24}$ 分配 2	$b_{25}b_{24}$ ，定义同 $b_9b_8$
	$b_{27}b_{26}$ ，PN 序列索引，域值：0~3
	$b_{30}b_{29}b_{28}$ ，PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例：000 循环移位 0，001 循环移位 32，依次类推 111 循环移位 224
	$b_{33}b_{32}b_{31}$ ，调度请求发生的系统帧号最低 3 比特指示
	$b_{39}b_{38}\cdots b_{34}$ ，为调度请求分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引，域值取值范围 1~63，域值为 0 表示无效指示
$b_{55}b_{54}\cdots b_{40}$ 分配 3	$b_{41}b_{40}$ ，定义同 $b_9b_8$
	$b_{43}b_{42}$ ，PN 序列索引，域值：0~3
	$b_{46}b_{45}b_{44}$ ，PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例：000 循环移位 0，001 循环移位 32，依次类推 111 循环移位 224
	$b_{49}b_{48}b_{47}$ ，调度请求发生的系统帧号最低 3 比特指示
	$b_{55}b_{54}\cdots b_{50}$ ，为调度请求分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引，域值取值范围 1~63，域值为 0 表示无效指示
$b_{71}b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果

## 9.8 上行随机接入或测距信道



### 9.8.1 随机接入或测距信号产生

随机接入信号的产生同上行调度请求信号，见9.7 节。上行随机接入信号的序列索引号和循环移位索引号  $\{i, j\}$  由各OBU随机选择。

### 9.8.2 随机接入或测距信号格式

随机接入或测距信号格式共有三种，见图79 、图80 和图81 。

#### 9.8.2.1 格式 1

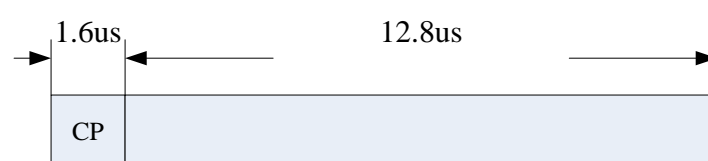


图79 信号格式 1

$$\{\delta_{CS}\} = \{0 \quad 1.6us \quad 3.2us \quad 4.8us \quad 6.4us \quad 8.0us \quad 9.6us \quad 11.2us\}$$

#### 9.8.2.2 格式 2

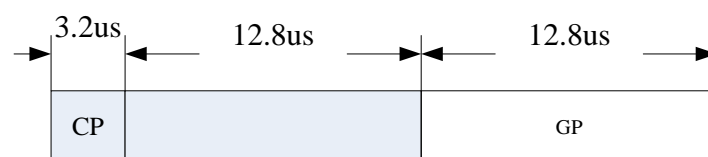


图80 信号格式 2

$$\{\delta_{CS}\} = \{0 \quad 3.2us \quad 6.4us \quad 9.6us \quad \}$$

#### 9.8.2.3 格式 3

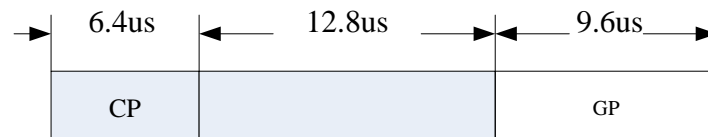


图81 信号格式 3

$$\{\delta_{CS}\} = \{0 \quad 6.4us \quad \}$$

### 9.8.3 随机接入请求帧资源分配

RSU 通过如 0 所示信令为 OBU 分配随机接入请求帧占用的 UL-TCH 资源。

表 46 随机接入请求帧资源分配

比特	定义
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型 $b_3b_2b_1b_0=0100$ , 随机接入请求 (为随机接入请求帧分配资源)
$b_7b_6b_5b_4$	预留
$b_{31}b_{30}\cdots b_8$ 分配 1	$b_9b_8$ , PN 序列索引, 域值 0~3
	$b_{12}b_{11}b_{10}$ , PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例: 000 循环移位 0, 001 循环移位 32, 依次类推 111 循环移位 224
	$b_{15}b_{14}b_{13}$ , 随机接入发生的系统帧号最低 3 比特
	$b_{25}b_{24}\cdots b_{16}$ , 发射定时提前量
	$b_{31}b_{30}\cdots b_{26}$ , 随机接入请求分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引, 域值取值范围 1~63, 域值为 0 表示无效指示
$b_{55}b_{54}\cdots b_{32}$ 分配 2	$b_{33}b_{32}$ , PN 序列索引, 域值 0~3
	$b_{36}b_{35}b_{34}$ , PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例: 000 循环移位 0, 001 循环移位 32, 依次类推 111 循环移位 224
	$b_{39}b_{38}b_{37}$ , 随机接入发生的系统帧号最低 3 比特
	$b_{49}b_{48}\cdots b_{40}$ , 发射定时提前量
	$b_{55}b_{54}\cdots b_{50}$ , 随机接入请求分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引, 域值取值范围 1~63, 域值为 0 表示无效指示
$b_{71}b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果
注: 发射定时提前量为 $D(b_{i+5}b_{i+4}\cdots b_i) \cdot N$ , 单位: 样点数。定时提前量以 100ns 为单位, 若采样时钟为 20MHz, $N=2$ 。	

#### 9.8.4 随机接入响应帧资源分配

RSU 通过如所示信令为 OBU 指示随机接入响应帧占用的 DL-TCH 资源, 随机接入响应帧资源分配见表 47。

表 47 随机接入响应帧资源分配

比特	定义
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型 $b_3b_2b_1b_0=0101$ ，随机接入响应帧（为随机接入响应帧分配资源）
$b_7b_6b_5b_4$	预留
$b_{23}b_{22}\cdots b_8$ 分配 1	$b_9b_8$ ，PN 序列索引，域值 0~3
	$b_{12}b_{11}b_{10}$ ，PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例：000 循环移位 0，001 循环移位 32，依次类推 111 循环移位 224
	$b_{15}b_{14}b_{13}$ ，随机接入发生的系统帧号最低 3 比特
	$b_{21}b_{20}\cdots b_{16}$ ，为随机接入响应分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引，域值取值范围 1~63，域值为 0 表示无效指示
	$b_{23}b_{22}$ ，预留
$b_{39}b_{38}\cdots b_{24}$ 分配 2	$b_{25}b_{24}$ ，PN 序列索引，域值 0~3
	$b_{28}b_{27}b_{26}$ ，PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例：000 循环移位 0，001 循环移位 32，依次类推 111 循环移位 224
	$b_{31}b_{30}b_{29}$ ，随机接入发生的系统帧号最低 3 比特
	$b_{37}b_{36}\cdots b_{32}$ ，为随机接入响应分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引，域值取值范围 1~63，域值为 0 表示无效指示
	$b_{39}b_{38}$ ，预留
$b_{55}b_{54}\cdots b_{40}$ 分配 3	$b_{41}b_{40}$ ，PN 序列索引，域值 0~3
	$b_{44}b_{43}b_{42}$ ，PN 序列频域循环移位索引 以格式 1 为例：000 循环移位 0，001 循环移位 32，依次类推 111 循环移位 224
	$b_{47}b_{46}b_{45}$ ，随机接入发生的系统帧号最低 3 比特
	$b_{53}b_{52}\cdots b_{48}$ ，为随机接入响应分配的资源在信令/反馈信道的起始位置索引，域值取值范围 1~63，域值为 0 表示无效指示
	$b_{55}b_{54}$ ，预留
$b_{71}b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果

## 9.9 上行功率控制

### 9.9.1 开环功控

考虑到 TDD 系统上下行链路的信道互易性，可以采用开环功控。

$$P_{STA} = \min\{P_{STA\_MAX}, PL_{OL} + C/N + 10\log_{10}(BW)\}(dBm) \dots\dots\dots (31)$$

31 式中：

—— $PL_{OL}$ ：传输路径损耗估计值。可依据 OBU 接收信号功率与 RSU 发送功率估计。RSU 发送功率在

MAC 层 BCF 帧指示。

—— $C/N$ ：不同 MCS 对于接收端噪声和干扰所需的最低功率。

—— $BW$ ：RSU 分配给 OBU 的传输带宽参数。

### 9.9.2 闭环功控

闭环功率控制指示见0。

表 48 闭环控制信令

比特	定义
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型 $b_3b_2b_1b_0=1001$ ，闭环链路控制
$b_7b_6b_5b_4$	预留
$b_{55}b_{54}\dots b_8$ 指示	$b_{19}b_{18}\dots b_8$ ，OBUID
	$b_{29}b_{28}\dots b_{20}$ ，定时提前量
	$b_{31}b_{30}$ ，预留
	$b_{39}b_{38}\dots b_{32}$ ，发射功率调整为 $b_{39}b_{38}\dots b_{32}$ 表示的带符号十进制数 $n$ ，单位 dBm。其中， $n=-128\sim 127$ （负数部分以补码形式表示）。
	$b_{55}b_{54}\dots b_{40}$ ，预留
$b_{71}b_{70}\dots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果

## 9.10 上行测距调度

上行测距调度指示见0，其对应的定时提前指示见0。

表 49 上行测距调度指示

比特	定义
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型 $b_3b_2b_1b_0=1011$ ，测量指示
$b_7b_6b_5b_4$	预留
$b_{31}b_{30}\cdots b_8$ 指示	$b_{19}b_{18}\cdots b_8$ ，OBUID
	$b_{21}b_{20}$ ，码字索引
	$b_{23}b_{22}$ ，预留
	$b_{26}b_{25}b_{24}$ ，循环移位索引
	$b_{31}b_{30}\cdots b_{27}$ ，预留
$b_{55}b_{54}\cdots b_{32}$ 指示	$b_{43}b_{42}\cdots b_{32}$ ，OBUID
	$b_{45}b_{44}$ ，码字索引
	$b_{47}b_{46}$ ，预留
	$b_{50}b_{49}b_{48}$ ，循环移位索引
	$b_{55}b_{54}\cdots b_{51}$ ，预留
$b_{71}b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰

## 9.11 发射机与接收机指标要求

### 9.11.1 工作频段及信道

TBD

### 9.11.2 带内发射和杂散发射

TBD

### 9.11.3 发射频谱模板

TBD

### 9.11.4 发射功率

本部分所定义系统发射功率应服从无线电管理部门相关文件规定的发射功率要求。

### 9.11.5 发射频率容差

本部分所定义系统的发射频率容差应服从无线电管理部门相关文件规定的发射频率容差要求。不同发射链路中心频率（LO）和每个发射链路符号时钟频率都应由同一个参考振荡器产生。

### 9.11.6 符号时钟频率容差

符号时钟频率容差在高于 3GHz 频段应为最大 $\pm 20\text{ppm}$ ，在低于 3GHz 频段时应为最大 $\pm 25\text{ppm}$ 。所有发射天线的发射中心频率和符号时钟频率都应由同一个参考振荡器产生。

### 9.11.7 发射机星座误差

发射星座帧平均化 RMS 误差不应超过 0 的定义值。

表 50 允许的相对星座误差与星座大小及编码速率的关系

调制方式	编码速率	相对星座误差 (dB)
BPSK	1/2	-6
QPSK	1/2	-10
QPSK	3/4	-13
16-QAM	1/2	-16
16-QAM	5/8	-18
16-QAM	3/4	-20
16-QAM	7/8	-21
64-QAM	2/3	-24
64-QAM	3/4	-25
64-QAM	5/6	-26
64-QAM	7/8	-27

### 9.11.8 接收机最小输入灵敏度

对于长度为 1000 字节的 PSDU，分组错误率小于 10%时，接收机输入电平最小灵敏度见 0。

表 51 接收机最小输入电平灵敏度

调制方式	编码速率(R)	最小灵敏度 (dBm) (20MHz 信道间隔)	最小灵敏度(dBm) (40MHz 信道间隔)	最小灵敏度(dBm) (80MHz 信道间隔)
BPSK	1/2	-82	-79	-76
QPSK	1/2	-79	-76	-73
QPSK	3/4	-77	-74	-71
16-QAM	1/2	-74	-71	-68
16-QAM	5/8	-72	-69	-66
16-QAM	3/4	-70	-67	-64
16-QAM	7/8	-69	-66	-63
64-QAM	2/3	-66	-63	-60
64-QAM	3/4	-65	-62	-59
64-QAM	5/6	-64	-61	-58
64-QAM	7/8	-63	-60	-57

10 无中心节点通信模式物理层

10.1 帧结构

无中心节点通信模式使用单独的10MHz带宽，与有中心节点通信模式相比，带宽减半，子载波间隔减半。正常CP模式下，符号长度加倍，无中心节点通信模式的物理层帧结构如图82所示。

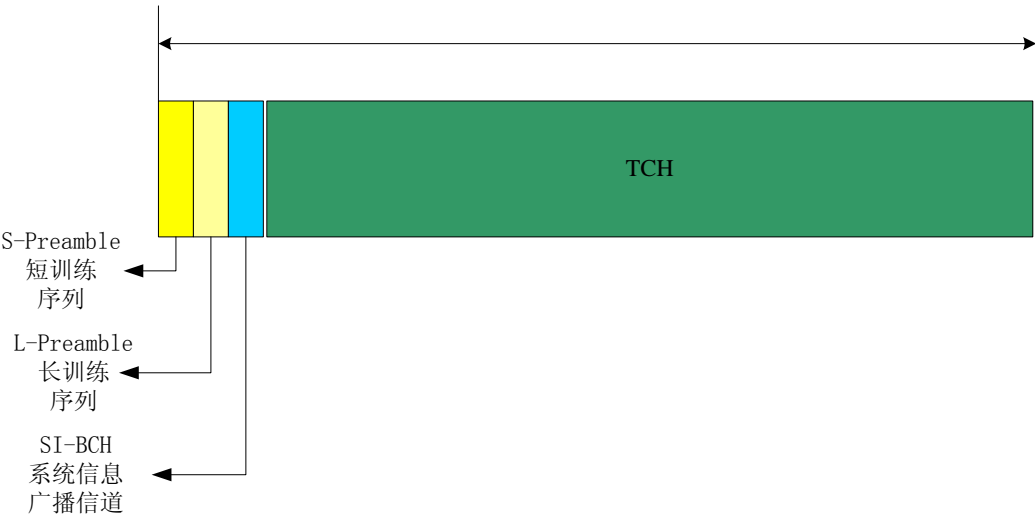


图82 物理层帧结构

帧结构中各子信道定义见表 52。

表 52 子信道定义

信道名称	功能	持续时间
短前导序列 S-Preamble	系统粗同步	1 OFDM 符号
长前导序列 L-Preamble	系统精同步及信道估计	1 OFDM 符号
系统信息信道 SICH	指示传输信道的物理层信息，如 MCS 信息	1 OFDM 符号
传输信道 TCH	业务传输	SICH 指示 ( ≤ 511symbols )

10.2 OFDM 基本参数

系统工作带宽为 10MHz，每个 OFDM 符号可用的频率域子载波结构见图 83 。

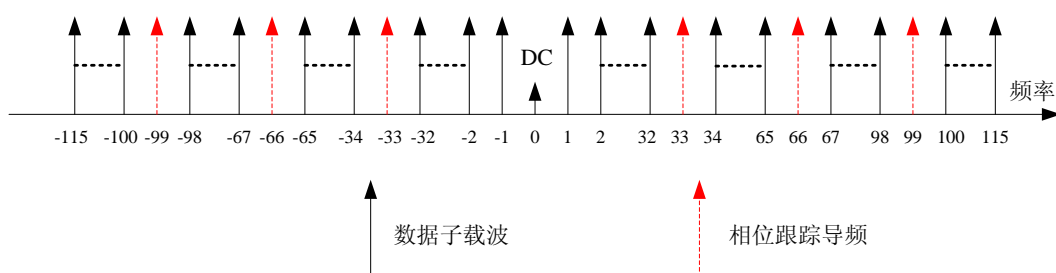


图83 频率域子载波结构

时频域 OFDM 基本参数见 0。对于 10MHz 系统，虚拟子载波集合为：

$$SC_v^{20} = \{k | k = -128, \dots, -116, 0, 116, \dots, 127\} \dots\dots\dots (32)$$

表 53 OFDM 基本参数

系统带宽	10MHz
频率域子载波间隔	39.0625KHz
基带采样时钟	10MHz
FFT 样点数	256
正常 CP 样点数	32
短 CP 样点数	待定
数据子载波数	224
数据子载波索引	$[-115 \dots -100] [-98 \dots -67] [-65 \dots -34] [-32 \dots -1]$ $[+115 \dots +100] [+98 \dots +67] [+65 \dots +34] [+32 \dots +1]$
相位跟踪导频子载波数	6
相位跟踪导频索引	$[-99 \quad -66 \quad -33 \quad +33 \quad +66 \quad +99]$
虚拟子载波数	26
虚拟子载波索引	$[-128 \dots -116] [0] [+116 \dots +127]$
FFT 时间窗口	25.6us
循环前缀周期	3.2us
OFDM 符号周期	28.8us

### 10.3 发射机框图与信号处理流程

#### 10.3.1 发射机框图

OBU 无中心节点通信模式的发射机框图见图 84 。



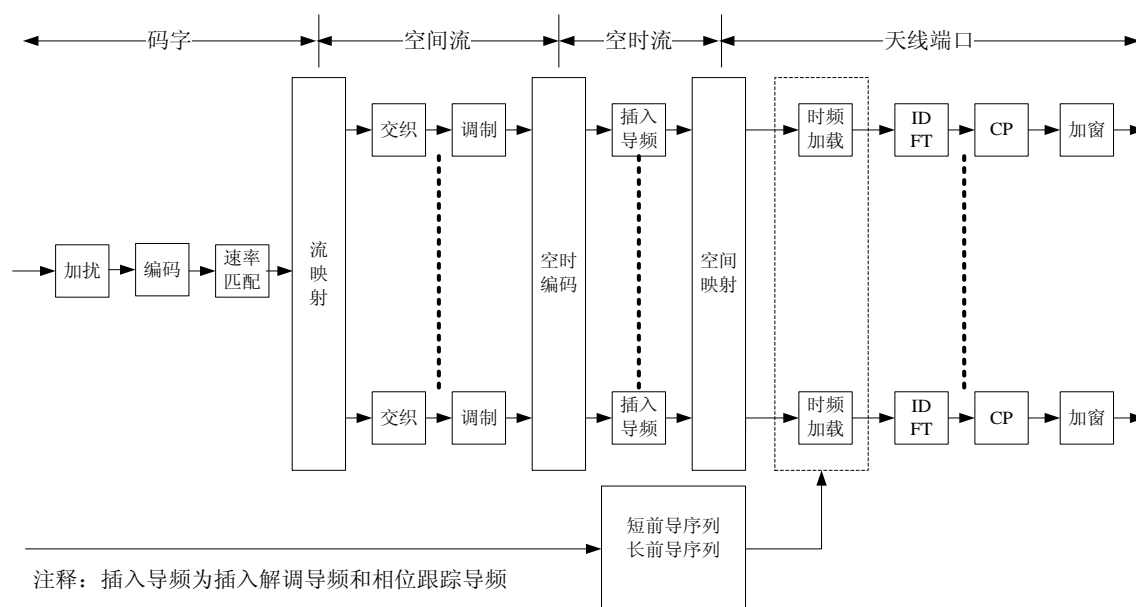


图84 OBU 发射机框图

### 10.3.2 加扰

见9.2.2 节。

### 10.3.3 信道编码

信道编码模块对加扰输出的数据比特序列 $[\tilde{b}_0 \tilde{b}_1 \dots \tilde{b}_{Len\_bit-1}]$ 进行FEC保护。无中心节点通信模式的前向纠错码只支持卷积编码。

#### 10.3.3.1 卷积编码

见9.2.3.1 节。

### 10.3.4 速率匹配

若信道编码为卷积码，编码器输出码率为 1/2。通过打孔，2/3，3/4，码率。打孔图样见图 64 和图 65 。

### 10.3.5 流映射

见9.2.5 。

### 10.3.6 比特交织

见9.2.6 节。

### 10.3.7 星座映射

系统支持 BPSK，QPSK，16-QAM 调制。每个子载波调制输出符号为：

$$d = (I + jQ) \times K_{MOD} \dots\dots\dots (33)$$

$K_{MOD}$  是不同调制方式的归一化参数，见表 54。

表 54 不同调制方式的归一化参数

调制方式	$K_{MOD}$
BPSK	1
QPSK	$1/\sqrt{2}$
16-QAM	$1/\sqrt{10}$

不同调制方式的比特映射关系见 0 至 0。

### 10.3.8 空时编码（可选）

见 9.2.8 节。

### 10.3.9 相位跟踪导频

在 10MHz 带宽下共配置 6 个相位跟踪导频，占用的子载波索引为  $[-99 \ -66 \ -33 \ 33 \ 66 \ 99]$ 。各相位跟踪导频发射符号依次为  $[1 \ 0 \ 1 \ 0 \ 1 \ 0]$ ，经 BPSK 调制后加载到相位跟踪导频子载波。

发射符号流为  $[\tilde{x}_0^{ti} \ \tilde{x}_1^{ti} \ \dots \ \tilde{x}_{Len\_precode-1}^{ti}]$ 。

$$Len\_precode = N_{sympss} + Len\_dp \dots\dots\dots (34)$$

34 式中： $Len\_dp$  为解调导频符号个数。根据附录 C 指示的解调导频图样，可计算获得解调导频占用的 OFDM 符号数。

### 10.3.10 时频加载

时频加载顺序见图 72，先做频域加载后做时域加载。

## 10.4 前导序列

物理层前导序列由短前导序列和长前导序列组成，占用两个 OFDM 符号，见图 85。

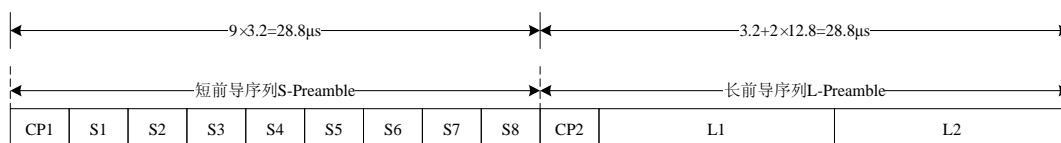


图 85 物理层前导序列

OBU 的 IFFT 点数  $N_{\text{fft}}=256$ 。

#### 10.4.1 短前导序列 (S-Preamble)

见 9.3.1。

#### 10.4.2 长前导序列 (L-Preamble)

见 9.3.2。

### 10.5 系统信息信道

#### 10.5.1 系统信息信道字段定义

系统信息信道采用 MCS0 传输，不采用空时编码。系统信息字段定义见 0。

表 55 系统信息字段定义

比特	定义	注释
$b_7 b_6 \cdots b_0$	本 OBU MAC 地址低 8 位	OBU 标识
$b_{20} b_{19} \cdots b_8$	版本号	系统物理层版本号
$b_{23} b_{22} b_{21}$	OBU 天线配置	000, 1 根天线; 001, 2 根天线; ... 111, 预留
$b_{29} b_{28} \cdots b_{24}$	时域导频间隔	待定
$b_{31} b_{30}$	频域导频间隔	00: DPI=1; 01: DPI=2; 10/11: 预留
$b_{40} b_{39} \cdots b_{32}$	传输信道周期指示	下行传输信道周期, $\leq 511$ OFDM 符号
$b_{47} b_{46} \cdots b_{41}$	码字的 MCS 及并行空间流数( $\leq 2$ )指示 (见附录 B)	指示 MCS
$b_{63} b_{62} \cdots b_{57}$ $b_{56} b_{55} \cdots b_{48}$	Duration 字段	用于 CSMA
$b_{64}$	FEC 编码格式	0: BCC 1: 预留
$b_{65}$	STBC	0: 不采用 STBC; 1: 采用 STBC
$b_{66}$	预留	
$b_{68} b_{67}$	CP 模式	00: 正常 CP 01: TCH 采用短 CP 10: 预留 11: 预留
$b_{87} b_{86} \cdots b_{69}$	预留	
$b_{103} b_{102} \cdots b_{88}$	16 比特 CRC	CRC 校验保护
$b_{111} b_{110} \cdots b_{104}$	卷积码编码器归零比特	将卷积码结束状态归零

系统信息信道采用 16 位 CRC 校验，CRC 生成多项式为  $g(D) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$ 。寄存器初始状态为 0xFF，运算结束后将寄存器状态取反作为 CRC 校验序列输出。高阶寄存器输出对应高位 ( $b_{103}$ )，低阶寄存器输出对应低位 ( $b_{88}$ )。

## 10.6 传输信道

### 10.6.1 传输信道解调导频

通过控制信道调度信令  $b_{29} b_{28} \cdots b_{24}$  (见 0) 可配置不同的时域导频间隔；通过控制信道调度信令  $b_{31} b_{30}$  (见 0) 可配置不同的频域导频。

### 10.6.2 解调导频图样

频域解调导频图样见附录 C。

### 10.6.3 解调导频间隔

通过控制信道调度信令  $b_{29} b_{28} \cdots b_{24}$  (0) 可配置不同的时域导频间隔，以自适应不同的无线传播环境。时域导频间隔配置， $DPI_T$ ，即：每隔  $DPI_T$  个 OFDM 符号插入一组解调导频。

### 10.6.4 解调导频序列

见 9.5.3.3。

### 10.6.5 传输信道多天线方案

多天线传输模式下，第  $ti$  个天线端口的时域基带信号为：

$$r_{Field}^{(ti)}(t) = \frac{1}{\sqrt{N_{Field}^{Tone} \cdot N_{sts}}} w_T(t) \sum_{k=-N_{fft}/2}^{N_{fft}/2-1} \sum_{si=1}^{N_{sts}} [Q_k]_{ti,si} \tilde{x}_k^{(si)} \exp(j2\pi k \Delta f t) \dots\dots\dots (35)$$

式中： $w_T(t)$  为时域窗函数， $\tilde{x}_k^{(si)}$  为第  $si$  个空时流上第  $k$  个子载波的加载符号， $[Q_k]_{ti,si}$  表示预编码矩阵  $Q_k \in C^{N_{tx} \times N_{sts}}$  的第  $ti$  行、 $si$  列的元素。

上下行多天线传输模式均为开环 MIMO，对应的预编码矩阵  $Q_k \in C^{N_{tx} \times N_{sts}}$  为列正交矩阵，且

$$\|Q_k\| = \sqrt{N_{sts}}。$$

## 10.7 发射机与接收机指标要求

TBD

## 附 录 A

### （资料性附录）

### 本部分涉及的专利信息

本部分涉及的已知专利及对应章条：

201210057118.9	一种无线通信方法、发送装置及接收装置	6.1, 6.2.1, 6.3.2
201210054095.6	一种数据传输方法和装置	6.1, 6.3.1, 6.4
201210041628.7	一种用于资源请求的方法、站点和中心接入点	6.2.1, 6.2.3, 6.3.4.7, 7.5.1, 7.5.2, 7.8
201110191160.5	一种用于重传的方法和装置	6.2.1, 6.2.4, 6.3.4.10, 6.3.4.11, 6.4, 7.8, 7.9
201210053090.1	一种用于帧确认的方法和装置	6.2.1, 6.2.4, 6.3.4.10, 6.3.4.11, 7.8
201110190767.1	一种用于帧确认的方法和装置	6.2.1, 6.2.4, 6.3.4.10, 6.3.4.11, 7.8, 7.9
201210053116.2	一种用于帧确认的方法和装置	6.2.1, 6.2.4, 7.8, 7.9
201210050629.8	用于数据传输的方法及装置	6.3.4.1
201210050642.3	用于接入无线网络的方法及装置	6.3.4.2, 6.3.4.3, 7.3.3, 7.15.2.1, 7.15.3.3, 7.16, 9.8.3, 9.8.4
201210050568.5	用于接入无线网络的方法及装置	6.3.4.4, 6.3.4.5, 7.3.4, 7.15.3.4, 9.5.5.3, 9.5.5.4
201210073273.X	无线通信系统中导频的配置方法及装置	6.3.4.4~6.3.4.6, 9.5.3
201210073287.1	无线通信系统中解调导频的调整方法及系统	6.3.4.4~6.3.4.6, 9.5.3
201210056609.1	业务流管理方法及装置	6.3.4.6, 7.4.1
201210057109.X	业务流建立方法和装置、及业务流修改方法和装置	6.3.4.6, 7.4.1, 7.4.2, 7.6.2
201210057100.9	业务流删除方法及装置	6.3.4.6, 7.4.3
201210041627.2	一种用于资源请求的方法、站点和中心接入点	6.3.4.7, 7.5.1, 7.5.2, 7.12, 7.15.2.2, 9.7.6
201210057512.2	一种用于实现链路自适应的方法、网络设备和终端设备	6.3.4.8, 7.10, 9.4, 9.5.5.4
201210057252.9	一种用于实现链路自适应的方法、终端设备及网络设备	6.3.4.8, 7.10.1.3
201310346467.7	一种用于帧确认的方法和装置	6.3.4.11, 7.8, 7.9, 9.1.1
201210026538.0	节电方法及装置	6.3.4.13, 6.3.4.14, 7.13.2
201310039757.7	一种用于智能交通系统的移动性管理方法及系统	6.3.14.16, 6.3.14.17, 6.3.4.19, 6.3.4.20, 7.14.1, 7.14.2.1
201210054116.4	一种数据发送、接收方法和装置	6.4, 7.7, 7.9
201210050554.3	用于接入无线网络的方法及装置	7.3.2, 9.4.1
201110189177.7	一种用于资源分配的方法、装置及系统	7.5.1
201210073387.4	无线通信系统、网络设备及终端设备	7.10.1.2, 9, 10
201210074189.X	无线通信系统与设备	9

201210073249.6	用于无线通信的装置	9
201210073320.0	用于无线通信的装置	9.1.1
201210057126.3	一种用于数据传输的方法和设备	9.2
201210033174.9	一种用于数据传输的方法及装置	9.2.3.2, 附录 E
201210073166.7	一种调度方法、网络设备和终端设备	9, 7.10
201210073274.4	一种资源调度方法和设备	9, 7.10.1.2
201210079241.0	无线通信系统及其通信方法	9.7, 9.8
201210054816.3	上行接入开环功率控制的方法及装置	9.9.1
201210129696.9	上行传输开环功率控制方法及装置	9.9.1

附 录 B  
(规范性附录)  
MCS 参数

表 B.1 定义了用于 MCS 参数表的符号与速率相关的参数表中的符号。

表 B.1 用于 MCS 参数表的符号

符号	解释
R	编码码率
$N_{\text{BPSC}}$	每个子载波各空间流已编码比特数之和

表 B.2 定义了各空间流等阶调制时 MCS 集合。

表 B.2 EQM 模式的 MCS 参数

MCS 索引号	调制方式	$N_{\text{ss}}$	R	$N_{\text{BPSC}}$
0	BPSK	1	1/2	1
1	QPSK	1	1/2	2
2	QPSK	1	3/4	2
3	16-QAM	1	1/2	4
4	16-QAM	1	5/8	4
5	16-QAM	1	3/4	4
6	16-QAM	1	7/8	4
7	64-QAM	1	2/3	6
8	64-QAM	1	3/4	6
9	64-QAM	1	5/6	6
10	64-QAM	1	7/8	6
14	BPSK	2	1/2	2
15	QPSK	2	1/2	4
16	QPSK	2	3/4	4
17	16-QAM	2	1/2	8
18	16-QAM	2	5/8	8
19	16-QAM	2	3/4	8
20	16-QAM	2	7/8	8
21	64-QAM	2	2/3	12
22	64-QAM	2	3/4	12
23	64-QAM	2	5/6	12
24	64-QAM	2	7/8	12

附 录 C  
(规范性附录)  
解调导频图样

解调导频图样如表 C.1 所示。

表 C.1 解调导频图样

索引	$N_{sts}$	$DPI_F$	$DP_{num}$
1	1	1	1
2	1	2	1
3	2	1	2
4	2	2	1

说明：

- 1) 导频周期  $DPI_F$  指同一空时流导频符号子载波周期。例如： $DPI_F = 2$  指示每 2 个相邻的有用子载波有一个解调导频。
- 2) 导频符号数， $DP_{num}$ ，指解调导频在时间域占用的连续 OFDM 符号个数。

表 C.2 定义了解调导频图样中各导频符号对应的子载波位置。

表 C.2 解调导频位置

带宽	解调导频子载波集合
20MHz	$SC_{dp}^{sti} = [\pm(1 + sti - (l - 1) \cdot DPI), \pm(1 + DPI + sti - (l - 1) \cdot DPI), \dots, \pm(N + sti - (l - 1) \cdot DPI)]_{l=\lfloor \frac{sti}{DPI} \rfloor + 1}$ $N = 1 + DPI \cdot \lfloor (N_{sr} - sti + (l - 1) \cdot DPI - 1) / DPI \rfloor$ $DPI = 1, 2, 4, 8$ $sti = 0 \sim 7$ $N_{sr} = 115$

说明：

$SC_{dp}^{sti}$  为第  $sti$  个空时流解调导频子载波索引集合； $l = 1, \dots, DP_{num}$  指示解调导频占用的 OFDM 符号；

表内的  $DPI$  为频域的解调导频周期，即  $DPI_F$ 。



附 录 D  
(规范性附录)  
探测导频图样

表D.1定义了本部分探测导频图样。

表 D.1 探测导频图样

索引	$N_{tx}$	$SPI$	$SP_{num}$
1	1	4	1
2	2	4	1

表 D.2 定义了解调导频图样中各导频符号对应的子载波位置。

表 D.2 探测导频位置

带宽	探测导频子载波集合
20MHz	$SC_{sp}^{ti} = [\pm(1+ti-(l-1) \cdot SPI), \pm(1+SPI+ti-(l-1) \cdot SPI), \dots, \pm(N+ti-(l-1) \cdot SPI)]_{l=\lfloor \frac{ti}{SPI} \rfloor + 1}$ $N = 1 + SPI \cdot \lfloor (N_{sr} - ti + (l-1) \cdot SPI - 1) / SPI \rfloor$ $SPI = 4$ $ti = 0 \sim 7$ $N_{sr} = 115$
注： $SC_{sp}^{ti}$ 为第 $ti$ 个天线端口探测导频占用的子载波索引集合； $l = 0, 1, \dots, SP_{num} - 1$ 指示探测导频占用的 OFDM 符号。	

## 附 录 E (规范性附录)

### LDPC 校验矩阵

(N, K) LDPC码的校验矩阵由它的行生成器循环移位生成, 每个行生成器用元素1所处的列数(范围: 0~N-1) 来表示。

表E. 1表示(1344, 672) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 16$ )。

表 E.1 (1344, 672) LDPC 码校验矩阵的 16 个行生成器

156 326 342 444 575 898 1005
55 85 167 486 617 1047 1307
410 821 873 927 982 1106 1191
10 61 139 251 468 773 915
52 103 324 400 612 743 792
26 70 145 195 502 718 1108
31 68 112 187 544 578 1313
73 110 229 307 337 681 1192
18 196 271 379 806 1168 1267
60 121 262 391 421 548 1088
25 163 355 433 652 712 1067
96 144 505 618 632 1172 1251
5 109 138 186 320 517 846
35 47 151 228 671 716 1256
0 89 270 367 713 1032 1298
20 42 119 131 235 264 956

表E. 2表示(1344, 840) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 12$ )。

表 E.2 (1344, 840) LDPC 码校验矩阵的 12 个行生成器

265 295 377 408 422 544 578 696 722 1176
122 201 244 279 307 337 450 464 885 1295
164 243 321 349 379 461 492 916 927 1015
120 262 363 391 421 503 548 720 765 958
8 185 280 304 355 576 712 762 1190 1229
24 50 204 278 322 447 618 804 1042 1108
66 283 320 364 388 439 660 899 1257 1313
134 289 325 406 430 531 838 1004 1137 1316
150 214 367 404 448 523 601 880 983 1073
40 90 264 409 615 643 786 862 1088 1276
277 306 354 415 532 607 657 685 828 1130
64 319 348 396 457 493 574 727 870 1172

表E. 3表示(1344, 1008) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 8$ )。

表 E.3 (1344, 1008) LDPC 码校验矩阵的 8 个行生成器

3	91	140	223	253	335	366	502	536	680	718	785	1089	1103	1253
34	165	237	265	295	377	408	422	544	594	899	989	1106	1295	1307
76	87	279	337	419	450	464	586	681	764	918	1004	1031	1066	1145
207	220	271	321	379	568	628	662	806	960	1053	1099	1148	1187	1302
238	262	313	363	391	503	534	548	720	765	822	848	953	1025	1173
80	236	280	304	355	405	433	463	576	590	652	890	928	1044	1232
36	159	171	241	278	322	346	397	447	475	505	632	754	849	1274
78	101	202	247	320	364	388	439	517	547	674	830	846	974	1192

表E. 4表示(1344, 1176) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器  $(0 \leq i < 4)$ 。

表 E.4 (1344, 1176) LDPC 码校验矩阵的 4 个行生成器

55	85	167	198	212	274	334	368	384	429	486	512	550	617	666	689	752	779	874	885	940	973	1047	1064
1103	1149	1253	1265																				
20	69	97	127	209	240	254	316	376	410	426	471	528	554	592	659	708	731	794	821	873	927	982	1015
1089	1145	1191	1307																				
15	61	111	139	169	251	282	296	358	418	452	468	513	570	596	634	701	750	773	836	863	915	969	1131
1148	1187	1238	1260																				
11	52	103	153	181	211	293	324	338	400	460	494	510	555	612	638	676	743	792	815	905	957	1011	1066
1099	1190	1233	1302																				

表E. 5表示(2688, 1344) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器  $(0 \leq i < 12)$ 。

表 E.5 (2688, 1344) LDPC 码校验矩阵的 12 个行生成器

417	582	1113	1518	2328	2388	2544																	
112	343	529	607	844	1405	1861																	
61	176	302	393	455	641	2054																	
259	414	505	753	918	1706	2166																	
248	371	526	943	1030	1257	1680																	
91	328	483	729	1292	1792	2390																	
440	595	841	1561	1613	1904	2502																	
265	434	552	707	1279	1547	2302																	
22	273	377	546	1127	1659	2645																	
134	283	489	808	931	1949	2077																	
256	497	770	888	920	1198	1351																	
278	368	1032	1155	1401	2173	2602																	

表E. 6表示(2688, 1680) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器  $(0 \leq i < 9)$ 。

表 E.6 (2688, 1680) LDPC 码校验矩阵的 9 个行生成器

7	193	271	358	508	941	1069	1232	1830	2544
57	119	305	383	470	875	1482	1630	1710	1861
78	169	231	417	582	732	987	1456	1594	2427
35	190	281	343	529	607	1099	1405	1520	2085
24	147	302	393	641	806	1211	1680	2197	2278
104	136	259	414	1145	1323	1449	1744	2309	2646
98	216	248	371	526	943	1257	1904	2190	2502
41	210	328	360	729	1055	1142	1673	2382	2614
49	153	322	440	595	750	841	1404	1965	2080

表E. 7表示(2688, 2016) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 6$ )。

表 E.7 (2688, 2016) LDPC 码校验矩阵的 6 个行生成器

62	293	374	514	679	865	943	1030	1180	1257	1435	1613	1904	2203	2388
26	626	729	791	977	1055	1142	1292	1369	1547	1725	1853	1968	2016	2500
138	598	750	841	903	1089	1167	1404	1659	1785	1837	1965	2080	2310	2552
112	398	707	862	953	1015	1201	1279	1366	1516	1593	1897	1949	2306	2664
61	176	224	362	510	590	696	819	974	1065	1127	1478	1628	1705	2197
288	474	776	808	931	1086	1177	1239	1503	1740	1817	2121	2158	2390	2646

表E. 8表示(2688, 2240) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 6$ )。

表 E.8 (2688, 2240) LDPC 码校验矩阵的 4 个行生成器

7	193	271	358	508	585	763	889	941	1069	1184	1232	1370	1518	1598	1749	1830	1970	2086	2203	2544
57	119	305	383	470	620	697	875	1001	1053	1181	1296	1344	1482	1630	1861	1942	2198	2315	2440	2500
78	169	231	417	495	582	732	809	987	1113	1165	1293	1408	1456	1594	1742	1822	2054	2194	2310	2612
35	190	281	343	529	607	694	844	921	1099	1225	1277	1405	1520	1568	1706	1934	2085	2306	2422	2664

表E. 9表示(5376, 2688) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 24$ )。

表 E.9 (5376, 2688) LDPC 码校验矩阵的 24 个行生成器

147	281	1109	1381	2089	4658	5232
98	607	826	1108	1813	2024	4398
1220	1333	1605	2406	3031	4661	4998
248	526	1445	1906	2238	2248	4854
880	968	1092	1162	1557	2149	3494
322	718	827	992	1080	1274	4317
434	1316	1668	3048	3214	3305	5109
377	765	815	1216	2354	3417	3743
1163	1610	1686	1892	2005	2466	3591

表 E.9 (续)

658	1039	1166	1275	2117	2808	3967
1101	1151	2501	2682	2985	4079	4571
796	1019	1213	2341	2613	3083	3865
502	706	908	1325	1776	2802	4795
37	818	991	1020	1487	2933	5213
614	930	1300	1835	3682	4764	5325
357	558	946	1244	2394	2676	4953
751	886	1356	1773	1823	2059	2949
100	764	1468	2336	3321	4168	4537
213	876	975	1378	1580	2730	3433
688	835	988	1692	2159	2560	2772
783	1199	1334	2760	3750	4081	4472
912	1311	1504	1916	2884	3952	4193
699	1024	1171	1999	2196	5097	5345
184	771	3221	3474	3816	4315	4840

表E. 10表示(5376, 3360) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 18$ )。

表 E.10 (5376, 3360) LDPC 码校验矩阵的 18 个行生成器

60	773	981	1045	1226	1234	1576	1846	2969	4437
22	566	772	1093	2048	2289	3329	3984	4318	5344
315	408	532	678	1977	2070	2505	2792	3494	4742
432	520	714	790	996	1570	2936	3214	3305	3367
826	1221	1429	1493	1674	2024	2201	3016	4654	5222
382	491	744	868	938	1786	2313	4137	4189	4997
119	367	603	1126	1445	1470	2238	2747	3395	4301
479	715	968	1444	1557	1765	2350	3234	3830	4413
347	1080	1204	1877	1941	2130	2472	2832	4653	4816
459	653	703	830	939	1462	3662	3703	4585	4765
302	571	942	1216	1428	1918	3056	3195	3815	5040
431	628	877	1054	1163	1328	1686	2458	3307	5290
210	370	543	572	740	1039	1166	2389	2570	4973
153	386	655	907	1101	2682	2821	3998	4907	5085
498	796	1213	1263	1664	2613	3531	3625	4110	4527
438	879	908	1076	1864	2453	2661	3045	4222	5257
550	608	818	1020	1188	1243	2773	2837	3368	3526
8	527	662	720	834	930	1103	3130	3616	3745

表E. 11表示(5376, 4032) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 12$ )。

表 E.11 (5376, 4032) LDPC 码校验矩阵的 12 个行生成器

0	181	342	661	686	869	933	1963	2919	3105	3183	3270	4398	4518	5076
64	308	378	660	773	1365	2177	2450	2568	2723	2878	3532	4144	4770	5344
296	490	566	772	885	1477	1678	1688	2562	2680	3721	4077	4256	4661	5240
320	532	602	884	997	1022	1450	1458	1589	1790	1800	3193	4011	4205	4854
267	432	644	714	790	1134	1317	1381	1562	1902	2089	3367	3868	4506	4966
379	544	632	826	902	1246	1674	1682	2014	2294	2729	2898	3016	3048	4846
382	491	656	744	868	1014	2126	2136	2313	2406	2496	3438	3942	4361	4730
60	157	317	367	494	768	856	1050	1126	1906	2608	3641	3889	4054	4990
235	429	479	606	715	1162	1238	1444	1557	1582	1765	3352	3507	3662	5102
292	347	541	827	1080	1204	1274	2742	2832	3464	3774	3927	4316	5214	5294
236	459	703	939	1806	2053	2234	2242	3083	3185	3576	3608	3886	4428	4697
319	348	516	571	765	815	1893	1918	2354	2686	2966	3297	3720	4089	4225

表E. 12表示(5376, 4704) LDPC码的行生成器, 其中第  $(i+1)$  行对应第  $(i+1)$  个行生成器 ( $0 \leq i < 6$ )。

表 E.12 (5376, 4704) LDPC 码校验矩阵的 6 个行生成器

70	154	230	436	549	574	757	821	1002	1010	1141	1342	1352	1953	2226	2499	2745	2807	2993	3071	3308
3563	3869	4398	4549	4770	4891	5232														
196	266	342	548	661	686	869	1122	1253	1464	1824	1963	2065	2338	2456	2611	2766	2857	3105	3183	3675
3801	3981	4096	4430	4510	4661	5003														
184	308	378	454	660	773	798	981	1226	1753	1846	1936	2075	2450	2568	2878	2969	3217	3295	3382	3532
3609	3787	4093	4208	4542	4773	4882														
208	296	420	490	566	772	885	910	1093	1157	1346	1477	1678	1688	1865	2187	2680	2990	3081	3494	4077
4320	4368	4654	4734	4994	5110	5352														
30	155	320	408	532	602	678	884	1022	1269	1450	1458	1589	2160	2299	2792	3193	3255	3441	3756	3833
4011	4189	4317	4618	4885	4966	5106														
62	158	267	432	520	644	714	790	996	1109	1317	1381	1570	1701	2089	2272	2411	2513	2617	3367	3631
3868	3945	4249	4301	5078	5218	5334														

## 参考文献

1. 《关于使用5.8GHz频段频率事宜的通知》. 信息产业部办公厅2002 年7 月2日印发
-