



中华人民共和国国家标准

GB/T 31024.2—2014

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—

Part 2: Specification of medium access control layer and physical layer

2014-08-05 发布

2015-02-01 实施



中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局
中国国家标准化管理委员会

发布

目 次

前言	III
引言	IV
1 范围	1
2 术语和定义	1
3 缩略语	3
4 系统参考模型	4
5 有中心节点通信模式的媒体访问控制层	5
5.1 概述	5
5.2 适配子层	5
5.3 媒体访问控制子层	6
5.4 车载单元的状态	6
6 有中心节点通信模式的媒体访问控制帧格式	8
6.1 通用媒体访问控制帧格式	8
6.2 数据帧	11
6.3 管理控制帧	11
6.4 组媒体访问控制协议数据单元	28
7 有中心节点通信模式的媒体访问控制层功能	28
7.1 适配子层	28
7.2 媒体访问控制子层	29
7.3 车载单元入网流程	29
7.4 管理业务流	32
7.5 资源请求与资源分配	35
7.6 业务类型与业务服务质量	37
7.7 分片和重组	38
7.8 重传机制	38
7.9 帧确认	39
7.10 链路自适应	39
7.11 退出网络流程	40
7.12 随机退避	41
7.13 节电管理	41
7.14 移动性管理	44
7.15 异常处理	48
7.16 系统配置参数	49
8 无中心节点通信模式的媒体访问控制层	50
8.1 无中心节点通信模式媒体访问控制层概述	50
8.2 无中心节点通信模式的媒体访问控制层帧结构	50

9 有中心节点通信模式物理层	52
9.1 帧结构与正交频分复用基本参数	52
9.2 发射机框图与信号处理流程	55
9.3 前导序列	65
9.4 系统信息信道与控制信道	67
9.5 上下行传输信道	69
9.6 上下行探测信道	74
9.7 上行调度请求信道	76
9.8 上行随机接入或测距信道	78
9.9 上行功率控制	81
9.10 上行测距调度	82
9.11 发射机与接收机指标要求	82
10 无中心节点通信模式物理层	84
10.1 帧结构	84
10.2 正交频分复用基本参数	84
10.3 发射机框图与信号处理流程	85
10.4 前导序列	87
10.5 系统信息信道	88
10.6 传输信道	88
附录 A (资料性附录) 本部分涉及的专利信息	90
附录 B (规范性附录) 调制编码方案参数	92
附录 C (规范性附录) 解调导频图样	93
附录 D (规范性附录) 探测导频图样	94
附录 E (规范性附录) 低密度奇偶校验码的校验矩阵	95
参考文献	100

前 言

GB/T 31024《合作式智能运输系统 专用短程通信》分为4个部分：

- 第1部分：总体技术要求；
- 第2部分：媒体访问控制层和物理层规范；
- 第3部分：网络层和应用层规范；
- 第4部分：设备应用规范。

本部分为GB/T 31024的第2部分。

本部分按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本部分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。

本部分起草单位：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。

本部分主要起草人：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。本文件所涉及的专利相关信息见附录 A。

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。专利相关信息可以通过以下联系方式获得:

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

GB/T 31024 的本部分规定了合作式智能运输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 **MAC protocol data unit; MPDU**

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: 自动重传请求 (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)
 BOBUID: 广播车载单元标识 (Broadcasting OBUID)
 BPSK: 二进制相移键控 (Binary Phase Shift Keying)
 BS: 缓存大小 (Buffer Size)
 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: 长前导序列 (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)
 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)
OFDM:正交频分复用(Orthogonal Frequency Division Multiplexing)
OME:车载单元管理实体(OBU Management Entity)
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:业务服务质量(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:短前导序列(Short Preamble)
SSN:起始序号(Starting Sequence Number)
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

系统参考模型见图 1,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 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 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)和多人多出(MIMO)技术。

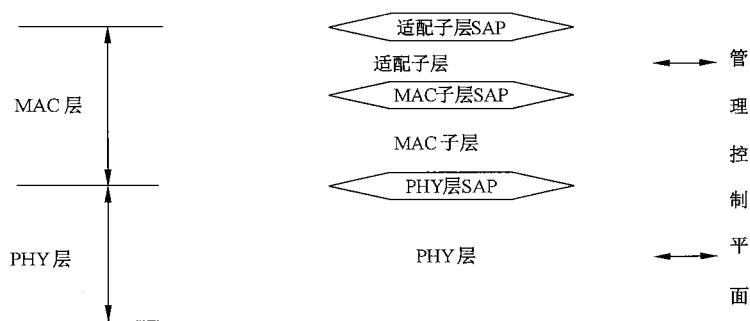


图 1 系统参考模型

5 有中心节点通信模式的媒体访问控制层

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。

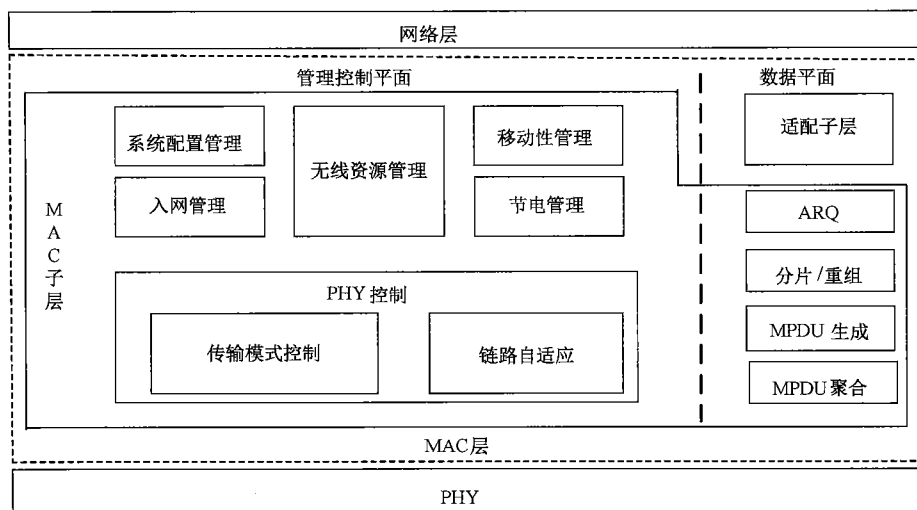


图 2 MAC 层功能组成

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 媒体访问控制子层

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：
 - 1) MIMO 工作模式选择；
 - 2) STBC 模式选择；
 - b) 链路自适应：
 - 1) CQI 测量和反馈；
 - 2) MCS 选择和反馈；
 - 3) 功率的控制和管理。

数据平面包括如下功能：

- 自动重传请求 (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：根据调度结果发送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：根据调度结果发送端将上层业务数据单元进行聚合操作。

5.4 车载单元的状态

智能交通系统中 OBU 的状态转移见图 3。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，其中包括三个子状态：
 - 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；
 - 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；
 - 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。
- 状态转移条件见表 1。

表 1 状态转移条件

序号	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。

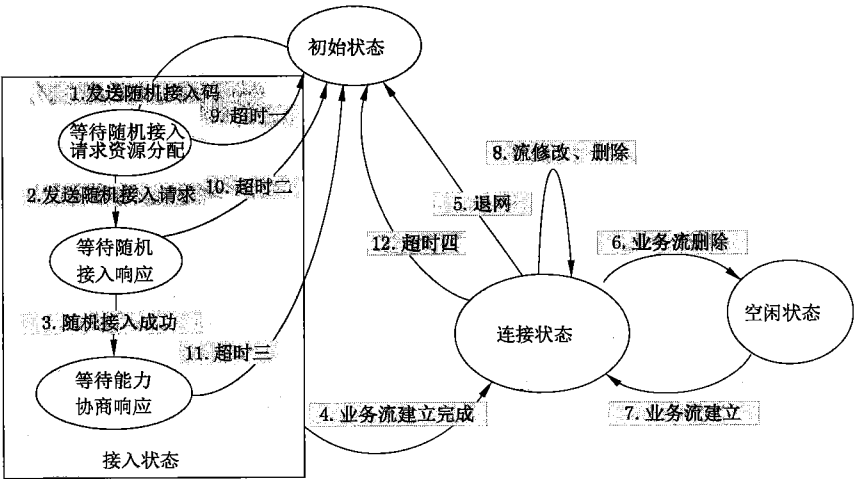


图 3 OBU 状态转移

6 有中心节点通信模式的媒体访问控制帧格式

6.1 通用媒体访问控制帧格式

6.1.1 通用媒体访问控制帧格式概述

MAC 协议数据单元(MPDU)的帧格式见图 4。每一个 MPDU 都可被分为三部分。第一部分为定长的通用 MAC,第二部分为 MPDU 所携带的净荷,第三部分为校验(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。

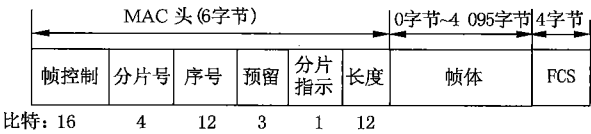


图 4 通用媒体访问控制帧格式

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,格式见图 5。所有 MAC 帧都包含帧控制字段。

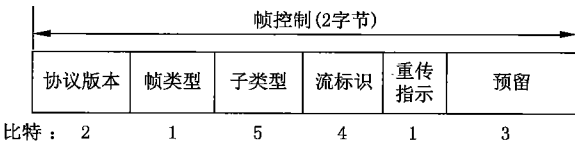


图 5 帧控制域

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。本部分协议版本值为 0,所有的其他值保留。

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 序号字段

序号字段长度为 12 比特,取值范围为 0~4 095,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 4 095 字节。

6.1.9 帧检验序列字段

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。

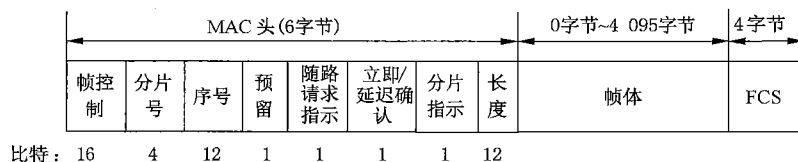


图 6 数据帧格式

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、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通用帧格式见图 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通用帧格式见图 8。

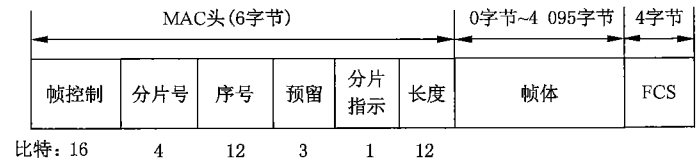


图 8 有序列号管理控制帧通用帧格式

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。固定部分的信息见表 3。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	描 述
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 1ms 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 μs
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 $0\sim 2^n-1$
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 $0\sim 2^n-1$

表 3 (续)

信 息	长度/比特	描 述
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 (见表 C.1)
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

随机接入请求帧见图 9, 用于 OBU 向 RSU 发起随机接入请求。

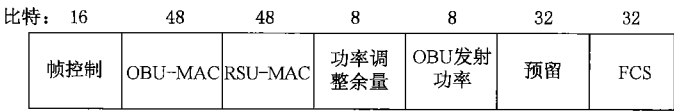


图 9 随机接入请求帧

随机接入请求帧体内容见表 4。

表 4 随机接入请求帧体

名 称	长度/比特	描 述
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

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。

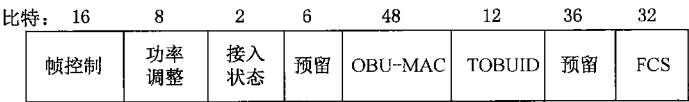


图 10 随机接入响应帧

随机接入响应帧体内容见表 5。

表 5 随机接入响应帧体

名 称	长度/比特	描 述
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

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 终端基本能力协商请求帧体

名 称	长度/比特	描 述
OBU 天线数	3	0: 表示 1 根天线; 1: 表示 2 根天线; 2~7: 保留

表 6 (续)

名 称	长度/比特	描 述
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

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 终端基本能力协商响应帧体

名 称	长度/比特	描 述
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
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

表 7（续）

名 称	长度/比特	描 述
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 支持指示	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。

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 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。

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 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。

比特：16	4	11	1	32
帧控制	FID	预留	方向	FCS

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。

比特：16	4	11	1	32
帧控制	FID	预留	方向	FCS

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、响应的帧体字段定义见表 8。

表 8 业务流管理的帧体字段

字 段	长度/比特	描 述
FID	4	业务流标识
业务类型	3	具体的业务类型见表 24
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	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

表 10 (续)

索引	资源大小值/字节	索引	资源大小值/字节
16	$211 \leq BS \leq 224$	50	$1\,457 \leq BS \leq 1\,512$
17	$225 \leq BS \leq 238$	51	$1\,513 \leq BS \leq 1\,568$
18	$239 \leq BS \leq 252$	52	$1\,569 \leq BS \leq 1\,624$
19	$253 \leq BS \leq 266$	53	$1\,625 \leq BS \leq 1\,680$
20	$267 \leq BS \leq 280$	54	$1\,681 \leq BS \leq 1\,736$
21	$281 \leq BS \leq 308$	55	$1\,737 \leq BS \leq 1\,792$
22	$309 \leq BS \leq 336$	56	$1\,793 \leq BS \leq 1\,904$
23	$337 \leq BS \leq 364$	57	$1\,905 \leq BS \leq 2\,016$
24	$365 \leq BS \leq 392$	58	$2\,017 \leq BS \leq 2\,128$
25	$393 \leq BS \leq 420$	59	$2\,129 \leq BS \leq 2\,240$
26	$421 \leq BS \leq 448$	60	$2\,241 \leq BS \leq 2\,352$
27	$449 \leq BS \leq 476$	61	$2\,353 \leq BS \leq 2\,464$
28	$477 \leq BS \leq 504$	62	$2\,465 \leq BS \leq 2\,576$
29	$505 \leq BS \leq 532$	63	$2\,577 \leq BS \leq 2\,688$
30	$533 \leq BS \leq 560$	64	$2\,689 \leq BS \leq 2\,800$
31	$561 \leq BS \leq 588$	65	$2\,801 \leq BS \leq 2\,912$
32	$589 \leq BS \leq 616$	66	$2\,913 \leq BS \leq 3\,024$
33	$617 \leq BS \leq 644$	67	$3\,025 \leq BS \leq 3\,136$
34	$645 \leq BS \leq 672$	68	$3\,137 \leq BS \leq 3\,360$
35	$673 \leq BS \leq 700$	69	$3\,361 \leq BS \leq 3\,584$
36	$701 \leq BS \leq 728$	70	$3\,585 \leq BS \leq 3\,808$
37	$729 \leq BS \leq 784$	71	$3\,809 \leq BS \leq 4\,032$
38	$785 \leq BS \leq 840$	72	$4\,033 \leq BS \leq 4\,256$
39	$841 \leq BS \leq 896$	73	$4\,257 \leq BS \leq 4\,480$
40	$897 \leq BS \leq 952$	74	$4\,481 \leq BS \leq 4\,704$
41	$953 \leq BS \leq 1\,008$	75	$4\,705 \leq BS \leq 4\,928$
42	$1\,009 \leq BS \leq 1\,064$	76	$4\,929 \leq BS \leq 5\,152$
43	$1\,065 \leq BS \leq 1\,120$	77	$5\,153 \leq BS \leq 5\,376$
44	$1\,121 \leq BS \leq 1\,176$	78	$5\,377 \leq BS \leq 5\,600$
45	$1\,177 \leq BS \leq 1\,232$	79	$5\,601 \leq BS \leq 5\,824$
46	$1\,233 \leq BS \leq 1\,288$	80	$5\,825 \leq BS \leq 6\,272$
47	$1\,289 \leq BS \leq 1\,344$	81	$6\,273 \leq BS \leq 6\,720$
48	$1\,345 \leq BS \leq 1\,400$	82	$6\,721 \leq BS \leq 7\,168$
49	$1\,401 \leq BS \leq 1\,456$	83	$7\,169 \leq BS \leq 7\,616$

表 10 (续)

索引	资源大小值/字节	索引	资源大小值/字节
84	$7\,617 \leq BS \leq 8\,064$	106	$39\,425 \leq BS \leq 43\,008$
85	$8\,065 \leq BS \leq 8\,512$	107	$43\,009 \leq BS \leq 50\,176$
86	$8\,513 \leq BS \leq 8\,960$	108	$50\,177 \leq BS \leq 57\,344$
87	$8\,961 \leq BS \leq 9\,408$	109	$57\,345 \leq BS \leq 64\,512$
88	$9\,409 \leq BS \leq 9\,856$	110	$64\,513 \leq BS \leq 71\,680$
89	$9\,857 \leq BS \leq 10\,304$	111	$71\,681 \leq BS \leq 86\,016$
90	$10\,305 \leq BS \leq 10\,752$	112	$86\,017 \leq BS \leq 100\,352$
91	$10\,753 \leq BS \leq 11\,648$	113	$100\,353 \leq BS \leq 114\,688$
92	$11\,649 \leq BS \leq 12\,544$	114	$114\,689 \leq BS \leq 129\,024$
93	$12\,545 \leq BS \leq 13\,440$	115	$129\,025 \leq BS \leq 143\,360$
94	$13\,441 \leq BS \leq 14\,336$	116	$143\,361 \leq BS \leq 172\,032$
95	$14\,337 \leq BS \leq 15\,232$	117	$172\,033 \leq BS \leq 200\,704$
96	$15\,233 \leq BS \leq 16\,128$	118	$200\,705 \leq BS \leq 229\,376$
97	$16\,129 \leq BS \leq 17\,920$	119	$229\,377 \leq BS \leq 258\,048$
98	$17\,921 \leq BS \leq 19\,712$	120	$258\,049 \leq BS \leq 286\,720$
99	$19\,713 \leq BS \leq 21\,504$	121	$286\,721 \leq BS \leq 344\,064$
100	$21\,505 \leq BS \leq 23\,296$	122	$344\,065 \leq BS \leq 458\,752$
101	$23\,297 \leq BS \leq 25\,088$	123	$458\,753 \leq BS \leq 573\,440$
102	$25\,089 \leq BS \leq 28\,672$	124	$573\,441 \leq BS \leq 802\,816$
103	$28\,673 \leq BS \leq 32\,256$	125	$802\,817 \leq BS \leq 1\,835\,008$
104	$32\,257 \leq BS \leq 35\,840$	126	$1\,835\,009 \leq BS \leq 3\,500\,000$
105	$35\,841 \leq BS \leq 39\,424$	127	$BS \geq 3\,500\,000$

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。

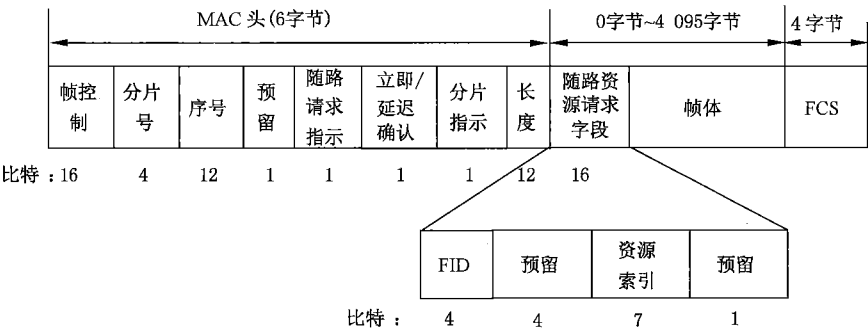


图 18 包含随路资源请求的数据帧

FID 和资源索引定义见表 8、表 10。

6.3.4.8 信道质量反馈帧

信道质量反馈帧见图 19。帧体 CQI 信息部分包括 MCS1、编码类型和 SINR,帧体定义见表 11。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 比特~7 比特保持字节对齐。

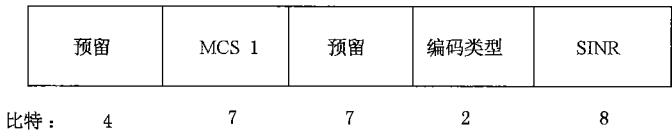


图 19 信道质量反馈帧信息部分

表 11 信道质量反馈帧信息部分定义

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)

6.3.4.9 确认帧

确认帧字段定义见图 20。

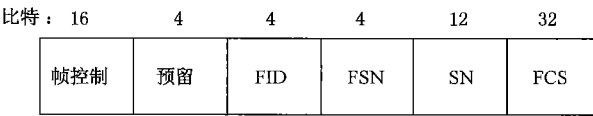


图 20 确认帧

ACK 帧的帧体部分内容见表 12。

表 12 ACK 帧体

字 段	长度/比特	描 述
预留	4	默认设置为 0
FID	4	业务流标识
FSN	4	表示该确认是为分片号 FSN 的帧进行确认。如果未采用分片，则此 字段设置为 0
SN	12	表示该确认是为序号 SN 的 MPDU 进行确认。如果需要确认的是无 序列号管理控制帧，则 SN 设置为 0

6.3.4.10 组确认请求帧

组确认请求帧字段定义见图 21。

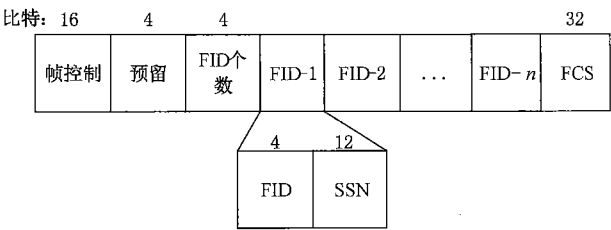


图 21 组确认请求帧

帧体部分内容见表 13。

表 13 组确认请求帧体

字 段	长度/比特	描 述
预留	4	默认设置为 0
FID 个数	4	指示在该字段与 FCS 之间包含 FID 信息块的个数。每个 FID 信息块的格式相同
FID	4	要求接收端对该 FID 业务流进行 GroupACK 确认
SSN	12	通知接收端在 GroupACK 确认时,使用该值作为 Bitmap 起始序号

6.3.4.11 组确认帧

组确认帧字段定义见图 22。

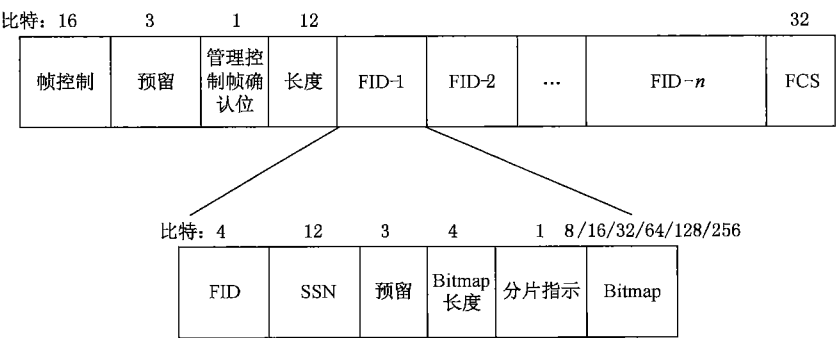


图 22 组确认帧

组确认帧的帧体部分内容见表 14。

表 14 组确认帧体

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

表 14 (续)

字 段	长度/比特	描 述
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 中每个比特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 中每个比特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

退出网络帧见图 23,用于 OBU 退出网络。

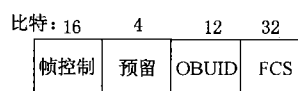


图 23 退出网络帧

退出网络帧的帧体部分定义见表 15。

表 15 退出网络帧体

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

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。

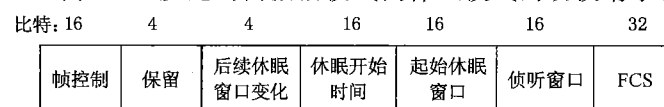


图 24 休眠请求帧

休眠请求帧的帧体内容定义见表 16。

表 16 休眠请求帧体

字 段	长度/比特	描 述
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

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。

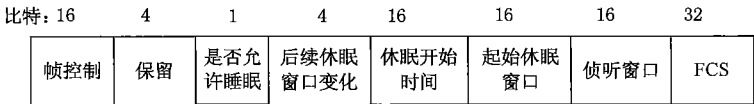


图 25 休眠响应帧

休眠响应帧的帧体内容见表 17。

表 17 休眠响应帧体

字 段	长度/比特	描 述
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

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。

比特: 16 12 4 32

帧控制	预留	TI 指示	FCS
-----	----	-------	-----

图 26 下行业务指示帧

下行业务指示帧的帧体内容见表 18。

表 18 下行业务指示帧体

字 段	长度/比特	描 述
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

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 测量请求帧消息参数

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 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 测量响应帧消息参数

字 段	长度/比特	描 述
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

表 20 (续)

字 段	长度/比特	描 述
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
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

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 测量报告帧消息参数

字 段	长度/比特	描 述
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	表示候选 RSU2 接收到的平均 RSSI

6.3.4.19 切换请求帧

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 切换请求帧消息参数

字 段	长度/比特	描 述
候选 RSU1	8	表示候选 RSU1 的 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 RSU1 的信道质量	8	表示候选 RSU1 的平均 RSSI 强度
候选 RSU2	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 RSU2 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

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 切换命令帧消息参数

字 段	长度/比特	描 述
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 RSU1 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 组媒体访问控制协议数据单元

G-MPDU 由一系列 G-MPDU 子帧组成,见图 27。

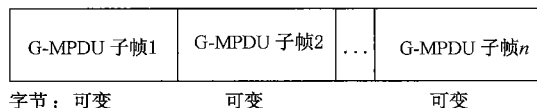


图 27 G-MPDU 格式

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 子帧格式见图 28。



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。定界符的格式见图 29。

MPDU 定界符

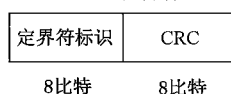


图 29 MPDU 定界符

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媒体访问控制层功能

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 媒体访问控制子层

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 媒体访问控制地址

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 广播车载单元标识

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 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 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 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 车载单元入网流程

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。

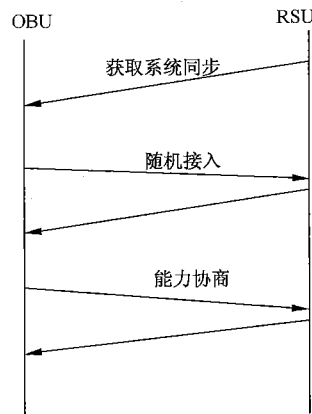


图 30 入网流程

7.3.2 获取系统同步

OBU 获取系统同步流程见图 31:

- a) 在某一信道上扫描物理信号;
- b) 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;
- c) 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。

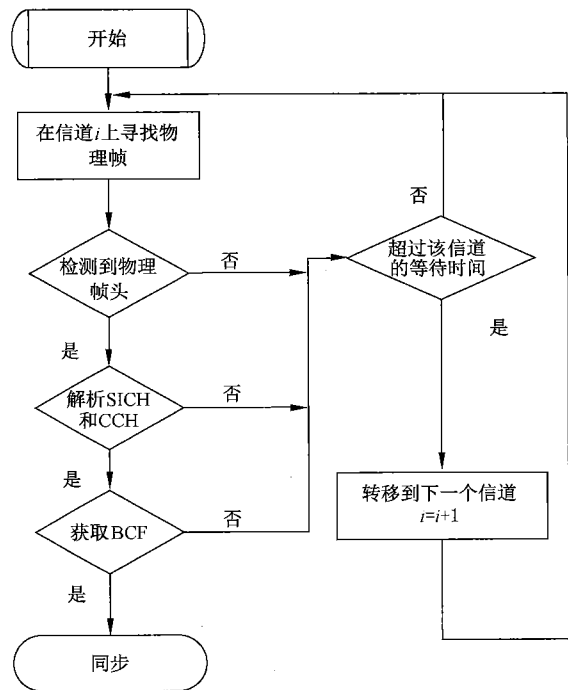


图 31 车载单元获取系统同步流程

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。

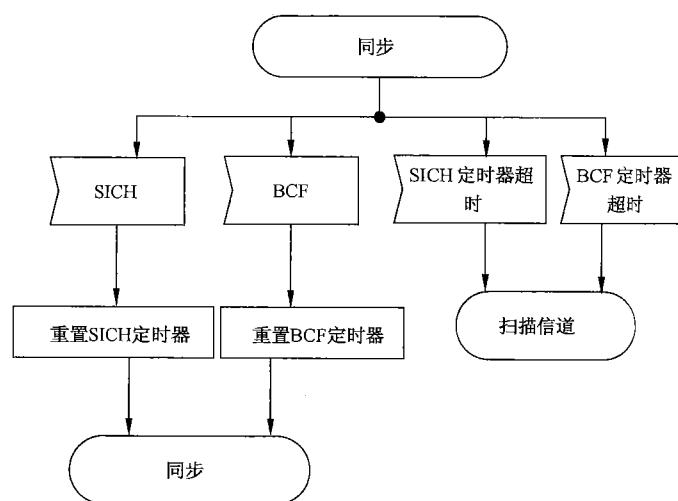


图 32 保持同步流程

7.3.3 随机接入

随机接入流程见图 33。

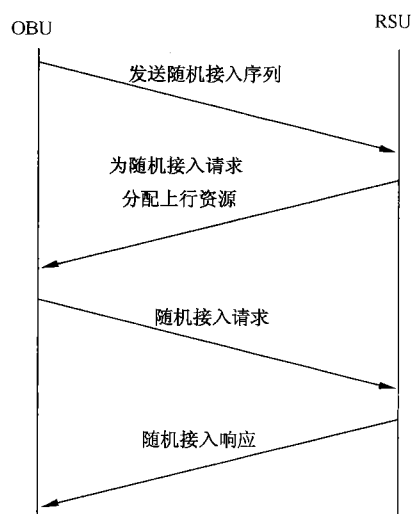


图 33 随机接入流程图

7.3.4 能力协商

能力协商流程见图 34。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。

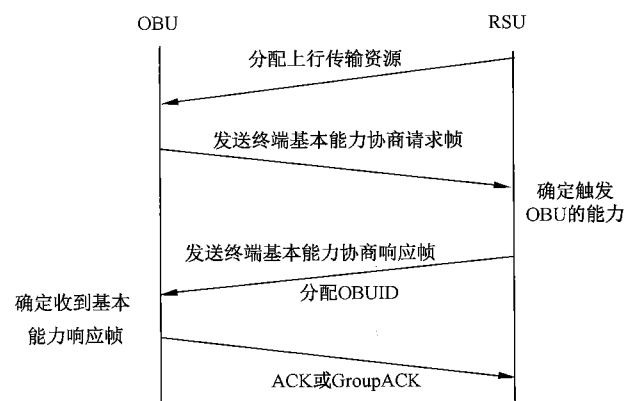


图 34 能力协商

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。

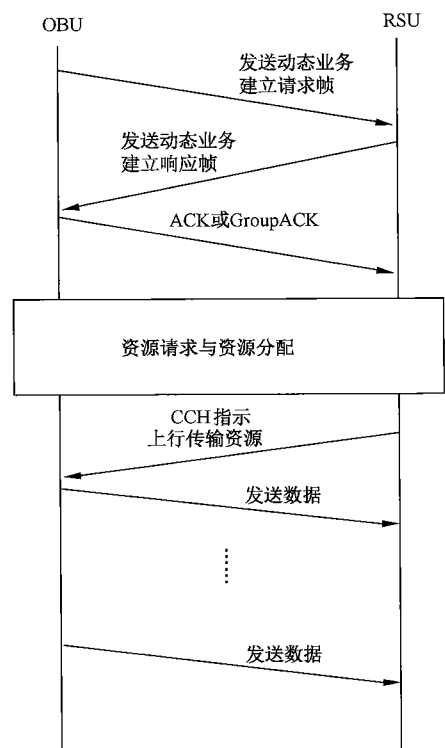


图 35 上行业务流建立和数据发送流程

下行业务流和数据发送流程见图 36。

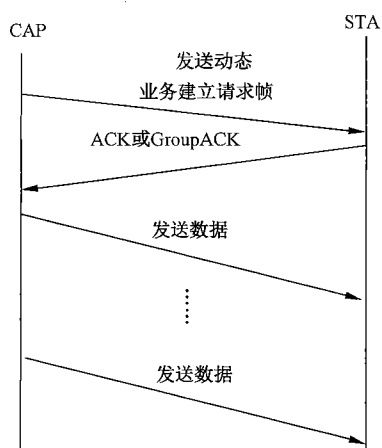


图 36 下行业务流建立和数据发送流程

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。

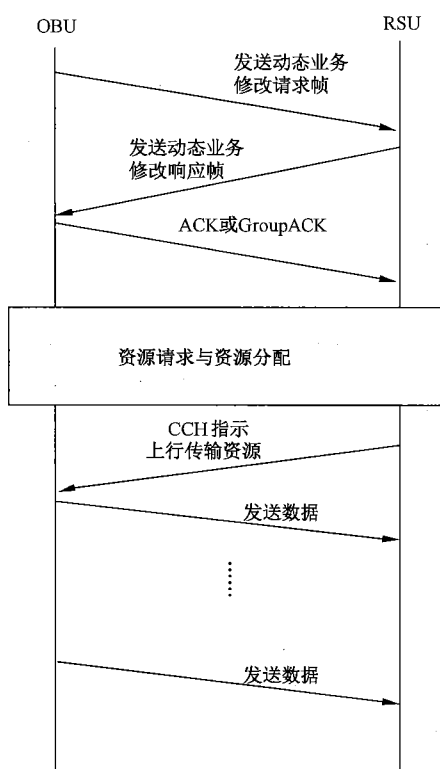


图 37 上行业务流修改和数据发送流程

下行业务流修改和数据发送流程见图 38。

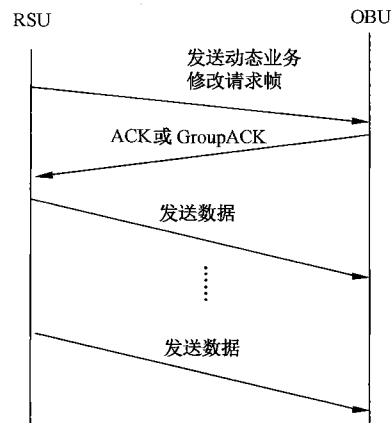


图 38 下行业务流修改和数据发送流程

7.4.3 删除业务流

业务传输结束,OBU 发起动态业务删除流程见图 39。

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。

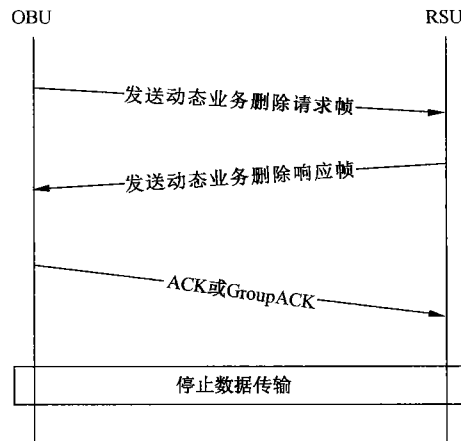


图 39 上行业务流删除流程

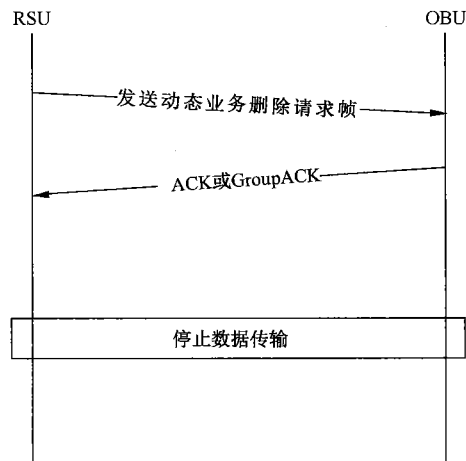


图 40 上/下行业务流删除流程

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：

- 竞争资源请求：OBU 在调度请求信道发送调度请求序列；
- 轮询：OBU 在 RSU 轮询分配的上行带宽内发出资源请求；
- 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。

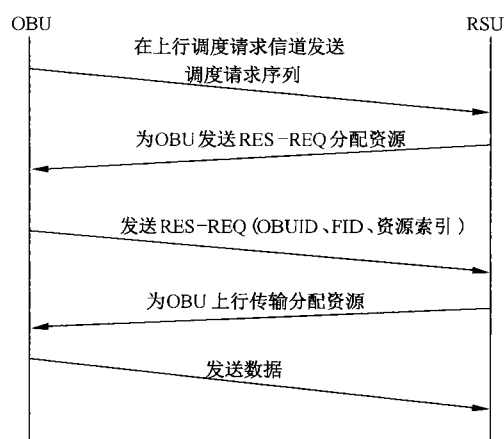


图 41 竞争资源请求

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。

轮询流程图的说明：

- 检查 RSU 是否有足够的带宽用于轮询；
- 如果没有足够的带宽,结束流程；
- 如果有足够的带宽,检查 OBU 的轮询定时器是否超时；
- 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；
- 如果没有超时,结束流程。

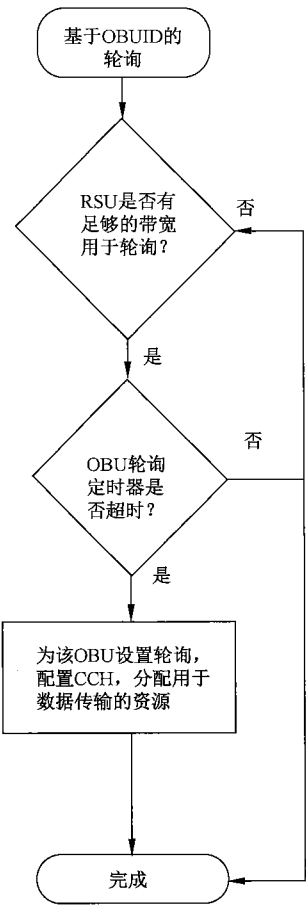


图 42 轮询流程

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。

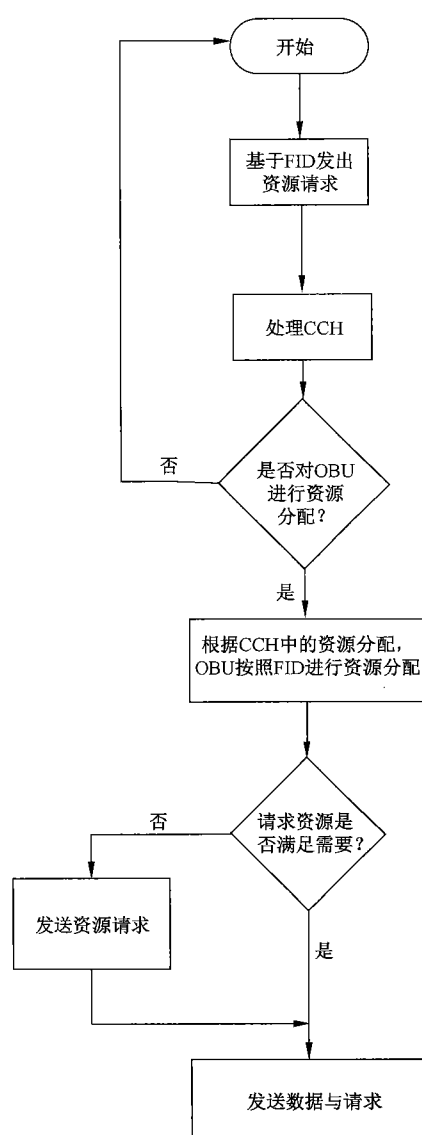


图 43 资源请求/分配流程

7.6 业务类型与业务服务质量

7.6.1 业务服务质量

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,单位为比特每秒,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,单位为比特每秒,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 8 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 0~3 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 4~7 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表 24。

表 24 业务应用类别

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	50 ms	10^{-3}	紧急安全业务
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	1 000 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。

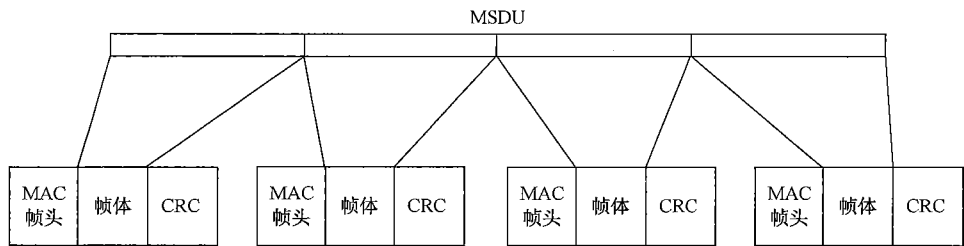


图 44 MAC 帧分片

7.8 重传机制

本条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

本条使用 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。

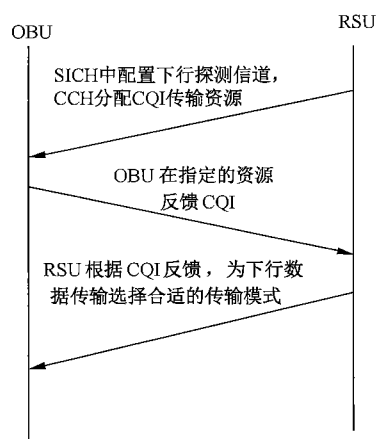


图 45 基于请求-响应的下行链路自适应

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,见图 46。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 47。

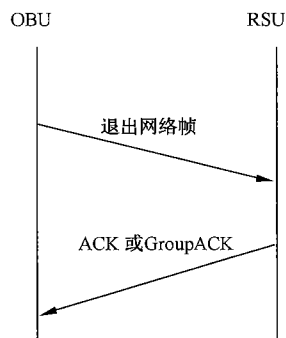


图 46 上行退出网络流程

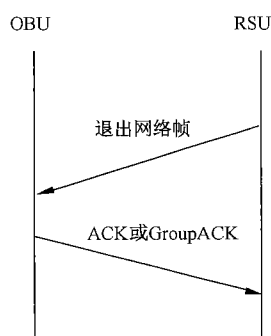


图 47 下行退出网络流程

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(见表 3)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 $[0, 2^{m-1} \cdot CW_{min}]$ 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

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。其中管理模式见下:

——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 由车载单元触发的休眠

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),与 RSU 协商休眠周期和休眠开始时间等参数,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。流程见图 48。

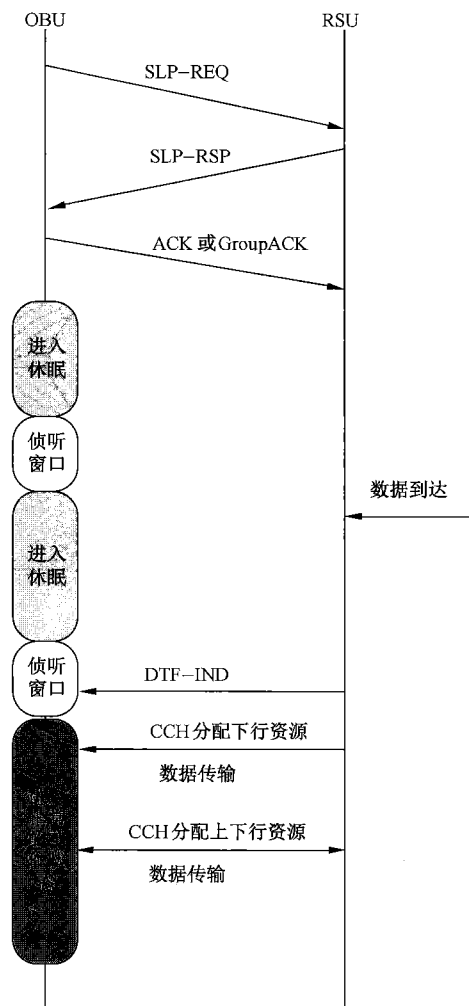


图 48 由 OBU 触发的休眠,由 RSU 唤醒的示例

7.13.2.3 由路侧单元触发的休眠

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。流程见图 49。

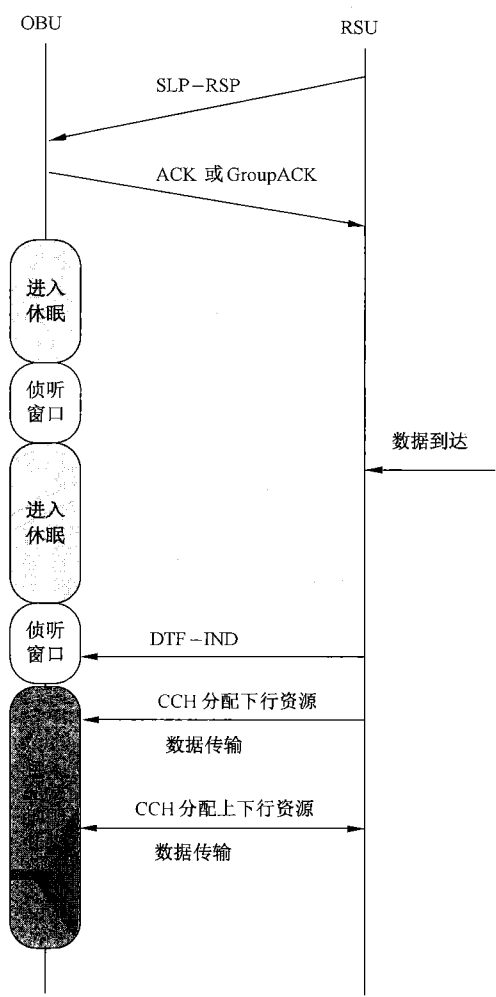


图 49 由 RSU 触发休眠,并由 RSU 唤醒的流程

7.13.2.4 由车载单元触发的唤醒

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,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。

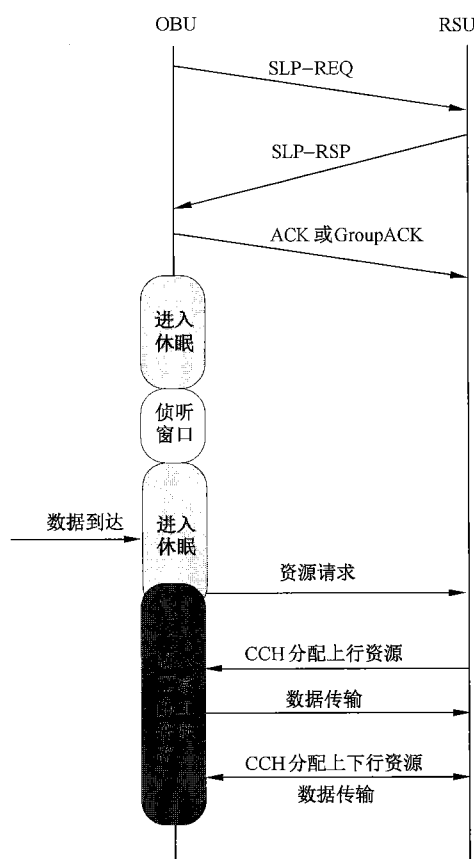


图 50 由 OBU 触发唤醒的流程

7.13.2.5 由路侧单元触发的唤醒

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

7.14.1 概述

移动性管理是智能交通系统必备的机制。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,连接状态的移动性管理主要由切换过程来完成。

7.14.2 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 搜索与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。

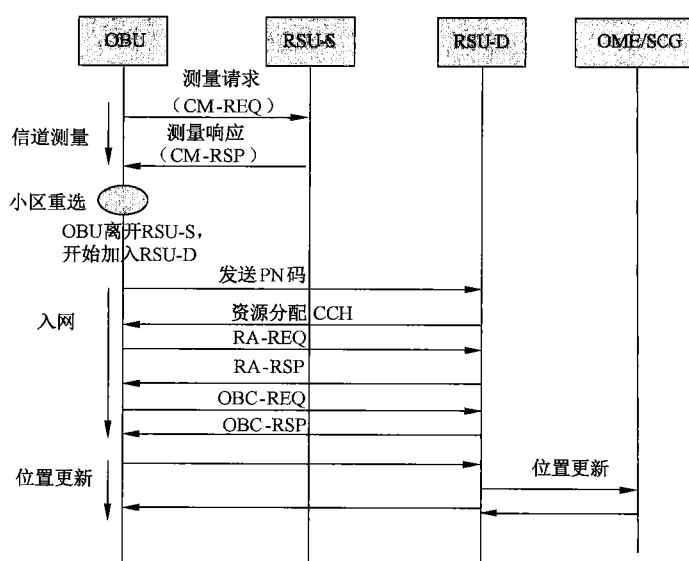


图 51 小区重选流程

7.14.3 切换管理

7.14.3.1 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等。基本的切换程序见图 52,具体如下:

——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。

测量步骤如下:

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。

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工作信道的平均 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:

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,网络侧由 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 信息,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,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。

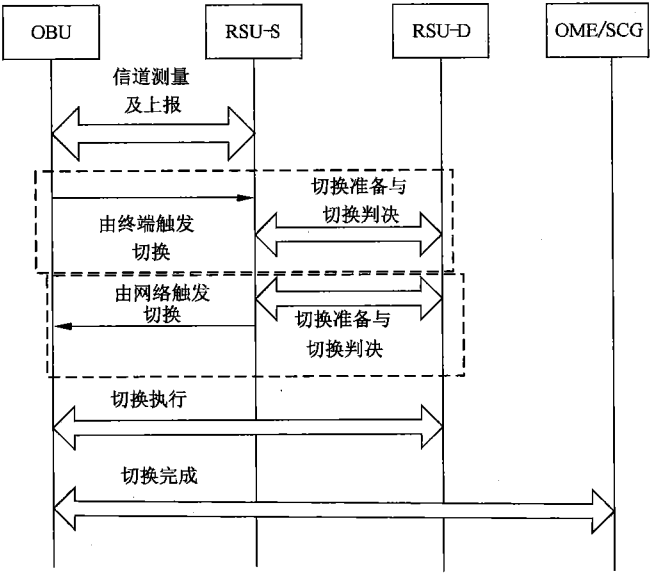


图 52 空中接口切换的基本流程

7.14.3.2 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。下面针对智能交通系统内空口最基本的切换过程进行描述。

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：

- a) 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。
- b) 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。
- c) 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。
- d) RSU-S 根据切换请求所携带的推荐候选 RSU 进行切换判决, 并确定目标 RSU-D。
- e) RSU-S 向目标 RSU-D 发送切换准备, 进行切换资源的预留。
- f) 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。
- g) 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 h)~步骤 k) 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 l) 进行切换。
- h) 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。
- i) 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。
- j) OBU 在所分配的资源上发送 RA-REQ, 携带 OBU-MAC 地址。
- k) 收到 RA-REQ 后, RSU-D 发送 RA-RSP, 并分配唯一的 OBUID。
- l) 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 分配的临时 OBUID 等信息。
- m) 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。
- n) 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。

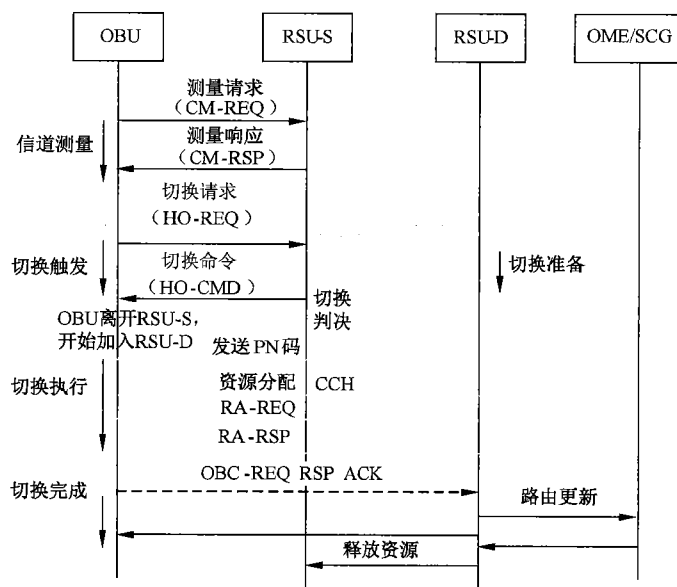


图 53 由 OBU 触发的空中接口切换程序示例

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 车载单元失去同步

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 路侧单元连续发送失败

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,如没有收到基本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 将向另外一个候选小区发起入网流程。

7.16 系统配置参数

系统配置参数见表 26。

表 26 系统配置参数

参数名称	默认值	描述
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

表 26 (续)

参数名称	默认值	描述
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媒体访问控制层

8.1 无中心节点通信模式媒体访问控制层概述

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 10 MHz 频段工作,这 10 MHz 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 30 MHz 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(−80 dBm),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 13 μ s),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媒体访问控制层帧结构

8.2.1 概述

无中心节点通信模式的 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。

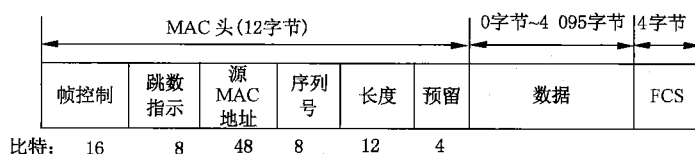


图 54 无中心节点通信模式的 MAC 帧格式

8.2.2 帧控制域

8.2.2.1 概述

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。

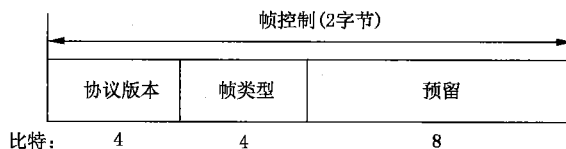


图 55 帧控制域

8.2.2.2 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,其他值保留。

8.2.2.3 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	子类型描述
1	保留	0000	预留
2	数据	0001	数据帧(DATA)
3~16	保留	其他	保留

8.2.2.4 预留字段

预留字段为 8 比特,默认设置为 0。

8.2.3 跳数指示字段

跳数指示字段包含 8 比特,见图 56。前四位表示当前帧的跳数,从 0000~1111 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 0000~1111 依次表示最大跳数限制为 0 跳到 15 跳。

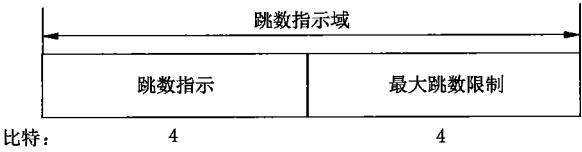


图 56 跳数指示字段

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。

8.2.4 源媒体访问控制地址

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。

8.2.5 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。

8.2.6 长度指示字段

长度指示字段共 12 比特,用来指示后面的数据字段长度。

8.2.7 预留字段

预留字段为 8 比特,默认设置为 0。

8.2.8 数据字段

数据字段的长度是可变的,最小数据长度为 0 字节,最大数据长度是 4 095 字节。

8.2.9 帧校验序列字段

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 帧结构与正交频分复用基本参数

9.1.1 帧结构

物理层帧结构见图 57。

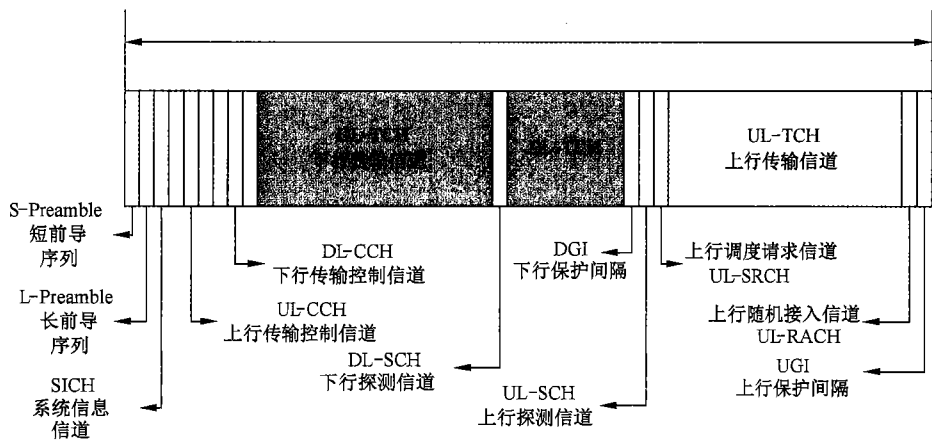


图 57 物理层帧结构

帧结构中各子信道定义见表 28。

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
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 (≤ 63 symbols)
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 (≤ 4 symbols)
上行调度请求信道 UL-SRCH	上行调度请求	SICH 指示 (≤ 4 symbols)
上行随机接入信道 UL-RACH	OBU 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 (≤ 511 symbols)
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 (≤ 511 symbols)
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 正交频分复用基本参数

系统工作带宽为 20 MHz,每个 OFDM 符号可用的频率域子载波结构见图 58。

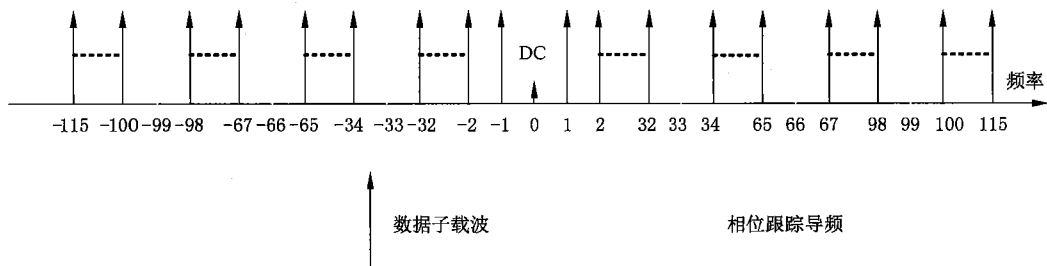


图 58 频率域子载波结构

时频域 OFDM 基本参数见表 29。对于 20 MHz 系统,虚拟子载波集合见式(1):

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

表 29 OFDM 基本参数

系统带宽	20 MHz
频率域子载波间隔	78.125 kHz
基带采样时钟	20 MHz
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	12.8 μ s
循环前缀周期	1.6 μ s
OFDM 符号周期	14.4 μ s

9.1.3 物理层符号

本部分相关物理层符号定义见表 30。

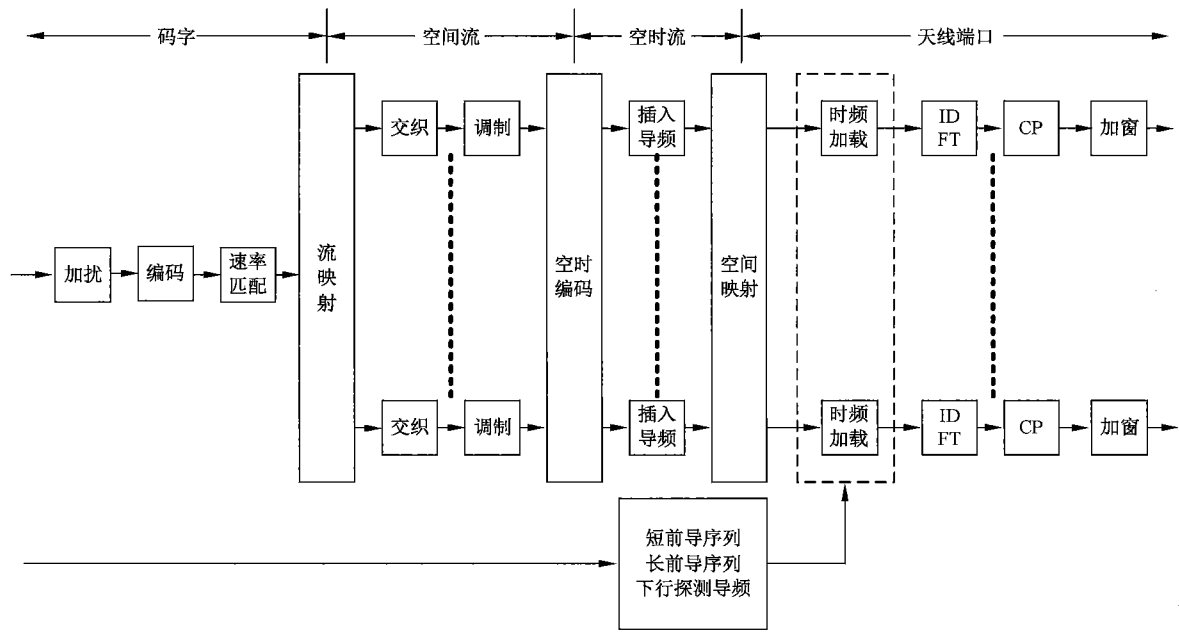
表 30 物理层符号定义

符 号	定 义
$N_{\text{id}}^{\text{RSU}}$	RSU-MAC 地址低 7 位
$N_{\text{id}}^{\text{OBU}}$	OBU-MAC 地址低 12 位
N_{Frame}	帧编号 0~4 095
N_{fft}	FFT 样点数
N_{cp}	CP 样点数
Δf	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_{chpsym}	每个 OFDM 符号承载的编码后比特数
N_{cbpsc}	每子载波承载的编码后比特数,见附录 B
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),见附录 C
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),见附录 D
SPI_{num}	探测导频占用的 OFDM 符号个数
$\text{SC}_{\text{V}}^{20}$	20MHz 系统虚拟子载波集合
$\text{SC}_{\text{dp}}^{\text{sti}}$	第 sti 个空时流解调导频子载波集合索引
$\text{SC}_{\text{sp}}^{\text{ti}}$	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

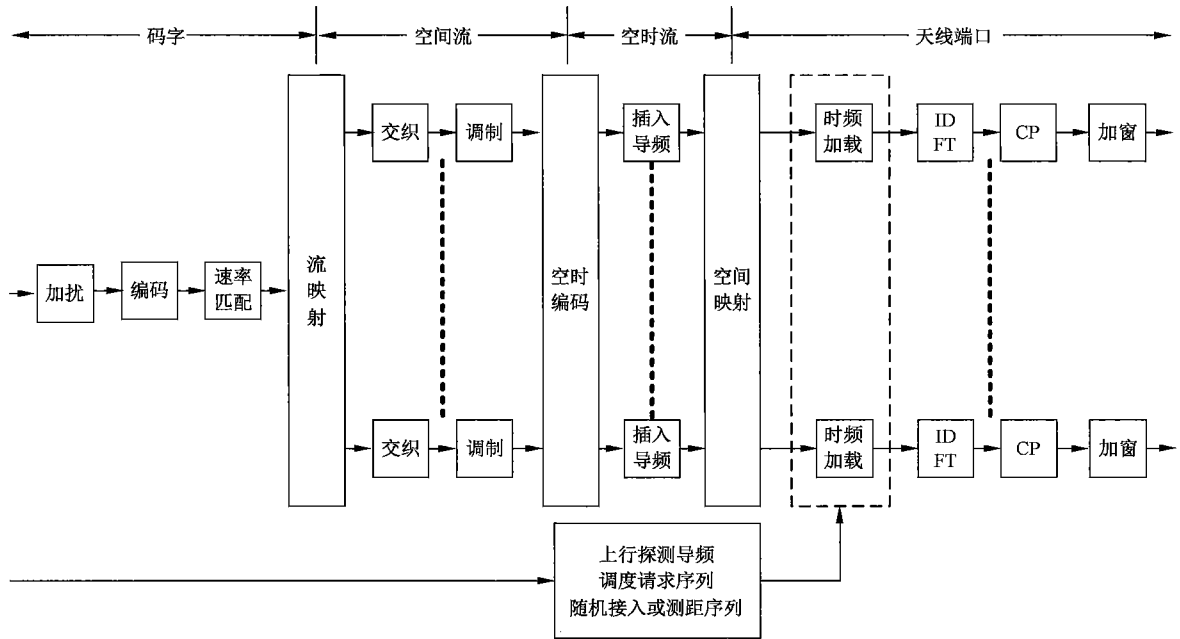
RSU 侧发射机框图见图 59。



注：插入导频为插入解调导频和相位跟踪导频。

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。



注：插入导频为插入解调导频和相位跟踪导频。

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 $[s_0 s_1 \cdots s_{\text{Len_bit}-1}]$ 作为扰码序列,对数据比特序列 $[b_0 b_1 \cdots b_{\text{Len_bit}-1}]$ 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。

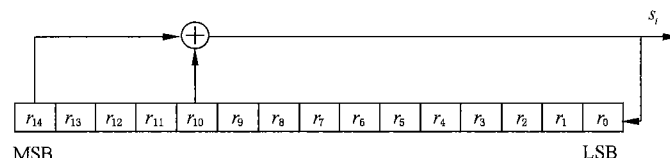


图 61 扰码序列生成框图

对于下行系统信息信道,寄存器的初始值 $r_{\text{init}} = [1010100011101110]_b$, MSB 在左, LSB 在右;对于其他上下行控制信道和业务信道,寄存器的初始值 $r_{\text{init}} = [00101011N_{\text{ID}}^{\text{AP}}]_b$, 其中 $N_{\text{ID}}^{\text{AP}}$ 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式(2)逐位进行异或运算,就可以得到加扰输出的比特序列 $[\tilde{b}_0 \tilde{b}_1 \cdots \tilde{b}_{\text{Len_bit}-1}]$ 。

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

9.2.3 信道编码

9.2.3.1 概述

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

9.2.3.2 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 $[c_0 c_1 \cdots c_{\text{Len_cw}-1}]$ 。Len_cw 见式(3):

$$\text{Len_cw} = 2 \times (\text{Len_bit} + 6) \quad \cdots \cdots (3)$$

式中:

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

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

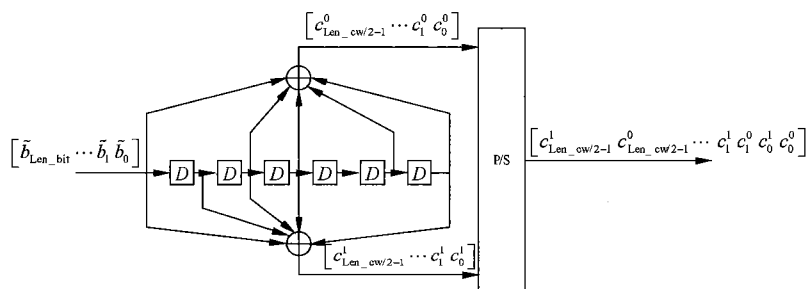


图 62 卷积编码器结构

9.2.3.3 低密度奇偶校验编码

9.2.3.3.1 低密度奇偶校验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} 见式(4)：

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

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;

\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 ρ 个行生成器。

校验矩阵 \mathbf{H} 对应的生成矩阵 \mathbf{G} , 见式(5)：

$$\mathbf{G} = [\mathbf{I} | \mathbf{P}] \quad \dots\dots\dots (5)$$

式中, \mathbf{I} 是单位阵, 矩阵 \mathbf{P} 见式(6)：

$$\mathbf{P} = \begin{bmatrix} \mathbf{P}_{0,0} & \mathbf{P}_{0,1} & \cdots & \mathbf{P}_{0,\rho-1} \\ \mathbf{P}_{1,0} & \mathbf{P}_{1,1} & \cdots & \mathbf{P}_{1,\rho-1} \\ \vdots & \vdots & \ddots & \vdots \\ \mathbf{P}_{c-\rho-1,0} & \mathbf{P}_{c-\rho-1,1} & \cdots & \mathbf{P}_{c-\rho-1,\rho-1} \end{bmatrix} \quad \dots\dots\dots (6)$$

式中：

$\mathbf{P}_{i,j}$ ——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,其中第一列是最后一列的循环下移。 $\mathbf{P}_j = [\mathbf{P}_{0,j}, \mathbf{P}_{1,j}, \dots, \mathbf{P}_{c-\rho-1,j}]^T$, $j = 0, 1, \dots, \rho - 1$ 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 ρ 个列生成器。

9.2.3.3.2 低密度奇偶校验编码

LDPC 码编码过程表示见式(7)：

$$\mathbf{x} = \mathbf{u} \cdot \mathbf{G} \quad \dots\dots\dots (7)$$

式中：

$\mathbf{u} = (u_0, u_1, \dots, u_{K-1})$ 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, $\mathbf{v} = (v_1, \dots, v_{N-K-1})$ 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表 31。LDPC 校验矩阵见附录 E。

表 31 LDPC 编码参数

N	K	R	t
1 344	672	1/2	42
1 344	840	5/8	42
1 344	1 008	3/4	42
1 344	1 176	7/8	42

表 31 (续)

N	K	R	t
2 688	1 344	1/2	112
2 688	1 680	5/8	112
2 688	2 016	3/4	112
2 688	2 240	5/6	112
5 376	2 688	1/2	112
5 376	3 360	5/8	112
5 376	4 032	3/4	112
5 376	4 704	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~图 67。

a) 5/8 码率

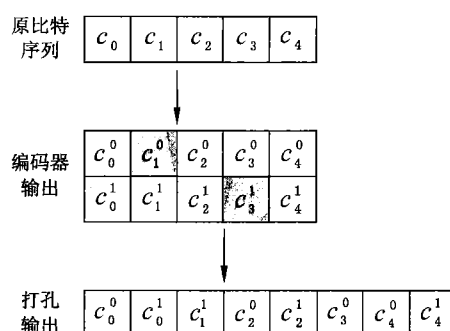


图 63 5/8 码率打孔

b) 2/3 码率

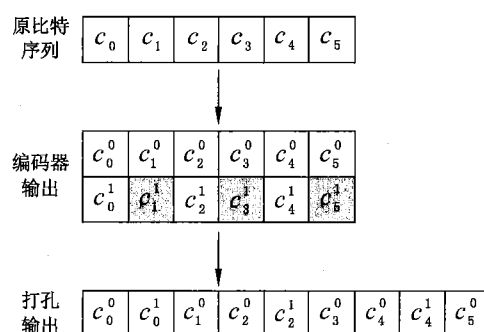


图 64 2/3 码率打孔

c) 3/4 码率

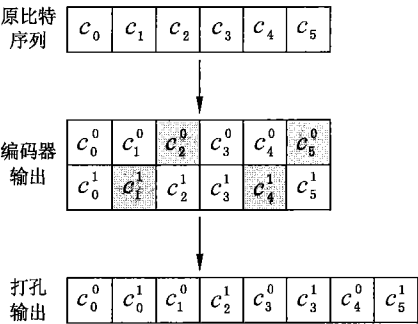


图 65 3/4 码率打孔

d) 5/6 码率

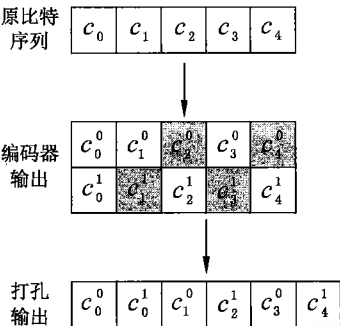


图 66 5/6 码率打孔

e) 7/8 码率

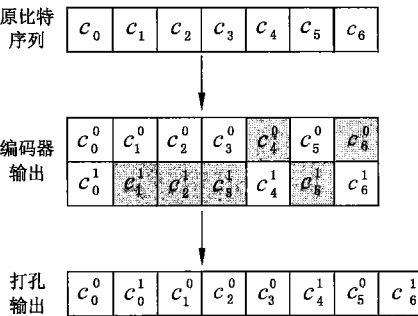


图 67 7/8 码率打孔

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 $[\tilde{c}_0 \tilde{c}_1 \cdots \tilde{c}_{\text{Len_punc}-1}]$ 。
Len_punc 见式(8):

$$\text{Len_punc} = N_{\text{symss}} \cdot N_{\text{scpsym}} \cdot \sum_{\text{si}=0}^{N_{\text{ss}}-1} N_{\text{cbpsc}}(\text{si}) \quad \cdots \cdots \cdots (8)$$

9.2.5 流映射

各空间流采用相同的调制阶数,均有 $N_{\text{symss}} \cdot N_{\text{scpsym}}$ 个调制符号。对于第 si 个空间流,分配比特标记为 $[q_0^{\text{si}} q_1^{\text{si}} \cdots q_{\text{Len_cb}(\text{si})-1}^{\text{si}}]$ 。Len_cb(si)为空间流 si 分配的编码比特个数。

令 $l=0,1,2,\dots,\text{Len_cb}(\text{si})-1$

则有式(9):

$$q_l^{\text{si}} = \begin{cases} \left\lfloor \frac{l}{N_{\text{cbpsc}}(\text{si})} \right\rfloor \cdot \sum_{n=0}^{N_{\text{ss}}-1} N_{\text{cbpsc}}(n) + \sum_{i=\left\lfloor \frac{l}{N_{\text{cbpsc}}(\text{si})} \right\rfloor \cdot N_{\text{cbpsc}}(\text{si})}^{l-1} N_{\text{ss}}^{\text{si}}(i) + \text{si} & l \leq \text{Len_cb}(\text{si}) - 1 \\ \text{non} & l > \text{Len_cb}(\text{si}) \end{cases} \quad \dots\dots\dots (9)$$

$$\text{Len_cb}(\text{si}) = N_{\text{sympss}} \cdot N_{\text{scpsym}} \cdot N_{\text{cbpsc}}(\text{si})$$

式中:

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

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

$\text{Len_cb}(\text{si})$ —— $\text{Len_cb}(\text{si})$ 个比特共分为 $N_{\text{sympss}} \cdot N_{\text{scpsym}}$ 个分配周期,在每个分配周期内:
 $N_{\text{ss}}^{\text{si}}(i) = N_{\text{ss}}^{\text{si}}(j)$, $0 \leq i, j < \text{Len_cb}(\text{si}) - 1$, 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 $N_{\text{cbpsc}}(\text{si})$ 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(见表 39)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,进行如式(10)所示循环移位操作。

$$r = [l + \text{si} \cdot N_{\text{cbpsc}}(\text{si}) \cdot 37] \bmod [N_{\text{scpsym}} \cdot N_{\text{cbpsc}}(\text{si})] \\ l = 0, 1, 2, \dots, N_{\text{scpsym}} \cdot N_{\text{cbpsc}}(\text{si}) - 1 \quad \dots\dots\dots (10)$$

循环移位后,各空间流输出比特序列 $q_{r(l)}^{\text{si}}$, $l = 0, 1, \dots, N_{\text{scpsym}} \cdot N_{\text{cbpsc}}(\text{si}) - 1$ 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式(11):

$$N_{\text{cbpsym}}(\text{si}) = N_{\text{cbpsc}}(\text{si}) \cdot N_{\text{scpsym}} \quad \dots\dots\dots (11)$$

采用如下两次置换过程。

第一次置换见式(12):

$$i = [N_{\text{cbpsym}}(\text{si})/16] \cdot \bmod(k, 16) + \lfloor k/16 \rfloor \quad i, k = 0, 1, \dots, N_{\text{cbpsym}} - 1 \\ \dots\dots\dots (12)$$

第二次置换见式(13):

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

式中:

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

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

解交织过程如下。第一次置换见式(14):

$$i = \tilde{Q}(\text{si}) \times \lfloor j/\tilde{Q}(\text{si}) \rfloor + \bmod\{[j + \lfloor 16 \times j/N_{\text{cbpsym}}(\text{si}) \rfloor], \tilde{Q}(\text{si})\} \\ \dots\dots\dots (14)$$

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

第二次置换见式(15):

$$k = 16 \cdot i - [N_{\text{cbpsym}}(\text{si}) - 1] \times \lfloor 16 \times i/N_{\text{cbpsym}}(\text{si}) \rfloor \quad \dots\dots\dots (15)$$

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见式(16)：

$$d = (I + jQ) \times K_{\text{MOD}} \dots\dots\dots (16)$$

K_{MOD} 是不同调制方式的归一化参数，见表 32。

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表 33～表 36。

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 ($b_0 b_1$)	I 路输出	输入比特 ($b_2 b_3$)	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 ($b_0 b_1 b_2$)	I 路输出	输入比特 ($b_3 b_4 b_5$)	Q 路输出
000	-7	000	-7
001	-5	001	-5
011	-3	011	-3

表 36 (续)

输入比特 ($b_0 b_1 b_2$)	I 路输出	输入比特 ($b_3 b_4 b_5$)	Q 路输出
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~图 71。

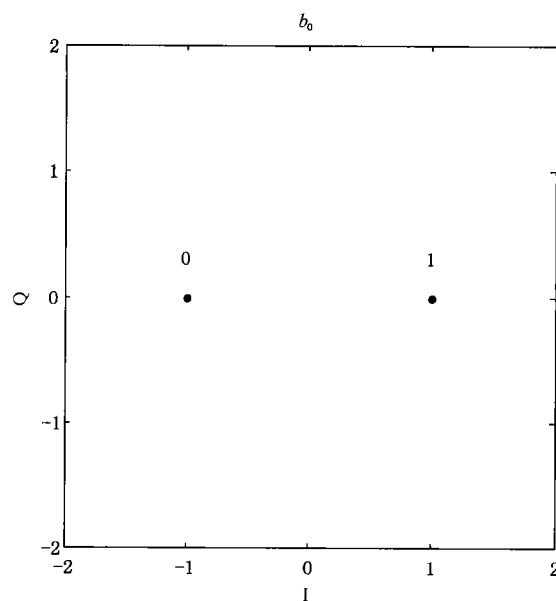


图 68 BPSK 星座映射

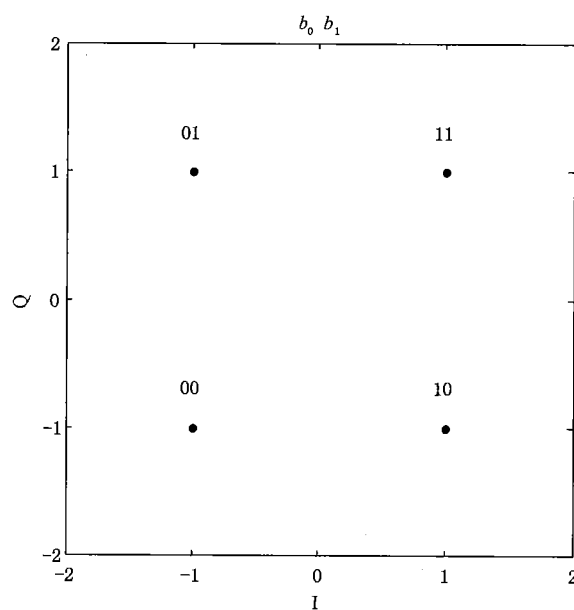


图 69 QPSK 星座映射

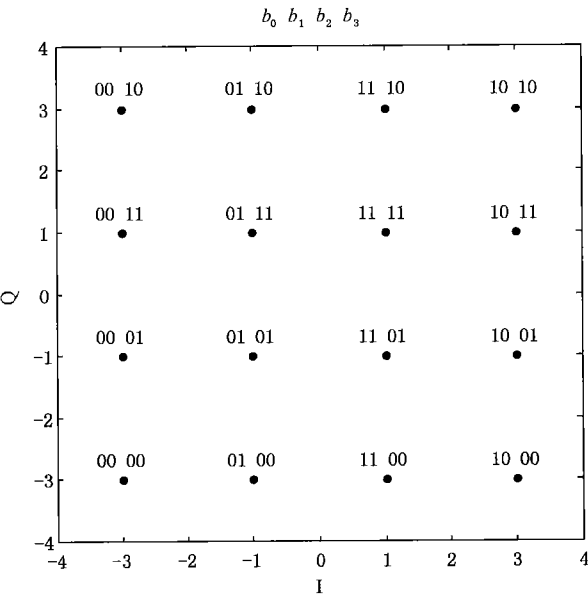


图 70 16-QAM 星座映射

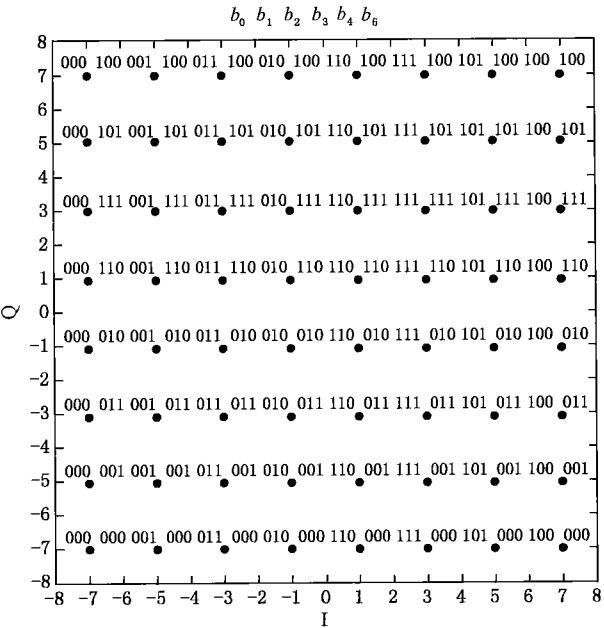


图 71 64-QAM 星座映射

经过上述调制映射后,各空间流输出调制符号流为 $[d_0^{si} d_1^{si} \cdots d_{\text{Len_mod}(si)-1}^{si}]$ 。Len_mod(si) 见式 (17):

$$\text{Len_mod}(si) = N_{\text{sympss}} \cdot N_{\text{scpsym}} \cdots \cdots \cdots (17)$$

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,表 39 中 b_{55} 置为 1,否则置 0。

调制输出符号为 $d_{k,i,n}; k=0, \dots, N_{\text{spsym}}-1; i=0, \dots, N_{\text{ss}}-1; n=0, \dots, N_{\text{sympss}}-1$, 经 STBC 编码后,输出为 $\tilde{d}_{k,i,n}; k=0, \dots, N_{\text{spsym}}-1; i=0, \dots, N_{\text{sts}}-1; n=0, \dots, N_{\text{sympss}}-1$ 。STBC 输出符号与输入符号间的映射关系见表 37。

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 20 MHz 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 t_i 个天线端口,发射符号流为 $[\tilde{x}_0^i \tilde{x}_1^i \dots \tilde{x}_{\text{Len_precode}-1}^i]$ 。Len_precode 见式(18):

$$\text{Len_precode} = N_{\text{sympss}} + \text{Len_dp} \quad \dots\dots\dots (18)$$

式中:

Len_dp——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。

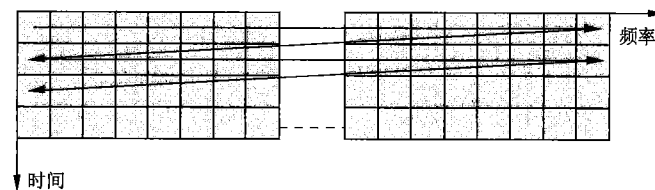


图 72 输出符号流时频加载顺序

9.3 前导序列

9.3.1 概述

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。

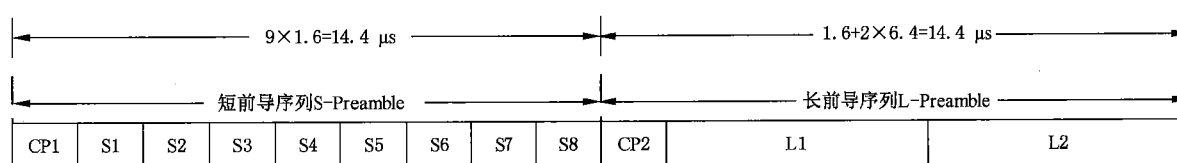


图 73 物理层前导序列

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

9.3.2 短前导序列

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[见式(19)]进行调制。

$$Z(n) = e^{j\pi \frac{rn^2}{N}}, n=0,1,\dots,27; r=27; N=28 \quad \dots\dots\dots (19)$$

短前导序列的 28 个符号通过式(20)的方法映射到 28 个频域子载波上。

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

```

n = 0
for k = -115:1: +115
    if k ∈ {kn}
        Sk = Z(n)
        n = n + 1
    else
        Sk = 0
    end
end

```

9.3.3 长前导序列

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,通过式(21)所述方法映射到子载波上。

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

```

n=0
for k=-115:1: +115
    if k ∈ {kn}
        Sk = Cn
        n = n + 1
    else
        Sk = 0
    end
end
end

```

经上述方法映射后,子载波 $-115 \sim +115$ 加载的符号为:

$$L_{-115,115} = \{0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, \\ 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, \\ -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, \\ 1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, 0, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0,$$

$$\begin{aligned} & -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, \\ & 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, \\ & 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, 1, 0, 1, 0, -1, 0, -1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0, 1, 0, -1, 0 \} \end{aligned}$$

9.4 系统信息信道与控制信道

9.4.1 系统信息信道字段

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表 38。

表 38 系统信息字段

比 特	定 义	描 述
$b_7 b_6 \cdots b_0$	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
$b_{29} b_{28} \cdots b_{24}$	控制信道周期指示	控制信道周期, ≤ 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, ≤ 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, ≤ 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
$b_{56} b_{65}$	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

表 38 (续)

比 特	定 义	描 述
$b_{87}b_{86}\cdots b_{76}$	帧标号	0~4 095, 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

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表 39。

表 39 下行与上行单播调度信令字段

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	
$b_5b_4\cdots b_2$	预留	
b_7b_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(见附录 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 其他, 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(1 344 比特); 10, LDPC 码长 2(2 688 比特); 11, LDPC 码长 3(5 376 比特)	
b_{45}	0, 时域解调导频间隔 0(短解调导频间隔, 见表 3) 1, 时域解调导频间隔 1(长解调导频间隔, 见表 3)	
$b_{47}b_{46}$	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	

表 39 (续)

比特	定义	
	DL	UL
$b_{71}b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 OBUID 加扰的运算结果	
<p>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。</p> $[b_{71}b_{70}\cdots b_{56}] = [0000d_{11}d_{10}\cdots d_0]_{\text{STAND}} \oplus [c_{15}c_{14}\cdots c_0]_{\text{CRC}}$ <p>注 2: 控制信道采用 16 位 CRC 校验,CRC 生成多项式为 $g(D) = D^{16} + D^{12} + D^5 + 1$。定义同表 38。</p> <p>注 3: $b_{54}\cdots b_{49}$ 指示的信令和反馈传输格式见 9.5.5。</p>		

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

9.5.1.1 概述

在上下行传输信道,本部分支持时分资源复用调度。

9.5.1.2 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, OBU 资源组内 OFDM 符号索引按照时间增长方向由 $0 \sim D(b_{32}b_{31}\cdots b_{24}) - 1$ 。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 概述

在上下行传输信道,本部分支持时分资源的指示。

9.5.2.2 时分复用资源分配

在 OBU 调度信令(见表 39)中,用 $[b_{16}b_{15}\cdots b_8]$ 指示 OBU 资源组起始 OFDM 符号索引,域值 $0 \sim 510$;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

9.5.3.1 概述

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} (见表 39)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。

9.5.3.2 解调导频图样

频域解调导频图样见附录 C。

9.5.3.3 解调导频间隔

通过控制信道调度信令 b_{45} (见表 39)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。

9.5.3.4 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 $\{s_i\}$, $i = 0, 1, \dots, 32\,767$ 。寄存器初始状态为:

$$[00101011a_6a_5a_4a_3a_2a_1a_0]$$

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

解调导频按照如式(22)和式(23)所示规则映射到时频资源。令:

$$i = 231 \cdot l + (k + 115) \quad \dots\dots\dots (22)$$

式中:

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

$$i = 0$$

$$\text{for } l = 0 : 1 : \text{DP}_{\text{num}} - 1$$

$$\text{for } k = -115 : 1 : +115$$

$$\text{if } k \in \text{SC}_{\text{dp}}^{\text{sti}}$$

$$p_{k,l}^{\text{sti}} = s_i$$

$$\text{else}$$

$$p_{k,l}^{\text{sti}} = 0$$

$$\text{end}$$

$$i = i + 1$$

$$\text{end}$$

$$\text{end}$$

$$\dots\dots\dots (23)$$

$\text{SC}_{\text{dp}}^{\text{sti}}$ 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式(24):

$$r_{\text{Field}}^{(\text{ti})}(t) = \frac{1}{\sqrt{N_{\text{Field}}^{\text{Tone}} \cdot N_{\text{sts}}}} w_T(t) \sum_{\substack{k = -N_{\text{fft}}/2 \\ k \notin \text{SCV}}}^{N_{\text{fft}}/2-1} \sum_{\text{si}=1}^{N_{\text{sts}}} [Q_k]_{\text{ti}, \text{si}} \tilde{x}_k^{(\text{si})} \exp(j2\pi k \Delta f t) \quad \dots\dots\dots (24)$$

式中:

$w_T(t)$ ——时域窗函数;

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

$[Q_k]_{\text{ti}, \text{si}}$ ——表示预编码矩阵 $Q_k \in C^{N_{\text{tx}} \times N_{\text{sts}}}$ 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 $Q_k \in C^{N_{\text{tx}} \times N_{\text{sts}}}$ 为列正交矩阵, 且

$$\|Q_k\| = \sqrt{N_{\text{sts}}}。$$

9.5.5 信令/反馈传输信道

9.5.5.1 概述

OBU 时分复用资源时, 表 39 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。 $D(b_{54}b_{53} \dots b_{49})$ 为 $b_{54}b_{53} \dots b_{49}$ 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,且传输格式独立于表 39 中的指示。其对应的传输格式见表 40。

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(见附录 B)
传输模式	开环 MIMO

信令/反馈传输除复用表 39 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。

9.5.5.2 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。

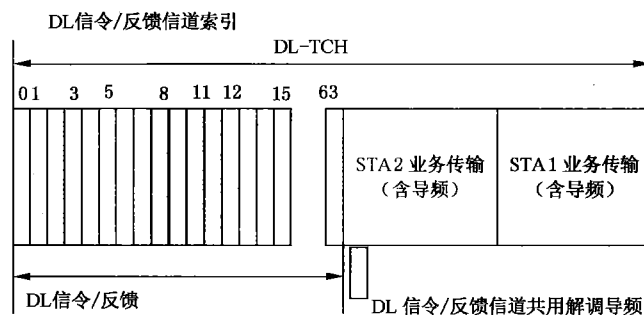


图 74 下行信令/反馈传输信道

9.5.5.3 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 $28_{\text{subc}} \times 8_{\text{symbol}}$ (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。

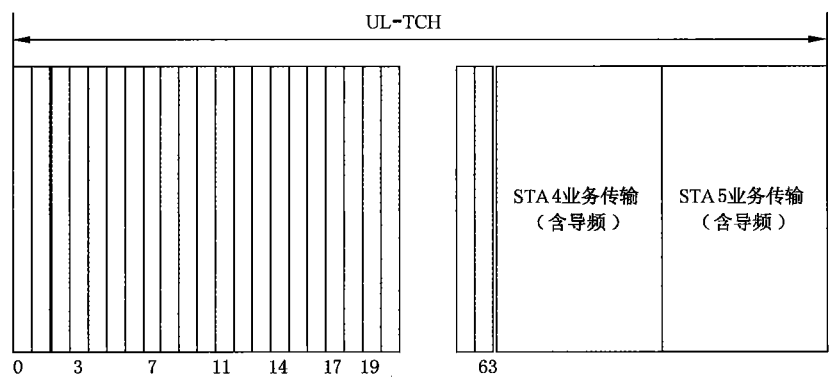


图 75 上行信令/反馈传输信道格式 1

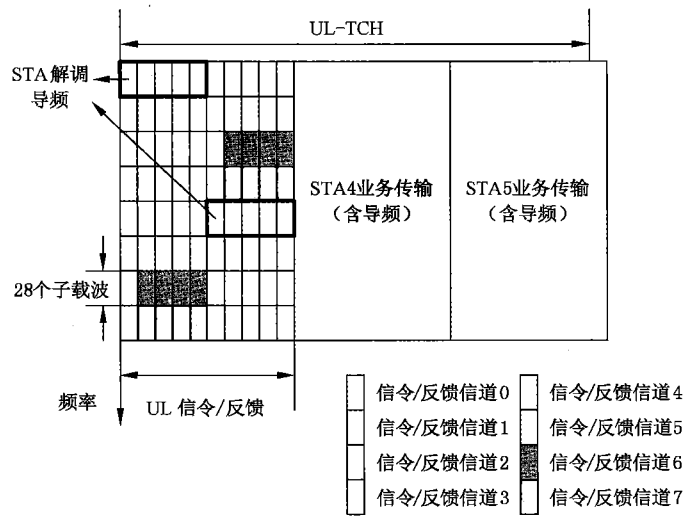


图 76 上行信令/反馈传输信道格式 2

9.5.5.4 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 9.4.2)。广播调度信令 CRC 校验用 MAC 层定义的 BOBUID 加扰。字段定义见表 41。

表 41 信令/反馈传输信道资源指示信令字段

比特	定义	
	DL	UL
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型： $b_3b_2b_1b_0=0001$,下行信令/反馈信道资源指示； $b_3b_2b_1b_0=0000$,上行信令/反馈信道资源指示	
$b_7b_6b_5b_4$	预留	

表 41 (续)

比特	定义	
	DL	UL
$b_{16}b_{15}\cdots b_8$	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 定义同表 38。		

9.5.5.5 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字段见表 42。

表 42 信令/反馈传输信道分配信令字段

比特	定义	
	DL	UL
$b_3b_2b_1b_0$	广播类型: $b_3b_2b_1b_0=0011$, 下行信令/反馈信道分配; $b_3b_2b_1b_0=0010$, 上行信令/反馈信道分配	
$b_7b_6b_5b_4$	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	

表 42 (续)

比特	定义	
	DL	UL
$b_{55}b_{54} \cdots b_{32}$ (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	

注: 下行信令反馈传输信道, $D(b_{28}b_{27} \cdots b_{23})$ 指示的是对应 OBU 下行信令反馈传输信道的第 1 个 OFDM 符号, $D(b_{28}b_{27} \cdots b_{23}) = 0$ 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, $D(b_{28}b_{27} \cdots b_{23})$ 指示的是对应 OBU 上行信令反馈传输信道的第 1 个 OFDM 符号, $D(b_{28}b_{27} \cdots b_{23}) - 1$ 对应的 OFDM 符号是该 OBU 上行信令反馈传输信道的解调导频。对于格式 1, $D(b_{28}b_{27} \cdots b_{23}) = 0$ 是无效指示。上行信令反馈传输信道格式 2, $D(b_{28}b_{27} \cdots b_{23})$ 指示的是对应 OBU 上行信令反馈传输信道索引, $D(b_{28}b_{27} \cdots b_{23}) = 0$ 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 上行信令/反馈传输信道格式 2)。

9.6 上下行探测信道

9.6.1 下行探测信道

9.6.1.1 概述

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。

9.6.1.2 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。

9.6.1.3 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 $\{s_i\}$, $i = 0, 1, \cdots, 32\,767$ 。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。

探测导频按照如式 (25) 和式 (26) 所示规则映射到时频资源。令:

$$i = 231 \cdot l + (k + 115) \quad \cdots \cdots (25)$$

式中：

```
k = -115, ..., +115; l = 0, 1, ..., SPnum - 1.  
i = 0  
for l = 0:1:SPnum - 1  
for k = -115:1:+115  
if k ∈ SCspti  
pk,lti = si  
else ..... ( 26 )  
pk,lti = 0  
end  
i = i + 1  
end  
end  
end
```

SC_{sp}^{ti}定义见表 C.2。

9.6.2 上行探测信道

9.6.2.1 上行探测导频端口

上行探测导频端口索引见表 43。

表 43 上行探测导频端口

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	[± 1, ± 5, ..., ± 113]	0	4	8	12
1	[± 2, ± 6, ..., ± 114]	1	5	9	13
2	[± 3, ± 7, ..., ± 115]	2	6	10	14
3	[± 4, ± 8, ..., ± 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表 44。

表 44 上行探测信道分配信令字段

比特	定义	
b ₃ b ₂ b ₁ b ₀	广播类型 b ₃ b ₂ b ₁ b ₀ = 1 000, 上行探测信道资源指示	
b ₇ b ₆ b ₅ b ₄	预留	
b ₂₃ b ₂₂ ...b ₈	端口 1	b ₁₉ b ₁₈ ...b ₈ , OBU ID
		b ₂₃ b ₂₂ ...b ₂₀ , 上行探测导频端口索引
b ₃₉ b ₃₈ ...b ₂₄	端口 2	b ₃₅ b ₃₄ ...b ₂₄ , OBU ID
		b ₃₉ b ₃₈ ...b ₃₆ , 上行探测导频端口索引

表 44 (续)

比特	定义	
$b_{55}b_{54}\cdots b_{40}$	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	
<p>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,其他天线上行探测导频端口索引见下式：</p> $SP_{ti}^{UL} = D(b_kb_{k-1}\cdots b_{k-3}) + ti \quad (ti = 0, 1, \cdots, 7)$ <p>式中, $D(b_kb_{k-1}\cdots b_{k-3})$ 表示比特 $b_kb_{k-1}\cdots b_{k-3}$ 对应的十进制数。</p>		

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 $\{s_i\}$, $i=0, 1, \cdots, 32\,767$ 。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 为表 43 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式(27)和式(28)所示规则映射到时频资源。令：

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

式中：

$$k = -115, \cdots, +115, l = 0, 1, 2, 3$$

$$i = 0$$

$$\text{for } l = 0:1:3$$

$$\text{for } k = -115:1:+115$$

$$\text{if } \{k, l\} \in \{SP_{port}^{ti} \mid ti = 0, 1, \cdots, N_{tx} - 1\}$$

$$p_{port}^{k,l} = s_i$$

else

$$p_{port}^{k,l} = 0$$

end

$$i = i + 1$$

end

end

..... (28)

9.7 上行调度请求信道

9.7.1 概述

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。

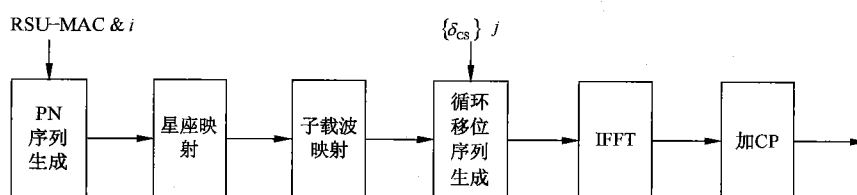


图 77 调度请求信号生成方法

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($0 \leq j < 8$)。

9.7.2 伪噪声序列的产生

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。

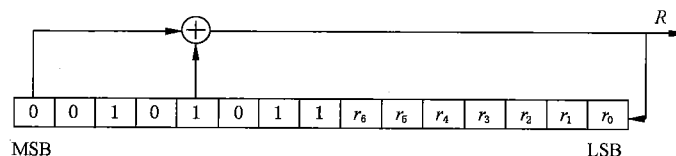


图 78 PN 序列生成器

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 $[r_6r_5r_4r_3r_2r_1r_0]_b = \text{RSU-MAC}$, 是 RSU 的 MAC 地址的最低 7 比特。

9.7.3 调制映射

序列 S_i 经 BPSK 调制,见表 33,得到序列 C_i 。

9.7.4 子载波映射

序列 C_i 按照式(29)进行子载波映射,得到序列 M_i 。

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

9.7.5 频域循环移位

对子载波映射后的序列 M_i 按照式(30)循环移位,得到序列 T_i^j 。

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

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

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

9.7.6 调度请求信号格式

调度请求信号格式见 9.8.2 的随机接入信号格式 1。

9.7.7 独立资源请求帧资源分配

RSU 通过表 45 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
$b_{23}b_{22}\dots b_8$ 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
	$b_{23}b_{22}\dots b_{18}$,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
$b_{39}b_{38}\dots b_{24}$ 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
	$b_{39}b_{38}\dots b_{34}$,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
$b_{55}b_{54}\dots b_{40}$ 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
	$b_{55}b_{54}\dots b_{50}$,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
$b_{71}b_{70}\dots b_{56}$	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。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

9.8.2.1 概述

随机接入或测距信号格式共有三种,见图 79、图 80 和图 81。

9.8.2.2 格式 1

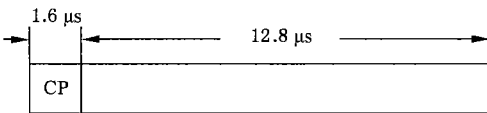


图 79 信号格式 1

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

9.8.2.3 格式 2

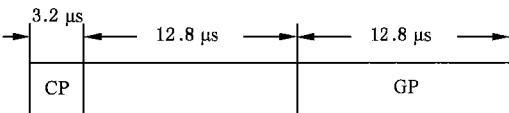


图 80 信号格式 2

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

9.8.2.4 格式 3

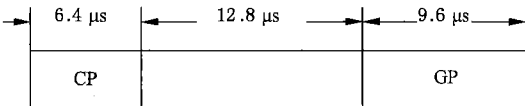


图 81 信号格式 3

$\{\delta_{CS}\} = \{0 \quad 6.4 \mu s\}$

9.8.3 随机接入请求帧资源分配

RSU 通过如表 46 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

表 46 (续)

比特	定义
$b_{31}b_{30}\cdots b_8$ 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 100 ns 为单位, 若采样时钟为 20 MHz, $N=2$ 。	

9.8.4 随机接入响应帧资源分配

RSU 通过如表 47 所示信令为 OBU 指示随机接入响应帧占用的 DL-TCH 资源。

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

表 47 (续)

比特	定义
$b_{39}b_{38}\cdots b_{24}$ 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, 见式(31)。

$$P_{\text{STA}} = \min\{P_{\text{STA_MAX}}, \text{PL}_{\text{OL}} + C/N + 10 \log_{10}(\text{BW})\} \quad (\text{dBm}) \cdots \cdots (31)$$

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表 48。

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

表 48 (续)

比特	定义
$b_{55}b_{54}\cdots b_8$ 指示	$b_{19}b_{18}\cdots b_8$, OBUID
	$b_{29}b_{28}\cdots b_{20}$, 定时提前量
	$b_{31}b_{30}$, 预留
	$b_{39}b_{38}\cdots b_{32}$, 发射功率调整为 $b_{39}b_{38}\cdots b_{32}$ 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)
	$b_{55}b_{54}\cdots b_{40}$, 预留
$b_{71}b_{70}\cdots b_{56}$	16 比特 CRC 被 BOBUID 加扰运算的结果

9.10 上行测距调度

上行测距调度指示见表 49, 其对应的定时提前指示见表 48。

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 发射频率容差

本条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。

9.11.2 符号时钟频率容差

符号时钟频率容差在高于 3 GHz 频段应为最大 $\pm 20 \times 10^{-6}$, 在低于 3 GHz 频段时应为最大

$\pm 25 \times 10^{-6}$ 。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。

9.11.3 发射机星座误差

发射星座帧平均化 RMS 误差不应超过表 50 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

9.11.4 接收机最小输入灵敏度

长度为 1 000 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表 51。

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(20 MHz 信道间隔)/dBm	最小灵敏度(40 MHz 信道间隔)/dBm	最小灵敏度(80 MHz 信道间隔)/dBm
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 10 MHz 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见图 82。

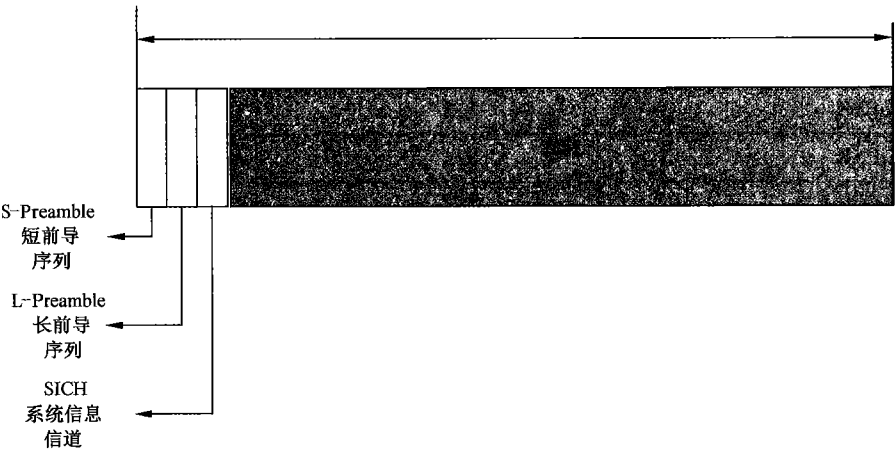


图 82 物理层帧结构

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 (≤ 511 symbols)

10.2 正交频分复用基本参数

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

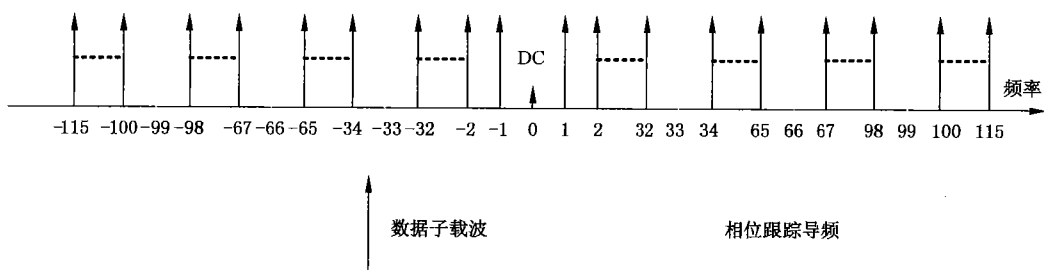


图 83 频率域子载波结构

时频域 OFDM 基本参数见表 53。对于 10 MHz 系统,虚拟子载波集合见式(32):

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

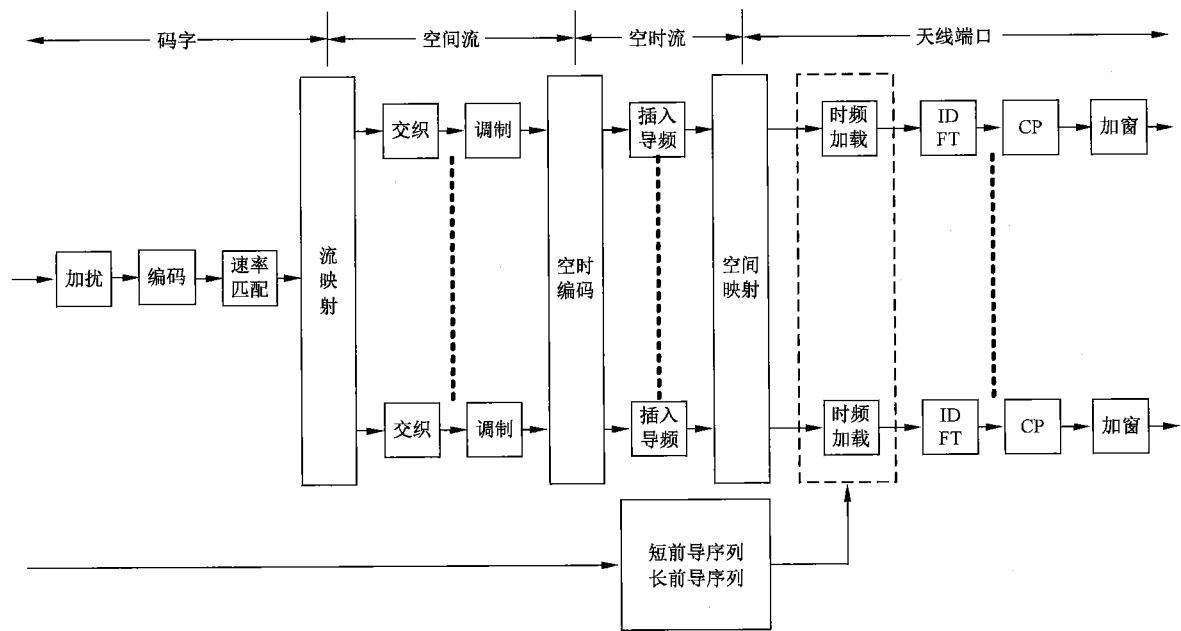
表 53 OFDM 基本参数

系统带宽	10 MHz
频率域子载波间隔	39.062 5 kHz
基带采样时钟	10 MHz
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	25.6 μ s
循环前缀周期	3.2 μ s
OFDM 符号周期	28.8 μ s

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。



注：插入导频为插入解调导频和相位跟踪导频。

图 84 OBU 发射机框图

10.3.2 加扰

见 9.2.2。

10.3.3 信道编码

10.3.3.1 概述

信道编码模块对加扰输出的数据比特序列 $[\tilde{b}_0 \tilde{b}_1 \dots \tilde{b}_{\text{Len_bit}-1}]$ 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。

10.3.3.2 卷积编码

见 9.2.3.2。

10.3.4 速率匹配

信道编码为卷积码，编码器输出码率为 1/2。通过打孔到 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。

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见式(33)：

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

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表 33~表 35。

10.3.8 空时编码(可选)

见 9.2.8。

10.3.9 相位跟踪导频

在 10 MHz 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 $[\tilde{x}_0^u \tilde{x}_1^u \dots \tilde{x}_{\text{Len_precode}-1}^u]$ 。Len_precode 见式(34):

$$\text{Len_precode} = N_{\text{sympss}} + \text{Len_dp} \quad \dots\dots\dots (34)$$

式中:

Len_dp——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

10.4.1 概述

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。

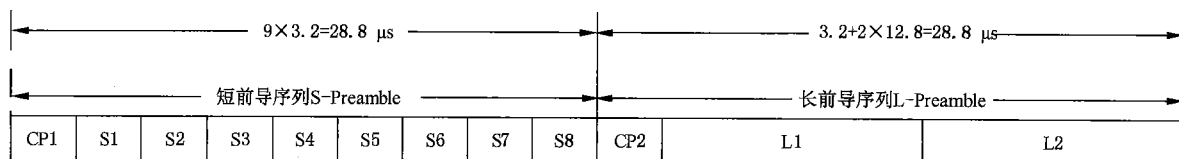


图 85 物理层前导序列

OBU 的 IFFT 点数 $N_{\text{fft}} = 256$ 。

10.4.2 短前导序列

见 9.3.2。

10.4.3 长前导序列

见 9.3.3。

10.5 系统信息信道

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表 55。

表 55 系统信息字段定义

比特	定义	描述
$b_7b_6\cdots b_0$	本 OBU-MAC 地址低 8 位	OBUE 标识
$b_{20}b_{19}\cdots b_8$	版本号	系统物理层版本号
$b_{23}b_{22}b_{21}$	OBUE 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, ≤ 511 OFDM 符号
$b_{47}b_{46}\cdots b_{41}$	码字的 MCS 及并行空间流数 (≤ 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 $b_{31}b_{30}$ (见表 55)可配置不同的频域导频间隔。

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 $b_{29}b_{28}\cdots b_{24}$ (见表 55)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 9.5.3.4。

10.6.5 传输信道多天线方案

多天线传输模式下, 第 t_i 个天线端口的时域基带信号见式(35):

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

式中:

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

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

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段信息见表 A.1。

表 A.1 已知专利及对应章条段

序号	专利号	专利名称	对应章条段
1	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
2	201210054095.6	一种数据传输方法和装置	6.1,6.3.1,6.4
3	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
4	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
5	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
6	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
7	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
8	201210050629.8	用于数据传输的方法及装置	6.3.4.1
9	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
10	201210050568.5	用于接入无线网络的方法及装置	6.3.4.4,6.3.4.5,7.3.4,7.15.3.4,9.5.5.4,9.5.5.5
11	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
12	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
13	201210056609.1	业务流管理方法及装置	6.3.4.6,7.4.1
14	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
15	201210057100.9	业务流删除方法及装置	6.3.4.6,7.4.3
16	201210041627.2	一种用于资源请求的方法、站点和中心接入点	6.3.4.7,7.5.1,7.5.2,7.12,7.15.2.2,9.7.7
17	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	6.3.4.8,7.10,9.4,9.5.5.5
18	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
19	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
20	201210026538.0	节电方法及装置	6.3.4.13,6.3.4.14,7.13.2
21	201310039757.7	一种用于智能交通系统的移动性管理方法及系统	6.3.14.16,6.3.14.17,6.3.4.19,6.3.4.20,7.14.2,7.14.3.1
22	201210054116.4	一种数据发送、接收方法和装置	6.4,7.7,7.9
23	201210050554.3	用于接入无线网络的方法及装置	7.3.2,9.4.1

表 A.1 (续)

序号	专利号	专利名称	对应章条段
24	201110189177.7	一种用于资源分配的方法、装置及系统	7.5.1
25	201210073387.4	无线通信系统、网络设备及终端设备	7.10.1.2, 9, 10
26	201210074189.X	无线通信系统与设备	9
27	201210073249.6	用于无线通信的装置	9
28	201210073320.0	用于无线通信的装置	9.1.1
29	201210057126.3	一种用于数据传输的方法和设备	9.2
30	201210033174.9	一种用于数据传输的方法及装置	9.2.3.3, 见附录 E
31	201210073166.7	一种调度方法、网络设备和终端设备	9, 7.10
32	201210073274.4	一种资源调度方法和设备	9, 7.10.1.2
33	201210079241.0	无线通信系统及其通信方法	9.7, 9.8
34	201210054816.3	上行接入开环功率控制的方法及装置	9.9.1
35	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)
调制编码方案参数

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	描述
R	编码码率
N_{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_{ss}	R	N_{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

解调导频图样见表 C.1。

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

注 1: 导频周期 DPI_F 指同一空时流导频符号子载波周期。例如: $\text{DPI}_F=2$ 指示每 2 个相邻的有用子载波有一个解调导频。

注 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
20 MHz	$\text{SC}_{\text{dp}}^{\text{sti}} = [\pm(1 + \text{sti} - (l-1) \cdot \text{DPI}), \pm(1 + \text{DPI} + \text{sti} - (l-1) \cdot \text{DPI}), \dots, \pm(N + \text{sti} - (l-1) \cdot \text{DPI})]$ $l = \left\lfloor \frac{\text{sti}}{\text{DPI}} \right\rfloor + 1$ $N = 1 + \text{DPI} \cdot \left\lfloor (N_{\text{sr}} - \text{sti} + (l-1) \cdot \text{DPI} - 1) / \text{DPI} \right\rfloor$ $\text{DPI} = 1, 2, 4, 8$ $\text{sti} = 0 \sim 7$ $N_{\text{sr}} = 115$

注: $\text{SC}_{\text{dp}}^{\text{sti}}$ 为第 sti 个空时流解调导频子载波索引集合; $l = 1, \dots, \text{DP}_{\text{num}}$ 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
20 MHz	$\text{SC}_{\text{sp}}^{\text{ti}} = [\pm(1 + \text{ti} - (l-1) \cdot \text{SPI}), \pm(1 + \text{SPI} + \text{ti} - (l-1) \cdot \text{SPI}), \dots, \pm(N + \text{ti} - (l-1) \cdot \text{SPI})]$ $l = \left\lfloor \frac{\text{ti}}{\text{SPI}} \right\rfloor + 1$ $N = 1 + \text{SPI} \cdot \left\lfloor (N_{\text{sr}} - \text{ti} + (l-1) \cdot \text{SPI} - 1) / \text{SPI} \right\rfloor$ $\text{SPI} = 4$ $\text{ti} = 0 \sim 7$ $N_{\text{sr}} = 115$
注： $\text{SC}_{\text{sp}}^{\text{ti}}$ 为第 ti 个天线端口探测导频占用的子载波索引集合； $l = 0, 1, \dots, \text{SP}_{\text{num}} - 1$ 指示探测导频占用的 OFDM 符号。	

附录 E

(规范性附录)

低密度奇偶校验码的校验矩阵

(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: $0 \sim N-1$) 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
658 1039 1166 1275 2117 2808 3967
1101 1151 2501 2682 2985 4079 4571

表 E.9 (续)

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 5.8 GHz 频段频率事宜的通知(信部无〔2002〕277 号)
-

中 华 人 民 共 和 国
国 家 标 准
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
GB/T 31024.2—2014

*

中国标准出版社出版发行
北京市朝阳区和平里西街甲2号(100029)
北京市西城区三里河北街16号(100045)
网址 www.spc.net.cn
总编室:(010)64275323 发行中心:(010)51780235
读者服务部:(010)68523946
中国标准出版社秦皇岛印刷厂印刷
各地新华书店经销

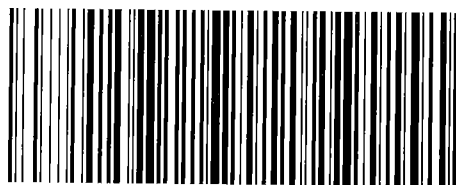
*

开本 880×1230 1/16 印张 6.75 字数 189 千字
2014年10月第一版 2014年10月第一次印刷

*

书号: 155066·1-50041 定价 93.00 元

如有印装差错 由本社发行中心调换
版权专有 侵权必究
举报电话:(010)68510107



GB/T 31024.2—2014