



中华人民共和国国家标准

GB 15629.1101—2006

信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第11部分： 无线局域网媒体访问控制和物理层规范： 5.8 GHz 频段高速物理层扩展规范

Information technology—Telecommunications and information exchange between
systems—Local and metropolitan area networks—Specific requirements—
Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and Physical Layer (PHY)
specifications; High-Speed Physical Layer in the 5.8 GHz Band

(ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000, Information technology—
Telecommunications and information exchange between systems—
Local and metropolitan area networks—Specific requirements—
Part 11: Wireless LAN Medium Access Control (MAC) and
Physical Layer (PHY) specifications Amendment 1;
High-Speed Physical Layer in the 5 GHz Band, MOD)

2006-01-27 发布

中华人民共和国国家质量监督检验检疫总局 发布
中国国家标准化管理委员会

目 次

| | |
|---------------------------------|----|
| 前言 | V |
| 1 范围 | 1 |
| 2 规范性引用文件 | 1 |
| 3 术语和定义 | 1 |
| 4 缩略语 | 1 |
| 5 概述 | 1 |
| 6 5.8 GHz 频段的 OFDM PHY 规范 | 2 |
| 6.1 简介 | 2 |
| 6.1.1 范围 | 2 |
| 6.1.2 OFDM PHY 功能 | 2 |
| 6.2 OFDM PHY 特定服务参数列表 | 2 |
| 6.2.1 介绍 | 2 |
| 6.2.2 TXVECTOR 参数 | 3 |
| 6.2.3 RXVECTOR 参数 | 3 |
| 6.3 OFDM PLCP 子层 | 4 |
| 6.3.1 介绍 | 4 |
| 6.3.2 PLCP 帧格式 | 4 |
| 6.3.3 PLCP 前导码(SYNC) | 8 |
| 6.3.4 SIGNAL 字段 | 9 |
| 6.3.5 DATA 字段 | 10 |
| 6.3.6 空闲信道估计(CCA) | 16 |
| 6.3.7 PLCP 数据调制及调制速率变化 | 16 |
| 6.3.8 PMD 总体操作规范 | 16 |
| 6.3.9 PMD 发射规范 | 20 |
| 6.3.10 PMD 接收机规范 | 22 |
| 6.3.11 PLCP 发射规程 | 23 |
| 6.3.12 PLCP 接收规程 | 25 |
| 6.4 OFDM PLME | 27 |
| 6.4.1 PLME_SAP 子层管理原语 | 27 |
| 6.4.2 OFDM PHY 管理信息库 | 29 |
| 6.4.3 OFDM TXTIME 的计算 | 29 |
| 6.4.4 OFDM PHY 特性 | 29 |
| 6.5 OFDM PMD 子层 | 29 |
| 6.5.1 应用范围及领域 | 30 |
| 6.5.2 服务概述 | 30 |
| 6.5.3 相互作用概述 | 30 |
| 6.5.4 基本的服务和选项 | 30 |
| 6.5.5 PDM_SAP 详细服务规范 | 31 |

| | |
|--|----|
| 附录 A(规范性附录)协议实现一致性声明(PICS)形式表 | 34 |
| A.1 IUT(被测协议实现)配置 | 34 |
| A.2 正交频分复用 PHY 功能 | 34 |
| 附录 B(规范性附录)MAC 和 PHY MIB 的 ASN.1 编码 | 39 |
| 附录 C(资料性附录)OFDM PHY 中对帧编码的实例 | 43 |
| C.1 介绍 | 43 |
| C.2 消息 | 43 |
| C.3 前导码的产生 | 44 |
| C.3.1 短序列的产生 | 44 |
| C.3.2 长序列的产生 | 47 |
| C.4 SIGNAL 字段的产生 | 47 |
| C.4.1 SIGNAL 字段比特分配 | 47 |
| C.4.2 SIGNAL 字段比特编码 | 47 |
| C.4.3 SIGNAL 字段比特交织 | 47 |
| C.4.4 频域的 SIGNAL 字段 | 47 |
| C.4.5 时域上的 SIGNAL 字段 | 51 |
| C.5 DATA 比特的产生 | 51 |
| C.5.1 描述、预先添加 SERVICE 字段和填充 0 | 51 |
| C.5.2 加扰 | 52 |
| C.6 DATA 比特的编码、交织和映射 | 55 |
| C.6.1 DATA 比特编码 | 55 |
| C.6.2 DATA 比特交织 | 55 |
| C.6.3 映射为符号 | 59 |
| C.7 产生附加的 DATA 符号 | 60 |
| C.8 完整的分组 | 60 |
| 附录 D(规范性附录)对 GB 15629.11—2003 的修改 | 66 |
| D.1 MAC 子层功能 | 66 |
| D.1.1 多速率支持 | 66 |
| D.2 层管理 | 66 |
| D.2.1 PLME SAP 接口 | 66 |
| D.2.1.1 PLME_CHARACTERISTICS.confirm | 66 |
| D.2.1.1.1 功能 | 66 |
| D.2.1.1.2 服务原语的语义 | 66 |
| D.2.1.1.3 产生条件 | 68 |
| D.2.1.1.4 收后效果 | 68 |
| D.2.1.2 PLME-TXTIME.request | 68 |
| D.2.1.2.1 功能 | 68 |
| D.2.1.2.2 服务原语的语义 | 68 |
| D.2.1.2.3 产生条件 | 68 |
| D.2.1.2.4 收后效果 | 68 |
| D.2.1.3 PLME-TXTIME.confirm | 68 |
| D.2.1.3.1 功能 | 68 |
| D.2.1.3.2 服务原语的语义 | 68 |

| | |
|---|----|
| D.2.1.3.3 产生条件 | 68 |
| D.2.1.3.4 收后效果 | 68 |
| 附录 NA(资料性附录)本部分、ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000、GB 15629. 11—2003 的章节号对应表 | 69 |
| 图 1 PPDU 帧格式 | 4 |
| 图 2 带循环扩展和加窗处理的 OFDM 帧 | 7 |
| 图 3 IDFT 的输入及输出 | 8 |
| 图 4 OFDM 的训练结构 | 8 |
| 图 5 SIGNAL 字段的比特分配 | 9 |
| 图 6 SERVICE 字段比特分配 | 10 |
| 图 7 数据加扰器 | 11 |
| 图 8 卷积编码器($k=7$) | 11 |
| 图 9 比特丢弃及插入过程举例($r=3/4, 2/3$) | 12 |
| 图 10 BPSK、QPSK、16-QAM 和 64-QAM 星座图比特编码 | 14 |
| 图 11 子载波频率分配 | 16 |
| 图 12 OFDM PHY 发射机和接收机框图 | 17 |
| 图 13 中国、美国 OFDM PHY 的信道安排 | 19 |
| 图 14 发射频谱掩模 | 20 |
| 图 15 星座图错误 | 22 |
| 图 16 PLCP 发射规程 | 24 |
| 图 17 PLCP 发射状态机 | 25 |
| 图 18 PLCP 接收规程 | 26 |
| 图 19 PLCP 接收状态机 | 27 |
| 图 20 PMD 层参考模型 | 30 |
| 表 1 TXVECTOR 参数 | 3 |
| 表 2 RXVECTOR 参数 | 3 |
| 表 3 取决于速率的参数 | 5 |
| 表 4 与定时有关的参数 | 6 |
| 表 5 SIGNAL 字段的内容 | 9 |
| 表 6 取决于调制方式的归一化因子 K_{MOD} | 13 |
| 表 7 BPSK 编码表 | 14 |
| 表 8 QPSK 编码表 | 14 |
| 表 9 16-QAM 编码表 | 15 |
| 表 10 64-QAM 编码表 | 15 |
| 表 11 OFDM PHY 的主要参数 | 17 |
| 表 12 规章要求表 | 17 |
| 表 13 管理域内的有效工作信道的编号及频段 | 18 |
| 表 14 中国、美国发射功率电平 | 20 |
| 表 15 对应于不同数据速率的可允许的相对星座图错误 | 21 |
| 表 16 接收机性能要求 | 23 |
| 表 17 MIB 属性的缺省值/范围 | 28 |

| | | |
|--------|--|----|
| 表 18 | OFDM PHY 特性 | 29 |
| 表 19 | PMD_SAP 对等对等服务原语 | 30 |
| 表 20 | PMD_SAP 子层对子层的服务原语 | 30 |
| 表 21 | PMD 原语的参数列表 | 31 |
| 表 C.1 | 消息 | 44 |
| 表 C.2 | 短序列的频域表示 | 44 |
| 表 C.3 | 短序列 IFFT 的一个周期 | 45 |
| 表 C.4 | 短序列的时域表示 | 46 |
| 表 C.5 | 长序列的频域表示 | 47 |
| 表 C.6 | 长序列的时域表示 | 48 |
| 表 C.7 | SIGNAL 字段的比特分配表 | 49 |
| 表 C.8 | 编码后的 SIGNAL 字段比特 | 49 |
| 表 C.9 | 交织后的 SIGNAL 字段比特 | 49 |
| 表 C.10 | SIGNAL 字段的频域表示 | 50 |
| 表 C.11 | 带插入导频的 SIGNAL 字段的频域表示 | 50 |
| 表 C.12 | SIGNAL 字段的时域表示 | 51 |
| 表 C.13 | 最先的 144 个 DATA 比特 | 52 |
| 表 C.14 | 最后的 144 个 DATA 比特 | 53 |
| 表 C.15 | 种子为 1011101 的加扰序列 | 53 |
| 表 C.16 | 加扰后最先的 144 比特 | 54 |
| 表 C.17 | 加扰后最后的 144 比特 | 55 |
| 表 C.18 | 最先的 DATA 符号的编码比特 | 56 |
| 表 C.19 | 第一次置换 | 57 |
| 表 C.20 | 第二次置换 | 58 |
| 表 C.21 | 最先的 DATA 符号的交织比特 | 59 |
| 表 C.22 | 最先的 DATA 符号的频域表示 | 60 |
| 表 C.23 | 导频子载波的极性 | 60 |
| 表 C.24 | 完整的分组 | 61 |
| 表 NA.1 | 本部分、ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000、GB 15629.11—2003 的章条号对应表 | 69 |

前 言

本部分的6.3.8.2、6.3.8.3、6.3.8.4和6.3.9为强制性的,其余为推荐性的。

本部分修改采用国际标准ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000(E)《信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第11部分:无线局域网媒体访问控制(MAC)和物理层(PHY)层规范:补篇1:5 GHz频段高速物理层》(2000年英文版)。

本部分是GB 15629.11—2003《信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网特定要求 第11部分:无线局域网媒体访问控制和物理层规范》的扩展子项,无线局域网设备除5.8 GHz频段高速物理层符合本部分外,其他特征必须符合GB 15629.11—2003《信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第11部分:无线局域网媒体访问控制和物理层规范》和GB 15629.1102—2003《信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第11部分:无线局域网媒体访问控制和物理层规范:2.4 GHz频段较高速物理层扩展规范》的规定。

本部分修改采用ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000(E),主要技术性差异如下:

- 按照我国无线电管理法规,5 GHz频段无线局域网仅限于在5.8 GHz频段工作;
- 在与无线电发射规范有关的章节和附录中增加了中国的内容。

为便于使用,本部分的结构与ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000(E)相比,做了编辑性调整,详见附录NA。附录NA还列出了本部分与GB 15629.11—2003章条的对应关系。

本部分的附录A、附录B、附录D为规范性附录;附录C和附录NA为资料性附录。

本部分由中华人民共和国信息产业部提出。

本部分由中国电子技术标准化研究所归口。

本部分由西安西电捷通无线网络通信有限公司负责起草,参加单位有国家无线电监测中心、国家密码管理局商用密码研究中心、中国电子技术标准化研究所、西安电子科技大学、西安邮电学院、北京长信嘉信息技术有限公司、北京邮电大学、西安交通大学、福建星网锐捷通讯有限公司、联想(北京)有限公司、中兴通讯股份有限公司、广州杰赛科技股份有限公司、深圳市朗科科技有限公司、北京六合万通微电子科技有限公司、TCL通讯设备(惠州)有限公司、北京中电华大电子设计有限公司、北京方正连宇通信技术有限公司、北京芯光天地集成电路设计有限公司、深圳市熙和科技有限公司、北京邮电电话设备厂。

本部分主要起草人:张变玲、铁满霞、黄振海、郭宏、曹军、李大为、庞辽军、刘伟、宋起柱、叶续茂、涂学峰、窦向阳、许福英、张超、侯北萍、徐冬梅、姚忠邦、王琨、雷绪慧、黄一平、郭大伟、孙波、张平、任品毅、林善和、曹庆荣、毛周明、霍健、刘明宇、张阳、黄昱、林国强、刘培、李玲。

信息技术 系统间远程通信和信息交换

局域网和城域网 特定要求 第11部分：

无线局域网媒体访问控制和物理层规范：

5.8 GHz 频段高速物理层扩展规范

1 范围

本部分规定了 5.8 GHz 频段的高速无线局域网的媒体访问控制(MAC)和物理层(PHY)规范。
本部分适用于 5.8 GHz 频段的无线局域网高速物理层。

2 规范性引用文件

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

GB 15629.11—2003 信息技术 系统间远程通信和信息交换 局域网和城域网 特定要求 第11部分:无线局域网媒体访问控制和物理层规范

3 术语和定义

GB 15629.11—2003 确定的术语和定义适用于本部分。

4 缩略语

除以下定义的缩略语外,GB 15629.11—2003 的第4章的缩略语适用于本部分。

| | |
|--------|--------------|
| BPSK | 二进制相移键控 |
| C-MPDU | 编码后的 MPDU |
| FFT | 快速傅立叶变换 |
| GI | 保护间隔 |
| IFFT | 快速傅立叶逆变换 |
| OFDM | 正交频分复用 |
| PER | 分组错误率 |
| QAM | 正交振幅调制 |
| QPSK | 正交相移键控 |
| RMS | 均方根 |
| U-NII | 无需注册的国家信息骨干网 |

5 概述

本部分作为 GB 15629.11—2003 的修改,定义了 5.8 GHz 频段的无线局域网高速物理层规范,其中物理层采用 OFDM 技术。本部分主要包括 OFDM PHY 的具体服务参数列表、OFDM PLCP 子层、OFDM PLME 和 OFDM PMD 子层等内容,并对 GB 15629.11—2003 中的 MAC 层内容根据本部分的具体情况进行了一些修改。

除非有特殊声明,GB 15629.11—2003 的内容均适用于本部分。

6 5.8 GHz 频段的 OFDM PHY 规范

6.1 简介

本章规定了正交频分复用(OFDM)系统的 PHY 实体,以及为使无线局域网基本标准 GB 15629.11—2003 适合 OFDM PHY 而添加的附加内容。依据信部无[2002]277 号《关于使用 5.8 GHz 频段频率事宜的通知》,系统使用 5.725 GHz~5.850 GHz 频段。OFDM 系统提供速率为 6 Mbit/s、9 Mbit/s、12 Mbit/s、18 Mbit/s、24 Mbit/s、36 Mbit/s、48 Mbit/s 和 54 Mbit/s 的数据净荷通信能力。其中,对于 6 Mbit/s、12 Mbit/s 和 24 Mbit/s 的发送和接收数据速率的支持是必备的。系统采用经 BPSK/QPSK、16-QAM 或 64-QAM 调制的 52 个子载波。前向纠错采用编码率为 1/2、2/3 或 3/4 的卷积编码。

6.1.1 范围

本条规定了 5.8 GHz 频段的 OFDM 系统提供给无线局域网 MAC 的 PHY 服务。OFDM PHY 层包含以下两个协议功能:

- a) PHY 会聚功能,它使得依赖于物理媒体(PMD)系统的能力与 PHY 服务适配。这个功能由 PHY 会聚规程(PLCP)支持。PLCP 定义了一种方法,能将 PLCP 服务数据单元(PSDU)映射成适合于在两个或更多使用关联的 PMD 系统的 STA 之间发送和接收用户数据和管理信息的帧格式。
- b) PMD 系统,定义了两个或多个采用 OFDM 系统的 STA 之间通过无线媒体发送和接收数据的特性和方法。

6.1.2 OFDM PHY 功能

GB 15629.11—2003 中 5.8 的图 11 所示的参考模型规定了 5.8 GHz OFDM PHY 的结构。OFDM PHY 包含三个功能实体:PMD 功能、PHY 会聚功能和层管理功能。这些功能分别在 6.1.2.1 到 6.1.2.4 中定义。

OFDM PHY 服务通过 PHY 服务原语提供给 MAC 层,该 PHY 服务原语在 GB 15629.11—2003 第 12 章中定义。

6.1.2.1 PLCP 子层

PLCP 子层的作用是使 MAC 层操作对 PMD 子层的依赖性最小化。该功能简化了 PHY 层到 MAC 层的服务接口。

6.1.2.2 PMD 子层

PMD 子层为在两个或多个 STA 之间发送和接收数据提供了一种方法,本章与使用 OFDM 调制的 5.8 GHz 频段有关。

6.1.2.3 PHY 管理实体(PLME)

PLME 与 MAC 管理实体共同完成对本地 PHY 功能的管理。

6.1.2.4 服务规范方法

图表与状态图表示的模型是为了说明所提供的功能。区别模型和实际的实现非常重要。为了表达简明、清楚,对模型进行了优化;实际的实现方法由符合本部分的 OFDM PHY 的开发者判断。

层或子层的服务是一组能力,它提供给下一个较高层(或子层)的用户。在这里,通过描述代表每一个服务的服务原语和参数来规定抽象的服务。这个定义与任何特定的实现无关。

6.2 OFDM PHY 特定服务参数列表

6.2.1 介绍

本部分 MAC 层的结构设计 with PHY 层无关。一些 PHY 层的实现为了满足特定的 PMD 要求而需要媒体管理状态机在 MAC 子层中运行,这些基于 PHY 层的 MAC 层状态机位于被称为 MAC 子层管理实体 MLME 的子层。在特定的 PMD 实现中,MLME 可能需要作为标准 PHY SAP 原语的一部分

与 PLME 相互作用。这种作用过程在物理层服务原语定义的 PLME 参数表中定义为 TXVECTOR 和 RXVECTOR。对于每个 PMD 层,这些参数列表以及它们的可能取值在特定的 PHY 规范中都有定义。本条规定 OFDM PHY 中的 TXVECTOR 和 RXVECTOR。

6.2.2 TXVECTOR 参数

表 1 中的参数是服务原语 PHY-TXSTART.request 中的 TXVECTOR 的参数列表的一部分。

表 1 TXVECTOR 参数

| 参 数 | 相 关 原 语 | 值 |
|-------------------------|-----------------------------------|---|
| 长度 (LENGTH) | PHY-TXSTART.request (TXVECTOR) | 1~4095 |
| 数据速率 (DATARATE) | PHY-TXSTART.request (TXVECTOR) | 6,9,12,18,24,36,48 和 54 (单位为 Mbit/s;6,12 和 24 是必备的) |
| 服务 (SERVICE) | PHY-TXSTART.request (TXVECTOR) | 对加扰器进行初始化; 7 个空比特+9 个保留的空比特 |
| 发射功率等级 (TXPWR_LEVEL) | PHY-TXSTART.request (TXVECTOR) | 1~8 |

6.2.2.1 TXVECTOR LENGTH

参数 LENGTH 表示 MAC 层请求 PHY 层发送的 MPDU 的八位位组数,允许的取值范围为 1~4095。PHY 在接收到开始发送的请求后用该参数确定所需传送的八位位组数。

6.2.2.2 TXVECTOR DATARATE

本参数给出了 PLCP 发送 PSDU 时使用的比特速率,具体的取值可以是表 1 中定义速率的任意值,其中,对数据速率 6Mbit/s,12Mbit/s 和 24 Mbit/s 的支持是必须,对其他速率的支持是可选的。

6.2.2.3 TXVECTOR SERVICE

本参数由 7 个空比特和 9 个保留的空比特组成。7 个空比特用于初始化加扰器,9 个保留的空比特为将来使用预留。

6.2.2.4 TXVECTOR TXPWR_LEVEL

本参数的取值范围是 1~8,它表明管理信息库(MIB)中定义的哪一个发射功率等级(TxPower-Level)用于当前的发送。

6.2.3 RXVECTOR 参数

表 2 提供了服务原语 PHY-RXSTART.indicate 中的部分 RXVECTOR 参数列表。

表 2 RXVECTOR 参数

| 参 数 | 相 关 原 语 | 值 |
|--------------------|------------------------------------|--------------------------------------|
| 长度 (LENGTH) | PHY-RXSTART.indicate | 1~4095 |
| 接收信号强度指示 (RSSI) | PHY-RXSTART.indicate (RXVECTOR) | 0~RSSI 最大值 |
| 数据速率 (DATARATE) | PHY-RXSTART.request (RXVECTOR) | 6,9,12,18,24,36,48 和 54 (单位为 Mbit/s) |
| 服务 (SERVICE) | PHY-RXSTART.request (RXVECTOR) | 空 |

6.2.3.1 RXVECTOR LENGTH

本参数用于指示在 PLCP 报头中包含的 LENGTH 字段的值,取值范围是 1~4095。MAC 及 PLCP 用本参数值确定在接收到的 PSDU 传送过程中两个子层之间传送的八位位组数。

6.2.3.2 RXVECTOR RSSI

参数 RSSI 的取值范围是 0~RSSI 最大值。本参数值为 PHY 子层在接收 PPDU 的天线上所测得的信号能量强度值,应在接收 PLCP 前导码时进行测量。RSSI 的值是相对的,是接收到的信号强度的单调递增函数。

6.2.3.3 DATARATE

DATARATE 表示接收 PPDU 时所采用的数据速率。本参数允许取以下值:6、9、12、18、24、36、48 或 54(单位为 Mbit/s)。

6.2.3.4 SERVICE

SERVICE 字段为空。

6.3 OFDM PLCP 子层

6.3.1 介绍

本条提供了 PSDU 和 PPDU 相互转化的会聚过程。在发送期间,PSDU 和 PLCP 前导码以及头一起构成 PPDU。在接收机端,对 PLCP 前导码和头进行处理,用于辅助 PSDU 的解调和交付。

6.3.2 PLCP 帧格式

图 1 为 PPDU 的帧格式,包括 OFDM PLCP 前导码、OFDM PLCP 头、PSDU、尾比特和填充比特。PLCP 报头包括:长度(LENGTH)、速率(RATE)、保留比特、奇偶校验比特以及服务(SERVICE)字段。从调制角度看,长度、速率、保留比特和奇偶校验(加上 6 个“0”尾比特)组成了一个独立的 OFDM 符号,记为信号(SIGNAL)字段,该字段以可靠的 BPSK 调制及 1/2 编码率发送。PLCP 报头的 SERVICE 字段与 PSDU(加上 6 个“0”尾比特和填充比特)一起,标记为 DATA 字段,以 RATE 字段中指示的数据速率进行发送,并且可能组成多个 OFDM 符号。在接收到 SIGNAL 字段内的尾比特后可立即解码出 RATE 和 LENGTH 字段,这两者对于解码出该分组中的 DATA 是必需的。此外,即使接收方不支持接收到的分组中的数据速率,通过从分组的 RATE 和 LENGTH 的内容中推测出分组的持续时间,CCA 机制也可以起作用。每个字段的定义见 6.3.3、6.3.4 和 6.3.5。

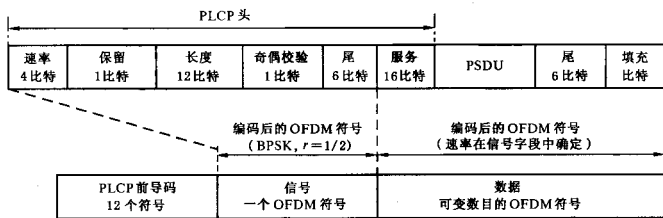


图 1 PPDU 帧格式

6.3.2.1 PPDU 编码过程概述

编码过程由如下很多步骤组成,这将在以后的条款中详细描述。以下概述是为了帮助理解后面条款中描述的细节:

- 产生 PLCP 前导码字段。本字段由 10 个重复的“短训练序列”(用于 AGC 会聚、分集选择、定时捕获和接收机粗略频率捕获)和两个重复的“长训练序列”(用于信道估计和接收机精确频率捕获)组成,前面为保护间隔(GI)。具体见 6.3.3。
- 通过填充合适的比特字段,从 TXVECTOR 参数的 RATE、LENGTH、SERVICE 字段中产生 PLCP 头。其中,RATE 及 LENGTH 字段首先进行编码率为 $R=1/2$ 的卷积编码,然后映射为 BPSK 编码的单个 OFDM 符号,标记为 SIGNAL 符号。为了可靠、及时地检测 RATE 和 LENGTH 字段,在 PLCP 报头中插入 6 个“0”尾比特。在将 SIGNAL 字段编码为 OFDM 符

号的过程中所进行的卷积编码、交织、BPSK 调制、导频插入、傅立叶变换和保护间隔的安排等操作与后面描述的以 6 Mbit/s 速率进行数据发送时的步骤一致。SIGNAL 字段的内容不进行加扰,具体见 6.3.4。

- c) 从 TXVECTOR 的 RATE 字段中计算出每个 OFDM 符号的数据比特数(N_{DBPS})、编码率(R)、每个 OFDM 子载波中的比特数(N_{BPSK})以及每个 OFDM 符号的编码比特数(N_{CBPS}),具体见 6.3.2.2。
- d) 将 PSDU 加到 TXVECTOR 的 SERVICE 字段中。为使其最终长度为(N_{BPSK})的整数倍,需要补以“0”比特串(至少 6 个比特)。所得的比特串组成了分组的数据(DATA)部分,具体见 6.3.5.4。
- e) 以伪随机的非 0 种子对加扰器进行初始化,产生一个加扰序列,与扩展后的数据比特流进行异或运算。具体见 6.3.5.4。
- f) 将“数据”后的 6 个加扰过的“0”比特用 6 个未加扰的“0”比特(这些比特使卷积编码器返回“0 状态”,标记为“尾比特”)进行替代。具体见 6.3.5.2。
- g) 用卷积编码器($R=1/2$)对扩展后的加扰数据流进行编码。按照截短类型对编码器输出流的一部分进行截短,以达到所希望的编码率,具体见 6.3.5.5。
- h) 将编码后的比特流以 N_{CBPS} 为单位进行分组。在每个组内按照与要求速率相关的规则进行交织(重新排序)。具体见 6.3.5.6。
- i) 将编码和交织后形成的数据流分成若干个 N_{CBPS} 比特组。将比特组按调制编码表转换成复数,具体见 6.3.5.7。
- j) 将复数流中每 48 个复数分成一组,每组与一个 OFDM 符号关联。在每一组中,复数从 0~47 编号,然后映射到编号为-26~-22、-20~-8、-6~-1、1~6、8~20、22~26 的 OFDM 子载波。编号为-21、-7、7 和 21 的子载波被跳过,然后在此插入导频子载波。与中心频率相关的子载波“0”也被忽略,填以 0 值。具体见 6.3.5.9。
- k) 4 个子载波作为导频插入到-21、-7、7、21 的位置。子载波的总数为 52(48+4),具体见 6.3.5.8。
- l) 对于每组编号从-26 到 26 的子载波,用傅立叶逆变换转换到时域。对傅立叶变换波形进行循环扩展,形成一个保护间隔(GI),再用时域窗口将形成的周期性波形截短到单个 OFDM 符号长度。具体参见 6.3.5.9。
- m) 从描述 RATE 和 LENGTH 的 SIGNAL 符号后开始,将 OFDM 符号连接起来。具体见 6.3.5.9。
- n) 按照所要求信道的中心频率把得到的“复基带”波形向上混频到 RF 频率,并进行发射。具体见 6.3.2.4 和 6.3.8.1。

发射帧及其各部分的图例见本部分 6.3.3 中的图 4。

6.3.2.2 取决于速率的参数

取决于数据速率的调制参数的设置见表 3。

表 3 取决于速率的参数

| 速率/ (Mbit/s) | 调制方式 | 编码率 (R) | 每个子载波的 编码比特(N_{BPSK}) | 每个 OFDM 符号 的编码比特 (N_{CBPS}) | 每个 OFDM 符号 的数据比特 (N_{DBPS}) |
|-----------------|------|----------------|-------------------------------------|--|--|
| 6 | BPSK | 1/2 | 1 | 48 | 24 |
| 9 | BPSK | 3/4 | 1 | 48 | 36 |
| 12 | QPSK | 1/2 | 2 | 96 | 48 |

表 3(续)

| 速率/ (Mbit/s) | 调制方式 | 编码率 (R) | 每个子载波的 编码比特(N_{BPSK}) | 每个 OFDM 符号 的编码比特 (N_{CBPS}) | 每个 OFDM 符号 的数据比特 (N_{DBPS}) |
|-----------------|--------|------------|-------------------------------------|--|--|
| 18 | QPSK | 3/4 | 2 | 96 | 72 |
| 24 | 16-QAM | 1/2 | 4 | 192 | 96 |
| 36 | 16-QAM | 3/4 | 4 | 192 | 144 |
| 48 | 64-QAM | 2/3 | 6 | 288 | 192 |
| 54 | 64-QAM | 3/4 | 6 | 288 | 216 |

6.3.2.3 与定时相关的参数

表 4 规定了与 OFDM PLCP 相关的定时参数列表。

表 4 与定时有关的参数

| 参 数 | 值 |
|---|--|
| N_{SD} : 数据子载波数 | 48 |
| N_{SP} : 导频子载波数 | 4 |
| N_{ST} : 子载波总数 | $52(N_{\text{SD}} + N_{\text{SP}})$ |
| Δf : 子载波频率间隔 | 0.3125 MHz (= 20 MHz/64) |
| T_{FFT} : IFFT/FFT 周期 | 3.2 μs ($1/\Delta f$) |
| T_{PREAMBLE} : PLCP 前导码持续时间 | 16 μs ($T_{\text{SHORT}} + T_{\text{LONG}}$) |
| T_{SIGNAL} : SIGNAL 字段 BPSK-OFDM 符号的持续时间 | 4.0 μs ($T_{\text{GI}} + T_{\text{FFT}}$) |
| T_{GI} : GI 持续时间 | 0.8 μs ($T_{\text{FFT}}/4$) |
| T_{GI2} : 训练符号的 GI 持续时间 | 1.6 μs ($T_{\text{FFT}}/2$) |
| T_{SYM} : 符号间隔 | 4 μs ($T_{\text{GI}} + T_{\text{FFT}}$) |
| T_{SHORT} : 短训练序列的持续时间 | 8 μs ($10 \times T_{\text{FFT}}/4$) |
| T_{LONG} : 长训练序列的持续时间 | 8 μs ($T_{\text{GI2}} + 2 \times T_{\text{FFT}}$) |

6.3.2.4 信号描述中的数学约定

发送信号以复数基带信号记法进行表示,实际的发送信号通过以下表达式与复数基带信号关联:

$$r_{(\text{RF})}(t) = R_e\{r(t)\exp(j2\pi f_c t)\} \quad \dots\dots\dots (1)$$

式中:

$R_e(\cdot)$ ——表示对复数变量取实部;

f_c ——表示载波中心频率。

发送的基带信号由几个 OFDM 符号一起构成。

$$r_{\text{PACKET}}(t) = r_{\text{PREAMBLE}}(t) + r_{\text{SIGNAL}}(t - t_{\text{SIGNAL}}) + r_{\text{DATA}}(t - t_{\text{DATA}}) \quad \dots\dots\dots (2)$$

构成式(2)的子帧在 6.3.3、6.3.4 和 6.3.5.9 中定义。时间偏移值 t_{SUBFRAME} 确定了相应子帧的起始时间, t_{SIGNAL} 为 16 μs , t_{DATA} 为 20 μs 。

信号的所有子帧由系数为 C_k 的傅立叶逆变换构成, C_k 在 6.3.3 到 6.3.5 中定义为数据、导频或训练符号。

$$r_{\text{SUBFRAME}}(t) = w_{\text{SUBFRAME}}(t) \sum_{k=-N_{\text{ST}}/2}^{N_{\text{ST}}/2} C_k \exp(j2\pi k \Delta f)(t - T_{\text{GUARD}}) \quad \dots\dots\dots (3)$$

表 4 描述了参数 Δ_F 和 N_{ST} 。最后得到的波形是周期性的,周期为 $T_{FFT} = 1/\Delta_F$ 将时间平移 T_{GUARD} 产生“循环前缀”,用于 OFDM 中可以避免与前面一帧的码间干扰(ISI)。 T_{GUARD} 有三种:用于短训练序列($= 0 \mu s$)、用于长训练序列($= T_{GI2}$)和用于数据 OFDM 符号($= T_{GI}$),参见表 4。子帧与时域窗函数 $W_T(t)$ 相乘,可以设置子帧的边界。窗函数定义为持续时间为 T 的矩形脉冲 $W_T(t)$,宽度 T 取值为 $T_{SUBFRAME}$ 。时域窗函数 $W_T(t)$ 取决于持续时间参数 T 的取值,可以扩展到大于一个 FFT 周期(T_{FFT})之上。尤其在定义前导码时,需要利用扩展到多个 FFT 周期的窗函数。图 2 给出了将窗函数扩展到多于一个 T_{FFT} 之上的可能性,另外给出了使用窗函数得到的平稳变换,如式(4)所示。

$$w_T(t) = \begin{cases} \sin^2 \left[\left(\frac{\pi}{2} (0.5 + t/T_{TR}) \right) \right] & (-T_{TR}/2 < t < T_{TR}/2) \\ 1 & (T_{TR}/2 \leq t < T - T_{TR}/2) \\ \sin^2 \left[\left(\frac{\pi}{2} (0.5 - (t - T)/T_{TR}) \right) \right] & (T - T_{TR}/2 \leq t < T + T_{TR}/2) \end{cases} \quad \dots\dots (4)$$

在不存在 T_{TR} 的情况下,窗函数变成宽度为 T 的矩形脉冲。产生发射波形的规范采用矩形脉冲。在具体实现过程中,为使连续的两个分段之间过渡平滑,需要较大的 T_{TR} ,这产生了持续时间为 T_{TR} 的重叠部分,如图 2 所示。过渡时间 T_{TR} 大约为 100 ns。需要平滑此过渡过程,因为这样可以减少发射频谱的旁瓣。然而,频谱掩模和调制精确度是必须达到的指标,具体见 6.3.9.2 和 6.3.9.6。这里所述的时域窗函数仅仅是一种达到指标的方法,也可使用其他方法达到同样的要求,例如频域滤波等,因此过渡过程的形状及持续时间均为参考性的参数。

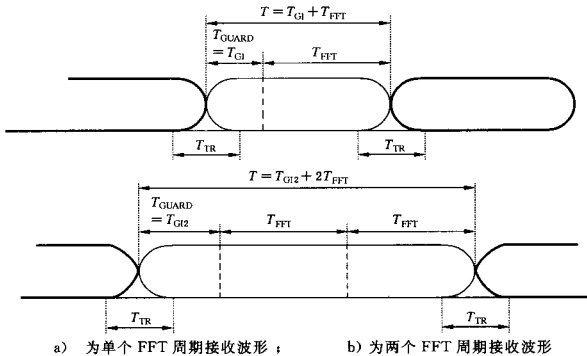


图 2 带循环扩展和加窗处理的 OFDM 帧

6.3.2.5 离散时域实现

以下有关离散时域实现的描述是参考性的。

在典型的实现中,窗函数以离散时间给出。例如,给出一个窗函数,其参数为 $T = 4.0 \mu s$, $T_{TR} = 100$ ns,信号以 20 Msample/s 的速率进行采样,得到:

$$W_T[n] = W_T(nTs) = \begin{cases} 1 & 1 \leq n \leq 79 \\ 0.5 & 0, 80 \\ 0 & \text{其他} \end{cases} \quad \dots\dots (5)$$

实现式(3)所示的傅立叶逆变换的一般方法是采用 IFFT 算法。例如,若采用 64 点 IFFT,则系数 1 到 26 映射到相同编号的 IFFT 输入端,同时将系数 -26 到 -1 复制到编号为 38 到 63 的 IFFT 输入端。余下的编号为 27~37 及 0(直流)的输入端都置为 0,具体见图 3。执行 IFFT 后,对输出进行循环扩展直至要求的长度。

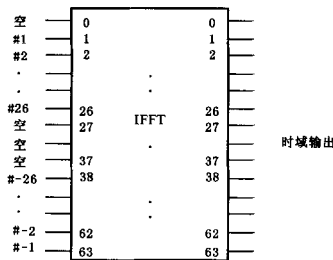


图 3 IDFT 的输入及输出

6.3.3 PLCP 前导码(SYNC)

PLCP 前导码字段用于实现同步,由 10 个短符号和 2 个长符号组成,如图 4 所示,在本条款中进行描述。

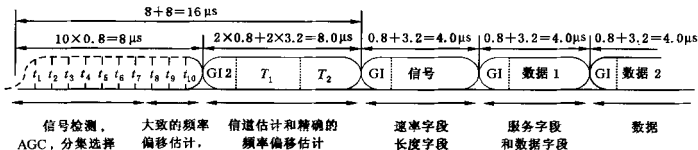


图 4 OFDM 的训练结构

图 4 给出了 OFDM 的训练结构(即 PLCP 前导码)。其中 $t_1 \sim t_{10}$ 表示短训练符号, T_1 和 T_2 表示长训练符号,总的训练时间为 $16 \mu s$ 。前导码的后面是 SIGNAL 和 DATA 字段。图 4 中的虚线表示的边界代表傅立叶逆变换的周期性引起的循环。

OFDM 的短训练符号由 12 个子载波组成,这些子载波由序列 S 的组成元素进行调制:

$$S_{-26,26} = \sqrt{13/6} \times \{0, 0, 1 + j, 0, 0, 0, -1 - j, 0, 0, 0, 1 + j, 0, 0, 0, -1 - j, 0, 0, 0, -1 - j, 0, 0, 0, 1 + j, 0, 0, 0, 0, 0, 0, 0, -1 - j, 0, 0, 0, -1 - j, 0, 0, 1 + j, 0, 0, 0, 1 + j, 0, 0, 0, 1 + j, 0, 0, 0, 1 + j, 0, 0\} \dots\dots\dots (6)$$

式(6)中乘以系数 $\sqrt{13/6}$ 是为了使得到的 OFDM 符号的平均功率归一化。OFDM 符号利用了 52 个子载波中的 12 个。

信号按照下式产生:

$$r_{SHORT}(t) = w_{TSHORT}(t) \sum_{k=-N_{ST}/2}^{N_{ST}/2} S_k \exp(j2\pi k \Delta_F t) \dots\dots\dots (7)$$

在 $S_{-26,26}$ 中,只有系数为 4 的倍数的谱线幅度不为 0,因此以上信号的周期为 $T_{FFT}/4 = 0.8 \mu s$ 。 T_{SHORT} 等于 10 个 $0.8 \mu s$ 的周期(即 $8 \mu s$)。

附录 C(C.3.1,表 C.2)规定了如何产生一个短训练序列。

OFDM 的长训练符号由 53 个子载波组成(其中包含了一个直流零值),这些子载波由序列 L 的组成元素进行调制:

$$L_{-26,26} = \{1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, 0, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1\} \dots\dots\dots (8)$$

OFDM 的长训练符号按照下式产生：

$$r_{\text{LONG}}(t) = w_{\text{TLONG}}(t) \sum_{k=-N_{\text{ST}}/2}^{N_{\text{ST}}/2} L_k \exp(j2\pi k \Delta_F)(t - T_{\text{GIZ}}) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中：

$$T_{\text{GIZ}} = 1.6 \mu\text{s}.$$

为了提高信道估计精确度，需要发送两个周期的长序列，因此得到：

$$T_{\text{LONG}} = 1.6 + 2 \times 3.2 = 8 \mu\text{s}$$

附录 C(C.3.2, 表 C.5) 提供了产生长训练序列的实例。

短循环部分与长循环部分连结在一起，形成前导码：

$$r_{\text{PREAMBLE}}(t) = r_{\text{SHORT}}(t) + r_{\text{LONG}}(t - T_{\text{SHORT}}) \quad \dots\dots\dots (10)$$

6.3.4 SIGNAL 字段

SIGNAL 字段位于 OFDM 训练符号的后面，其中包含了 TXVECTOR 的 RATE 和 LENGTH 字段。RATE 字段给出了分组的剩余部分采用的调制类型和编码速率。在 SIGNAL 字段中，每个 OFDM 符号的编码采用子载波的 BPSK 调制及 $R=1/2$ 的卷积编码。编码过程包括卷积编码、交织、调制映射过程、导频插入和 OFDM 调制，这些过程位于以 6 Mbit/s 速率进行数据发送的过程之后，具体见 6.3.5.5、6.3.5.6、6.3.5.8。SIGNAL 字段的内容不进行加扰。

SIGNAL 字段由 24 个比特构成，如图 5 所示。0~3 这 4 个比特对 RATE 字段编码，第 4 比特为保留比特，5~16 比特对 TXVECTOR 的 LENGTH 字段编码，且首先发送最低有效位。

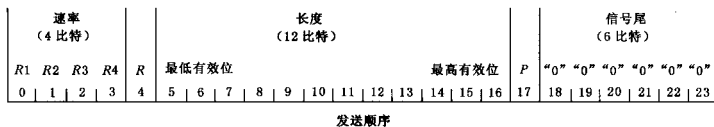


图 5 SIGNAL 字段的比特分配

附录 C(C.4) 定义了 SIGNAL 字段的 OFDM 符号的产生过程。

6.3.4.1 数据速率(RATE)

根据不同的速率，比特 R1~R4 按表 5 给出的值进行相应设置。

表 5 SIGNAL 字段的内容

| 速率/(Mbit/s) | R1~R4 |
|-------------|-------|
| 6 | 1101 |
| 9 | 1111 |
| 12 | 0101 |
| 18 | 0111 |
| 24 | 1001 |
| 36 | 1011 |
| 48 | 0001 |
| 54 | 0011 |

6.3.4.2 PLCP 长度字段(LENGTH)

PLCP 的长度字段由 12 比特的无符号整数构成，给出了 MAC 层请求 PHY 层发送的 PSDU 的八

位位数组。在接收到开始发送的请求后,PHY 用该值确定在 MAC 层及 PHY 层之间需传送的八位位数组。该值从由原语发布的 TXVECTOR 的 LENGTH 参数中得到,原语 PHY-TXSTART.request 的描述见 GB 15629.11—2003 中 12.3.5.4。首先发送最低有效位。该段使用 6.3.5.5 中描述的卷积编码器进行编码。

6.3.4.3 奇偶校验位(P)、保留比特(R)和信号尾(SIGNAL TAIL)

第 4 比特是保留比特,第 17 比特是第 0~16 比特的正向奇偶校验位(偶校验),第 18~23 比特组成了 SIGNAL TAIL 字段,而且这 6 比特均被置零。

6.3.5 DATA 字段

DATA 字段包含 SERVICE 字段、PSDU、TAIL 比特和可能需要的填充(PAD)比特,见 6.3.5.2 和 6.3.5.4。DATA 字段中的所有比特都进行加扰,具体见 6.3.5.4。

6.3.5.1 服务字段(SERVICE)

SERVICE 字段中有 16 比特,标记为 0~15,“0”比特首先发送。最先发送的 0~6 比特均置为“0”,用于在接收端使解扰器同步,余下的 9 个比特(7~15)为保留比特,均置为“0”,见图 6。

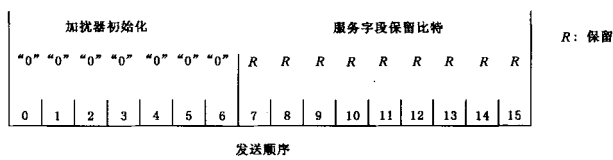


图 6 SERVICE 字段比特分配

6.3.5.2 PPDU 尾比特字段(TAIL)

PPDU 的尾比特字段是 6 个“0”比特,用于使卷积编码器返回零状态。归零过程可以减小卷积编码器的错误概率,卷积解码的错误率与解码的下几个比特有关,而在分组的结束位置不存在后续比特。在分组的最后用 6 个未加扰的“0”比特代替 6 个已加扰的“0”比特,产生 PLCP 的尾比特字段。

6.3.5.3 填充比特(PAD)

DATA 字段的比特数应当是 N_{DBPS} 一个 OFDM 符号中的编码比特数目(48、96、192 或者 288 个比特)的整数倍。为了达到这个要求,报文长度被扩展至 N_{DBPS} (一个 OFDM 符号中的数据比特数目)的倍数。为了适应 TAIL 比特,至少要在原报文后扩展 6 个比特,如 6.3.5.2 所示。OFDM 符号数 N_{SYM} 、DATA 字段中的比特数 N_{DATA} 和填充比特数 N_{PAD} ,均可由 PSDU 的长度(LENGTH)字段计算得出,具体如下:

$$N_{\text{SYM}} = \text{Ceiling} [(16 + 8 \times \text{LENGTH} + 6) / N_{\text{DBPS}}] \quad \dots\dots\dots (11)$$

$$N_{\text{DATA}} = N_{\text{SYM}} \times N_{\text{DBPS}} \quad \dots\dots\dots (12)$$

$$N_{\text{PAD}} = N_{\text{DATA}} - (16 + 8 \times \text{LENGTH} + 6) \quad \dots\dots\dots (13)$$

函数 Ceiling (·) 指取大于或者等于括号内值的最小整数。填充比特均置 0,然后与 DATA 字段中的其他比特一起加扰。

附录 C(C.5.1) 给出了包含 SERVICE 字段、PSDU、尾比特和填充比特的 DATA 字段的实例。

6.3.5.4 PLCP DATA 加扰器和解扰器

DATA 字段由 SERVICE、PSDU、尾比特和填充比特构成,并用一个长为 127 位的帧同步加扰器进行加扰。PSDU 的八位位组按发送串行比特流形式存在,比特 0 最先,比特 7 最后。帧同步加扰器使用以下的生成多项式(见图 7):

$$S(x) = x^7 + x^4 + 1 \quad \dots\dots\dots (14)$$

当初始状态为全 1 时,加扰器循环产生的 127 比特序列为(首先使用最左边比特):00001110
11110010 11001001 00000010 00100110 00101110 10110110 00001100 11010100 11100111
10110100 00101010 11111010 01010001 10111000 11111111。加扰发送数据和解扰接收数据
使用同一个加扰器。发送时,加扰器初始状态设置为伪随机非 0 态。为了能估计接收端解扰器的初始
状态,在加扰前,SERVICE 字段的 7 个低有效比特置 0。

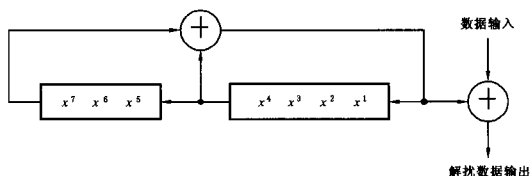


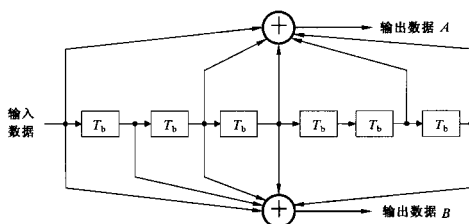
图 7 数据加扰器

附录 C(C.5.2)提供了加扰器工作的实例。

6.3.5.5 卷积编码器

由 SERVICE、PSDU、尾比特及填充比特组成的 DATA 字段按照要求的数据速率,以 $R=1/2$ 、 $3/2$ 或 $3/4$ 的编码率进行卷积编码。卷积编码器使用工业标准的生成多项式, $g_0=133_8$, $g_1=171_8$, $R=1/2$, 如图 8 所示。标记为“A”的比特在从编码器输出时位于比特“B”之前。若采用“删余”技术会得到更高的速率,删余是在发射端省略一些编码的比特(这样减少了发射比特数,提高了编码速率),接收端卷积解码器在省略比特的位置上插入哑元“0”,图 9 给出了删余的过程。解码时建议使用维特比(Viterbi)算法。

附录 C(C.6.1)给出了编码过程的示例。

图 8 卷积编码器($k=7$)

删余编码 ($r=3/4$)

源数据

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x_0 | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 | x_6 | x_7 | x_8 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

编码后的数据

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_0 | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 | A_7 | A_8 |
| B_0 | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | B_7 | B_8 |

 被丢弃的比特

比特丢弃后的数据

| | | | | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_0 | B_6 | A_1 | B_2 | A_3 | B_3 | A_4 | B_5 | A_6 | B_6 | A_7 | B_8 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

插入哑元后的数据

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_0 | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 | A_6 | A_7 | A_8 |
| B_0 | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 | B_6 | B_7 | B_8 |

 插入的哑元

解码后的数据

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| y_0 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 | y_5 | y_6 | y_7 | y_8 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

删余编码 ($r=2/3$)

源数据

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| x_0 | x_1 | x_2 | x_3 | x_4 | x_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

编码后的数据

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_0 | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 |
| B_0 | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 |

 被丢弃的比特

比特丢弃后的数据

| | | | | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_0 | B_0 | A_1 | A_2 | B_2 | A_3 | A_4 | B_4 | A_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

插入哑元后的数据

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| A_0 | A_1 | A_2 | A_3 | A_4 | A_5 |
| B_0 | B_1 | B_2 | B_3 | B_4 | B_5 |

 插入的哑元

解码后的数据

| | | | | | |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|
| y_0 | y_1 | y_2 | y_3 | y_4 | y_5 |
|-------|-------|-------|-------|-------|-------|

图9 比特丢弃及插入过程举例($r=3/4, 2/3$)

6.3.5.6 数据交织

所有的编码后的数据比特以单个 OFDM 符号中的比特数 N_{CBPS} 作为块的大小,使用块交织器进行交织。交织器中进行了两次置换:第一次置换确保相邻的编码比特映射到不相邻的子载波上,第二次置换确保相邻的编码比特被交替映射到星座的高有效位和低有效位比特,因而避免了低可靠性比特的长期存在。

以 k 表示第一次置换之前编码比特的序号, i 表示第一次置换后、第二次置换前的序号, j 表示第二次置换之后、调制之前的序号。

第一次置换的规则如下:

$$i = (N_{\text{CBPS}}/16)(k \bmod 16) + \text{floor}(k/16) \quad k = 0, 1, \dots, N_{\text{CBPS}} - 1 \quad \dots\dots\dots (15)$$

函数 $\text{floor}(\cdot)$ 表示不超过其自变量的最大整数。

第二次置换的规则如下:

$$j = s \times \text{floor}(i/s) + (i + N_{\text{CBPS}} - \text{floor}(16 \times i/N_{\text{CBPS}})) \bmod s \quad i = 0, 1, \dots, N_{\text{CBPS}} - 1 \quad \dots\dots\dots (16)$$

s 的值由每个子载波的编码比特数(N_{BPSK})确定,见下式:

$$s = \max(N_{\text{BPSK}}/2, 1) \quad \dots\dots\dots (17)$$

实现逆过程的去交织器也由两步置换完成。

这里用 j 表示第一次置换前的原始接收比特的序号, i 表示第一次置换后、第二次置换前的序号, k 表示第二次置换后、但还未将编码比特传到卷积解码器(维特比解码器)时的序号。

第一次置换按下式进行:

$$i = s \times \text{floor}(j/s) + (j + \text{floor}(16 \times j/N_{\text{CBPS}})) \bmod s \quad j = 0, 1, \dots, N_{\text{CBPS}} - 1 \quad \dots\dots\dots (18)$$

本式中 s 的定义同式(17)。

这个置换过程是式(16)中所定义的置换过程的逆过程。

第二次置换如下式:

$$k = 16 \times i - (N_{\text{CBPS}} - 1) \text{floor}(16 \times i/N_{\text{CBPS}}) \quad i = 0, 1, \dots, N_{\text{CBPS}} - 1 \quad \dots\dots\dots (19)$$

这个置换过程是式(15)中所定义的置换过程的逆过程。

附录 C(C. 6. 2)中提供了交织过程的示例。

6.3.5.7 子载波调制映射

OFDM 子载波的调制应采用 BPSK、QPSK、16-QAM 或 64-QAM 的调制方式,具体的选择取决于所要求的速率。编码和交织后的二进制串行输入数据按数目为 N_{BPSK} (1、2、4 或者 6) 的比特为单位进行分组,转换为表征 BPSK、QPSK、16-QAM 或 64-QAM 星座点的复数。该转换按照格雷编码星座图映射,输入比特 b_0 为编码流中第一个数据,如图 10 所示。输出 d 由所得复数值($I+jQ$)乘以归一化因子 K_{MOD} 得到,如式(20)所示:

$$d = (I + jQ) \times k_{\text{MOD}} \quad \dots\dots\dots (20)$$

归一化因子 K_{MOD} 取决于基本调制模式,如表 6 所示。应当注意,从发送开始到结束的过程中,调制类型可能是不同的,这与图 1 中所示的信号从 SIGNAL 字段到 DATA 字段发生变化一样。乘以归一化因子的目的是对于所有的映射可以取得相同的平均功率。在实际实现中,只要设备达到 6.3.9.6 中所示的调制精确度要求,就可以使用归一化因子的近似值。

表 6 取决于调制方式的归一化因子 K_{MOD}

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

对 BPSK 而言, b_0 决定 I 路取值,见表 7;对于 QPSK, b_0 决定 I 路取值, b_1 决定 Q 路取值,见表 8;对于 16-QAM, $b_0 b_1$ 决定 I 路取值, $b_2 b_3$ 决定 Q 路取值,见表 9;对于 64-QAM, $b_0 b_1 b_2$ 决定 I 路取值, $b_3 b_4 b_5$ 决定 Q 路取值,见表 10。

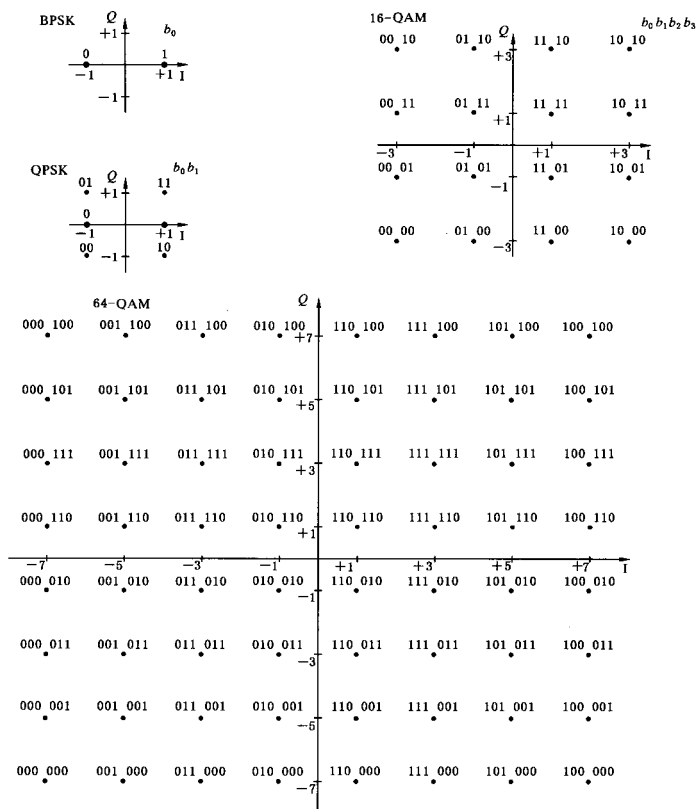


图 10 BPSK、QPSK、16-QAM 和 64-QAM 星座图比特编码

表 7 BPSK 编码表

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

表 8 QPSK 编码表

| 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 9 16-QAM 编码表

| 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 10 64-QAM 编码表

| 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 |
| 010 | -1 | 010 | -1 |
| 110 | 1 | 110 | 1 |
| 111 | 3 | 111 | 3 |
| 101 | 5 | 101 | 5 |
| 100 | 7 | 100 | 7 |

6.3.5.8 导频子载波

每个 OFDM 符号的子载波中有四个用于导频信号,用于保证在频率发生漂移和存在相位噪声的情况下进行稳定的相干检测。这些导频信号被插在编号为-21、-7、7 和 21 的子载波的位置上,它们由一个二进制序列伪码进行 BPSK 调制,以防止谱线的产生。导频子载波对每个 OFDM 符号的作用见 6.3.5.9。

6.3.5.9 OFDM 调制

复数流以 $N_{SD}=48$ 为单位分组。将复数记为 $d_{k,n}$,对应第 n 个 OFDM 符号的第 k 个子载波,具体表示如下:

$$d_{k,n} = d_{k+N_{SD} \times n} \quad k = 0, \dots, N_{SD} - 1; n = 0, \dots, N_{SYM} - 1 \quad \dots\dots\dots (21)$$

OFDM 符号的数目 N_{SYM} 在 6.3.5.3 中规定。

一个 OFDM 符号 $r_{DATA,n}(t)$ 定义如下:

$$r_{DATA,n}(t) = w_{TSYM}(t) \left[\sum_{k=0}^{N_{SD}-1} d_{k,n} \exp[j2\pi M(k)\Delta_F(t - T_{GI})] + p_{n+1} \sum_{k=-N_{ST}/2}^{N_{ST}/2} p_k \exp[j2\pi k\Delta_F(t - T_{GI})] \right] \quad \dots\dots\dots (22)$$

其中函数 $M(k)$ 把逻辑上的子载波编号 $0 \sim 47$ 映射为频率偏移序号 $-26 \sim 26$,其中跳过了导频子载波的位置及第 0 个(直流)子载波位置。

$$M(k) = \begin{cases} k-26 & 0 \leq k \leq 4 \\ k-25 & 5 \leq k \leq 17 \\ k-24 & 18 \leq k \leq 23 \\ k-23 & 24 \leq k \leq 29 \\ k-22 & 30 \leq k \leq 42 \\ k-21 & 43 \leq k \leq 47 \end{cases} \quad \dots\dots\dots (23)$$

第 n 个 OFDM 符号的导频子载波由如下的序列 P 经傅立叶变换后产生:

$$P_{-26,26} = \{0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0, \\ 0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,-1,0,0,0,0,0\} \dots\dots\dots(24)$$

导频子载波的极性由序列 P_n 决定, P_n 是以下 127 个元素序列的循环扩展:

$$P_{0 \cdots 126} = \{1, 1, 1, 1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, \\ 1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, -1, -1, 1, 1, \\ -1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, 1, 1, 1, \\ -1, -1, -1, 1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, 1, -1, 1, -1, 1, -1, 1, 1, \\ -1, -1, -1, -1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, -1, 1, 1, 1, 1, -1, -1, 1, -1, -1, 1, 1, 1, 1, \\ -1, 1, -1, -1, -1, -1, -1, -1, -1\} \quad \cdots (25)$$

序列 P_0 由图 7 定义的加扰器产生, 初始状态为全“1”, 并且把“1”变为-1, “0”变为 1。每个序列元素用于一个 OFDM 符号。第一个元素 P_0 乘以 SIGNAL 符号的导频子载波, 而从 P_1 开始的元素用于 DATA 符号。

图 11 表示子载波的频率分配。为了避免在模拟/数字(A/D)和数字/模拟(D/A)变换器的偏移处理过程中出现问题,并且考虑到射频(RF)系统的载波穿透问题,不使用降为直流的子载波(0 号子载波)。

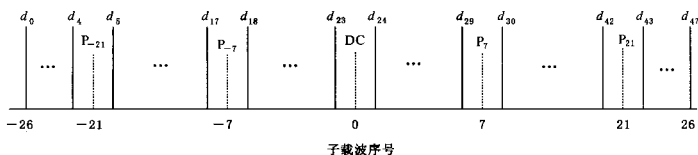


图 11 子载波频率分配

N_{SYM} 个 OFDM 符号合起来记为:

$$r_{\text{DATA}}(t) = \sum_{n=0}^{N_{\text{SYM}}-1} r_{\text{DATA},n}(t - nT_{\text{SYM}}) \quad \dots\dots\dots (26)$$

以上映射的实例见附录 C(C.6.3),导频信号的加扰见 C.7,这些操作的最终输出见 C.8。

6.3.6 空闲信道估计(CCA)

PLCP 应提供实现 CCA 的功能,并把结果报告给 MAC 层。CCA 机制检测媒体忙闲状态,具体见

6.3.10.5。媒体状态报告由原语 PHY-CCA.indicate 指示。

6.3.7 PLCP 数据调制及调制速率变化

PLCP 前导码将采用经 OFDM 调制后的固定波形进行发送。本部分中 SIGNAL 字段以

6 Mbit/s 的速率进行 BPSK-OFDM 调制, 同时应指示出用于发送 MPDU 的调制速率和编码率。发射机(接收机)根据 SIGNAL 字段中的 RATE 值对调制(解调)星座图和编码率进行初始化。TX-VECTOR 中的参数 DATARATE 对 MPDU 的发送速率进行设置, 参数 DATARATE 由原语 PHY-TXSTART.request 发布, 具体见 6.2.2。

6.3.8 PMD 总体操作规范

6.3.8.1~6.3.8.8 给出了采用各种调制方式的 OFDM PMD 子层的总体规范,具体调制方式有 BPSK、QPSK、16-QAM 和 64-QAM。这些规范适用于 OFDM PHY 的发送、接收功能和总体操作。

6.3.8.1 概述

OFDM PHY 发射机和接收机的总体框图见图 12,表 11 列出了 OFDM PHY 的主要规范。

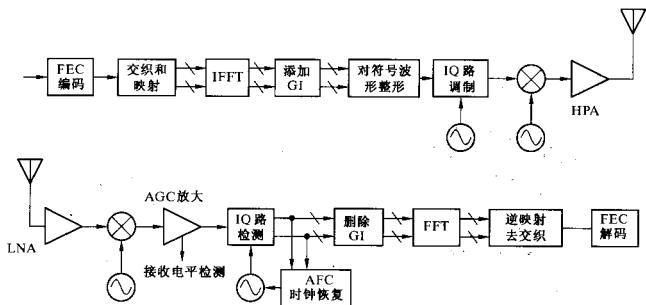


图 12 OFDM PHY 发射机和接收机框图

表 11 OFDM PHY 的主要参数

| | |
|---------------|--|
| 信息数据速率 | 6,9,12,18,24,36,48 和 54(单位为 Mbit/s;6,12 和 24 是必备的) |
| 调制方式 | BPSK OFDM QPSK OFDM 16-QAM OFDM 64-QAM OFDM |
| 纠错码 | $K=7$ (64 状态)卷积码 |
| 编码率 | 1/2,2/3,3/4 |
| 子载波数目 | 52 |
| OFDM 符号持续时间 | 4.0 μ s |
| 保护间隔 | 0.8 μ s* (T_{GI}) |
| 占据带宽 | 16.6 MHz |
| * 参见 6.3.2.4。 | |

6.3.8.2 规范要求

按本部分实现的无线局域网服从国家和地区管理机构对设备验证和工作要求的规定。基于发布本部分时已经建立的规则,PMD 规范给出了满足互操作性的最低技术要求。这些规则有待于修正,且可能被取代。隶属于区域性规则的要求在 PMD 规范中有注释。本部分不涉及与互操作性无关的规则要求,详细资料可查阅表 12。在已经确定规则的国家内,其操作可能会因为国家规则的增补或者改变而发生变化。

表 12 所列的文献阐述了标准制定时不同地域的规则要求,它们仅作参考,随时可能被改变或修订。

表 12 规章要求表

| 地 域 | 批准 标准 | 参考文献 | 批准的机构 |
|---------------------|--|---|-------------|
| 中国 | 信息产业部无线电管理局 | 信部无[2002]277 号《关于使用 5.8GHz 频段频率事宜的通知》 | 信息产业部无线电管理局 |
| 美国 ^a | Federal Communications Commission(FCC) | CFR47 第 15 部分中的 15.205、15.209 和子部分 E,15.401-15.407 部分 | FCC |
| 日本 ^a | Ministry of Post and Telecommunication (MPT) | MPT 无线电设备规范 文章 49.20 | MPT |
| ^a 提示性信息。 | | | |

6.3.8.3 工作信道频率

6.3.8.3.1 工作频率范围

OFDM PHY 工作在 5.8 GHz 频段,由其运行区域的管理部门进行分配。5.8 GHz 频段的频谱分配由特定地域管理范围(如全球的、地区的和国家的)管理当局负责。用于本部分的频段划分取决于以上的分配和使用该分配的相关规则。这些规则有待于修订,还可能被取代。在中国,信息产业部无线电管理局负责 5.8 GHz 频段的分配。在美国¹⁾,FCC 负责 5 GHz U-NII 频段的分配。

在一些管理区域内,基于 OFDM PHY 的无线局域网可以使用若干个频段。这些频段可以是连续或不连续的,以不同的规则进行限制。符合本部分的 OFDM PHY 在至少一个管理域内支持至少一个频段。对特定管理域的支持,以及对这些管理域内频段的支持由 PLME 的属性给出,即 dot11 RegDomain Supported 和 dot11 Frequency Bands Supported。

6.3.8.3.2 信道编号

信道的中心频率位于 5 GHz 以上的每相邻 5 MHz 的整数倍上。中心频率及信道编号的关系如下:

$$\text{信道中心频率} = 5\,000 + 5 \times n_{\text{ch}} \text{ (MHz)} \quad n_{\text{ch}} = 145, 146, 147, \dots, 200 \quad \dots\dots (27)$$

本定义给出了在 5 GHz~6 GHz 之间以 5 MHz 为信道间隔的编号方法,也为现行及将来的管理域中的信道设置提供了灵活性。

6.3.8.3.3 信道划分

表 13 定义了管理域内的有效工作信道的编号设置。

表 13 管理域内的有效工作信道的编号及频段

| 管 理 域 | 频 段 /GHz | 信道编号 | 信道中心频率 /MHz |
|----------------------|---------------------------------------|------|-------------|
| 中 国 | 5.725~5.850 | 149 | 5 745 |
| | | 153 | 5 765 |
| | | 157 | 5 785 |
| | | 161 | 5 805 |
| | | 165* | 5 825* |
| 美 国 ^b | U-NII 低频段 ^b (5.15~5.25) | 36 | 5 180 |
| | | 40 | 5 200 |
| | | 44 | 5 220 |
| | | 48 | 5 240 |
| 美 国 ^b | U-NII 中频段 ^b (5.25~5.35) | 52 | 5 260 |
| | | 56 | 5 280 |
| | | 60 | 5 300 |
| | | 64 | 5 320 |
| 美 国 ^b | U-NII 高频段 (5.725~5.825) | 149 | 5 745 |
| | | 153 | 5 765 |
| | | 157 | 5 785 |
| | | 161 | 5 805 |
| ^a 为可选项。 | | | |
| ^b 仅适用于美国。 | | | |

图 13 给出了本部分的信道划分方案。对于应用于中国的频率分配,在总带宽为 125 MHz 的频段

1) 提示性信息。

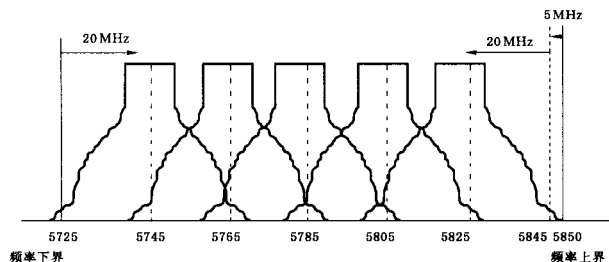
内提供 5 个信道,最外层信道的中心距离频段边缘 20 MHz。对于应用于美国 FCC U-NII 的频率分配。在总带宽为 200 MHz 的低、中 U-NII 频段内提供 8 个信道,高 U-NII 频段在 100 MHz 的带宽内提供 4 个信道。中、低 U-NII 频段的最外层信道的中心距离频段边缘 30 MHz,对于高 U-NII 频段,距离为 20 MHz。

OFDM PHY 工作在 5.8 GHz 频段,由它的工作区域的管理实体具体分配。

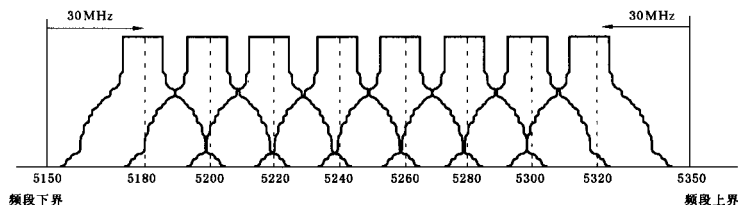
图 13 给出了中心频率,但是没有在图 11 所示的中心频率处分配子载波。

在多区网络拓扑结构中,使用不同信道的重叠或者相邻小区可以同时工作。

应用于中国 5.8GHz 频段的频率分配:125 MHz 带宽内间隔为 20 MHz 的 5 个载波



U-NII 的中低频段:200 MHz 带宽内间隔为 20 MHz 的 8 个载波[只适用于美国²⁾]



U-NII 的高频段:100 MHz 带宽内间隔为 20 MHz 的 4 个载波

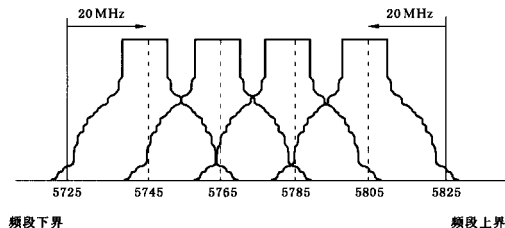


图 13 中国、美国 OFDM PHY 的信道安排

2) 提示性信息。

6.3.8.4 发射和接收带内和带外的杂散信号

OFDM PHY 应符合带内和带外杂散发射的管理规定。中国应参照信部无[2002]277 号《关于使用 5.8 GHz 频段频率事宜的通知》，美国²⁾应参照 FCC 15.407。

6.3.8.5 射频的发射时延

射频的发射时延定义为从发布原语 PMD_DATA.request 到相应符号在空中接口开始发射的间隔时间。

6.3.8.6 时隙

OFDM PHY 的时隙为 9 μ s, 是 RX 到 TX 的转换时间、MAC 处理时延和 CCA 检测时(<4 μ s)的总和。传播时延包含在 CCA 检测时间内。

6.3.8.7 发射和接收天线的端口阻抗

若天线外置端口, 则发射与接收天线的外置端口阻抗均为 50 Ω 。

6.3.8.8 发射机和接收机的工作温度范围

GB 15629.11—2003 的第 14 章确定了 OFDM PHY 完全正常工作的三种温度范围。第一种为办公室环境: 0℃~40℃; 第二种和第三种为工业环境, 分别为 -20℃~50℃和 -30℃~70℃。

6.3.9 PMD 发射规范

6.3.9.1~6.3.9.7 给出了与 PMD 子层相关的发射规范。总体来讲, 它们由 PLCP 发出的原语确定, 处于发射状态的 PMD 实体提供将 PLCP 原语要求的信号发送到媒体上的具体方法。

6.3.9.1 发射功率电平

中国、美国 FCC 规定的允许输出的最大发射功率见表 14。

表 14 中国、美国³⁾发射功率电平

| 频 段/GHz | 最大输出功率/mW (天线增益最大为 6 dBi) |
|-------------------|------------------------------|
| 5.725~5.850(中国) | 500(20 mW/ MHz) |
| 5.15~5.25 (美国)* | 40(2.5 mW/ MHz) |
| 5.25~5.35 (美国)* | 200(12.5 mW/ MHz) |
| 5.725~5.825 (美国)* | 800(50 mW/ MHz) |

* 为提示性信息。

6.3.9.2 发射频谱掩模

发射频谱应有一段不超过 18 MHz 的 0 dBr 带宽(dBr 是信号频谱密度与信号最大频谱密度相比的 dB 数), 在 11 MHz 频率偏移处为 -20 dBr, 在 20 MHz 频率偏移处为 -28 dBr, 在 30 MHz 以上的频率偏移处为 -40 dBr。发射信号的频谱密度应被包含在频谱掩模范围内, 如图 14 所示。测量时应使用 100 kHz 的分辨率带宽和 30 kHz 的视频带宽。

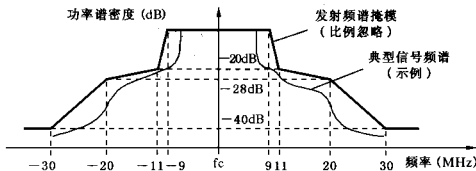


图 14 发射频谱掩模

3) 提示性信息。

6.3.9.3 杂散发射

符合本部分的设备的杂散发射情况遵循国家规定。中国应参照信部无[2002]277号《关于使用5.8 GHz频段频率事宜的通知》，美国应参照FCC 15.407。

6.3.9.4 发射时的中心频率容限

在发射时，最大的中心频率容限为 $\pm 20 \times 10^{-6}$ ，中心频率及符号时钟频率来自同一个参考振荡器。

6.3.9.5 符号的时钟频率容限

最大的符号时钟频率容限为 $\pm 20 \times 10^{-6}$ ，发射时中心频率及符号时钟频率来自同一个参考振荡器。

6.3.9.6 调制精确度

本条描述了发射调制精确度规范，6.3.9.7给出了检测方法。

6.3.9.6.1 发射机的中心频率泄露

发射机的具体实现可能会引起中心频率分量的泄露。这种泄露在接收机端以中心频率分量的能量来表示，与发射总功率相比不超过-15 dB，或者说不应超过其余子载波平均能量的2 dB。这些测试数据应来源于信道估计阶段。

6.3.9.6.2 发射频谱平滑度

在谱线-16~-1和+1~+16中，每条谱线的星座图的平均能量与它们的总体平均能量相比不超过 ± 2 dB。-26~-17和+17~+26中每条谱线的星座图的平均能量与谱线-16~-1和+1~+16的平均能量相比不超过 $+2/-4$ dB。这些测试数据应来源于信道估计阶段。

6.3.9.6.3 发射机星座图错误

在子载波、OFDM帧和分组上取平均后的星座相对RMS错误不超过按照表15给定的不同速率的错误值。

表 15 对应于不同数据速率的可允许的相对星座图错误

| 数据速率/(Mbit/s) | 相对星座图错误/dB |
|---------------|------------|
| 6 | -5 |
| 9 | -8 |
| 12 | -10 |
| 18 | -13 |
| 24 | -16 |
| 36 | -19 |
| 48 | -22 |
| 54 | -25 |

6.3.9.7 发射调制精确度检测

检测发射调制精确度的设备能以20 Msample/s或更高的采样速率把发射信号转化成复数样本序列，它的精确度依赖于I/Q支路幅度、相位均衡、直流偏移、相位噪声等参数。这种方法的一种可能的实现是：使用微波合成器将信号变换到比较低的中频，然后用数字示波器采样，分解成正交分量。

采样信号的处理采用与实际接收机相似的处理方式，具体步骤如下：

- 检测帧的起始位置；
- 检测短序列到信道估计序列的变换，建立准确定时（使用一个样本分辨率）；
- 粗略、精确估计频率偏移量；
- 根据估计的频率偏移量对分组进行旋转补偿；
- 针对每个子载波估计复信道响应系数；
- 对每个OFDM符号，先将其转换成子载波接收值，根据导频子载波估计相位，再根据估计的相

- 位对子载波值进行旋转补偿,最后将每个子载波值除以复值的估计信道响应系数;
 g) 对每个承载数据的子载波,找到最近的星座点,并计算距离该星座点的欧氏距离;
 h) 计算一个分组内所有错误的 RMS 平均值。如下式:

$$Error_{RMS} = \frac{\sum_{i=1}^{N_t} \sqrt{\sum_{j=1}^{L_p} \left[\sum_{k=1}^{52} \{ [I(i,j,k) - I_0(i,j,k)]^2 + [Q(i,j,k) - Q_0(i,j,k)]^2 \} \right]}}{N_t} \sqrt{\frac{52 L_p \times P_0}{N_t}} \quad \dots\dots (28)$$

式中:

L_p ——分组长度;

N_t ——被测量的帧的数目;

$(I_0(i,j,k), Q_0(i,j,k))$ ——复平面上第 i 个帧的第 j 个 OFDM 符号的第 k 个子载波的理想符号点;

$I(i,j,k), Q(i,j,k)$ ——复平面上第 i 个帧的第 j 个 OFDM 符号的第 k 个子载波的检测点 (见图 15);

P_0 ——星座的平均功率。

图 15 给出了相位平面上的向量错误。

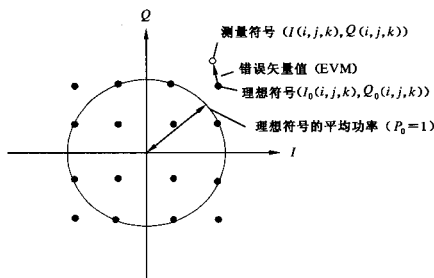


图 15 星座图错误

这种检测方案至少需要 20 个帧 (N_t) 参与计算,并对它们取 RMS 平均值。受检的分组长度至少有 16 个 OFDM 符号,这些符号采用随机数据。

6.3.10 PMD 接收机规范

6.3.10.1~6.3.10.5 给出了与 PMD 子层有关的接收机规范。

6.3.10.1 接收机的最小输入电平灵敏度

当 PSDU 的长度为 1000 八位位组时,使分组错误率 (PER) 少于 10% 的最大输入电平值如表 16 所示,这个值随数据速率的不同而变化。最小输入电平在天线连接器处测量 (假设 NF 为 10 dB, 实现的冗余为 5 dB)。

表 16 接收机性能要求

| 数据速率/(Mbit/s) | 最小灵敏度/ dBm | 抗邻道干扰能力/dB | 抗交替邻道干扰能力/dB |
|---------------|---------------|------------|--------------|
| 6 | -82 | 16 | 32 |
| 9 | -81 | 15 | 31 |
| 12 | -79 | 13 | 29 |
| 18 | -77 | 11 | 27 |
| 24 | -74 | 8 | 24 |
| 36 | -70 | 4 | 20 |
| 48 | -66 | 0 | 16 |
| 54 | -65 | -1 | 15 |

6.3.10.2 抗邻道干扰能力

抗邻道干扰能力可以通过如下方法来测试:设置信号强度比表 16 中的最小灵敏度高 3 dB,提高干扰信号功率,直到对于 1000 八位位组长的 PSDU 产生 10% 的 PER,干扰信道及信号信道之间的功率差异即为相应的抗邻道干扰能力。邻道的干扰信号是标准的 OFDM 信号,与测试的信号信道中的信号不同步。对标准的 OFDM PHY 而言,对应的抗邻道干扰能力应不小于表 16 中确定的值。

6.3.10.3 抗非邻道干扰能力

抗非邻道干扰能力可以通过如下方法来测试:设置信号强度比表 16 中的最小灵敏度高 3dB,提高干扰信号功率,直到对于 1000 八位位组长的 PSDU 产生 10% 的 PER,这样即可测得抗非邻道干扰的能力。干扰信道及信号信道之间的功率差异即为相应的抗非邻道干扰能力。非邻道的干扰信号是标准的 OFDM 信号,与测试的信号信道中的信号不同步。对标准的 OFDM PHY 而言,对应的抗非邻道干扰能力应不小于表 16 中确定的值。

6.3.10.4 接收机最大输入电平

对任何基带调制方式,当输入电平在天线端测量的最大值为-30 dBm 时,对于 1000 八位位组长的 PSDU,接收端的 PER 的最大值为 10%。

6.3.10.5 CCA 灵敏度

当一个有效的 OFDM 发送具有接收电平等于或大于 6 Mbit/s 速率相对应的最小灵敏度(-82 dBm)时,会引起 CCA 在 4 μ s 内以大于 90% 的概率指示媒体为忙。如果前导码丢失,接收机将对任何超过 6Mbits/s 速率最小灵敏度 20 dB 的信号(达到-62 dBm)给出载波侦听(CS)信号为忙的信息。

6.3.11 PLCP 发射规程

图 16 给出了 PLCP 的发射规程。为了发射数据,首先发布原语 PHY-TXSTART.request,使 PHY 实体处于发射状态,然后通过 PLME 的站管理信息对 PHY 进行设置,使其工作在合适的频率上。其他发射参数,如 DATARATE 和 TX 功率等,由 PHY-SAP 通过原语 PHY-TXSTART.request(TX-VECTOR)进行设置,详见 6.2.2。

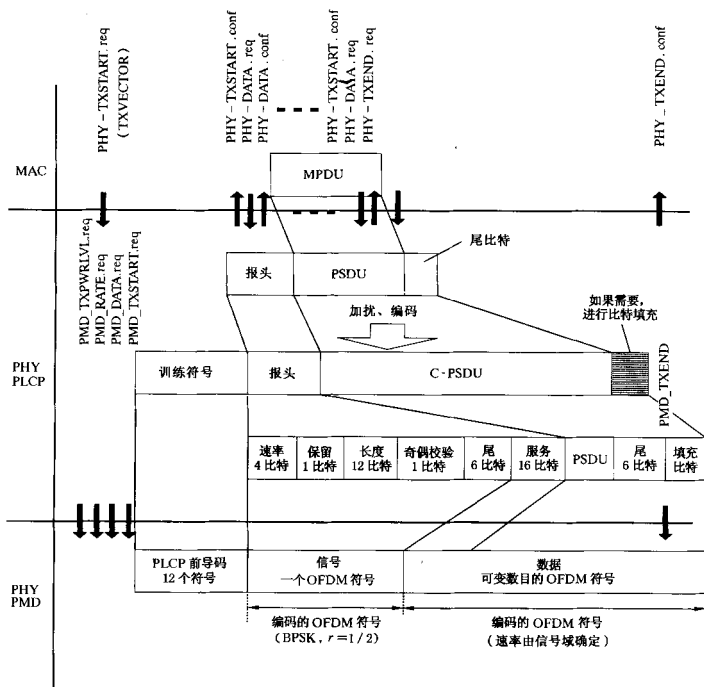


图 16 PLCP 发射规程

空闲信道由 PHY-CCA.indicate(IDLE)指示,MAC 在发布 PHY-TXSTART.request 之前判断该指示信号状态。在接收到原语 PHY-TXSTART.request(TXVECTOR)之后,PPDU 的发送过程被初始化。PHY-TXSTART.request 的 TXVECTOR 的组成部分是 PLCP 报头的参数 DATARATE、SERVICE、LENGTH 以及 PMD 参数 TXPWR LEVEL。

PLCP 首先发布原语 PMD_TXPWRVLV 和 PMD_RATE 来对 PHY 层进行配置,然后发布 PMD_TXSTART.request,并基于在原语 PMD_TXSTART.request 中传送的参数进行 PLCP 前导码和报头的传输。一旦开始发送 PLCP 前导码,PHY 实体立即开始数据加扰和数据编码。加扰和编码后的数据通过一系列 MAC 层发出的原语 PHY-DATA.request(DATA)和 PHY 层发出的 PHY-DATA.confirm 原语在 PHY 及 MAC 层之间进行交换。如果调制速率发生了变化,则由 PLCP 报头的 SERVICE 字段进行初始化,如 6.3.2 所述。

PHY 通过来自 MAC 层的一系列数据 8 位位组发送过程继续发送 PSDU。PLCP 报头参数 SERVICE 和 PSDU 采用 6.3.5.5 中所述的方法进行卷积编码,在 PMD 层,数据 8 位位组按比特 0~7 的顺序进行发送,然后通过原语 PMD_DATA_request 提交到物理层。MAC 层发出的 PHY-TX-ENR.request 可以提前结束发送,并禁止 PHY-TXSTART 原语。正常的结束应在最后一个 PSDU 8 位位组的最后一个比特发送结束之后,由 OFDM PHY 前导码的 LENGTH 字段中的值来决定。

分组发送结束后,PHY 实体进入接收状态(例如禁止 PHY-TXSTART 原语)。每个原语 PHY-TXEND.request 由 PHY 的原语 PHY-TXEND.confirm 进行确认。如果编码后的 PSDU(CPSDU)不是 OFDM 符号的倍数,填充一些比特使 CPSDU 的长度成为 OFDM 符号的整数倍。

PMD 在每个 OFDM 符号中插入 GI,以防止严重的延时扩展。

PLCP 发射过程的典型状态机实现见图 17。一旦处于指定的状态,就发布请求(req)和确认(confirm)。

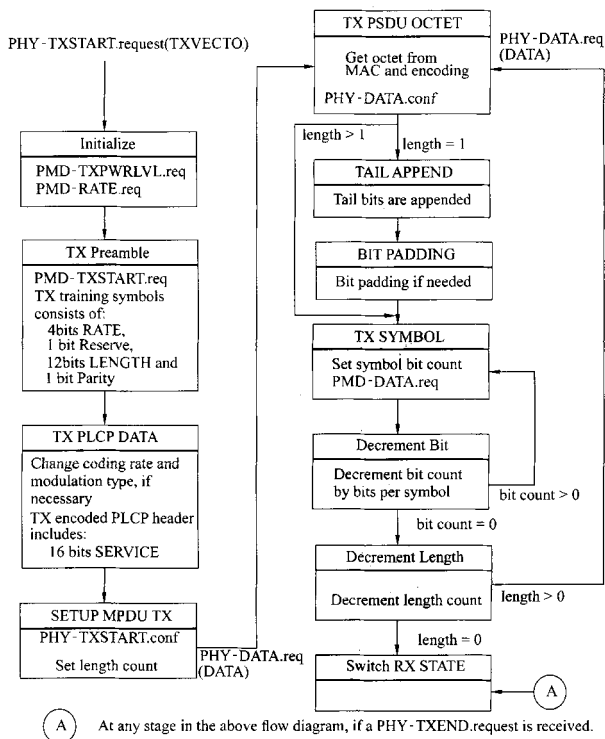


图 17 PLCP 发射状态机

6.3.12 PLCP 接收规程

PLCP 接收规程见图 18。为了接收数据,原语 PHY-TXSTART.request 被禁止,使得 PHY 实体处于接收状态。而且通过 PLME 的站点管理,将 PHY 设置到合适的工作频率上。通过 PHY-SAP 访问其他接收参数,例如 RSSI 和指定的 DATARATE。

一旦接收到 PLCP 前导码,原语 PMD_RSSI.indicate 将向 PLCP 报告一个重要的接收信号强度等级。这个过程通过原语 PHY-CCA.indicate 向 MAC 指示信道的活性。原语 PHY-CCA.indicate (BUSY)应先于正确接收 PCCP 帧之前进行发布。发布 PMD 原语 PMD_RSSI 用于更新向 MAC 层报告的 RSSI 和参数。

发布原语 PHY-CCA.indicate 之后,PHY 实体开始接收训练符号,并搜索 SIGNAL 字段,以设置数据流的长度、解调类型和解码速率。一旦检测到 SIGNAL 字段,且经简单的偶数奇偶校验后无任何误码,则对 FEC 解码器进行初始化,然后接收 PLCP SERVICE 字段及数据,并进行解码(建议使用 Viterbi 解码器),并采用 ITU-T CRC-32 进行校验。如果校验失败,PHY 接收机将返回接收空闲(RX IDLE)状态,如图 18 所示。在接收期间,如果 CCA 在整个 PLCP 处理结束之前返回 IDLE 状态的话,PHY 接收机将返回到 RX IDLE 状态。

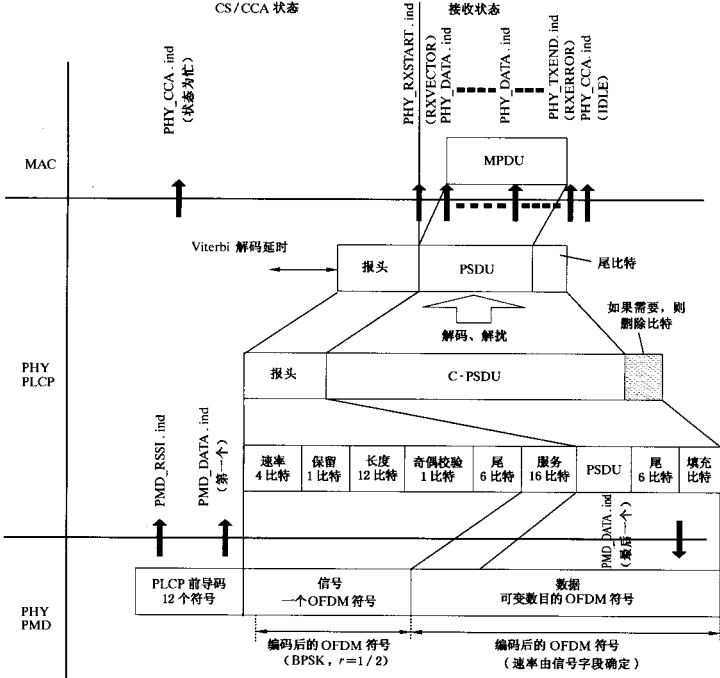


图 18 PLCP 接收规程

如果 PLCP 报头被成功接收(而且 SIGNAL 字段完全可识别且被支持),则发布原语 PHY-RX-START.indicate(RXVECTOR)。与该原语有关的 RXVECTOR 包括 SIGNAL 字段、SERVICE 字段、PSDU 的八位位组长度以及 RSSI。同样在此情况下,OFDM PHY 应确保 CCA 在发射帧的预期的持续时间内指示媒体为忙。预期的持续时间由 LENGTH 字段给出。

接收的 PSDU 比特重组成八位位组形式,进行解码后经过一系列 PHY-DATA.indicate (DATA) 原语交换过程提交给 MAC 层。SIGNAL 字段内指示的速率变化将根据 PLCP 报头的 SERVICE 字段内的数据进行初始化,如 6.3.2 所示。PHY 继续 PSDU 的接收过程。在接收机根据 PLCP 前导码中的 LENGTH 字段的内容接收到最后一个 PSDU 八位位组的最后一个比特后,返回 RX IDLE 状态,见图 18。此时发布原语 PHY-RXEND.indicate(NoError)。

假如 RSSI 的变化导致 CCA 在 PSDU 的接收完成之前返回 IDLE 状态,错误条件原语 PHY-RX-

END.indicate(CarrierLost)应被提交至 MAC 层。OFDM PHY 应确保 CCA 在发送分组的预期持续时间给出媒体忙信息。

如果 SIGNAL 字段指示的信息速率不可接收,则 PHY 不发布原语 PHY-RXSTART.indicate,而发布一个错误原语 PHY-RXEND.indicate(UnsupportedRate)。如果 PLCP 报头是可以接收的,但 PLCP 报头的奇偶校验无效,则 PHY 不发布原语 PHY-RXSTART.indicate,而发布一个错误原语 PHY-RXEND.indicate(FormatViolation)。

在指定的数据长度之后接收到的任何数据都被认为是填充比特(在 OFDM 符号中起填充作用),因此将被丢弃。

图 19 给出了一个 PLCP 接收过程的典型状态机实现。

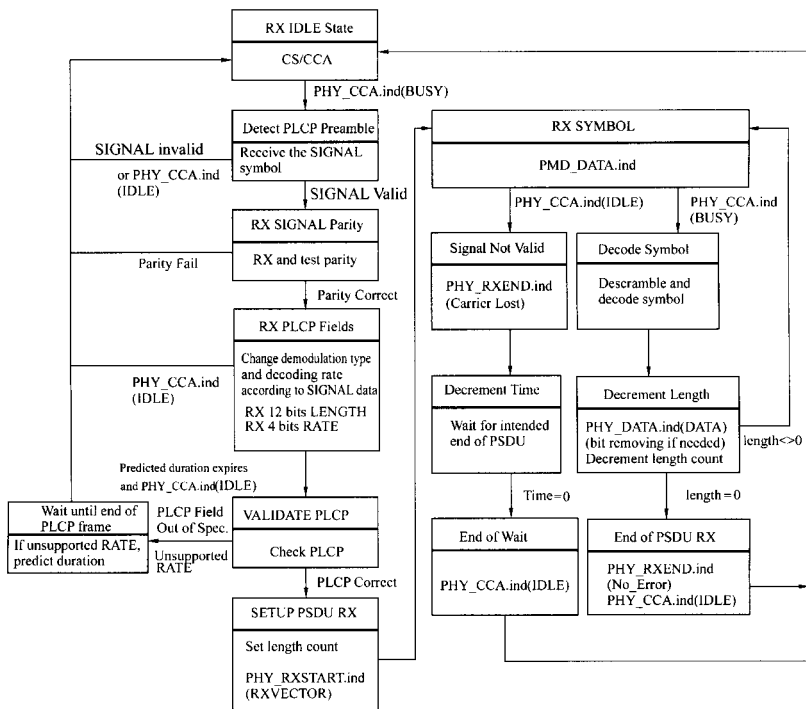


图 19 PLCP 接收状态机

6.4 OFDM PLME

6.4.1 PLME_SAP 子层管理原语

表 17 列出了一些 MIB 属性,这些属性供 PHY 子层实体和高层管理实体(LME)的内部层使用,并通过 GB 15629.11—2003 的 10.4 定义的原语 PLME-GET、PLME-SET、PLME-RESET 和 PLME-CHARACTERISTICS 进行访问。

表 17 MIB 属性的缺省值/范围

| 管理对象 | 缺省值/范围 | 操作语义 |
|--|---|------|
| 有关 PHY 工作的表项 | | |
| PHY 类型 (dot11 PHY type) | OFDM-5, (04) | 静态 |
| 当前管理域 (dot11 Current reg domain) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 当前频段 (dot11 Current frequency band) | 取决于具体实现 | 动态 |
| 温度类型 (dot11 Temp type) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 有关 PHY 天线的表项 | | |
| 当前发射天线 (dot11 Current Tx antenna) | 取决于具体实现 | 动态 |
| 对分集的支持 (dot11 Diversity support) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 当前接收天线 (dot11 Current Rx antenna) | 取决于具体实现 | 动态 |
| 有关 PHY 发射功率的表项 | | |
| 支持的功率等级数目 (dot11 Number supported power levels) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 1 (dot11 Tx power level 1) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 2 (dot11 Tx power level 2) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 3 (dot11 Tx power level 3) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 4 (dot11 Tx power level 4) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 5 (dot11 Tx power level 5) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 6 (dot11 Tx power level 6) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 7 (dot11 Tx power level 7) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 发射功率等级 8 (dot11 Tx power level 8) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 当前发射功率等级 (dot11 current Tx Power Level) | 取决于具体实现 | 动态 |
| 有关管理域支持的表项 | | |
| 支持的管理域 (dot11 Reg domains supported) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 支持的频段 (dot11 Frequency bands supported) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 有关 PHY 天线的表项 | | |
| 支持的发射天线 (dot 11 Supported Tx antenna) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 支持的接收天线 (dot11 Supported Rx antenna) | 取决于具体实现 | 静态 |
| 分集选择接收 (dot 11 Diversity selection Rx) | 取决于具体实现 | 动态 |
| 支持的发送数据速率表项 | | |
| 支持的发送数据速率 (dot11 Supported data rates Tx value) | 6,9,12,18,24,36,48 和 54(单位为 Mbit/s) 必备速率:6,12 和 24 | 静态 |
| 支持的接收数据速率表项 | | |
| 支持的接收数据速率 (dot11 Supported data rates Rx value) | 6,9,12,18,24,36,48 和 54(单位为 Mbit/s) 必备速率:6,12 和 24 | 静态 |
| PHY OFDM 表项 | | |
| 当前频率 (dot11 Current frequency) | 取决于具体实现 | 动态 |
| TI 阈值 (dot11 TI threshold) | 取决于具体实现 | 动态 |

6.4.2 OFDM PHY 管理信息库

GB 15629.11—2003 的第 13 章定义了 OFDM PHY 层的管理信息库的所有属性,表 17 中定义了具体的取值。表 17 中的“操作语义”栏包括两种类型:静态和动态。静态的 MIB 属性是固定的,不能针对特定的 PHY 实现进行修改。动态的 MIB 属性可以被管理实体修改。

6.4.3 OFDM TXTIME 的计算

由原语 PLME_TXTIME.confirm 返回的参数 TXTIME 的值可根据下式计算:

$$\text{TXTIME} = T_{\text{PREAMBLE}} + T_{\text{SIGNAL}} + T_{\text{SYM}} \times \text{Ceiling}[(16 + 8 \times \text{LENGTH} + 6) / N_{\text{DBPS}}] \quad \dots\dots\dots (29)$$

式中:

N_{DBPS} ——来自参数 DATARATE(Ceiling 函数为向上取整函数);

N_{SYM} ——由式(11)给出。

计算参数 TXTIME 的值也可以使用以下简化式:

$$\text{TXTIME} = T_{\text{PREAMBLE}} + T_{\text{SIGNAL}} + (16 + 8 \times \text{LENGTH} + 6) \text{DATARATE} + T_{\text{SYM}} / 2 \quad \dots\dots\dots (30)$$

式(30)不包括循环到下一个 OFDM 符号的影响,可能存在 $\pm 2 \mu\text{s}$ 的误差。

6.4.4 OFDM PHY 特性

表 18 给出了通过服务原语 PLME_CHARACTERISTICS 提供的静态 OFDM PHY 特性。这些特性的定义见 D.2。

表 18 OFDM PHY 特性

| 特 性 | 值 |
|----------------------------------|-------------------|
| 时隙 (aSlotTime) | 9 μs |
| 短的帧间隔时间 (aSIFSTime) | 16 μs |
| CCA 时间 (aCCATime) | <4 μs |
| 接收到发射的转换时间 (aRxTxTurnaroundTime) | <2 μs |
| 发射时 PLCP 的时延 (aTxPLCPDelay) | 取决于具体实现 |
| 接收时 PLCP 的时延 (aRxPLCPDelay) | 取决于具体实现 |
| 接收到发射的切换时间 (aRxTxSwitchTime) | <<1 μs |
| 发射功率提升时间 (aTxRampOnTime) | 取决于具体实现 |
| 发射功率下降时间 (aTxRampOffTime) | 取决于具体实现 |
| 发射时的射频时延 (aTxRFDelay) | 取决于具体实现 |
| 接收时的射频时延 (aRxRFDelay) | 取决于具体实现 |
| 空中传播时间 (aAirPropagationTime) | <<1 μs |
| MAC 层处理的时延 (aMACProcessingDelay) | <2 μs |
| 前导码的长度 (aPreambleLength) | 20 μs |
| PLCP 报头的长度 (aPLCPHeaderLength) | 4 μs |
| MPDU 的最大长度 (aMPDUMaxLength) | 4095 |
| 竞争窗口的最小值 (aCWmin) | 15 |
| 竞争窗口的最大值 (aCWmax) | 1023 |

6.5 OFDM PMD 子层

6.5.1 应用范围及领域

本条规定了提供给 OFDM PHY 中的 PLCP 的 PMD 服务。为使遵循本规范的实现具有良好的可操作性,本条还定义了功能、电气和射频特性。本规范同整个 OFDM PHY 的关系见图 20。

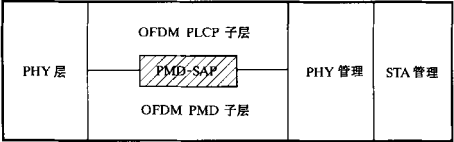


图 20 PMD 层参考模型

6.5.2 服务概述

OFDM PMD 子层接受 PLCP 子层的服务原语,提供在媒体中发送或接收数据的实际方法。对于接收过程,OFDM PHY 子层的原语和参数一起使用,将数据流、定时信息和相关的接收信号参数传递到 PLCP 子层。对于数据发送过程,提供了相似的功能。

6.5.3 相互作用概述

与 PLCP 子层有关的原语可归结为两类:

- a) 支持 PLCP 对等对等相互作用的服务原语;
- b) 在本地起作用并且支持子层间相互作用的服务原语。

6.5.4 基本的服务和选项

本条规定的所有服务原语都是必备的,除非有另外声明。

6.5.4.1 PMD_SAP 对等服务原语

表 19 指示对等对等相互作用的原语。

表 19 PMD_SAP 对等对等服务原语

| 原 语 | 请 求 | 指 示 | 确 认 | 响 应 |
|----------|-----|-----|-----|-----|
| PMD_DATA | X | X | — | — |

6.5.4.2 PMD_SAP 子层对子层的服务原语

表 20 规定了与子层对子层相互作用有关的原语。

表 20 PMD_SAP 子层对子层的服务原语

| 原 语 | 请 求 | 指 示 | 确 认 | 响 应 |
|---------------|-----|-----|-----|-----|
| PMD_TXSTART | X | — | — | — |
| PMD_TXEND | X | — | — | — |
| PMD_TXPWRVLVL | X | — | — | — |
| PMD_RATE | X | — | — | — |
| PMD_RSSI | — | X | — | — |

6.5.4.3 PMD_SAP 服务原语参数

表 21 规定了一个或多个 PMD_SAP 服务原语所使用的参数。

表 21 PMD 原语的参数列表

| 参 数 | 相 关 原 语 | 值 |
|-------------|----------------------|--|
| TXD_UNIT | PMD_DATA.request | 1,0; 一个 OFDM 符号值 |
| RXD_UNIT | PMD_DATA.indicate | 1,0; 一个 OFDM 符号值 |
| TXPWR_LEVEL | PMD_TXPWRLVL.request | 1~8(8 个等级中的最大值) |
| RATE | PMD_RATE.request | 12 Mbit/s(用于 BPSK) 24 Mbit/s(用于 QPSK) 48 Mbit/s(用于 16-QAM) 72 Mbit/s(用于 64-QAM) |
| RSSI | PMD_RSSI.indicate | RSSI 的 0~8 比特 |

6.5.5 PDM SAP 详细服务规范

本条规定了每个 PMD 原语提供的服务。

6.5.5.1 PMD_DATA.request

6.5.5.1.1 功能

本原语定义了从 PLCP 子层到 PMD 实体的数据传输。

6.5.5.1.2 服务原语的语义

原语提供以下参数：

PMD_DATA.request(TXD_UNIT)

对于一个 OFDM 调制符号, TXD_UNIT 参数由 n 个比特的“0”和“1”所构成。如果一个编码后的 MPDU(C-MPDU)的长度小于 n 比特, 则填充比特“0”来形成一个 OFDM 符号。该参数代表单个数据块, PHY 层对其编码, 最终形成一个 OFDM 发射符号。

6.5.5.1.3 产生条件

该原语由 PLCP 子层产生, 以请求发送一个 OFDM 符号。本原语的数据时钟由 PMD 层基于 OFDM 符号时钟提供。

6.5.5.1.4 收后效果

PMD 执行数据的发送过程。

6.5.5.2 PMD_DATA.indicate

6.5.5.2.1 功能

该原语定义了从 PMD 实体到 PLCP 子层的数据传输。

6.5.5.2.2 服务原语的语义

原语提供以下参数：

PMD_DATA.indicate(RXD_UNIT)

RXD_UNIT 参数为“0”或者“1”, 表示经 PMD 实体卷积解码后的比特是信号字段的比特还是数据字段的比特。

6.5.5.2.3 产生条件

该原语由 PMD 实体产生, 用于将接收数据转发到 PLCP 子层。PMD 层基于 OFDM 符号时钟提供该原语的数据时钟。

6.5.5.2.4 收后效果

PLCP 子层对恢复为 PLCP 会聚过程一部分的比特信息进行解释, 或者把这些数据作为 MPDU 的一部分传递给 MAC 子层。

6.5.5.3 PMD_TXSTART.request

6.5.5.3.1 功能

该原语由 PHY PLCP 子层产生, 对 PMD 层的 PPDU 发送过程进行初始化。

6.5.5.3.2 服务原语的语义

原语提供以下参数：

PMD_TXSTART.request

6.5.5.3.3 产生条件

该原语由 PLCP 子层产生,用于对 PMD 层的 PPDU 发送过程进行初始化。原语 PHY-TX-START.request 在发布 PMD_TXSTART 命令之前提供给 PLCP 子层。

6.5.5.3.4 收后效果

PMD_TXSTART 对 PMD 子层的 PPDU 发送过程进行初始化。

6.5.5.4 PMD_TXEND.request

6.5.5.4.1 功能

PHY PLCP 子层产生该原语,用于终止 PMD 层的 PPDU 发送过程。

6.5.5.4.2 服务原语的语义

原语提供以下参数：

PMD_TXEND.request

6.5.5.4.3 产生条件

当 PLCP 子层要结束 PMD 层的 PPDU 发送过程时,PLCP 子层产生该原语。

6.5.5.4.4 接收效果

PMD_TXEND 终止 PMD 子层的 PPDU 发送过程。

6.5.5.5 PMD_TXPWRLVL.request

6.5.5.5.1 功能

PLCP 子层产生该原语,用于选择 PHY 发射信号时使用的功率等级。

6.5.5.5.2 服务原语的语义

原语提供以下参数：

PMD_TXPWRLVL.request(TXPWR_LEVEL)

TXPWR_LEVEL 选择发送当前分组时应使用哪一种发射功率等级。可用的功率等级数目由 MIB 参数 aNumberSupportedPowerLevels 确定,在 6.3.9.1 中提供了有关 OFDM PHY 功率等级控制的更多信息。

6.5.5.5.3 产生条件

PLCP 子层产生该原语以选择一个特定的发射功率。该原语应在设置 PMD_TXSTART 为发射状态之前使用。

6.5.5.5.4 收后效果

PMD_TXPWRLVL 立即按 TXPWR_LEVEL 的值设置发射功率等级。

6.5.5.6 PMD_RATE.request

6.5.5.6.1 功能

PHY PLCP 子层产生该原语,用于选择 OFDM PHY 发射过程的调制速率。

6.5.5.6.2 服务原语的语义

原语提供以下参数：

PMD_RATE.request(RATE)

RATE 选择发送 MPDU 时采用哪一种 OFDM PHY 的数据速率。6.3.8.6 给出了有关 OFDM PHY 调制速率的更多信息。6.3.7 对 OFDM PHY 的速率变化作了规定。

6.5.5.6.3 产生条件

该原语由 PLCP 子层产生,用于改变或者设置用于发送当前 PPDU 的 MPDU 部分的 OFDM PHY 调制速率。

6.5.5.6.4 收后效果

接收到 PMD_RATE 后,将按 PMD_RATE 选择用于随后的 MPDU 的全部发送过程的速率。本速率仅用于发送过程。OFDM PHY 仍能接收所有 OFDM PHY 支持的调制速率的数据。

6.5.5.7 PMD_RSSI.indicate

6.5.5.7.1 功能

该原语由 PMD 子层产生,向 PLCP 和 MAC 实体提供接收信号强度。

6.5.5.7.2 服务原语的语义

原语提供以下参数:

PMD_RSSI.indicate(RSSI)

RSSI 是 OFDM PHY 接收到的 RF 能量的测量值。规范支持多达 8 比特(256 个等级)的 RSSI 值。

6.5.5.7.3 产生条件

当 OFDM PHY 处于接收状态时,PMD 产生本原语。它对 PLCP 层持续有效,而 PLCP 将参数 RSSI 提供给 MAC 层实体。

6.5.5.7.4 收后效果

本参数仅作为信息提供给 PLCP 层,RSSI 可以作为 CCA 方案的一部分。

附 录 A
(规范性附录)
协议实现一致性声明(PICS)形式表

本附录的内容对 GB 15629.11—2003 附录 A 除作以下修改外,其余与 GB 15629.11—2003 附录 A 相同。

A.1 IUT(被测协议实现)配置

将 GB 15629.11—2003 附录 A 中的 IUT 配置修改如下:

| 项 目 | IUT 配置 | 引用条号 | 状 态 | 支 持 |
|-------------------------------------|---------------------------|------|-----|---|
| * CF1 | 接入点 | 5.2 | O.1 | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * CF2 | 独立 STA(非 AP) | 5.2 | O.1 | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * CF3 | 2.4GHz 频段的跳频扩频(FHSS)PHY | — | O.2 | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * CF4 | 2.4GHz 频段的直接序列扩频(DSSS)PHY | — | O.2 | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * CF5 | 红外 PHY | — | O.2 | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * CF6 | 5.8 GHz 频段的 OFDM PHY | — | O.2 | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| 注:上表中“引用条号”是 GB 15629.11—2003 中的条款。 | | | | |

A.2 正交频分复用 PHY 功能

在 GB 15629.11—2003 附录 A 的可选参数中添加以下新条款:

| 项 目 | 特 性 | 引用条号 | 状 态 | 支 持 |
|---------------------|-----------------------------|---------|-----|---|
| OF1;OFDM PHY 特定服务参数 | | | | |
| OF1.1 | TXVECTOR 参数;LENGTH | 6.2.2.1 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.2 | TXVECTOR 参数;DATARATE | 6.2.2.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.2.1 | DATARATE = 6.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * OF1.2.2 | DATARATE = 9.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | O | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.2.3 | DATARATE = 12.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * OF1.2.4 | DATARATE = 18.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | O | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.2.5 | DATARATE = 24.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * OF1.2.6 | DATARATE = 36.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | O | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * OF1.2.7 | DATARATE = 48.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | O | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| * OF1.2.8 | DATARATE = 54.0 Mbit/s | 6.2.2.2 | O | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.3 | TXVECTOR 参数;SERVICE | 6.2.2.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.4 | TXVECTOR 参数; TXPWR_LEVEL | 6.2.2.4 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.5 | RXVECTOR 参数;LENGTH | 6.2.3.1 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF1.6 | RXVECTOR 参数;RSSI | 6.2.3.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |

| 项 目 | 特 性 | 引用条号 | 状 态 | 支 持 |
|-------------------|-------------------------|----------|---|---|
| OF2, OFDM PLCP 子层 | | | | |
| OF2.1 | 取决于 RATE 的参数 | 6.3.2.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.2 | 与定时有关的参数 | 6.3.2.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.3 | PLCP 前导码; SYNC | 6.3.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.4 | PLCP 报头; SIGNAL | 6.3.4 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.5 | PLCP 报头; LENGTH | 6.3.4.1 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.6 | PLCP 报头; RATE | 6.3.4.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.7 | PLCP 报头; 奇偶性校验, 保留 | 6.3.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.8 | PLCP 报头; SIGNAL TAIL | 6.3.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.9 | PLCP 报头; SERVICE | 6.3.5.1 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.10 | PPDU; TAIL | 6.3.5.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.11 | PPDU; PAD | 6.3.5.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.12 | PLCP/OFDM PHY 数据加扰器和解扰器 | 6.3.5.4 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.13 | 卷积编码器 | 6.3.5.5 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.13.1 | 编码率 $R = 1/2$ | 6.3.5.5 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.13.2 | 删余编码 $R = 2/3$ | 6.3.5.5 | OF1.2.7; M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不适用 <input type="checkbox"/> |
| OF2.13.3 | 删余编码 $R = 3/4$ | 6.3.5.5 | OF1.2.2 或者 OF1.2.4 或者 OF1.2.6 或者 OF1.2.8; M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不适用 <input type="checkbox"/> |
| OF2.14 | 数据交织 | 6.3.5.6 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.15 | 子载波调制映射 | 6.3.5.7 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.15.1 | BPSK | 6.3.5.7 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.15.2 | QPSK | 6.3.5.7 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.15.3 | 16-QAM | 6.3.5.7 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.15.4 | 64-QAM | 6.3.5.7 | OF1.2.7 或者 OF1.2.8; M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> 不适用 <input type="checkbox"/> |
| OF2.16 | 导频子载波 | 6.3.5.8 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.17 | OFDM 调制 | 6.3.5.9 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.18 | 分组持续时间的计算 | 6.3.5.10 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.19 | CCA | | | |
| OF2.19.1 | CCA; RSSI | 6.3.6 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF2.19.2 | CCA; MAC 子层指示 | 6.3.6 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |

| 项 目 | 特 性 | 引用条号 | 状 态 | 支 持 |
|----------------|--------------------------------------|-----------|-----------|---------------|
| OF2.20 | PLCP 数据调制和调制速率变化 | 6.3.7 | M | 是□ 否□ |
| OF3:PMD 总体工作规范 | | | | |
| OF3.1 | 占用信道带宽 | 6.3.8.1 | M | 是□ 否□ |
| OF3.2 | 工作频率范围 | 6.3.8.2 | M | 是□ 否□ |
| OF3.3 | 信道划分 | 6.3.8.3 | M | 是□ 否□ |
| OF3.3.1 | 中国、U-NII 高频段(5.725 GHz~5.825 GHz) | 6.3.8.3 | M | 是□ 否□ |
| OF3.3.2 | 中国适用频段(5.825 GHz~5.850 GHz) | 6.3.8.3 | O | 是□ 否□ |
| * OF3.3.3 | U-NII 低频段(5.15 GHz~5.25 GHz)* | 6.3.8.3 | O.1 | 是□ 否□ |
| * OF3.3.4 | U-NII 中间频段(5.25 GHz~5.35 GHz)* | 6.3.8.3 | O.1 | 是□ 否□ |
| OF3.4 | 工作信道数 | 6.3.8.3 | M | |
| OF3.5 | 工作信道频率 | 6.3.8.3 | M | 是□ 否□ |
| OF3.6 | 带内和带外杂散信号的发射和接收 | 6.3.8.4 | M | 是□ 否□ |
| OF3.7 | TX RF 时延 | 6.3.8.5 | M | 是□ 否□ |
| OF3.8 | 时隙 | 6.3.8.6 | M | 是□ 否□ |
| OF3.9 | 发射和接收天线的端口阻抗 | 6.3.8.7 | M | 是□ 否□ |
| OF3.10 | 发射和接收的工作温度范围 | 6.3.8.8 | M | 是□ 否□ |
| OF3.10.1 | 类型 1(0℃~40℃) | 6.3.8.8 | M | 是□ 否□ |
| OF3.10.2 | 类型 2(-20℃~50℃) | 6.3.8.8 | O | 是□ 否□ |
| OF3.10.3 | 类型 3(-30℃~70℃) | 6.3.8.8 | O | 是□ 否□ |
| OF4:PMD 发射规范 | | | | |
| OF4.1 | 发射功率电平 | | M | 是□ 否□ |
| OF4.1.1 | U-NII 高频段功率电平(5.725 GHz ~ 5.825 GHz) | 6.3.9.1 | M | 是□ 否□ 不适用□ |
| OF4.1.2 | 中国适用频率功率电平(5.825 GHz ~ 5.850 GHz) | 6.3.9.1 | OF3.3.2;M | 是□ 否□ 不适用□ |
| OF4.1.3 | U-NII 低频段功率电平(5.15 GHz~5.25 GHz)* | 6.3.9.1 | OF3.3.3;M | 是□ 否□ 不适用□ |
| OF4.1.4 | U-NII 中间频段功率电平(5.25 GHz~5.35 GHz)* | 6.3.9.1 | OF3.3.4;M | 是□ 否□ 不适用□ |
| OF4.2 | 频谱掩模 | 6.3.9.2 | M | 是□ 否□ |
| OF4.3 | 杂散 | 6.3.9.3 | M | 是□ 否□ |
| OF4.4 | 中心频率容限 | 6.3.9.4 | M | 是□ 否□ |
| OF4.5 | 时钟频率容限 | 6.3.9.5 | M | 是□ 否□ |
| OF4.6 | 调制精确度 | | | 是□ 否□ |
| OF4.6.1 | 中心频率泄露 | 6.3.9.6.1 | M | 是□ 否□ |
| OF4.6.2 | 频谱平滑度 | 6.3.9.6.2 | M | 是□ 否□ |
| OF4.6.3 | 发射机星座图错误<-5 dB | 6.3.9.6.3 | M | 是□ 否□ |

| 项 目 | 特 性 | 引用条号 | 状 态 | 支 持 |
|---------------|------------------------------------|-----------|-----------|--|
| OF4.6.4 | 发射机星座图错误 <-8 dB | 6.3.9.6.3 | OF1.2.2;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF4.6.5 | 发射机星座图错误 <-10 dB | 6.3.9.6.3 | M | 是 \square 否 \square |
| OF4.6.6 | 发射机星座图错误 <-13 dB | 6.3.9.6.3 | OF1.2.4;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF4.6.7 | 发射机星座图错误 <-16 dB | 6.3.9.6.3 | M | 是 \square 否 \square |
| OF4.6.8 | 发射机星座图错误 <-19 dB | 6.3.9.6.3 | OF1.2.6;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF4.6.9 | 发射机星座图错误 <-22 dB | 6.3.9.6.3 | OF1.2.7;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF4.6.10 | 发射机星座图错误 <-25 dB | 6.3.9.6.3 | OF1.2.8;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF5;PMD 接收机规范 | | | | |
| OF5.1 | PER = 10%时的最小输入电平灵敏度(帧长为1000 八位位组) | | | |
| OF5.1.1 | -82 dBm(速率为 6 Mbit/s) | 6.3.10.1 | M | 是 \square 否 \square |
| OF5.1.2 | -81 dBm(速率为 9 Mbit/s) | 6.3.10.1 | OF1.2.2;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF5.1.3 | -79 dBm(速率为 12 Mbit/s) | 6.3.10.1 | M | 是 \square 否 \square |
| OF5.1.4 | -77 dBm(速率为 18 Mbit/s) | 6.3.10.1 | OF1.2.4;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF5.1.5 | -74 dBm(速率为 24 Mbit/s) | 6.3.10.1 | M | 是 \square 否 \square |
| OF5.1.6 | -70 dBm(速率为 36 Mbit/s) | 6.3.10.1 | OF1.2.6;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF5.1.7 | -66 dBm(速率为 48 Mbit/s) | 6.3.10.1 | OF1.2.7;M | 是 \square 否 \square N/A \square |
| OF5.1.8 | -65 dBm(速率为 54 Mbit/s) | 6.3.10.1 | OF1.2.8;M | 是 \square 否 \square 不适用 \square |
| OF5.2 | 抗邻道干扰能力 | 6.3.10.2 | M | 是 \square 否 \square |
| OF5.3 | 抗非邻道干扰能力 | 6.3.10.3 | M | 是 \square 否 \square |
| OF5.4 | 最大输入电平 | 6.3.10.4 | M | 是 \square 否 \square |
| OF5.5 | CCA 灵敏度 | 6.3.10.5 | M | 是 \square 否 \square |
| OF6;PLCP 发射过程 | | | | |
| OF6.1 | 发射;基于 MAC 请求发送 | 6.3.11 | M | 是 \square 否 \square |
| OF6.2 | 发射;格式和数据编码 | 6.3.11 | M | 是 \square 否 \square |
| OF6.3 | 发射;定时 | 6.3.11 | M | 是 \square 否 \square |
| OF7;PLCP 接收过程 | | | | |
| OF7.1 | 接收;接收和数据解码 | 6.3.12 | M | 是 \square 否 \square |

| 项 目 | 特 性 | 引用条号 | 状 态 | 支 持 |
|---------------------|---------------------------|--|-----|---|
| OF8;PHY LME | | | | |
| OF8.1 | PLME;支持 PLME_SAP 管理原语 | 6.4.1 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF8.2 | PLME;支持 PHY 管理信息库 | 6.4.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF8.3 | PLME;支持 PHY 特性 | 6.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9;OFDM PMD 子层 | | | | |
| OF9.1 | PMD;支持 PMD_SAP 对等服务原语 | 6.5.4.1 6.5.5.1 6.5.5.2 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.2 | PMD;支持 PMD_SAP 子层到子层的服务原语 | 6.5.4.2 6.5.5.3 6.5.5.4 6.5.5.5 6.5.5.6 6.5.5.7 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3 | PMD_SAP 服务原语参数 | | | |
| OF9.3.1 | 参数;TXD_UNIT | 6.5.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3.2 | 参数;RXD_UNIT | 6.5.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3.3 | 参数;TXPWR_LEVEL | 6.5.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3.4 | 参数;RATE(12Mbit/s) | 6.5.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3.5 | 参数;RATE(24Mbit/s) | 6.5.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3.6 | 参数;RATE(48Mbit/s) | 6.5.4.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3.7 | 参数;RATE(72Mbit/s) | 6.5.4.3 | O | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| OF9.3.8 | 参数;RSSI | 6.5.4.3 | M | |
| OF10;特定地域要求 | | | | |
| * OF10.1 | 地域 | 6.3.8.2 6.3.8.3 6.3.8.4 6.3.9.3 | M | 是 <input type="checkbox"/> 否 <input type="checkbox"/> |
| ^a 提示性信息。 | | | | |

附 录 B (规范性附录)

MAC 和 PHY MIB 的 ASN.1 编码

将下列变量加入 GB 15629.11—2003 的 PHY MIB 中:

1. 在 GB 15629.11—2003 附录 D 的“主要部分”中,在“PHY 属性”结尾处加入下列文字:

```
"-- dot11PhyOFDMTable ::= {dot11phy 11}"
```

2. 在 GB 15629.11—2003 中附录 D 的“dot11PhyOperation TABLE”部分,“dot11PHYType 属性”修改如下:

```
"dot11PHYType OBJECT-TYPE
SYNTAX INTEGER {fhss(1),dsss(2),irbaseband(3),ofdm(4)}
MAX-ACCESS read-only
STATUS current
DESCRIPTION"
```

"这是识别受 PLCP 和 PMD 支持的 PHY 类型的 8 比特整数值,当前定义的值及相应的物理类型如下:

```
FHSS 2.4 GHz = 01, DSSS 2.4 GHz = 02, IR Baseband = 03,
OFDM 5 GHz=04"
```

```
::={dot11PhyOperationEntry 1}
```

3. 在 GB 15629.11—2003 的附录 D 中,把以下内容加到“dot11SupportedDataRateRxTABLE”部分的后面。

```
*****
-- dot11PhyOFDM 表
*****
```

```
dot11PhyOFDMTable OBJECT-TYPE
SYNTAX SEQUENCE OF Dot11PhyOFDMEntry
MAX-ACCESS not-accessible
STATUS current
DESCRIPTION
```

"dot11PhyOFDMTable 属性组。实现为一个索引表,允许一个代理上有多个实例。”

```
::={dot11 phy 11}
```

```
dot11PhyOFDMEntry OBJECT-TYPE
SYNTAX Dot11PhyOFDMEntry
MAX-ACCESS not-accessible
STATUS current
DESCRIPTION
```

"dot11PhyOFDM 的表项。

IfIndex - 每一个接口由一个 ifEntry 表示。MIB 模块中的接口表由 ifIndex 进行索引。"

INDEX{ifindex}

::={dot11PhyOFDMTable 1}

dot11PhyOFDMEntry::=SEQUENCE{

dot11CurrentFrequency INTEGER

dot11TIThreshold INTEGER

dot11FrequencyBandsSupported}

dot11CurrentFrequency OBJECT-TYPE

SYNTAX INTEGER(0..99)

MAX-ACCESS read-write

STATUS current

DESCRIPTION

"OFDM PHY 目前使用的信道数目"

::={dot11PhyOFDMEntry 1}

dot11TIThreshold

SYNTAX INTEGER32

MAX-ACCESS read-write

STATUS current

DESCRIPTION

"用于检测媒体忙闲的门限。当 CCA 检测到超过门限的 RSSI 时,报告媒体为忙。"

::={dot11PhyOFDMEntry 2}

dot11FrequencyBandSupported

SYNTAX INTEGER(1..7)

MAX-ACCESS read-only

STATUS current

DESCRIPTION

"OFDM PHY 在三个 U-NII 频段上的工作能力。三比特字段的整数值编码如下:

比特 0..保留

比特 1..保留

比特 2..能够在 5.725 GHz~5.825 GHz 内工作

比特 3..能够在 5.825 GHz~5.850 GHz 内工作(可选)

例如,对于能够在 5.725 GHz~5.825 GHz 频段内工作的具体实现,属性值取 4"

::={dot11PhyOFDMEntry 4}

--*****

--*dot11PhyOFDMEntry 表结束

--*****

4. 在 GB 15629.11—2003 的附录 D 中,将"一致性声明"改动如下:

```

-- * * * * *
-- * 一致性声明
-- * * * * *
dot11Compliance MODULE-COMPLIANCE
STATUS current
DESCRIPTION
    "实现 GB 15629.11 MIB 的 SNMPv2 实体的一致性声明。"
MODULE-this module
MANDATORY-GROUPS{
dot11SMTbase,
dot11MACbase,dot11CountersGroup,
dot11SmtAuthenticationAlgorithms,
dot11ResourceTypeID,dot11PhyOperationComplianceGroup}

GROUP dot11PhyDSSSComplianceGroup
DESCRIPTION
    "当对象 dot11PHYType 的值为 dsss 时,要求实现该组。该组和以下的组
dot11PhyIRComplianceGroup、dot11PhyFHSSComplianceGroup 及 dot11PhyOFDMComplianceGroup
是互相排斥的。"

GROUP dot11PhyIRComplianceGroup
DESCRIPTION
    "当对象 dot11PHYType 的值为 irbaseband 时,要求实现该组。该组和以下的组
dot11PhyDSSSComplianceGroup,dot11PhyFHSSComplianceGroup 及 dot11PhyOFDMComplianceGroup 是互
相排斥的。"

GROUP dot11PhyFHSSComplianceGroup
DESCRIPTION
    "当对象 dot11PHYType 的值为 fhss 时,要求实现该组。该组和以下的组
dot11PhyDSSSComplianceGroup,dot11PhyIRComplianceGroup 及 dot11PhyOFDMComplianceGroup
是互相排斥的。"

GROUP dot11PhyOFDMComplianceGroup
DESCRIPTION
    "当对象 dot11PHYType 的值为 ofdm 时,要求实现该组。该组和以下的组
dot11PhyDSSSComplianceGroup,dot11PhyIRComplianceGroup 及 dot11PhyFHSSComplianceGroup
是互相排斥的。"

--OPTIONAL-GROUP{dot11SMTprivacy,dot11MACStatistics,
--dot11PhyAntennaComplianceGroup,dot11PhyTxPowerComplianceGroup,
--dot11PhyRegDomainsSupportGroup,
--dot11PhyAntennasListGroup,dot11PhyRateGroup}
--

```

::={dot11Compliances 1}

5. 在 GB 15629.11—2003 中附录 D 的"组:一致性单元"中,将下列文字加入到"dot11CountersGroup"部分的结尾:

"dot11PhyOFDMComplianceGroup OBJECT-TYPE

OBJECTS{

dot11CurrentFrequency,

dot11TIThreshold,

dot11FrequencyBandsSupported}

STATUS current

DESCRIPTION

"配置 OFDM 的属性"

::={dot11Groups17}"

附录 C (资料性附录)

OFDM PHY 中对帧编码的实例

C.1 介绍

本附录提供一个 OFDM PHY 中对帧编码的实例,这个实例覆盖了基本标准定义的所有编码细节。编码的例子实现下列步骤:

- 产生前导码的短训练序列;
- 产生前导码的长训练序列;
- 产生 SIGNAL 字段比特
- 对 SIGNAL 字段比特进行编码和交织;
- 将 SIGNAL 字段映射到频域;
- 插入导频;
- 转换到时域;
- 将数据八位位组流转化为比特流;
- 前加 SERVICE 字段,后面加入填充比特,形成 DATA;
- 加扰,并在尾比特处加零;
- 用卷积编码器对 DATA 编码,并进行删余;
- 映射为 16-QAM 的复数符号;
- 插入导频;
- 从频域转化到时域,附加一个循环前缀;
- 将 OFDM 符号连接成单个时域信号。

在描述时域波形时,使用采样速率为 20Msamples/s 的复数基带信号。

本例使用的数据速率为 36Mbit/s,消息长度为 100 个八位位组。选择这些参数是为了尽可能多地阐述主要的处理特征。

- 每个符号使用的比特数(在本例中为 4);
- 对卷积码进行删余;
- 使用 LSB-MSB 交换过程进行交织;
- 对导频子载波进行加扰。

C.2 消息

实例中被编码的消息为以下字符:

Joy, bright spark of divinity,

Daughter of Elysium,

Fire-inspired we tread

Thy sanctuary.

Thy magic power re-unites

All that custom has divided,

All men become brothers

Under the sway of thy gentle wings...

将消息转化为 ASCII 码,然后加上合适的 MAC 报头和 CRC32。表 C.1 显示了最终的长度为 100

八位位组的 PSDU。

表 C.1 消息

| 编号(##) | 值(Val) | 值(Val) | 值(Val) | 值(Val) | 值(Val) |
|--------|--------|--------|--------|--------|--------|
| 1~5 | 04 | 02 | 00 | 2e | 00 |
| 6~10 | 60 | 08 | cd | 37 | a6 |
| 11~15 | 00 | 20 | d6 | 01 | 3c |
| 16~20 | f1 | 00 | 60 | 08 | ad |
| 21~25 | 3b | Af | 00 | 00 | 4a |
| 26~30 | 6f | 79 | 2c | 20 | 62 |
| 31~35 | 72 | 69 | 67 | 68 | 74 |
| 36~40 | 20 | 73 | 70 | 61 | 72 |
| 41~45 | 6b | 20 | 6f | 66 | 20 |
| 46~50 | 64 | 69 | 76 | 69 | 6e |
| 51~55 | 69 | 74 | 79 | 2c | 0a |
| 56~60 | 44 | 61 | 75 | 67 | 68 |
| 61~65 | 74 | 65 | 72 | 20 | 6f |
| 66~70 | 66 | 20 | 45 | 6c | 79 |
| 71~75 | 73 | 69 | 75 | 6d | 2c |
| 76~80 | 0a | 46 | 69 | 72 | 65 |
| 81~85 | 2d | 69 | 6e | 73 | 69 |
| 86~90 | 72 | 65 | 64 | 20 | 77 |
| 91~95 | 65 | 20 | 74 | 72 | 65 |
| 96~100 | 61 | Da | 57 | 99 | ed |

C.3 前导码的产生

C.3.1 短序列的产生

前导码中的短序列部分通过其频域特征表示描述,具体见表 C.2。

表 C.2 短序列的频域表示

| 编号 (##) | 实部 (Re) | 虚部 (Im) | 编号 (##) | 实部 (Re) | 虚部 (Im) | 编号 (##) | 实部 (Re) | 虚部 (Im) | 编号 (##) | 实部 (Re) | 虚部 (Im) |
|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| -32 | 0.0 | 0.0 | -16 | 1.472 | 1.472 | 0 | 0.0 | 0.0 | 16 | -1.472 | -1.472 |
| -31 | 0.0 | 0.0 | -15 | 0.0 | 0.0 | 1 | 0.0 | 0.0 | 17 | 0.0 | 0.0 |
| -30 | 0.0 | 0.0 | -14 | 0.0 | 0.0 | 2 | 0.0 | 0.0 | 18 | 0.0 | 0.0 |
| -29 | 0.0 | 0.0 | -13 | 0.0 | 0.0 | 3 | 0.0 | 0.0 | 19 | 0.0 | 0.0 |
| -28 | 0.0 | 0.0 | -12 | -1.472 | -1.472 | 4 | -1.472 | -1.472 | 20 | 1.472 | 1.472 |
| -27 | 0.0 | 0.0 | -11 | 0.0 | 0.0 | 5 | 0.0 | 0.0 | 21 | 0.0 | 0.0 |
| -26 | 0.0 | 0.0 | -10 | 0.0 | 0.0 | 6 | 0.0 | 0.0 | 22 | 0.0 | 0.0 |
| -25 | 0.0 | 0.0 | -9 | 0.0 | 0.0 | 7 | 0.0 | 0.0 | 23 | 0.0 | 0.0 |
| -24 | 1.472 | 1.472 | -8 | -1.472 | -1.472 | 8 | -1.472 | -1.472 | 24 | 1.472 | 1.472 |
| -23 | 0.0 | 0.0 | -7 | 0.0 | 0.0 | 9 | 0.0 | 0.0 | 25 | 0.0 | 0.0 |
| -22 | 0.0 | 0.0 | -6 | 0.0 | 0.0 | 10 | 0.0 | 0.0 | 26 | 0.0 | 0.0 |
| -21 | 0.0 | 0.0 | -5 | 0.0 | 0.0 | 11 | 0.0 | 0.0 | 27 | 0.0 | 0.0 |
| -20 | -1.472 | -1.472 | -4 | 1.472 | 1.472 | 12 | 1.472 | 1.472 | 28 | 0.0 | 0.0 |
| -19 | 0.0 | 0.0 | -3 | 0.0 | 0.0 | 13 | 0.0 | 0.0 | 29 | 0.0 | 0.0 |
| -18 | 0.0 | 0.0 | -2 | 0.0 | 0.0 | 14 | 0.0 | 0.0 | 30 | 0.0 | 0.0 |
| -17 | 0.0 | 0.0 | -1 | 0.0 | 0.0 | 15 | 0.0 | 0.0 | 31 | 0.0 | 0.0 |

表 C.2 中 IFFT 的一个周期见表 C.3。

表 C.3 短序列 IFFT 的一个周期

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 0 | 0.046 | 0.046 | 16 | 0.046 | 0.046 | 32 | 0.046 | 0.046 | 48 | 0.046 | 0.046 |
| 1 | -0.132 | 0.002 | 17 | -0.132 | 0.002 | 33 | -0.132 | 0.002 | 49 | -0.132 | 0.002 |
| 2 | 0.013 | -0.079 | 18 | -0.013 | -0.079 | 34 | -0.013 | -0.079 | 50 | -0.013 | -0.079 |
| 3 | 0.143 | -0.013 | 19 | 0.143 | -0.013 | 35 | 0.143 | -0.013 | 51 | 0.143 | -0.013 |
| 4 | 0.092 | 0.000 | 20 | 0.092 | 0.000 | 36 | 0.092 | 0.000 | 52 | 0.092 | 0.000 |
| 5 | 0.143 | -0.013 | 21 | 0.143 | -0.013 | 37 | 0.143 | -0.013 | 53 | 0.143 | -0.013 |
| 6 | -0.013 | -0.079 | 22 | -0.013 | -0.079 | 38 | -0.013 | -0.079 | 54 | -0.013 | -0.079 |
| 7 | -0.132 | 0.002 | 23 | -0.132 | 0.002 | 39 | -0.132 | 0.002 | 55 | -0.132 | 0.002 |
| 8 | 0.046 | 0.046 | 24 | 0.046 | 0.046 | 40 | 0.046 | 0.046 | 56 | 0.046 | 0.046 |
| 9 | 0.002 | -0.132 | 25 | 0.002 | -0.132 | 41 | 0.002 | -0.132 | 57 | 0.002 | -0.132 |
| 10 | -0.079 | -0.013 | 26 | -0.079 | -0.013 | 42 | -0.079 | -0.013 | 58 | -0.079 | -0.013 |
| 11 | -0.013 | 0.143 | 27 | -0.013 | 0.143 | 43 | -0.013 | 0.143 | 59 | -0.013 | 0.143 |
| 12 | 0.000 | 0.092 | 28 | 0.000 | 0.092 | 44 | 0.000 | 0.092 | 60 | 0.000 | 0.092 |
| 13 | -0.013 | 0.143 | 29 | -0.013 | 0.143 | 45 | -0.013 | 0.143 | 61 | -0.013 | 0.143 |
| 14 | -0.079 | -0.013 | 30 | -0.079 | -0.013 | 46 | -0.079 | -0.013 | 62 | -0.079 | -0.013 |
| 15 | 0.002 | 0.132 | 31 | 0.002 | -0.132 | 47 | 0.002 | -0.132 | 63 | 0.002 | -0.132 |

短训练序列的单个周期被周期性扩展为 161 个采样(约 8ms),然后与以下的窗函数相乘:

$$W(k) = \begin{cases} 0.5 & k = 0 \\ 1 & 1 \leq k \leq 16 \\ 0.5 & k = 60 \end{cases}$$

最后一个采样与随后的 OFDM 符号有交叠。带 161 个采样值的向量见表 C.4。这里描述の時窗特性不是规范性规范的一部分。

表 C.4 短序列的时域表示

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 0 | 0.023 | 0.023 | 40 | 0.046 | 0.046 | 80 | 0.046 | 0.046 | 120 | 0.046 | 0.046 |
| 1 | -0.132 | 0.002 | 41 | 0.002 | -0.132 | 81 | -0.132 | 0.002 | 121 | 0.002 | -0.132 |
| 2 | -0.013 | -0.079 | 42 | -0.079 | -0.013 | 82 | -0.013 | -0.079 | 122 | -0.079 | -0.013 |
| 3 | 0.143 | -0.013 | 43 | -0.013 | 0.143 | 83 | 0.143 | -0.013 | 123 | -0.013 | 0.143 |
| 4 | 0.092 | 0.000 | 44 | 0.000 | 0.092 | 84 | 0.092 | 0.000 | 124 | 0.000 | 0.092 |
| 5 | 0.143 | -0.013 | 45 | -0.013 | 0.143 | 85 | 0.143 | -0.013 | 125 | -0.013 | 0.143 |
| 6 | -0.013 | -0.079 | 46 | -0.079 | -0.013 | 86 | -0.013 | -0.079 | 126 | -0.079 | -0.013 |
| 7 | -0.132 | 0.002 | 47 | 0.002 | -0.032 | 87 | -0.132 | 0.002 | 127 | 0.002 | -0.132 |
| 8 | 0.046 | 0.046 | 48 | 0.046 | 0.046 | 88 | 0.046 | 0.046 | 128 | 0.046 | 0.046 |
| 9 | 0.002 | -0.132 | 49 | -0.132 | 0.002 | 89 | 0.002 | -0.132 | 129 | -0.132 | 0.002 |
| 10 | -0.079 | -0.013 | 50 | -0.013 | -0.079 | 90 | -0.079 | -0.013 | 130 | -0.013 | -0.079 |
| 11 | -0.013 | 0.143 | 51 | 0.143 | -0.013 | 91 | -0.013 | 0.143 | 131 | 0.143 | -0.013 |
| 12 | 0.000 | 0.092 | 52 | 0.092 | 0.000 | 92 | 0.000 | 0.092 | 132 | 0.092 | 0.000 |
| 13 | -0.013 | 0.143 | 53 | 0.143 | -0.013 | 93 | -0.013 | 0.143 | 133 | 0.143 | -0.013 |
| 14 | -0.079 | -0.013 | 54 | -0.013 | -0.079 | 94 | -0.079 | -0.013 | 134 | -0.013 | -0.079 |
| 15 | 0.002 | -0.132 | 55 | -0.132 | 0.002 | 95 | 0.002 | -0.132 | 135 | -0.132 | 0.002 |
| 16 | 0.046 | 0.046 | 56 | 0.046 | 0.046 | 96 | 0.046 | 0.046 | 136 | 0.046 | 0.046 |
| 17 | -0.132 | 0.002 | 57 | 0.002 | -0.132 | 97 | -0.132 | 0.002 | 137 | 0.002 | -0.132 |
| 18 | -0.013 | -0.079 | 58 | -0.079 | -0.013 | 98 | -0.013 | -0.079 | 138 | -0.079 | -0.013 |
| 19 | 0.143 | -0.013 | 59 | -0.013 | 0.143 | 99 | 0.143 | -0.013 | 139 | -0.013 | 0.143 |
| 20 | 0.092 | 0.000 | 60 | 0.000 | 0.092 | 100 | 0.092 | 0.000 | 140 | 0.000 | 0.092 |
| 21 | 0.143 | -0.013 | 61 | -0.013 | 0.143 | 101 | 0.143 | -0.013 | 141 | -0.013 | 0.143 |
| 22 | -0.013 | -0.079 | 62 | -0.079 | -0.013 | 102 | -0.013 | -0.079 | 142 | -0.079 | -0.013 |
| 23 | -0.132 | 0.002 | 63 | 0.002 | -0.132 | 103 | -0.132 | 0.002 | 143 | 0.002 | -0.132 |
| 24 | 0.046 | 0.046 | 64 | 0.046 | 0.046 | 104 | 0.046 | 0.046 | 144 | 0.046 | 0.046 |
| 25 | 0.002 | -0.132 | 65 | -0.132 | 0.002 | 105 | 0.002 | -0.132 | 145 | -0.132 | 0.002 |
| 26 | -0.079 | -0.013 | 66 | -0.013 | -0.079 | 106 | -0.079 | -0.013 | 146 | -0.013 | -0.079 |
| 27 | -0.013 | 0.143 | 67 | 0.143 | -0.013 | 107 | -0.013 | 0.143 | 147 | 0.143 | -0.013 |
| 28 | 0.000 | 0.092 | 68 | 0.092 | 0.000 | 108 | 0.000 | 0.092 | 148 | 0.092 | 0.000 |
| 29 | -0.013 | 0.143 | 69 | 0.143 | -0.013 | 109 | -0.013 | 0.143 | 149 | 0.143 | -0.013 |
| 30 | -0.079 | -0.013 | 70 | -0.013 | -0.079 | 110 | -0.079 | -0.013 | 150 | -0.013 | -0.079 |
| 31 | 0.002 | -0.132 | 71 | -0.132 | 0.002 | 111 | 0.002 | -0.132 | 151 | -0.132 | 0.002 |
| 32 | 0.046 | 0.046 | 72 | 0.046 | 0.046 | 112 | 0.046 | 0.046 | 152 | 0.046 | 0.046 |
| 33 | -0.132 | 0.002 | 73 | 0.002 | -0.132 | 113 | -0.132 | 0.002 | 153 | 0.002 | -0.132 |
| 34 | -0.013 | -0.079 | 74 | -0.079 | -0.013 | 114 | -0.013 | -0.079 | 154 | -0.079 | -0.013 |
| 35 | 0.143 | -0.013 | 75 | -0.013 | 0.143 | 115 | 0.143 | -0.013 | 155 | -0.013 | 0.143 |
| 36 | 0.092 | 0.000 | 76 | 0.000 | 0.092 | 116 | 0.092 | 0.000 | 156 | 0.000 | 0.092 |
| 37 | 0.143 | -0.013 | 77 | -0.013 | 0.143 | 117 | 0.143 | -0.013 | 157 | -0.013 | 0.143 |
| 38 | -0.013 | -0.079 | 78 | -0.079 | -0.013 | 118 | -0.013 | -0.079 | 158 | -0.079 | -0.013 |
| 39 | -0.132 | 0.002 | 79 | 0.002 | -0.132 | 119 | -0.132 | 0.002 | 159 | 0.002 | -0.132 |
| | | | | | | | | | 160 | 0.023 | 0.023 |

C.3.2 长序列的产生

表 C.5 提供了前导码中长训练序列的频域表示。

表 C.5 长序列的频域表示

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|-------|-----|--------|-------|-----|--------|-------|-----|--------|-------|
| -32 | 0.000 | 0.000 | -16 | 1.000 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 16 | 1.000 | 0.000 |
| -31 | 0.000 | 0.000 | -15 | 1.000 | 0.000 | 1 | 1.000 | 0.000 | 17 | -1.000 | 0.000 |
| -30 | 0.000 | 0.000 | -14 | 1.000 | 0.000 | 2 | -1.000 | 0.000 | 18 | -1.000 | 0.000 |
| -29 | 0.000 | 0.000 | -13 | 1.000 | 0.000 | 3 | -1.000 | 0.000 | 19 | 1.000 | 0.000 |
| -28 | 0.000 | 0.000 | -12 | 1.000 | 0.000 | 4 | 1.000 | 0.000 | 20 | -1.000 | 0.000 |
| -27 | 0.000 | 0.000 | -11 | -1.000 | 0.000 | 5 | 1.000 | 0.000 | 21 | 1.000 | 0.000 |
| -26 | 1.000 | 0.000 | -10 | -1.000 | 0.000 | 6 | -1.000 | 0.000 | 22 | -1.000 | 0.000 |
| -25 | 1.000 | 0.000 | -9 | 1.000 | 0.000 | 7 | 1.000 | 0.000 | 23 | 1.000 | 0.000 |
| -24 | -1.000 | 0.000 | -8 | 1.000 | 0.000 | 8 | -1.000 | 0.000 | 24 | 1.000 | 0.000 |
| -23 | -1.000 | 0.000 | -7 | -1.000 | 0.000 | 9 | 1.000 | 0.000 | 25 | 1.000 | 0.000 |
| -22 | 1.000 | 0.000 | -6 | 1.000 | 0.000 | 10 | -1.000 | 0.000 | 26 | 1.000 | 0.000 |
| -21 | 1.000 | 0.000 | -5 | -1.000 | 0.000 | 11 | -1.000 | 0.000 | 27 | 0.000 | 0.000 |
| -20 | -1.000 | 0.000 | -4 | 1.000 | 0.000 | 12 | -1.000 | 0.000 | 28 | 0.000 | 0.000 |
| -19 | 1.000 | 0.000 | -3 | 1.000 | 0.000 | 13 | -1.000 | 0.000 | 29 | 0.000 | 0.000 |
| -18 | -1.000 | 0.000 | -2 | 1.000 | 0.000 | 14 | -1.000 | 0.000 | 30 | 0.000 | 0.000 |
| -17 | 1.000 | 0.000 | -1 | 1.000 | 0.000 | 15 | 1.000 | 0.000 | 31 | 0.000 | 0.000 |

时域的表示通过对表 C.5 的内容进行 IFFT 得到,对结果进行循环扩展得到循环前缀,然后与 C.3.1 中给出的窗函数相乘。所得的 161 个采样点的向量见表 C.6。样本经过交叠,并通过将表 C.4 的元素 160 加到表 C.6 的元素 0 中,最终附加到短序列的后面。

C.4 SIGNAL 字段的产生

C.4.1 SIGNAL 字段比特分配

信号字段的比特分配见 6.3.4 和图 5。发送比特见表 C.7,其中比特 0 首先发送。

C.4.2 SIGNAL 字段比特编码

比特由编码率为 1/2 的卷积编码器进行编码,最终产生 48 比特,见表 C.8。

C.4.3 SIGNAL 字段比特交织

编码后的比特使用 6.3.5.6 中定义的交织器进行交织,交织过程的细节分类见表 C.7,交织后的 SIGNAL 字段比特见表 C.9。

C.4.4 频域的 SIGNAL 字段

编码和交织后的比特进行 BPSK 调制,以产生频域特征,如表 C.10 所示。编号为 -21、-7、7 和 21 的频率点被跳过,用于插入导频信号。

表 C.6 长序列的时域表示

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 0 | -0.078 | 0.000 | 40 | 0.098 | -0.026 | 80 | 0.062 | 0.062 | 120 | -0.035 | -0.151 |
| 1 | 0.012 | -0.098 | 41 | 0.053 | 0.004 | 81 | 0.119 | 0.004 | 121 | -0.122 | -0.017 |
| 2 | 0.092 | -0.106 | 42 | 0.001 | -0.115 | 82 | -0.022 | -0.161 | 122 | -0.127 | -0.021 |
| 3 | -0.092 | -0.115 | 43 | -0.137 | -0.047 | 83 | 0.059 | 0.015 | 123 | 0.075 | -0.074 |
| 4 | -0.003 | -0.054 | 44 | 0.024 | -0.059 | 84 | 0.024 | 0.059 | 124 | -0.003 | 0.054 |
| 5 | 0.075 | 0.074 | 45 | 0.059 | -0.015 | 85 | -0.137 | 0.047 | 125 | -0.092 | 0.115 |
| 6 | -0.127 | 0.021 | 46 | -0.022 | 0.161 | 86 | 0.001 | 0.115 | 126 | 0.092 | 0.106 |
| 7 | -0.122 | 0.017 | 47 | 0.119 | -0.004 | 87 | 0.053 | -0.004 | 127 | 0.012 | 0.098 |
| 8 | -0.035 | 0.151 | 48 | 0.062 | -0.062 | 88 | 0.098 | 0.026 | 128 | -0.156 | 0.000 |
| 9 | -0.056 | 0.022 | 49 | 0.037 | 0.098 | 89 | -0.038 | 0.106 | 129 | 0.012 | -0.098 |
| 10 | -0.060 | -0.081 | 50 | -0.057 | 0.039 | 90 | -0.115 | 0.055 | 130 | 0.092 | -0.106 |
| 11 | 0.070 | -0.014 | 51 | -0.131 | 0.065 | 91 | 0.060 | 0.088 | 131 | -0.092 | -0.115 |
| 12 | 0.082 | -0.092 | 52 | 0.082 | 0.092 | 92 | 0.021 | -0.028 | 132 | -0.003 | -0.054 |
| 13 | -0.131 | -0.065 | 53 | 0.070 | 0.014 | 93 | 0.097 | -0.083 | 133 | 0.075 | 0.074 |
| 14 | -0.057 | -0.039 | 54 | -0.060 | 0.081 | 94 | 0.040 | 0.111 | 134 | -0.127 | 0.021 |
| 15 | 0.037 | -0.098 | 55 | -0.056 | -0.022 | 95 | -0.005 | 0.120 | 135 | -0.122 | 0.017 |
| 16 | 0.062 | 0.062 | 56 | -0.035 | -0.151 | 96 | 0.156 | 0.000 | 136 | -0.035 | 0.151 |
| 17 | 0.119 | 0.004 | 57 | -0.122 | -0.017 | 97 | -0.005 | -0.120 | 137 | -0.056 | 0.022 |
| 18 | -0.022 | -0.161 | 58 | -0.127 | -0.021 | 98 | 0.040 | -0.111 | 138 | -0.060 | -0.081 |
| 19 | 0.059 | 0.015 | 59 | 0.075 | -0.074 | 99 | 0.097 | 0.083 | 139 | 0.070 | -0.014 |
| 20 | 0.024 | 0.059 | 60 | -0.003 | 0.054 | 100 | 0.021 | 0.028 | 140 | 0.082 | -0.092 |
| 21 | -0.137 | 0.047 | 61 | -0.092 | 0.115 | 101 | 0.060 | -0.088 | 141 | -0.131 | -0.065 |
| 22 | 0.001 | 0.115 | 62 | 0.092 | 0.106 | 102 | -0.115 | -0.055 | 142 | -0.057 | -0.039 |
| 23 | 0.053 | -0.004 | 63 | 0.012 | 0.098 | 103 | -0.038 | -0.106 | 143 | 0.037 | -0.098 |
| 24 | 0.098 | 0.026 | 64 | -0.156 | 0.000 | 104 | 0.098 | -0.026 | 144 | 0.062 | 0.062 |
| 25 | -0.038 | 0.106 | 65 | 0.012 | -0.098 | 105 | 0.053 | 0.004 | 145 | 0.119 | 0.004 |
| 26 | -0.115 | 0.055 | 66 | 0.092 | -0.106 | 106 | 0.001 | -0.115 | 146 | -0.022 | -0.161 |
| 27 | 0.060 | 0.088 | 67 | -0.092 | -0.115 | 107 | -0.137 | -0.047 | 147 | 0.059 | 0.015 |
| 28 | 0.021 | -0.028 | 68 | -0.003 | -0.054 | 108 | 0.024 | -0.059 | 148 | 0.024 | 0.059 |
| 29 | 0.097 | -0.083 | 69 | 0.075 | 0.074 | 109 | 0.059 | -0.015 | 149 | -0.137 | 0.047 |
| 30 | 0.040 | 0.111 | 70 | -0.127 | 0.021 | 110 | -0.022 | 0.161 | 150 | 0.001 | 0.115 |
| 31 | -0.005 | 0.120 | 71 | -0.122 | 0.017 | 111 | 0.119 | -0.004 | 151 | 0.053 | -0.004 |
| 32 | 0.156 | 0.000 | 72 | -0.035 | 0.151 | 112 | 0.062 | -0.062 | 152 | 0.098 | 0.026 |
| 33 | -0.005 | -0.120 | 73 | -0.056 | 0.022 | 113 | 0.037 | 0.098 | 153 | -0.038 | 0.106 |
| 34 | 0.040 | -0.111 | 74 | -0.060 | -0.081 | 114 | -0.057 | 0.039 | 154 | -0.115 | 0.055 |
| 35 | 0.097 | 0.083 | 75 | 0.070 | -0.014 | 115 | -0.131 | 0.065 | 155 | 0.060 | 0.088 |
| 36 | 0.021 | 0.028 | 76 | 0.082 | -0.092 | 116 | 0.082 | 0.092 | 156 | 0.021 | -0.028 |
| 37 | 0.060 | -0.088 | 77 | -0.131 | -0.065 | 117 | 0.070 | 0.014 | 157 | 0.097 | -0.083 |
| 38 | -0.115 | -0.055 | 78 | -0.057 | -0.039 | 118 | -0.060 | 0.081 | 158 | 0.040 | 0.111 |
| 39 | -0.038 | -0.106 | 79 | 0.037 | -0.098 | 119 | -0.056 | -0.022 | 159 | -0.005 | 0.120 |
| | | | | | | | | | 160 | 0.078 | 0 |

表 C.7 SIGNAL 字段的比特分配表

| 编号 (##) | 比特 | 意义 | 编号 (##) | 比特 | 意义 |
|---------|----|--------------|---------|----|-------------|
| 0 | 1 | RATE;R1 | 12 | 0 | — |
| 1 | 0 | RATE;R2 | 13 | 0 | — |
| 2 | 1 | RATE;R3 | 14 | 0 | — |
| 3 | 1 | RATE;R4 | 15 | 0 | — |
| 4 | 0 | 保留 | 16 | 0 | LENGTH(MSB) |
| 5 | 0 | LENGTH (LSB) | 17 | 0 | 奇偶性 |
| 6 | 0 | — | 18 | 0 | SIGNAL TAIL |
| 7 | 1 | — | 19 | 0 | SIGNAL TAIL |
| 8 | 0 | — | 20 | 0 | SIGNAL TAIL |
| 9 | 0 | — | 21 | 0 | SIGNAL TAIL |
| 10 | 1 | — | 22 | 0 | SIGNAL TAIL |
| 11 | 1 | — | 23 | 0 | SIGNAL TAIL |

表 C.8 编码后的 SIGNAL 字段比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 1 | 8 | 1 | 16 | 0 | 24 | 0 | 32 | 0 | 40 | 0 |
| 1 | 1 | 9 | 0 | 17 | 0 | 25 | 0 | 33 | 1 | 41 | 0 |
| 2 | 0 | 10 | 1 | 18 | 0 | 26 | 1 | 34 | 1 | 42 | 0 |
| 3 | 1 | 11 | 0 | 19 | 0 | 27 | 1 | 35 | 1 | 43 | 0 |
| 4 | 0 | 12 | 0 | 20 | 0 | 28 | 1 | 36 | 0 | 44 | 0 |
| 5 | 0 | 13 | 0 | 21 | 0 | 29 | 1 | 37 | 0 | 45 | 0 |
| 6 | 0 | 14 | 0 | 22 | 1 | 30 | 1 | 38 | 0 | 46 | 0 |
| 7 | 1 | 15 | 1 | 23 | 0 | 31 | 0 | 39 | 0 | 47 | 0 |

表 C.9 交织后的 SIGNAL 字段比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|----|
| 0 | 1 | 8 | 1 | 16 | 0 | 24 | 1 | 32 | 0 | 40 | 1 |
| 1 | 0 | 9 | 1 | 17 | 0 | 25 | 0 | 33 | 0 | 41 | 0 |
| 2 | 0 | 10 | 0 | 18 | 0 | 26 | 0 | 34 | 1 | 42 | 0 |
| 3 | 1 | 11 | 1 | 19 | 1 | 27 | 0 | 35 | 0 | 43 | 1 |
| 4 | 0 | 12 | 0 | 20 | 0 | 28 | 0 | 36 | 0 | 44 | 0 |
| 5 | 1 | 13 | 0 | 21 | 1 | 29 | 0 | 37 | 1 | 45 | 1 |
| 6 | 0 | 14 | 0 | 22 | 0 | 30 | 1 | 38 | 0 | 46 | 0 |
| 7 | 0 | 15 | 0 | 23 | 0 | 31 | 1 | 39 | 0 | 47 | 0 |

表 C.10 SIGNAL 字段的频域表示

| ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im |
|-----|--------|-------|-----|--------|-------|----|--------|-------|----|--------|-------|
| -32 | 0.000 | 0.000 | -16 | 1.000 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 16 | -1.000 | 0.000 |
| -31 | 0.000 | 0.000 | -15 | -1.000 | 0.000 | 1 | 1.000 | 0.000 | 17 | -1.000 | 0.000 |
| -30 | 0.000 | 0.000 | -14 | 1.000 | 0.000 | 2 | -1.000 | 0.000 | 18 | 1.000 | 0.000 |
| -29 | 0.000 | 0.000 | -13 | -1.000 | 0.000 | 3 | -1.000 | 0.000 | 19 | -1.000 | 0.000 |
| -28 | 0.000 | 0.000 | -12 | -1.000 | 0.000 | 4 | -1.000 | 0.000 | 20 | -1.000 | 0.000 |
| -27 | 0.000 | 0.000 | -11 | -1.000 | 0.000 | 5 | -1.000 | 0.000 | 21 | X | X |
| -26 | 1.000 | 0.000 | -10 | -1.000 | 0.000 | 6 | -1.000 | 0.000 | 22 | 1.000 | 0.000 |
| -25 | -1.000 | 0.000 | -9 | -1.000 | 0.000 | 7 | X | X | 23 | -1.000 | 0.000 |
| -24 | -1.000 | 0.000 | -8 | -1.000 | 0.000 | 8 | 1.000 | 0.000 | 24 | 1.000 | 0.000 |
| -23 | 1.000 | 0.000 | -7 | X | X | 9 | 1.000 | 0.000 | 25 | -1.000 | 0.000 |
| -22 | -1.000 | 0.000 | -6 | -1.000 | 0.000 | 10 | -1.000 | 0.000 | 26 | -1.000 | 0.000 |
| -21 | X | X | -5 | 1.000 | 0.000 | 11 | -1.000 | 0.000 | 27 | 0.000 | 0.000 |
| -20 | 1.000 | 0.000 | -4 | -1.000 | 0.000 | 12 | 1.000 | 0.000 | 28 | 0.000 | 0.000 |
| -19 | -1.000 | 0.000 | -3 | 1.000 | 0.000 | 13 | -1.000 | 0.000 | 29 | 0.000 | 0.000 |
| -18 | -1.000 | 0.000 | -2 | -1.000 | 0.000 | 14 | -1.000 | 0.000 | 30 | 0.000 | 0.000 |
| -17 | 1.000 | 0.000 | -1 | -1.000 | 0.000 | 15 | 1.000 | 0.000 | 31 | 0.000 | 0.000 |

通过取值{1.0,1.0,1.0,-1.0},并将它们与式(22)中定义的序列 $P_{0...126}$ 的第一个元素相乘,然后将它们分别插入到{-21,-7,7,21}的位置处,从而添加四个导频子载波。最终的频域值在表 C.11 中给出。

表 C.11 带插入导频的 SIGNAL 字段的频域表示

| ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im |
|-----|--------|-------|-----|--------|-------|----|--------|-------|----|--------|-------|
| -32 | 0.000 | 0.000 | -16 | 1.000 | 0.000 | 0 | 0.000 | 0.000 | 16 | -1.000 | 0.000 |
| -31 | 0.000 | 0.000 | -15 | -1.000 | 0.000 | 1 | 1.000 | 0.000 | 17 | -1.000 | 0.000 |
| -30 | 0.000 | 0.000 | -14 | 1.000 | 0.000 | 2 | -1.000 | 0.000 | 18 | 1.000 | 0.000 |
| -29 | 0.000 | 0.000 | -13 | -1.000 | 0.000 | 3 | -1.000 | 0.000 | 19 | -1.000 | 0.000 |
| -28 | 0.000 | 0.000 | -12 | -1.000 | 0.000 | 4 | -1.000 | 0.000 | 20 | -1.000 | 0.000 |
| -27 | 0.000 | 0.000 | -11 | -1.000 | 0.000 | 5 | -1.000 | 0.000 | 21 | -1.000 | 0.000 |
| -26 | 1.000 | 0.000 | -10 | -1.000 | 0.000 | 6 | -1.000 | 0.000 | 22 | 1.000 | 0.000 |
| -25 | -1.000 | 0.000 | -9 | -1.000 | 0.000 | 7 | 1.000 | 0.000 | 23 | -1.000 | 0.000 |
| -24 | -1.000 | 0.000 | -8 | -1.000 | 0.000 | 8 | 1.000 | 0.000 | 24 | 1.000 | 0.000 |
| -23 | 1.000 | 0.000 | -7 | 1.000 | 0.000 | 9 | 1.000 | 0.000 | 25 | -1.000 | 0.000 |
| -22 | -1.000 | 0.000 | -6 | -1.000 | 0.000 | 10 | -1.000 | 0.000 | 26 | -1.000 | 0.000 |
| -21 | 1.000 | 0.000 | -5 | 1.000 | 0.000 | 11 | -1.000 | 0.000 | 27 | 0.000 | 0.000 |
| -20 | 1.000 | 0.000 | -4 | -1.000 | 0.000 | 12 | 1.000 | 0.000 | 28 | 0.000 | 0.000 |
| -19 | -1.000 | 0.000 | -3 | 1.000 | 0.000 | 13 | -1.000 | 0.000 | 29 | 0.000 | 0.000 |
| -18 | -1.000 | 0.000 | -2 | -1.000 | 0.000 | 14 | -1.000 | 0.000 | 30 | 0.000 | 0.000 |
| -17 | 1.000 | 0.000 | -1 | -1.000 | 0.000 | 15 | 1.000 | 0.000 | 31 | 0.000 | 0.000 |

C.4.5 时域上的 SIGNAL 字段

将表 C.11 的内容进行 IFFT(快速傅立叶逆变换)后,进行周期性扩展,并乘以下面的窗函数 $W(k)$,即可得到时域表达式。

$$W(k) = \begin{bmatrix} 0.5 & k = 0 \\ 1 & 1 \leq k \leq 8 \\ 0.5 & k = 80 \end{bmatrix}$$

得到的 81 个采样值向量如表 C.12 所示,注意时窗特性不是标准化规范的一部分。

通过将一个采样值叠叠到前导码上,添加 SIGNAL 字段的采样值,见表 C.6。

表 C.12 SIGNAL 字段的时域表示

| ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im |
|----|--------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|----|--------|--------|
| 0 | 0.031 | 0.000 | 20 | 0.010 | -0.097 | 40 | -0.035 | 0.044 | 60 | -0.051 | 0.202 |
| 1 | 0.033 | -0.044 | 21 | -0.060 | -0.124 | 41 | 0.017 | -0.059 | 61 | 0.035 | -0.116 |
| 2 | -0.002 | -0.038 | 22 | -0.033 | -0.044 | 42 | 0.053 | -0.017 | 62 | 0.016 | -0.174 |
| 3 | -0.081 | 0.084 | 23 | 0.011 | 0.002 | 43 | 0.099 | 0.100 | 63 | 0.057 | -0.052 |
| 4 | 0.007 | -0.100 | 24 | 0.098 | 0.044 | 44 | 0.034 | -0.148 | 64 | 0.062 | 0.000 |
| 5 | -0.001 | -0.113 | 25 | 0.136 | 0.105 | 45 | -0.003 | -0.094 | 65 | 0.033 | -0.044 |
| 6 | -0.021 | -0.005 | 26 | -0.021 | 0.005 | 46 | -0.120 | 0.042 | 66 | -0.002 | -0.038 |
| 7 | 0.136 | -0.105 | 27 | -0.001 | 0.113 | 47 | -0.136 | -0.070 | 67 | -0.081 | 0.084 |
| 8 | 0.098 | -0.044 | 28 | 0.007 | 0.100 | 48 | -0.031 | 0.000 | 68 | 0.007 | -0.100 |
| 9 | 0.011 | -0.002 | 29 | -0.081 | -0.084 | 49 | -0.136 | 0.070 | 69 | -0.001 | -0.113 |
| 10 | -0.033 | 0.044 | 30 | -0.002 | 0.038 | 50 | -0.120 | -0.042 | 70 | -0.021 | -0.005 |
| 11 | -0.060 | 0.124 | 31 | 0.033 | 0.044 | 51 | -0.003 | 0.094 | 71 | 0.136 | -0.105 |
| 12 | 0.010 | 0.097 | 32 | 0.062 | 0.000 | 52 | 0.034 | 0.148 | 72 | 0.098 | -0.044 |
| 13 | 0.000 | -0.008 | 33 | 0.057 | 0.052 | 53 | 0.099 | -0.100 | 73 | 0.011 | -0.002 |
| 14 | 0.018 | -0.083 | 34 | 0.016 | 0.174 | 54 | 0.053 | 0.017 | 74 | -0.033 | 0.044 |
| 15 | -0.069 | 0.027 | 35 | 0.035 | 0.116 | 55 | 0.017 | 0.059 | 75 | -0.060 | 0.124 |
| 16 | -0.219 | 0.000 | 36 | -0.051 | -0.202 | 56 | -0.035 | -0.044 | 76 | 0.010 | 0.097 |
| 17 | -0.069 | -0.027 | 37 | 0.011 | 0.036 | 57 | -0.049 | 0.008 | 77 | 0.000 | -0.008 |
| 18 | 0.018 | 0.083 | 38 | 0.089 | 0.209 | 58 | 0.089 | -0.209 | 78 | 0.018 | -0.083 |
| 19 | 0.000 | 0.008 | 39 | -0.049 | -0.008 | 59 | 0.011 | -0.036 | 79 | -0.069 | 0.027 |
| | | | | | | | | | 80 | -0.109 | 0.000 |

C.5 DATA 比特的产生

C.5.1 描述、预先添加 SERVICE 字段和填充 0

表 C.1 所示的发送消息包含 100 八位位组,或等同的 800 比特。这些比特的前面预先添加 16 比特的 SERVICE 字段,在最后附加 6 个尾比特。在得到的 822 个比特的后面填充比特“0”,以取得整数个 OFDM 符号。对于 36 Mbit/s 模式,每个 OFDM 符号有 144 个数据比特,于是比特总数为 Ceiling

$(822/144) \times 144 = 864$ 。因此,附加 $864 - 822 = 42$ 个比特“0”。

数据比特如表 C.13 和表 C.14 所示。为明确起见,只显示了首、尾的 144 个比特。

C.5.2 加扰

得到的 864 个比特由图 7 定义的加扰器进行加扰。加扰器的初始状态为 1011101。产生的加扰序列见表 C.15。

表 C.13 最先的 144 个 DATA 比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|
| 0 | 0 | 24 | 0 | 48 | 0 | 72 | 1 | 96 | 0 | 120 | 1 |
| 1 | 0 | 25 | 1 | 49 | 0 | 73 | 0 | 97 | 0 | 121 | 0 |
| 2 | 0 | 26 | 0 | 50 | 0 | 74 | 1 | 98 | 0 | 122 | 0 |
| 3 | 0 | 27 | 0 | 51 | 0 | 75 | 1 | 99 | 0 | 123 | 0 |
| 4 | 0 | 28 | 0 | 52 | 0 | 76 | 0 | 100 | 0 | 124 | 0 |
| 5 | 0 | 29 | 0 | 53 | 0 | 77 | 0 | 101 | 0 | 125 | 0 |
| 6 | 0 | 30 | 0 | 54 | 0 | 78 | 1 | 102 | 0 | 126 | 0 |
| 7 | 0 | 31 | 0 | 55 | 0 | 79 | 1 | 103 | 0 | 127 | 0 |
| 8 | 0 | 32 | 0 | 56 | 0 | 80 | 1 | 104 | 0 | 128 | 0 |
| 9 | 0 | 33 | 0 | 57 | 0 | 81 | 1 | 105 | 0 | 129 | 0 |
| 10 | 0 | 34 | 0 | 58 | 0 | 82 | 1 | 106 | 0 | 130 | 1 |
| 11 | 0 | 35 | 0 | 59 | 0 | 83 | 0 | 107 | 0 | 131 | 1 |
| 12 | 0 | 36 | 0 | 60 | 0 | 84 | 1 | 108 | 0 | 132 | 1 |
| 13 | 0 | 37 | 0 | 61 | 1 | 85 | 1 | 109 | 1 | 133 | 1 |
| 14 | 0 | 38 | 0 | 62 | 1 | 86 | 0 | 110 | 0 | 134 | 0 |
| 15 | 0 | 39 | 0 | 63 | 0 | 87 | 0 | 111 | 0 | 135 | 0 |
| 16 | 0 | 40 | 0 | 64 | 0 | 88 | 0 | 112 | 0 | 136 | 1 |
| 17 | 0 | 41 | 1 | 65 | 0 | 89 | 1 | 113 | 1 | 137 | 0 |
| 18 | 1 | 42 | 1 | 66 | 0 | 90 | 1 | 114 | 1 | 138 | 0 |
| 19 | 0 | 43 | 1 | 67 | 1 | 91 | 0 | 115 | 0 | 139 | 0 |
| 20 | 0 | 44 | 0 | 68 | 0 | 92 | 0 | 116 | 1 | 140 | 1 |
| 21 | 0 | 45 | 1 | 69 | 0 | 93 | 1 | 117 | 0 | 141 | 1 |
| 22 | 0 | 46 | 0 | 70 | 0 | 94 | 0 | 118 | 1 | 142 | 1 |
| 23 | 0 | 47 | 0 | 71 | 0 | 95 | 1 | 119 | 1 | 143 | 1 |

表 C. 14 最后的 144 个 DATA 比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 720 | 0 | 744 | 0 | 768 | 1 | 792 | 1 | 816 | 0 | 840 | 0 |
| 721 | 0 | 745 | 0 | 769 | 0 | 793 | 1 | 817 | 0 | 841 | 0 |
| 722 | 0 | 746 | 0 | 770 | 1 | 794 | 1 | 818 | 0 | 842 | 0 |
| 723 | 0 | 747 | 0 | 771 | 0 | 795 | 0 | 819 | 0 | 843 | 0 |
| 724 | 0 | 748 | 0 | 772 | 0 | 796 | 1 | 820 | 0 | 844 | 0 |
| 725 | 1 | 749 | 1 | 773 | 1 | 797 | 0 | 821 | 0 | 845 | 0 |
| 726 | 0 | 750 | 0 | 774 | 1 | 798 | 1 | 822 | 0 | 846 | 0 |
| 727 | 0 | 751 | 0 | 775 | 0 | 799 | 0 | 823 | 0 | 847 | 0 |
| 728 | 1 | 752 | 0 | 776 | 1 | 800 | 1 | 824 | 0 | 848 | 0 |
| 729 | 1 | 753 | 0 | 777 | 0 | 801 | 0 | 825 | 0 | 849 | 0 |
| 730 | 1 | 754 | 1 | 778 | 0 | 802 | 0 | 826 | 0 | 850 | 0 |
| 731 | 0 | 755 | 0 | 779 | 0 | 803 | 1 | 827 | 0 | 851 | 0 |
| 732 | 1 | 756 | 1 | 780 | 0 | 804 | 1 | 828 | 0 | 852 | 0 |
| 733 | 1 | 757 | 1 | 781 | 1 | 805 | 0 | 829 | 0 | 853 | 0 |
| 734 | 1 | 758 | 1 | 782 | 1 | 806 | 0 | 830 | 0 | 854 | 0 |
| 735 | 0 | 759 | 0 | 783 | 0 | 807 | 1 | 831 | 0 | 855 | 0 |
| 736 | 1 | 760 | 0 | 784 | 0 | 808 | 1 | 832 | 0 | 856 | 0 |
| 737 | 0 | 761 | 1 | 785 | 1 | 809 | 0 | 833 | 0 | 857 | 0 |
| 738 | 1 | 762 | 0 | 786 | 0 | 810 | 1 | 834 | 0 | 858 | 0 |
| 739 | 0 | 763 | 0 | 787 | 1 | 811 | 1 | 835 | 0 | 859 | 0 |
| 740 | 0 | 764 | 1 | 788 | 1 | 812 | 0 | 836 | 0 | 860 | 0 |
| 741 | 1 | 765 | 1 | 789 | 0 | 813 | 1 | 837 | 0 | 861 | 0 |
| 742 | 1 | 766 | 1 | 790 | 1 | 814 | 1 | 838 | 0 | 862 | 0 |
| 743 | 0 | 767 | 0 | 791 | 1 | 815 | 1 | 839 | 0 | 863 | 0 |

表 C. 15 种子为 101101 的加扰序列

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

加扰后,位置为 816(第 817 个比特)到 821(第 822 个比特)的 6 个比特被置为 0。加扰后的首、尾 144 比特分别见表 C. 16 和 C. 17。

表 C. 16 加扰后最先的 144 比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|----|----|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|
| 0 | 0 | 24 | 1 | 48 | 1 | 72 | 0 | 96 | 0 | 120 | 0 |
| 1 | 1 | 25 | 0 | 49 | 1 | 73 | 1 | 97 | 0 | 121 | 0 |
| 2 | 1 | 26 | 0 | 50 | 1 | 74 | 0 | 98 | 1 | 122 | 1 |
| 3 | 0 | 27 | 0 | 51 | 1 | 75 | 0 | 99 | 0 | 123 | 1 |
| 4 | 1 | 28 | 1 | 52 | 0 | 76 | 1 | 100 | 0 | 124 | 1 |
| 5 | 1 | 29 | 1 | 53 | 1 | 77 | 1 | 101 | 1 | 125 | 0 |
| 6 | 0 | 30 | 1 | 54 | 0 | 78 | 1 | 102 | 0 | 126 | 1 |
| 7 | 0 | 31 | 1 | 55 | 0 | 79 | 1 | 103 | 0 | 127 | 0 |
| 8 | 0 | 32 | 0 | 56 | 1 | 80 | 1 | 104 | 0 | 128 | 1 |
| 9 | 0 | 33 | 1 | 57 | 0 | 81 | 1 | 105 | 0 | 129 | 1 |
| 10 | 0 | 34 | 1 | 58 | 1 | 82 | 0 | 106 | 0 | 130 | 1 |
| 11 | 1 | 35 | 0 | 59 | 0 | 83 | 1 | 107 | 0 | 131 | 0 |
| 12 | 1 | 36 | 1 | 60 | 0 | 84 | 0 | 108 | 1 | 132 | 0 |
| 13 | 0 | 37 | 0 | 61 | 1 | 85 | 1 | 109 | 1 | 133 | 1 |
| 14 | 0 | 38 | 0 | 62 | 0 | 86 | 1 | 110 | 0 | 134 | 0 |
| 15 | 1 | 39 | 0 | 63 | 1 | 87 | 1 | 111 | 0 | 135 | 0 |
| 16 | 1 | 40 | 0 | 64 | 0 | 88 | 1 | 112 | 1 | 136 | 1 |
| 17 | 0 | 41 | 0 | 65 | 1 | 89 | 0 | 113 | 1 | 137 | 0 |
| 18 | 0 | 42 | 1 | 66 | 1 | 90 | 1 | 114 | 1 | 138 | 1 |
| 19 | 0 | 43 | 0 | 67 | 0 | 91 | 0 | 115 | 1 | 139 | 1 |
| 20 | 1 | 44 | 0 | 68 | 0 | 92 | 1 | 116 | 0 | 140 | 1 |
| 21 | 0 | 45 | 0 | 69 | 0 | 93 | 1 | 117 | 0 | 141 | 1 |
| 22 | 0 | 46 | 0 | 70 | 0 | 94 | 1 | 118 | 1 | 142 | 0 |
| 23 | 1 | 47 | 1 | 71 | 1 | 95 | 0 | 119 | 1 | 143 | 0 |

表 C.17 加扰后最后的 144 比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 720 | 0 | 744 | 0 | 768 | 1 | 792 | 0 | 816 | 0 | 840 | 0 |
| 721 | 1 | 745 | 0 | 769 | 0 | 793 | 0 | 817 | 0 | 841 | 0 |
| 722 | 1 | 746 | 0 | 770 | 1 | 794 | 1 | 818 | 0 | 842 | 0 |
| 723 | 1 | 747 | 1 | 771 | 0 | 795 | 1 | 819 | 0 | 843 | 0 |
| 724 | 1 | 748 | 0 | 772 | 0 | 796 | 0 | 820 | 0 | 844 | 1 |
| 725 | 1 | 749 | 1 | 773 | 0 | 797 | 0 | 821 | 0 | 845 | 1 |
| 726 | 0 | 750 | 1 | 774 | 0 | 798 | 0 | 822 | 0 | 846 | 1 |
| 727 | 1 | 751 | 1 | 775 | 0 | 799 | 0 | 823 | 0 | 847 | 0 |
| 728 | 1 | 752 | 0 | 776 | 1 | 800 | 1 | 824 | 1 | 848 | 1 |
| 729 | 0 | 753 | 0 | 777 | 1 | 801 | 0 | 825 | 1 | 849 | 1 |
| 730 | 0 | 754 | 1 | 778 | 1 | 802 | 0 | 826 | 0 | 850 | 1 |
| 731 | 0 | 755 | 1 | 779 | 0 | 803 | 0 | 827 | 1 | 851 | 1 |
| 732 | 1 | 756 | 1 | 780 | 1 | 804 | 1 | 828 | 1 | 852 | 0 |
| 733 | 0 | 757 | 0 | 781 | 1 | 805 | 1 | 829 | 1 | 853 | 0 |
| 734 | 1 | 758 | 0 | 782 | 0 | 806 | 0 | 830 | 0 | 854 | 1 |
| 735 | 0 | 759 | 1 | 783 | 0 | 807 | 0 | 831 | 0 | 855 | 0 |
| 736 | 0 | 760 | 0 | 784 | 0 | 808 | 1 | 832 | 0 | 856 | 1 |
| 737 | 0 | 761 | 0 | 785 | 0 | 809 | 1 | 833 | 1 | 857 | 1 |
| 738 | 1 | 762 | 0 | 786 | 1 | 810 | 0 | 834 | 1 | 858 | 0 |
| 739 | 0 | 763 | 1 | 787 | 0 | 811 | 0 | 835 | 1 | 859 | 0 |
| 740 | 0 | 764 | 0 | 788 | 1 | 812 | 1 | 836 | 1 | 860 | 1 |
| 741 | 1 | 765 | 1 | 789 | 0 | 813 | 0 | 837 | 1 | 861 | 0 |
| 742 | 1 | 766 | 0 | 790 | 0 | 814 | 1 | 838 | 1 | 862 | 0 |
| 743 | 1 | 767 | 1 | 791 | 0 | 815 | 0 | 839 | 1 | 863 | 1 |

C.6 DATA 比特的编码、交织和映射

C.6.1 DATA 比特编码

加扰后的比特使用编码率为 Ω 的卷积码进行编码。表 C.16 所示的加扰后的最前的 144 比特映射为表 C.18 所示的 192 比特。

C.6.2 DATA 比特交织

交织器定义为两次置换过程。 k 表示第一次置换之前的编码比特的索引,第一次置换后、第二次置换前的索引用 i 表示,第二次置换后、调制映射之前的索引用 j 表示。 k 到 i 的映射如表 C.19 所示, i 到 j 的映射如表 C.20 所示。

作为具体例子,考虑 $k=17$ (编码和删余后的第 18 比特)的情况。它的映射过程为:第一次置换为 $i=13$,第二次置换为 $j=12$ (调制映射前的第 13 比特)。

交织后的比特如表 C.21 所示。

表 C.18 最先的 DATA 符号的编码比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 0 | 0 | 32 | 1 | 64 | 0 | 96 | 1 | 128 | 1 | 160 | 1 |
| 1 | 0 | 33 | 0 | 65 | 1 | 97 | 0 | 129 | 1 | 161 | 1 |
| 2 | 1 | 34 | 0 | 66 | 0 | 98 | 0 | 130 | 0 | 162 | 1 |
| 3 | 0 | 35 | 1 | 67 | 0 | 99 | 0 | 131 | 0 | 163 | 0 |
| 4 | 1 | 36 | 1 | 68 | 1 | 100 | 1 | 132 | 0 | 164 | 0 |
| 5 | 0 | 37 | 1 | 69 | 0 | 101 | 1 | 133 | 0 | 165 | 0 |
| 6 | 1 | 38 | 0 | 70 | 1 | 102 | 1 | 134 | 0 | 166 | 0 |
| 7 | 1 | 39 | 1 | 71 | 0 | 103 | 1 | 135 | 0 | 167 | 0 |
| 8 | 0 | 40 | 1 | 72 | 1 | 104 | 1 | 136 | 0 | 168 | 1 |
| 9 | 0 | 41 | 0 | 73 | 1 | 105 | 1 | 137 | 1 | 169 | 1 |
| 10 | 0 | 42 | 1 | 74 | 1 | 106 | 0 | 138 | 0 | 170 | 0 |
| 11 | 0 | 43 | 1 | 75 | 1 | 107 | 0 | 139 | 0 | 171 | 1 |
| 12 | 1 | 44 | 0 | 76 | 1 | 108 | 0 | 140 | 0 | 172 | 0 |
| 13 | 0 | 45 | 1 | 77 | 0 | 109 | 0 | 141 | 0 | 173 | 0 |
| 14 | 0 | 46 | 0 | 78 | 1 | 110 | 0 | 142 | 1 | 174 | 1 |
| 15 | 0 | 47 | 1 | 79 | 1 | 111 | 0 | 143 | 1 | 175 | 1 |
| 16 | 1 | 48 | 1 | 80 | 1 | 112 | 1 | 144 | 1 | 176 | 1 |
| 17 | 0 | 49 | 0 | 81 | 1 | 113 | 1 | 145 | 1 | 177 | 1 |
| 18 | 1 | 50 | 0 | 82 | 1 | 114 | 0 | 146 | 1 | 178 | 1 |
| 19 | 0 | 51 | 1 | 83 | 0 | 115 | 0 | 147 | 0 | 179 | 0 |
| 20 | 0 | 52 | 1 | 84 | 1 | 116 | 1 | 148 | 0 | 180 | 1 |
| 21 | 0 | 53 | 0 | 85 | 0 | 117 | 0 | 149 | 0 | 181 | 0 |
| 22 | 0 | 54 | 1 | 86 | 0 | 118 | 0 | 150 | 0 | 182 | 1 |
| 23 | 1 | 55 | 0 | 87 | 0 | 119 | 0 | 151 | 0 | 183 | 1 |
| 24 | 1 | 56 | 0 | 88 | 1 | 120 | 0 | 152 | 0 | 184 | 1 |
| 25 | 1 | 57 | 0 | 89 | 1 | 121 | 1 | 153 | 0 | 185 | 0 |
| 26 | 1 | 58 | 0 | 90 | 0 | 122 | 1 | 154 | 0 | 186 | 1 |
| 27 | 1 | 59 | 1 | 91 | 0 | 123 | 1 | 155 | 1 | 187 | 1 |
| 28 | 0 | 60 | 1 | 92 | 0 | 124 | 0 | 156 | 1 | 188 | 0 |
| 29 | 0 | 61 | 1 | 93 | 0 | 125 | 0 | 157 | 0 | 189 | 0 |
| 30 | 0 | 62 | 0 | 94 | 1 | 126 | 1 | 158 | 0 | 190 | 1 |
| 31 | 0 | 63 | 1 | 95 | 0 | 127 | 1 | 159 | 1 | 191 | 0 |

表 C. 19 第一次置换

| <i>k</i> | <i>i</i> | <i>k</i> | <i>i</i> | <i>k</i> | <i>i</i> | <i>k</i> | <i>i</i> | <i>k</i> | <i>i</i> | <i>k</i> | <i>i</i> | <i>k</i> | <i>i</i> | <i>k</i> | <i>i</i> |
|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|----------|
| 0 | 0 | 24 | 97 | 48 | 3 | 72 | 100 | 96 | 6 | 120 | 103 | 144 | 9 | 168 | 106 |
| 1 | 12 | 25 | 109 | 49 | 15 | 73 | 112 | 97 | 18 | 121 | 115 | 145 | 21 | 169 | 118 |
| 2 | 24 | 26 | 121 | 50 | 27 | 74 | 124 | 98 | 30 | 122 | 127 | 146 | 33 | 170 | 130 |
| 3 | 36 | 27 | 133 | 51 | 39 | 75 | 136 | 99 | 42 | 123 | 139 | 147 | 45 | 171 | 142 |
| 4 | 48 | 28 | 145 | 52 | 51 | 76 | 148 | 100 | 54 | 124 | 151 | 148 | 57 | 172 | 154 |
| 5 | 60 | 29 | 157 | 53 | 63 | 77 | 160 | 101 | 66 | 125 | 163 | 149 | 69 | 173 | 166 |
| 6 | 72 | 30 | 169 | 54 | 75 | 78 | 172 | 102 | 78 | 126 | 175 | 150 | 81 | 174 | 178 |
| 7 | 84 | 31 | 181 | 55 | 87 | 79 | 184 | 103 | 90 | 127 | 187 | 151 | 93 | 175 | 190 |
| 8 | 96 | 32 | 2 | 56 | 99 | 80 | 5 | 104 | 102 | 128 | 8 | 152 | 105 | 176 | 11 |
| 9 | 108 | 33 | 14 | 57 | 111 | 81 | 17 | 105 | 114 | 129 | 20 | 153 | 117 | 177 | 23 |
| 10 | 120 | 34 | 26 | 58 | 123 | 82 | 29 | 106 | 126 | 130 | 32 | 154 | 129 | 178 | 35 |
| 11 | 132 | 35 | 38 | 59 | 135 | 83 | 41 | 107 | 138 | 131 | 44 | 155 | 141 | 179 | 47 |
| 12 | 144 | 36 | 50 | 60 | 147 | 84 | 53 | 108 | 150 | 132 | 56 | 156 | 153 | 180 | 59 |
| 13 | 156 | 37 | 62 | 61 | 159 | 85 | 65 | 109 | 162 | 133 | 68 | 157 | 165 | 181 | 71 |
| 14 | 168 | 38 | 74 | 62 | 171 | 86 | 77 | 110 | 174 | 134 | 80 | 158 | 177 | 182 | 83 |
| 15 | 180 | 39 | 86 | 63 | 183 | 87 | 89 | 111 | 186 | 135 | 92 | 159 | 189 | 183 | 95 |
| 16 | 1 | 40 | 98 | 64 | 4 | 88 | 101 | 112 | 7 | 136 | 104 | 160 | 10 | 184 | 107 |
| 17 | 13 | 41 | 110 | 65 | 16 | 89 | 113 | 113 | 19 | 137 | 116 | 161 | 22 | 185 | 119 |
| 18 | 25 | 42 | 122 | 66 | 28 | 90 | 125 | 114 | 31 | 138 | 128 | 162 | 34 | 186 | 131 |
| 19 | 37 | 43 | 134 | 67 | 40 | 91 | 137 | 115 | 43 | 139 | 140 | 163 | 46 | 187 | 143 |
| 20 | 49 | 44 | 146 | 68 | 52 | 92 | 149 | 116 | 55 | 140 | 152 | 164 | 58 | 188 | 155 |
| 21 | 61 | 45 | 158 | 69 | 64 | 93 | 161 | 117 | 67 | 141 | 164 | 165 | 70 | 189 | 167 |
| 22 | 73 | 46 | 170 | 70 | 76 | 94 | 173 | 118 | 79 | 142 | 176 | 166 | 82 | 190 | 179 |
| 23 | 85 | 47 | 182 | 71 | 88 | 95 | 185 | 119 | 91 | 143 | 188 | 167 | 94 | 191 | 191 |

表 C.20 第二次置换

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

表 C.21 最先的 DATA 符号的交织比特

| ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 | ## | 比特 |
|----|----|----|----|----|----|-----|----|-----|----|-----|----|
| 0 | 0 | 32 | 0 | 64 | 0 | 96 | 0 | 128 | 0 | 160 | 0 |
| 1 | 1 | 33 | 1 | 65 | 0 | 97 | 1 | 129 | 0 | 161 | 0 |
| 2 | 1 | 34 | 1 | 66 | 0 | 98 | 1 | 130 | 0 | 162 | 0 |
| 3 | 1 | 35 | 1 | 67 | 1 | 99 | 0 | 131 | 1 | 163 | 0 |
| 4 | 0 | 36 | 0 | 68 | 0 | 100 | 1 | 132 | 1 | 164 | 0 |
| 5 | 1 | 37 | 0 | 69 | 0 | 101 | 1 | 133 | 0 | 165 | 0 |
| 6 | 1 | 38 | 1 | 70 | 0 | 102 | 1 | 134 | 1 | 166 | 0 |
| 7 | 1 | 39 | 1 | 71 | 0 | 103 | 0 | 135 | 1 | 167 | 0 |
| 8 | 1 | 40 | 0 | 72 | 1 | 104 | 0 | 136 | 0 | 168 | 0 |
| 9 | 1 | 41 | 0 | 73 | 0 | 105 | 0 | 137 | 1 | 169 | 0 |
| 10 | 1 | 42 | 0 | 74 | 0 | 106 | 1 | 138 | 1 | 170 | 0 |
| 11 | 1 | 43 | 0 | 75 | 1 | 107 | 1 | 139 | 0 | 171 | 0 |
| 12 | 0 | 44 | 0 | 76 | 1 | 108 | 1 | 140 | 1 | 172 | 1 |
| 13 | 0 | 45 | 0 | 77 | 0 | 109 | 0 | 141 | 0 | 173 | 1 |
| 14 | 0 | 46 | 0 | 78 | 1 | 110 | 0 | 142 | 1 | 174 | 0 |
| 15 | 0 | 47 | 0 | 79 | 0 | 111 | 0 | 143 | 1 | 175 | 1 |
| 16 | 1 | 48 | 1 | 80 | 0 | 112 | 1 | 144 | 1 | 176 | 1 |
| 17 | 1 | 49 | 0 | 81 | 0 | 113 | 1 | 145 | 0 | 177 | 0 |
| 18 | 1 | 50 | 1 | 82 | 0 | 114 | 1 | 146 | 0 | 178 | 1 |
| 19 | 0 | 51 | 1 | 83 | 1 | 115 | 1 | 147 | 1 | 179 | 1 |
| 20 | 1 | 52 | 1 | 84 | 1 | 116 | 0 | 148 | 1 | 180 | 0 |
| 21 | 1 | 53 | 1 | 85 | 1 | 117 | 1 | 149 | 0 | 181 | 0 |
| 22 | 1 | 54 | 1 | 86 | 0 | 118 | 0 | 150 | 0 | 182 | 1 |
| 23 | 1 | 55 | 1 | 87 | 1 | 119 | 1 | 151 | 0 | 183 | 1 |
| 24 | 1 | 56 | 0 | 88 | 0 | 120 | 0 | 152 | 0 | 184 | 0 |
| 25 | 1 | 57 | 0 | 89 | 0 | 121 | 1 | 153 | 1 | 185 | 1 |
| 26 | 0 | 58 | 0 | 90 | 0 | 122 | 1 | 154 | 0 | 186 | 1 |
| 27 | 0 | 59 | 1 | 91 | 1 | 123 | 0 | 155 | 0 | 187 | 0 |
| 28 | 0 | 60 | 0 | 92 | 0 | 124 | 1 | 156 | 0 | 188 | 1 |
| 29 | 1 | 61 | 0 | 93 | 0 | 125 | 0 | 157 | 0 | 189 | 1 |
| 30 | 0 | 62 | 0 | 94 | 1 | 126 | 0 | 158 | 1 | 190 | 0 |
| 31 | 0 | 63 | 1 | 95 | 0 | 127 | 1 | 159 | 1 | 191 | 1 |

C.6.3 映射为符号

将 4 个编码比特分组,并按照表 84 映射为 16-QAM 的复数符号,从而产生频域符号。例如,最先的 4 个比特(0 1 1 1)映射为复数值 $-0.316+0.316j$,插入到第 26 号子载波的位置。

通过取值{1.0, 1.0, 1.0, -1.0},并将它们与式(22)中定义的序列 p 的第 2 个元素相乘,然后将它

们分别插入到 $(-21, -7, 7, 21)$ 的位置,从而添加四个导频子载波。

频域如表 C.22 所示。

表 C.22 最先的 DATA 符号的频域表示

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| -32 | 0.000 | 0.000 | -16 | -0.949 | 0.316 | 0 | 0.000 | 0.000 | 16 | -0.316 | -0.949 |
| -31 | 0.000 | 0.000 | -15 | -0.949 | -0.949 | 1 | -0.316 | 0.949 | 17 | -0.949 | 0.316 |
| -30 | 0.000 | 0.000 | -14 | -0.949 | -0.949 | 2 | 0.316 | 0.949 | 18 | -0.949 | -0.949 |
| -29 | 0.000 | 0.000 | -13 | 0.949 | 0.316 | 3 | -0.949 | 0.316 | 19 | -0.949 | -0.949 |
| -28 | 0.000 | 0.000 | -12 | 0.316 | 0.316 | 4 | 0.949 | -0.949 | 20 | -0.949 | -0.949 |
| -27 | 0.000 | 0.000 | -11 | -0.949 | -0.316 | 5 | 0.316 | 0.316 | 21 | -1.000 | 0.000 |
| -26 | -0.316 | 0.316 | -10 | -0.949 | -0.316 | 6 | -0.316 | -0.316 | 22 | 0.316 | -0.316 |
| -25 | -0.316 | 0.316 | -9 | -0.949 | -0.316 | 7 | 1.000 | 0.000 | 23 | 0.949 | 0.316 |
| -24 | 0.316 | 0.316 | -8 | -0.949 | -0.949 | 8 | -0.316 | 0.949 | 24 | -0.949 | 0.316 |
| -23 | -0.949 | -0.949 | -7 | 1.000 | 0.000 | 9 | 0.949 | -0.316 | 25 | -0.316 | 0.949 |
| -22 | 0.316 | 0.949 | -6 | 0.949 | -0.316 | 10 | 0.949 | -0.316 | 26 | 0.316 | -0.316 |
| -21 | 1.000 | 0.000 | -5 | 0.949 | 0.949 | 11 | 0.949 | 0.316 | 27 | 0.000 | 0.000 |
| -20 | 0.316 | 0.316 | -4 | -0.949 | -0.316 | 12 | -0.316 | 0.949 | 28 | 0.000 | 0.000 |
| -19 | 0.316 | -0.949 | -3 | 0.316 | -0.316 | 13 | 0.949 | 0.316 | 29 | 0.000 | 0.000 |
| -18 | -0.316 | -0.949 | -2 | -0.949 | -0.316 | 14 | 0.949 | -0.316 | 30 | 0.000 | 0.000 |
| -17 | -0.316 | 0.316 | -1 | -0.949 | 0.949 | 15 | 0.949 | -0.949 | 31 | 0.000 | 0.000 |

与 C.4.5 中描述的方式相同,先进行 IFFT 变换,然后进行周期性扩展,最后与窗函数相乘即可得到时域采样值。通过将一个采样值交叠到 SIGNAL 字段符号中,即可实现时域采样值的添加。

C.7 产生附加的 DATA 符号

附加的 5 个数据符号的产生过程遵循 GB 15629.11—2003 中第 5 章的规定。应当特别注意导频子载波的加扰。表 C.23 中列出了导频子载波的极性和用于 DATA 符号的序列 p_0, \dots, p_{26} 的元素。为保持完整性,表中也包括了 SIGNAL 中的导频。通过一个采样值的交叠,符号被依次追加。

表 C.23 导频子载波的极性

| i | OFDM 符号 | p_i 的元素 | #-21 处的 导频信号 | #-7 处的 导频信号 | #7 处的 导频信号 | #21 处的 导频信号 |
|-----|---------|-----------|-----------------|----------------|---------------|----------------|
| 0 | SIGNAL | 1 | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $-1.0+0j$ |
| 1 | DATA1 | 1 | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $-1.0+0j$ |
| 2 | DATA2 | 1 | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $-1.0+0j$ |
| 3 | DATA3 | 1 | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $1.0+0j$ | $-1.0+0j$ |
| 4 | DATA4 | -1 | $-1.0+0j$ | $-1.0+0j$ | $-1.0+0j$ | $1.0+0j$ |
| 5 | DATA5 | -1 | $-1.0+0j$ | $-1.0+0j$ | $-1.0+0j$ | $1.0+0j$ |
| 6 | DATA6 | -1 | $-1.0+0j$ | $-1.0+0j$ | $-1.0+0j$ | $1.0+0j$ |

C.8 完整的分组

完整的分组如表 C.24 所示。短序列部分、长序列部分、SIGNAL 字段和 DATA 符号用加重线隔开。

表 C.24 完整的分组

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 0 | 0.023 | 0.023 | 40 | 0.046 | 0.046 | 80 | 0.046 | 0.046 | 120 | 0.046 | 0.046 |
| 1 | -0.132 | 0.002 | 41 | 0.002 | -0.132 | 81 | -0.132 | 0.002 | 121 | 0.002 | -0.132 |
| 2 | -0.013 | -0.079 | 42 | -0.079 | -0.013 | 82 | -0.013 | -0.079 | 122 | -0.079 | -0.013 |
| 3 | 0.143 | -0.013 | 43 | -0.013 | 0.143 | 83 | 0.143 | -0.013 | 123 | -0.013 | 0.143 |
| 4 | 0.092 | 0.000 | 44 | 0.000 | 0.092 | 84 | 0.092 | 0.000 | 124 | 0.000 | 0.092 |
| 5 | 0.143 | -0.013 | 45 | -0.013 | 0.143 | 85 | 0.143 | -0.013 | 125 | -0.013 | 0.143 |
| 6 | -0.013 | -0.079 | 46 | -0.079 | -0.013 | 86 | -0.013 | -0.079 | 126 | -0.079 | -0.013 |
| 7 | -0.132 | 0.002 | 47 | 0.002 | -0.132 | 87 | -0.132 | 0.002 | 127 | 0.002 | -0.132 |
| 8 | 0.046 | 0.046 | 48 | 0.046 | 0.046 | 88 | 0.046 | 0.046 | 128 | 0.046 | 0.046 |
| 9 | 0.002 | -0.132 | 49 | -0.132 | 0.002 | 89 | 0.002 | -0.132 | 129 | -0.132 | 0.002 |
| 10 | -0.079 | -0.013 | 50 | -0.013 | -0.079 | 90 | -0.079 | -0.013 | 130 | -0.013 | -0.079 |
| 11 | -0.013 | 0.143 | 51 | 0.143 | -0.013 | 91 | -0.013 | 0.143 | 131 | 0.143 | -0.013 |
| 12 | 0.000 | 0.092 | 52 | 0.092 | 0.000 | 92 | 0.000 | 0.092 | 132 | 0.092 | 0.000 |
| 13 | -0.013 | 0.143 | 53 | 0.143 | -0.013 | 93 | -0.013 | 0.143 | 133 | 0.143 | -0.013 |
| 14 | -0.079 | -0.013 | 54 | -0.013 | -0.079 | 94 | -0.079 | -0.013 | 134 | -0.013 | -0.079 |
| 15 | 0.002 | -0.132 | 55 | -0.132 | 0.002 | 95 | 0.002 | -0.132 | 135 | -0.132 | 0.002 |
| 16 | 0.046 | 0.046 | 56 | 0.046 | 0.046 | 96 | 0.046 | 0.046 | 136 | 0.046 | 0.046 |
| 17 | -0.132 | 0.002 | 57 | 0.002 | -0.132 | 97 | -0.132 | 0.002 | 137 | 0.002 | -0.132 |
| 18 | -0.013 | -0.079 | 58 | -0.079 | -0.013 | 98 | -0.013 | -0.079 | 138 | -0.079 | -0.013 |
| 19 | 0.143 | -0.013 | 59 | -0.013 | 0.143 | 99 | 0.143 | -0.013 | 139 | -0.013 | 0.143 |
| 20 | 0.092 | 0.000 | 60 | 0.000 | 0.092 | 100 | 0.092 | 0.000 | 140 | 0.000 | 0.092 |
| 21 | 0.143 | -0.013 | 61 | -0.013 | 0.143 | 101 | 0.143 | -0.013 | 141 | -0.013 | 0.143 |
| 22 | -0.013 | -0.079 | 62 | -0.079 | -0.013 | 102 | -0.013 | -0.079 | 142 | -0.079 | -0.013 |
| 23 | -0.132 | 0.002 | 63 | 0.002 | -0.132 | 103 | -0.132 | 0.002 | 143 | 0.002 | -0.132 |
| 24 | 0.046 | 0.046 | 64 | 0.046 | 0.046 | 104 | 0.046 | 0.046 | 144 | 0.046 | 0.046 |
| 25 | 0.002 | -0.132 | 65 | -0.132 | 0.002 | 105 | 0.002 | -0.132 | 145 | -0.132 | 0.002 |
| 26 | -0.079 | -0.013 | 66 | -0.013 | -0.079 | 106 | -0.079 | -0.013 | 146 | -0.013 | -0.079 |
| 27 | -0.013 | 0.143 | 67 | 0.143 | -0.013 | 107 | -0.013 | 0.143 | 147 | 0.143 | -0.013 |
| 28 | 0.000 | 0.092 | 68 | 0.092 | 0.000 | 108 | 0.000 | 0.092 | 148 | 0.092 | 0.000 |
| 29 | -0.013 | 0.143 | 69 | 0.143 | -0.013 | 109 | -0.013 | 0.143 | 149 | 0.143 | -0.013 |
| 30 | -0.079 | -0.013 | 70 | -0.013 | -0.079 | 110 | -0.079 | -0.013 | 150 | -0.013 | -0.079 |
| 31 | 0.002 | -0.132 | 71 | -0.132 | 0.002 | 111 | 0.002 | -0.132 | 151 | -0.132 | -0.002 |
| 32 | 0.046 | 0.046 | 72 | 0.046 | 0.046 | 112 | 0.046 | 0.046 | 152 | 0.046 | 0.046 |
| 33 | -0.132 | 0.002 | 73 | 0.002 | -0.132 | 113 | -0.132 | 0.002 | 153 | 0.002 | -0.132 |
| 34 | -0.013 | -0.079 | 74 | -0.079 | -0.013 | 114 | -0.013 | -0.079 | 154 | -0.079 | -0.013 |
| 35 | 0.143 | -0.013 | 75 | -0.013 | 0.143 | 115 | 0.143 | -0.013 | 155 | -0.013 | 0.143 |
| 36 | 0.092 | 0.000 | 76 | 0.000 | 0.092 | 116 | 0.092 | 0.000 | 156 | 0.000 | 0.092 |
| 37 | 0.143 | -0.013 | 77 | -0.013 | 0.143 | 117 | 0.143 | -0.013 | 157 | -0.013 | 0.143 |
| 38 | -0.013 | -0.079 | 78 | -0.079 | -0.013 | 118 | -0.013 | -0.079 | 158 | -0.079 | -0.013 |
| 39 | -0.132 | 0.002 | 79 | 0.002 | -0.132 | 119 | -0.132 | 0.002 | 159 | 0.002 | -0.132 |
| 160 | -0.055 | 0.023 | 200 | 0.098 | -0.026 | 240 | 0.062 | 0.062 | 280 | -0.035 | -0.151 |
| 161 | 0.012 | -0.098 | 201 | 0.053 | 0.004 | 241 | 0.119 | 0.004 | 281 | -0.122 | -0.017 |
| 162 | -0.092 | -0.106 | 202 | 0.001 | -0.115 | 242 | -0.022 | -0.161 | 282 | -0.127 | -0.021 |
| 163 | -0.092 | -0.115 | 203 | -0.137 | -0.047 | 243 | 0.059 | 0.015 | 283 | 0.075 | -0.074 |
| 164 | -0.003 | -0.054 | 204 | 0.024 | -0.059 | 244 | 0.024 | 0.059 | 284 | -0.003 | 0.054 |
| 165 | 0.075 | 0.074 | 205 | 0.059 | -0.015 | 245 | -0.137 | 0.047 | 285 | -0.092 | 0.115 |
| 166 | -0.127 | 0.021 | 206 | -0.022 | 0.161 | 246 | 0.001 | 0.115 | 286 | 0.092 | 0.106 |
| 167 | -0.122 | 0.017 | 207 | 0.119 | -0.004 | 247 | 0.053 | -0.004 | 287 | 0.012 | 0.098 |
| 168 | -0.035 | 0.151 | 208 | 0.062 | -0.062 | 248 | 0.098 | 0.026 | 288 | -0.156 | 0.000 |
| 169 | -0.056 | 0.022 | 209 | 0.037 | 0.098 | 249 | -0.038 | 0.106 | 289 | 0.012 | -0.098 |
| 170 | -0.060 | -0.081 | 210 | -0.057 | 0.039 | 250 | -0.115 | 0.055 | 290 | 0.092 | -0.106 |
| 171 | 0.070 | -0.014 | 211 | -0.131 | 0.065 | 251 | 0.060 | 0.088 | 291 | -0.092 | -0.115 |
| 172 | 0.082 | -0.092 | 212 | 0.082 | 0.092 | 252 | 0.021 | -0.028 | 292 | -0.003 | -0.054 |
| 173 | -0.131 | -0.065 | 213 | 0.070 | 0.014 | 253 | 0.097 | -0.083 | 293 | 0.075 | 0.074 |

表 C.24(续)

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 174 | -0.057 | -0.039 | 214 | -0.060 | 0.081 | 254 | 0.040 | 0.111 | 294 | -0.127 | 0.021 |
| 175 | 0.037 | -0.098 | 215 | -0.056 | -0.022 | 255 | -0.005 | 0.120 | 295 | -0.122 | 0.017 |
| 176 | 0.062 | 0.062 | 216 | -0.035 | -0.151 | 256 | 0.156 | 0.000 | 296 | -0.035 | 0.151 |
| 177 | 0.119 | 0.004 | 217 | -0.122 | -0.017 | 257 | -0.005 | -0.120 | 297 | -0.056 | 0.022 |
| 178 | -0.022 | -0.161 | 218 | -0.127 | -0.021 | 258 | 0.040 | -0.111 | 298 | -0.060 | -0.081 |
| 179 | 0.059 | 0.015 | 219 | 0.075 | -0.074 | 259 | 0.097 | 0.083 | 299 | 0.070 | -0.014 |
| 180 | 0.024 | 0.059 | 220 | -0.003 | 0.054 | 260 | 0.021 | 0.028 | 300 | 0.082 | -0.092 |
| 181 | -0.137 | 0.047 | 221 | -0.092 | 0.115 | 261 | 0.060 | -0.088 | 301 | -0.131 | -0.065 |
| 182 | 0.001 | 0.115 | 222 | 0.092 | 0.106 | 262 | -0.115 | -0.055 | 302 | -0.057 | -0.039 |
| 183 | 0.053 | -0.004 | 223 | 0.012 | 0.098 | 263 | -0.038 | -0.106 | 303 | 0.037 | -0.098 |
| 184 | 0.098 | 0.026 | 224 | -0.156 | 0.000 | 264 | 0.098 | -0.026 | 304 | 0.062 | 0.062 |
| 185 | -0.038 | 0.106 | 225 | 0.012 | -0.098 | 265 | 0.053 | 0.004 | 305 | 0.119 | 0.004 |
| 186 | -0.115 | 0.055 | 226 | 0.092 | -0.106 | 266 | 0.001 | -0.115 | 306 | -0.022 | -0.161 |
| 187 | 0.060 | 0.088 | 227 | -0.092 | -0.115 | 267 | -0.137 | -0.047 | 307 | 0.059 | 0.015 |
| 188 | 0.021 | -0.028 | 228 | -0.003 | -0.054 | 268 | 0.024 | -0.059 | 308 | 0.024 | 0.059 |
| 189 | 0.097 | -0.083 | 229 | 0.075 | 0.074 | 269 | 0.059 | -0.015 | 309 | -0.137 | 0.047 |
| 190 | 0.040 | 0.111 | 230 | -0.127 | 0.021 | 270 | -0.022 | 0.161 | 310 | 0.001 | 0.115 |
| 191 | -0.005 | 0.120 | 231 | -0.122 | 0.017 | 271 | 0.119 | -0.004 | 311 | 0.053 | -0.004 |
| 192 | 0.156 | 0.000 | 232 | -0.035 | 0.151 | 272 | 0.062 | -0.062 | 312 | 0.098 | 0.026 |
| 193 | -0.005 | -0.120 | 233 | -0.056 | 0.022 | 273 | 0.037 | 0.098 | 313 | -0.038 | 0.106 |
| 194 | 0.040 | -0.111 | 234 | -0.060 | -0.081 | 274 | -0.057 | 0.039 | 314 | -0.115 | 0.055 |
| 195 | 0.097 | 0.083 | 235 | 0.070 | -0.014 | 275 | -0.131 | 0.065 | 315 | 0.060 | 0.088 |
| 196 | 0.021 | 0.028 | 236 | 0.082 | -0.092 | 276 | 0.082 | 0.092 | 316 | 0.021 | -0.028 |
| 197 | 0.060 | -0.088 | 237 | -0.131 | -0.065 | 277 | 0.070 | 0.014 | 317 | 0.097 | -0.083 |
| 198 | -0.115 | -0.055 | 238 | -0.057 | -0.039 | 278 | -0.060 | 0.081 | 318 | 0.040 | 0.111 |
| 199 | -0.038 | -0.106 | 239 | 0.037 | -0.098 | 279 | -0.056 | -0.022 | 319 | -0.005 | 0.120 |
| 200 | 0.109 | 0.000 | 240 | 0.010 | -0.097 | 280 | -0.035 | 0.044 | 320 | -0.051 | 0.202 |
| 201 | 0.033 | -0.044 | 241 | -0.060 | -0.124 | 281 | 0.017 | -0.059 | 321 | 0.035 | -0.116 |
| 202 | -0.002 | -0.038 | 242 | -0.033 | -0.044 | 282 | 0.053 | -0.017 | 322 | 0.016 | -0.174 |
| 203 | -0.081 | 0.084 | 243 | 0.011 | 0.002 | 283 | 0.099 | 0.100 | 323 | 0.057 | -0.052 |
| 204 | 0.007 | -0.100 | 244 | 0.098 | 0.044 | 284 | 0.034 | -0.148 | 324 | 0.062 | 0.000 |
| 205 | -0.001 | -0.113 | 245 | 0.136 | 0.105 | 285 | -0.003 | -0.094 | 325 | 0.033 | -0.044 |
| 206 | -0.021 | -0.005 | 246 | -0.021 | 0.005 | 286 | -0.120 | 0.042 | 326 | -0.002 | -0.038 |
| 207 | 0.136 | -0.105 | 247 | -0.001 | 0.113 | 287 | -0.136 | -0.070 | 327 | -0.081 | 0.084 |
| 208 | 0.098 | -0.044 | 248 | 0.007 | 0.100 | 288 | -0.031 | 0.000 | 328 | 0.007 | -0.100 |
| 209 | 0.011 | -0.002 | 249 | -0.081 | -0.084 | 289 | -0.136 | 0.070 | 329 | -0.001 | -0.113 |
| 210 | -0.033 | 0.044 | 250 | -0.002 | 0.038 | 290 | -0.120 | -0.042 | 330 | -0.021 | -0.005 |
| 211 | -0.060 | 0.124 | 251 | 0.033 | 0.044 | 291 | -0.003 | 0.094 | 331 | 0.136 | -0.105 |
| 212 | 0.010 | 0.097 | 252 | 0.062 | 0.000 | 292 | 0.034 | 0.148 | 332 | 0.098 | -0.044 |
| 213 | 0.000 | -0.008 | 253 | 0.057 | 0.052 | 293 | 0.099 | -0.100 | 333 | 0.011 | -0.002 |
| 214 | 0.018 | -0.083 | 254 | 0.016 | 0.174 | 294 | 0.053 | 0.017 | 334 | -0.033 | 0.044 |
| 215 | -0.069 | 0.027 | 255 | 0.035 | 0.116 | 295 | 0.017 | 0.059 | 335 | -0.060 | 0.124 |
| 216 | -0.219 | 0.000 | 256 | -0.051 | -0.202 | 296 | -0.035 | -0.044 | 336 | 0.010 | 0.097 |
| 217 | -0.069 | -0.027 | 257 | 0.011 | 0.036 | 297 | -0.049 | 0.008 | 337 | 0.000 | -0.008 |
| 218 | 0.018 | 0.083 | 258 | 0.089 | 0.209 | 298 | 0.089 | -0.209 | 338 | 0.018 | -0.083 |
| 219 | 0.000 | 0.008 | 259 | -0.049 | -0.008 | 299 | 0.011 | -0.036 | 339 | -0.069 | 0.027 |
| 220 | -0.149 | 0.035 | 260 | -0.168 | -0.043 | 300 | -0.017 | 0.019 | 340 | 0.046 | 0.023 |
| 221 | -0.109 | -0.130 | 261 | -0.066 | 0.028 | 301 | -0.016 | -0.074 | 341 | -0.050 | 0.034 |
| 222 | 0.003 | -0.011 | 262 | -0.065 | 0.037 | 302 | -0.005 | -0.085 | 342 | -0.024 | -0.009 |
| 223 | -0.003 | 0.083 | 263 | 0.039 | 0.025 | 303 | 0.066 | 0.062 | 343 | 0.065 | 0.166 |
| 224 | -0.039 | -0.032 | 264 | 0.078 | -0.045 | 304 | 0.154 | 0.050 | 344 | -0.079 | 0.071 |
| 225 | 0.051 | 0.048 | 265 | -0.105 | 0.048 | 305 | 0.120 | -0.001 | 345 | -0.109 | -0.130 |
| 226 | 0.136 | 0.173 | 266 | -0.030 | 0.093 | 306 | -0.015 | 0.087 | 346 | 0.003 | -0.011 |

表 C.24(续)

| ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 407 | 0.047 | -0.033 | 427 | 0.020 | -0.086 | 447 | 0.141 | 0.013 | 467 | -0.003 | 0.083 |
| 408 | -0.042 | -0.039 | 428 | 0.005 | 0.052 | 448 | 0.236 | 0.049 | 468 | -0.039 | -0.032 |
| 409 | -0.071 | -0.005 | 429 | -0.014 | -0.084 | 449 | -0.025 | 0.067 | 469 | 0.051 | 0.048 |
| 410 | -0.095 | -0.100 | 430 | -0.146 | -0.050 | 450 | -0.099 | 0.007 | 470 | 0.136 | 0.173 |
| 411 | -0.111 | -0.009 | 431 | -0.053 | 0.277 | 451 | 0.022 | -0.017 | 471 | 0.047 | -0.033 |
| 412 | -0.047 | -0.086 | 432 | -0.020 | -0.011 | 452 | 0.078 | -0.116 | 472 | -0.042 | -0.039 |
| 413 | 0.042 | -0.123 | 433 | -0.066 | 0.002 | 453 | 0.015 | -0.092 | 473 | -0.071 | -0.005 |
| 414 | -0.034 | -0.095 | 434 | 0.140 | 0.007 | 454 | -0.051 | -0.054 | 474 | -0.095 | -0.100 |
| 415 | 0.012 | -0.076 | 435 | 0.081 | -0.144 | 455 | 0.019 | 0.011 | 475 | -0.111 | -0.009 |
| 416 | 0.061 | 0.049 | 436 | -0.108 | 0.152 | 456 | 0.020 | 0.065 | 476 | -0.047 | -0.086 |
| 417 | -0.034 | -0.048 | 437 | 0.024 | -0.024 | 457 | -0.012 | 0.038 | 477 | 0.042 | -0.123 |
| 418 | 0.096 | -0.015 | 438 | 0.040 | -0.168 | 458 | -0.009 | 0.024 | 478 | -0.034 | -0.095 |
| 419 | 0.018 | 0.042 | 439 | -0.057 | 0.055 | 459 | 0.009 | -0.052 | 479 | 0.012 | -0.076 |
| 480 | -0.004 | 0.075 | 500 | -0.011 | 0.061 | 520 | -0.081 | 0.067 | 540 | 0.114 | -0.007 |
| 481 | -0.034 | 0.026 | 501 | -0.028 | 0.060 | 521 | -0.043 | -0.139 | 541 | 0.131 | 0.015 |
| 482 | 0.011 | -0.021 | 502 | -0.111 | -0.057 | 522 | -0.084 | -0.194 | 542 | 0.067 | -0.017 |
| 483 | 0.046 | -0.011 | 503 | 0.049 | 0.010 | 523 | 0.004 | 0.027 | 543 | -0.047 | -0.017 |
| 484 | 0.035 | -0.141 | 504 | 0.140 | -0.006 | 524 | -0.083 | -0.098 | 544 | -0.069 | 0.100 |
| 485 | 0.074 | -0.002 | 505 | 0.069 | -0.114 | 525 | 0.037 | -0.080 | 545 | -0.034 | 0.026 |
| 486 | 0.096 | 0.168 | 506 | 0.014 | -0.002 | 526 | 0.059 | 0.120 | 546 | 0.011 | -0.021 |
| 487 | 0.044 | -0.037 | 507 | 0.032 | -0.048 | 527 | -0.126 | -0.082 | 547 | 0.046 | -0.011 |
| 488 | 0.061 | -0.047 | 508 | 0.149 | -0.064 | 528 | -0.011 | -0.138 | 548 | 0.035 | -0.141 |
| 489 | 0.037 | 0.130 | 509 | 0.070 | 0.001 | 529 | -0.096 | -0.108 | 549 | 0.074 | -0.002 |
| 490 | -0.009 | 0.054 | 510 | 0.006 | 0.006 | 530 | -0.119 | -0.015 | 550 | 0.096 | 0.168 |
| 491 | -0.062 | -0.064 | 511 | 0.067 | 0.080 | 531 | 0.027 | 0.142 | 551 | 0.044 | -0.037 |
| 492 | -0.101 | -0.029 | 512 | 0.049 | 0.038 | 532 | -0.045 | -0.143 | 552 | 0.061 | -0.047 |
| 493 | 0.011 | 0.024 | 513 | -0.019 | 0.095 | 533 | 0.001 | -0.185 | 553 | 0.037 | 0.130 |
| 494 | 0.031 | -0.019 | 514 | -0.077 | 0.203 | 534 | -0.016 | 0.047 | 554 | -0.009 | 0.054 |
| 495 | 0.007 | 0.042 | 515 | 0.030 | 0.063 | 535 | -0.037 | -0.054 | 555 | -0.062 | -0.064 |
| 496 | -0.008 | 0.079 | 516 | 0.021 | -0.054 | 536 | -0.002 | -0.092 | 556 | -0.101 | -0.029 |
| 497 | -0.036 | -0.007 | 517 | -0.017 | -0.047 | 537 | -0.157 | 0.014 | 557 | 0.011 | 0.024 |
| 498 | 0.054 | 0.090 | 518 | 0.026 | -0.011 | 538 | -0.107 | 0.121 | 558 | 0.031 | -0.019 |
| 499 | 0.017 | 0.109 | 519 | -0.125 | 0.048 | 539 | 0.074 | 0.108 | 559 | 0.007 | 0.042 |
| 560 | -0.039 | 0.050 | 580 | -0.043 | -0.040 | 600 | -0.101 | 0.058 | 620 | 0.054 | -0.070 |
| 561 | -0.052 | 0.072 | 581 | -0.053 | 0.047 | 601 | 0.027 | -0.106 | 621 | -0.003 | 0.034 |
| 562 | 0.041 | 0.019 | 582 | 0.112 | -0.104 | 602 | 0.138 | 0.016 | 622 | 0.014 | 0.042 |
| 563 | -0.084 | 0.178 | 583 | -0.031 | -0.081 | 603 | -0.021 | 0.061 | 623 | 0.106 | -0.146 |
| 564 | -0.020 | 0.012 | 584 | -0.009 | 0.024 | 604 | 0.046 | -0.140 | 624 | -0.069 | 0.021 |
| 565 | -0.021 | -0.072 | 585 | 0.087 | 0.081 | 605 | -0.003 | -0.055 | 625 | -0.052 | 0.072 |
| 566 | 0.040 | 0.056 | 586 | -0.003 | 0.075 | 606 | -0.082 | 0.019 | 626 | 0.041 | 0.019 |
| 567 | 0.106 | 0.020 | 587 | -0.023 | 0.000 | 607 | -0.035 | -0.040 | 627 | -0.084 | 0.178 |
| 568 | -0.057 | 0.041 | 588 | 0.050 | 0.109 | 608 | -0.002 | -0.049 | 628 | -0.020 | 0.012 |
| 569 | 0.078 | -0.058 | 589 | 0.115 | 0.164 | 609 | 0.117 | -0.087 | 629 | -0.021 | -0.072 |
| 570 | 0.048 | -0.088 | 590 | 0.004 | 0.068 | 610 | 0.028 | 0.031 | 630 | 0.040 | 0.056 |
| 571 | -0.063 | 0.046 | 591 | -0.014 | -0.011 | 611 | -0.035 | 0.139 | 631 | 0.106 | 0.020 |
| 572 | 0.087 | -0.018 | 592 | 0.010 | 0.018 | 612 | 0.053 | 0.063 | 632 | -0.057 | 0.041 |
| 573 | 0.003 | -0.051 | 593 | -0.010 | 0.151 | 613 | 0.000 | -0.022 | 633 | 0.078 | -0.058 |
| 574 | -0.027 | 0.011 | 594 | 0.066 | 0.048 | 614 | -0.083 | -0.025 | 634 | 0.048 | -0.088 |
| 575 | -0.056 | -0.015 | 595 | 0.077 | -0.146 | 615 | -0.149 | 0.091 | 635 | -0.063 | 0.046 |
| 576 | -0.058 | -0.148 | 596 | 0.169 | -0.074 | 616 | -0.109 | 0.036 | 636 | 0.087 | -0.018 |
| 577 | 0.086 | -0.049 | 597 | 0.009 | -0.011 | 617 | -0.063 | -0.195 | 637 | 0.003 | -0.051 |
| 578 | 0.067 | 0.176 | 598 | -0.215 | -0.066 | 618 | -0.149 | -0.119 | 638 | -0.027 | 0.011 |
| 579 | 0.081 | 0.009 | 599 | -0.084 | 0.038 | 619 | -0.090 | 0.016 | 639 | -0.056 | -0.015 |

表 C.24(续)

| ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im | ## | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 640 | -0.078 | -0.134 | 660 | -0.003 | -0.024 | 680 | 0.003 | 0.002 | 700 | -0.156 | -0.061 |
| 641 | 0.019 | -0.081 | 661 | 0.114 | 0.048 | 681 | 0.030 | -0.035 | 701 | -0.141 | -0.086 |
| 642 | 0.077 | 0.103 | 662 | 0.001 | -0.009 | 682 | -0.007 | -0.050 | 702 | 0.002 | 0.014 |
| 643 | 0.076 | 0.047 | 663 | -0.039 | 0.052 | 683 | -0.033 | 0.002 | 703 | -0.055 | 0.054 |
| 644 | 0.066 | 0.062 | 664 | 0.011 | 0.053 | 684 | -0.018 | 0.020 | 704 | -0.099 | -0.120 |
| 645 | 0.070 | 0.129 | 665 | -0.087 | -0.081 | 685 | -0.005 | -0.051 | 705 | 0.019 | -0.081 |
| 646 | -0.049 | 0.031 | 666 | -0.037 | 0.133 | 686 | 0.020 | -0.044 | 706 | 0.077 | 0.103 |
| 647 | -0.079 | -0.060 | 667 | 0.060 | -0.052 | 687 | 0.105 | 0.031 | 707 | 0.076 | 0.047 |
| 648 | 0.056 | 0.116 | 668 | -0.150 | -0.133 | 688 | 0.041 | 0.059 | 708 | 0.066 | 0.062 |
| 649 | 0.051 | 0.205 | 669 | -0.067 | 0.068 | 689 | 0.052 | 0.033 | 709 | 0.070 | 0.129 |
| 650 | 0.093 | 0.056 | 670 | 0.167 | -0.144 | 690 | 0.053 | 0.134 | 710 | -0.049 | 0.031 |
| 651 | 0.115 | 0.020 | 671 | 0.011 | -0.030 | 691 | -0.010 | 0.071 | 711 | -0.079 | -0.060 |
| 652 | 0.047 | -0.103 | 672 | -0.040 | -0.038 | 692 | 0.162 | -0.147 | 712 | 0.056 | 0.116 |
| 653 | -0.009 | -0.067 | 673 | -0.066 | -0.182 | 693 | 0.076 | -0.090 | 713 | 0.051 | 0.205 |
| 654 | -0.122 | 0.060 | 674 | -0.051 | 0.059 | 694 | -0.030 | -0.101 | 714 | 0.093 | 0.056 |
| 655 | -0.062 | -0.014 | 675 | 0.031 | 0.016 | 695 | 0.089 | 0.027 | 715 | 0.115 | 0.020 |
| 656 | 0.018 | 0.099 | 676 | -0.186 | -0.010 | 696 | -0.070 | 0.223 | 716 | 0.047 | -0.103 |
| 657 | 0.031 | 0.060 | 677 | -0.117 | -0.030 | 697 | -0.109 | 0.003 | 717 | -0.009 | -0.067 |
| 658 | 0.068 | -0.014 | 678 | 0.090 | -0.202 | 698 | 0.042 | -0.025 | 718 | -0.122 | 0.060 |
| 659 | -0.038 | 0.028 | 679 | -0.002 | -0.094 | 699 | -0.009 | 0.058 | 719 | -0.062 | -0.014 |
| 720 | 0.123 | -0.006 | 740 | 0.010 | 0.072 | 760 | 0.069 | -0.009 | 780 | -0.051 | 0.062 |
| 721 | -0.050 | -0.133 | 741 | -0.023 | 0.011 | 761 | -0.085 | 0.088 | 781 | -0.053 | -0.049 |
| 722 | -0.106 | -0.025 | 742 | 0.097 | 0.073 | 762 | -0.104 | -0.128 | 782 | -0.155 | -0.047 |
| 723 | 0.056 | 0.007 | 743 | 0.046 | 0.052 | 763 | 0.041 | -0.100 | 783 | 0.049 | 0.004 |
| 724 | 0.083 | -0.023 | 744 | -0.071 | -0.112 | 764 | 0.011 | 0.145 | 784 | 0.227 | -0.110 |
| 725 | 0.054 | -0.110 | 745 | 0.014 | 0.072 | 765 | -0.046 | 0.033 | 785 | -0.050 | -0.133 |
| 726 | -0.043 | -0.130 | 746 | -0.116 | 0.063 | 766 | -0.051 | -0.049 | 786 | -0.106 | -0.025 |
| 727 | 0.020 | -0.080 | 747 | -0.186 | -0.092 | 767 | 0.018 | 0.066 | 787 | 0.056 | 0.007 |
| 728 | 0.010 | -0.090 | 748 | -0.024 | -0.047 | 768 | 0.031 | -0.010 | 788 | 0.083 | -0.023 |
| 729 | -0.181 | -0.004 | 749 | 0.074 | -0.017 | 769 | -0.060 | -0.056 | 789 | 0.054 | -0.110 |
| 730 | -0.043 | -0.013 | 750 | 0.072 | 0.020 | 770 | 0.002 | 0.012 | 790 | -0.043 | -0.130 |
| 731 | 0.127 | -0.095 | 751 | -0.037 | -0.021 | 771 | 0.056 | 0.010 | 791 | 0.020 | -0.080 |
| 732 | 0.025 | 0.037 | 752 | 0.049 | 0.011 | 772 | 0.033 | 0.122 | 792 | 0.010 | -0.090 |
| 733 | -0.077 | 0.009 | 753 | 0.080 | -0.054 | 773 | -0.010 | 0.159 | 793 | -0.181 | -0.004 |
| 734 | -0.084 | -0.008 | 754 | -0.088 | -0.162 | 774 | -0.056 | 0.006 | 794 | -0.043 | -0.013 |
| 735 | -0.070 | 0.107 | 755 | 0.004 | 0.113 | 775 | 0.057 | -0.050 | 795 | 0.127 | -0.095 |
| 736 | -0.071 | 0.030 | 756 | 0.071 | 0.105 | 776 | 0.071 | -0.026 | 796 | 0.025 | 0.037 |
| 737 | 0.013 | 0.082 | 757 | 0.034 | -0.036 | 777 | -0.001 | 0.005 | 797 | -0.077 | 0.009 |
| 738 | 0.062 | 0.068 | 758 | 0.063 | 0.136 | 778 | 0.076 | 0.028 | 798 | -0.084 | -0.008 |
| 739 | 0.042 | -0.016 | 759 | 0.075 | 0.033 | 779 | 0.018 | 0.062 | 799 | -0.070 | 0.107 |
| 800 | -0.021 | 0.004 | 820 | 0.067 | -0.189 | 840 | -0.006 | 0.026 | 860 | -0.013 | 0.079 |
| 801 | 0.082 | -0.011 | 821 | 0.119 | -0.070 | 841 | 0.009 | 0.080 | 861 | 0.031 | 0.029 |
| 802 | -0.002 | 0.022 | 822 | 0.020 | 0.105 | 842 | 0.085 | 0.017 | 862 | 0.061 | -0.015 |
| 803 | 0.123 | -0.056 | 823 | 0.008 | 0.057 | 843 | -0.155 | 0.095 | 863 | -0.172 | -0.015 |
| 804 | -0.016 | 0.019 | 824 | 0.034 | 0.040 | 844 | -0.010 | 0.084 | 864 | 0.030 | -0.021 |
| 805 | -0.091 | 0.013 | 825 | -0.003 | -0.003 | 845 | 0.145 | 0.012 | 865 | 0.082 | -0.011 |
| 806 | -0.048 | -0.216 | 826 | -0.042 | 0.043 | 846 | 0.064 | -0.053 | 866 | -0.002 | 0.022 |
| 807 | -0.060 | -0.079 | 827 | -0.068 | 0.060 | 847 | -0.011 | -0.081 | 867 | 0.123 | -0.056 |
| 808 | -0.092 | 0.112 | 828 | -0.058 | -0.107 | 848 | -0.048 | -0.020 | 868 | -0.016 | 0.019 |
| 809 | 0.026 | -0.011 | 829 | 0.067 | 0.046 | 849 | 0.116 | -0.008 | 869 | -0.091 | 0.013 |
| 810 | 0.215 | -0.037 | 830 | 0.069 | 0.086 | 850 | 0.057 | -0.002 | 870 | -0.048 | -0.216 |

表 C.24(续)

| # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im | # # | Re | Im |
|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|-----|--------|--------|
| 811 | 0.010 | -0.009 | 831 | 0.010 | -0.140 | 851 | 0.008 | -0.059 | 871 | -0.060 | -0.079 |
| 812 | -0.117 | -0.056 | 832 | -0.049 | 0.002 | 852 | 0.049 | -0.030 | 872 | -0.092 | 0.112 |
| 813 | -0.015 | -0.081 | 833 | -0.115 | -0.016 | 853 | -0.033 | 0.053 | 873 | 0.026 | -0.011 |
| 814 | -0.015 | -0.125 | 834 | -0.028 | -0.027 | 854 | -0.023 | -0.139 | 874 | 0.215 | -0.037 |
| 815 | 0.009 | -0.119 | 835 | -0.024 | 0.231 | 855 | -0.118 | -0.108 | 875 | 0.010 | -0.009 |
| 816 | -0.011 | -0.079 | 836 | 0.019 | 0.042 | 856 | 0.065 | 0.098 | 876 | -0.117 | -0.056 |
| 817 | -0.010 | -0.053 | 837 | 0.013 | -0.002 | 857 | 0.132 | 0.022 | 877 | -0.015 | -0.081 |
| 818 | -0.071 | 0.058 | 838 | -0.049 | 0.199 | 858 | -0.135 | 0.084 | 878 | -0.015 | -0.125 |
| 819 | -0.116 | 0.010 | 839 | 0.096 | 0.037 | 859 | -0.015 | 0.175 | 879 | 0.009 | -0.119 |
| | | | | | | | | | 880 | -0.006 | -0.039 |

附 录 D (规范性附录)

对 GB 15629.11—2003 的修改

D.1 MAC 子层功能

D.1.1 多速率支持

多速率支持同 GB 15629.11—2003 的 9.6,并增加以下内容:

对于 5 GHz 频段的物理层(PHY),在持续时间/标识(Duration/ID)字段中指示的发送一帧所需的时间由原语 PLME-TXTIME.request 和 PLME-TXTIME.confirm 确定。发送时间(TXTIME)的计算方法见本部分 6.4.3。

D.2 层管理

D.2.1 PLME SAP 接口

PLME SAP 接口同 GB 15629.11—2003 的 10.4,并作以下修改:

D.2.1.1 PLME_CHARACTERISTICS.confirm

D.2.1.1.1 功能

该原语提供 PHY 工作参数。

D.2.1.1.2 服务原语的语义

原语参数如下:

```
PLME_CHARACTERISTICS.confirm (
    aSlotTime,
    aSIFSTime,
    aCCATime,
    aRxTxTurnaroundTime,
    aTxPLCPDelay,
    aRxPLCPDelay,
    aRxTxSwitchTime,
    aTxRampOnTime,
    aTxRampOffTime,
    aTxRFDelay,
    aRxRFDelay,
    aAirPropagationTime,
    aMACProcessingDelay,
    aPreambleLength,
    aPLCPHeaderLength,
    aMPDUMaxLength,
    aCWmin,
    aCWmax
)
```


原语参数如下:

| 名 称 | 类型 | 描 述 |
|-----------------------------------|-----|---|
| aSlotTime (时隙时间) | 整数值 | MAC 用于定义 PIFS 和 DIFS 的时隙时间(单位为 μs)。见 GB 15629.11—2003 的 9.2.10 |
| aSIFSTime (SIFS 时间) | 整数值 | MAC 和 PHY 在空中接口接收到帧的最后一个符号到处理该帧并以空中接口的最早可能的响应帧的第一个符号作为响应所需的额定时间(单位为 μs)。见 GB 15629.11—2003 的 9.2.10 |
| aCCATime (CCA 时间) | 整数值 | CCA 机制在每个时隙内评估媒体以确定媒体是忙或闲所需的最小时间(单位为 μs) |
| aRxTxTurnaroundTime (接收发送转换时间) | 整数值 | PHY 从接收状态转换到发送第一个符号所需要的最大时间(单位为 μs)。以下方程可导出 aRxTxTurnaroundTime: $aTxPLCPDelay + aRxTxSwitchTime + aTxRampOnTime + aTxRFDelay$ |
| aTxPLCPDelay (PLCP 发送延迟) | 整数值 | PLCP 把一个符号从 MAC 接口传送到 PMD 的发送数据通道上所需要的额定时间(单位为 μs) |
| aRxPLCPDelay (PLCP 接收延迟) | 整数值 | PLCP 把一个比特从 PMD 接收通道上传送到 MAC 所需要的额定时间(单位为 μs) |
| aRxTxSwitchTime (接收发送切换时间) | 整数值 | PMD 从接收切换到发送所需要的额定时间(以 μs 计) |
| aTxRampOnTime (发送坡升时间) | 整数值 | PMD 打开发射器所需要的最大时间(单位为 μs) |
| aTxRampOffTime (发送坡降时间) | 整数值 | PMD 关闭发射功率放大器所需要的额定时间(单位为 μs) |
| aTxRFDelay (RF 发送延迟) | 整数值 | 在原语 PMD-DATA.request 的发布和该原语在空中接口上对应的符号的开始之间的额定时间(单位为 μs)。对 FH 为符号中心位置前 1/2 符号周期;对 DS 为符号的第一个码片中心位置前 1/2 码片周期;对 IR 为对应时隙中心位置前 1/2 时隙 |
| aRxRFDelay (RF 接收延迟) | 整数值 | 在空中接口中的最后符号结束和向 PLCP 发布原语 PMD-DATA.indicate 之间的额定时间(单位为 μs)。符号的结束的定义为:对 FH 为符号中心位置后 1/2 符号周期;对 DS 为符号的最后一个码片中心位置后 1/2 码片周期;对 IR 为对应时隙中心位置后 1/2 时隙 |
| aAirPropagationTime (无线传播时间) | 整数值 | 从发送站发送一个信号到接收站所预期时间(单位为 μs) |
| aMACProcessingDelay (MAC 处理延迟) | 整数值 | MAC 处理一帧并准备对该帧进行响应所用的额定时间(单位为 μs) |
| aPreambleLength (前导码长度) | 整数值 | 当前 PHY 的前导码长度(单位为 μs)。如果已调制的前导码的实际长度值不是微秒的整数倍,应向上取整 |
| aPLCPHeaderLength (PLCP 头的长度) | 整数值 | 当前 PHY 的 PLCP 头的长度(单位为 μs)。如果已调制的报头的实际长度值不是微秒的整数倍,则向上取整 |
| aMPDUMaxLength (MPDU 最大长度) | 整数值 | 能被 PLCPMPDU 运送的 MPDU 的最大八位位组数 |
| aCWmin | 整数值 | 竞争窗口的最小长度,单位为 aSlotTime |
| aCWmax | 整数值 | 竞争窗口的最大长度,单位为 aSlotTime |

D.2.1.1.3 产生条件

为响应原语 PLME-CHARACTERISTICS.request, PHY 实体所执行的原语。

D.2.1.1.4 收后效果

收到该原语后, PHY 实体将提供其工作参数。

D.2.1.2 PLME-TXTIME.request

D.2.1.2.1 功能

本原语请求物理层计算在无线媒体中传送一个物理层协议数据单元(PDU)所需的时间。该 PDU 包含一个确定长度的 MAC 层协议数据单元(MPDU),并且采用了特定的格式、数据速率和信令。

D.2.1.2.2 服务原语的语义

原语参数如下:

PLME-TXTIME.request(TXVECTOR)

参数 TXVECTOR 代表 MAC 子层用于发送 MPDU 而提供给本地 PHY 实体的一系列参数,在 GB 15629.11—2003 的 12.3.4.4 和本部分的 6.4 中详细叙述(其中也定义了本地 PHY 实体)。

D.2.1.2.3 产生条件

每当 MAC 子层需要确定发送一个 MPDU 所需的时间时,产生本原语并传送至 PHY 实体。

D.2.1.2.4 收后效果

PHY 层实体接收到该原语后,产生原语 PHY-TXTIME.confirm 以传递所需的发送时间。

D.2.1.3 PLME-TXTIME.confirm

D.2.1.3.1 功能

本原语提供原语 PLME-TXTIME.request 中描述的发送 PPDU 所需的时间。

D.2.1.3.2 服务原语的语义

原语参数如下:

PLME-TXTIME.confirm(TXTIME)

TXTIME 表示 PLME-TXTIME.request 中描述的发送 PPDU 所需的时间,单位为 μs 。如果计算出的时间包含小数,则向上取整。

D.2.1.3.3 产生条件

本地 PHY 实体对原语 PLME-TXTIME.request 进行响应时发送本原语。

D.2.1.3.4 收后效果

MAC 子层接收到该原语后,即取得 PPDU 的发送时间。

附 录 NA

(资料性附录)

本部分、ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000、GB 15629.11—2003 的章条号对应表

表 NA.1 给出了本部分与 ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000 的编辑性差异以及与 GB 15629.11—2003 的章条的对应关系一览表。

表 NA.1 本部分、ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000、GB 15629.11—2003 的章条号对应表

| 本部分的章条编号 | ISO/IEC 8802-11:1999/Amd 1:2000 的章条编号 | GB 15629.11—2003 的章条编号 |
|----------|--|------------------------|
| 第 1 章 | | 第 1 章 |
| 第 2 章 | | 第 2 章 |
| 第 3 章 | | 第 3 章 |
| 第 4 章 | 第 4 章 | 第 4 章 |
| 第 5 章 | | 第 5 章 |
| 第 6 章 | 第 17 章 | |
| 附录 A | 附录 A | 附录 A |
| 附录 B | 附录 D | 附录 D |
| 附录 C | 附录 G | 附录 G |
| 第 D.1 章 | 9.1 | 9.6 |
| 第 D.2 章 | 10.4 | 10.4 |

注：本部分各章条，若无明确说明，均为 GB 15629.11—2003 的新增内容。