



中华人民共和国国家标准

GB 15629.1101—××××

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 — Part11: 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, MOD)

(报批稿)

XXXX-XX-XX 发布

XXXX-XX-XX 实施

中 华 人 民 共 和 国
国家质量监督检验检疫总局

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	28
6.4.1 PLME_SAP 子层管理原语	28
6.4.2 OFDM PHY 管理信息库	28
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	29
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	30
附录 A (规范性附录) 协议执行的一致性声明(PICS)	33
A.1 IUT 配置	33

A.2 正交频分复用 PHY 功能	33
附录 B (规范性附录) MAC 和 PHY MIB 的 ASN.1 编码	37
附录 C (资料性附录) OFDM PHY 中对帧编码的实例	41
C.1 介绍	41
C.2 消息	41
C.3 前导码的产生	42
C.3.1 短序列的产生	42
C.3.2 长序列的产生	44
C.4 SIGNAL 字段的产生	45
C.4.1 SIGNAL 字段比特分配	45
C.4.2 SIGNAL 字段比特编码	45
C.4.3 SIGNAL 字段比特交织	45
C.4.4 频域的 SIGNAL 字段	45
C.4.5 时域上的 SIGNAL 字段	48
C.5 DATA 比特的产生	49
C.5.1 描述、预先添加 SERVICE 字段和填充 0	49
C.5.2 加扰	49
C.6 DATA 比特的编码、交织和映射	51
C.6.1 DATA 比特编码	51
C.6.2 DATA 比特交织	51
C.6.3 映射为符号	54
C7 产生附加的 DATA 符号	55
C.8 完整的分组	55
附录 D (规范性附录) 对 GB 15629.11-2003 的修改	61
D.1 MAC 子层功能	61
D.2 层管理	61
D.2.1 PLME_CHARACTERISTICS.confirm	61
D.2.1.1 功能	61
D.2.1.2 服务原语的语义	61
D.2.1.3 产生条件	62
D.2.1.4 收后效果	62
D.2.2 PLME-TXTIME.request	62
D.2.2.1 功能	62
D.2.2.2 服务原语的语义	62
D.2.2.3 产生条件	63
D.2.2.4 收后效果	63
D.2.3 PLME-TXTIME.confirm	63
D.2.3.1 功能	63
D.2.3.2 服务原语的语义	63
D.2.3.3 产生条件	63
D.2.3.4 收后效果	63
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	64

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	23
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	29
表 1	TXVECTOR 参数	3
表 2	RXVECTOR 参数	3
表 3	取决于速率的参数	6
表 4	与定时有关的参数	6
表 5	SIGNAL 字段的内容	10
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	规则要求表	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相对星座图错误	21
表 16	接收机性能要求	22
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	30

表 C.1	消息	42
表 C.2	短序列的频域表示	42
表 C.3	短序列 IFFT 的一个周期	43
表 C.4	短序列的时域表示	44
表 C.5	长序列的频域表示	45
表 C.6	长序列的时域表示	46
表 C.7	SIGNAL 字段的比特分配表	47
表 C.8	编码后的 SIGNAL 字段比特	47
表 C.9	交织后的 SIGNAL 字段比特	47
表 C.10	SIGNAL 字段的频域表示	47
表 C.11	带插入导频的 SIGNAL 字段的频域表示	48
表 C.12	SIGNAL 字段的时域表示	48
表 C.13	最先的 144 个 DATA 比特	49
表 C.14	最后的 144 个 DATA 比特	50
表 C.15	种子为 1011101 的加扰序列	50
表 C.16	加扰后最先的 144 比特	51
表 C.17	加扰后最后的 144 比特	51
表 C.18	最先的 DATA 符号的编码比特	52
表 C.19	第一次置换	53
表 C.20	第二次置换	53
表 C.21	最先的 DATA 符号的交织比特	54
表 C.22	最先的 DATA 符号的频域表示	55
表 C.23	导频子载波的极性	55
表 C.24	完整的分组	56
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	64

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《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(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 频段高速物理层除符合本部分外，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，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 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、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、雷绪悬、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、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 5.725GHz~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成帧格式。
- 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 中所示的参考模型规定了 5.8GHz 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 5.8GHz 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 层的结构与 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(TxPowerLevel)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 字段应为空。

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、奇偶检验比特以及服务(SERVICE)字段。从调制角度看，长度、速率、预留比特和奇偶比特（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。

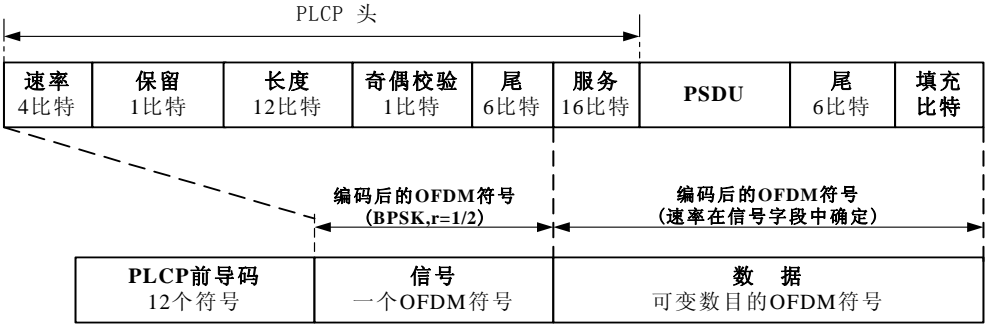


图 1 PPDU 帧格式

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：

- a) 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。
- b) 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 6Mbit/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 符号的数据比特的数目(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 (<i>R</i>)	每个子载波 的编码比特 (<i>N</i> _{BPSK})	每个 OFDM 符号 的编码比特 (<i>N</i> _{CBPS})	每个 OFDM 符号 的数据比特 (<i>N</i> _{DBPS})
6	BPSK	1/2	1	48	24
9	BPSK	3/4	1	48	36
12	QPSK	1/2	2	96	48
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
<i>N</i> _{SD} : 数据子载波数	48
<i>N</i> _{SP} : 导频子载波数	4
<i>N</i> _{ST} : 子载波总数	52(<i>N</i> _{SD} + <i>N</i> _{SP})
Δ _F : 子载波频率间隔	0.3125 MHz (= 20 MHz/64)
<i>T</i> _{FFT} : IFFT/FFT 周期	3.2 μs (1/Δ _F)
<i>T</i> _{PREAMBLE} : PLCP 前导码持续时间	16 μs (<i>T</i> _{SHORT} + <i>T</i> _{LONG})
<i>T</i> _{SIGNAL} : SIGNAL 字段 BPSK-OFDM 符号的持续时间	4.0 μs (<i>T</i> _{GI} + <i>T</i> _{FFT})
<i>T</i> _{GI} : GI 持续时间	0.8 μs (<i>T</i> _{FFT} /4)
<i>T</i> _{GI2} : 训练符号的 GI 持续时间	1.6 μs (<i>T</i> _{FFT} /2)
<i>T</i> _{SYM} : 符号间隔	4 μs (<i>T</i> _{GI} + <i>T</i> _{FFT})
<i>T</i> _{SHORT} : 短训练序列的持续时间	8 μs (10 × <i>T</i> _{FFT} /4)
<i>T</i> _{LONG} : 长训练序列的持续时间	8 μs (<i>T</i> _{GI2} + 2 × <i>T</i> _{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：

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

式中：

R_e(·)——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。

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

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。

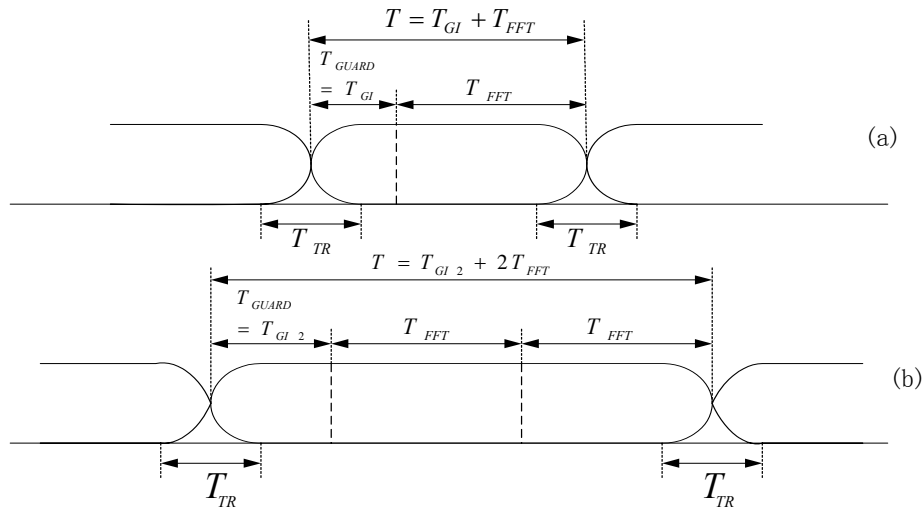
信号的所有子帧由系数为 C_k 的傅立叶逆变换构成, C_k 在 6.3.3 到 6.3.5 中定义为数据、导频或训练符号。

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

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 μ 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 $w_{TSUBFRAME}(t)$ 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。

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

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 100ns。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。



(a) 为单个 FFT 周期接收波形 ; (b) 为两个 FFT 周期接收波形

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 $T=4.0\mu s$ ， $T_{TR}=100ns$ ，信号以 20 Msample/s 的速率进行采样，得到：

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

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。

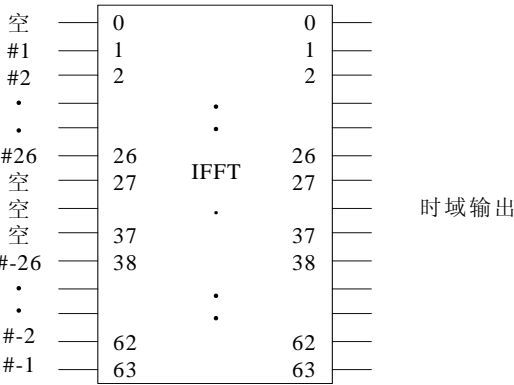


图 3 IDFT 的输入及输出

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。

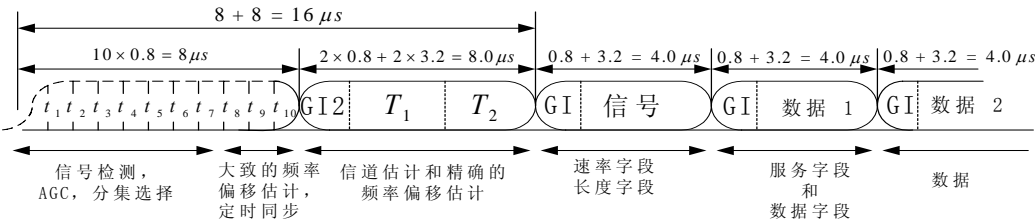


图 4 OFDM 的训练结构

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：

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

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:

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

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 $T_{\text{FFT}}/4 = 0.8 \mu\text{s}$ 。
T_{SHORT} 等于 10 个 0.8 μs 的周期(即 8 μs)。

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:

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

OFDM 的长训练符号按照下式产生:

$$r_{\text{LONG}}(t) = w_{\text{TLONG}}(t) \sum_{k=-N_{\text{ST}}/2}^{N_{\text{ST}}/2} L_k \exp(j2\pi k \Delta_F (t - T_{\text{GI2}})) \quad \dots\dots\dots (9)$$

式中:

$T_{\text{GI2}} = 1.6 \mu\text{s}$ 。

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 6Mbit/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。

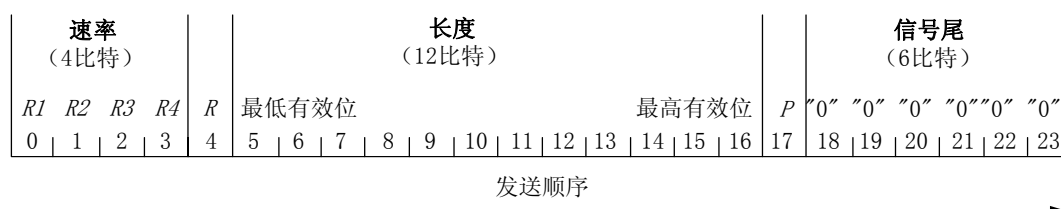


图 5 SIGNAL 字段的比特分配

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 的八位位组数。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组数。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。

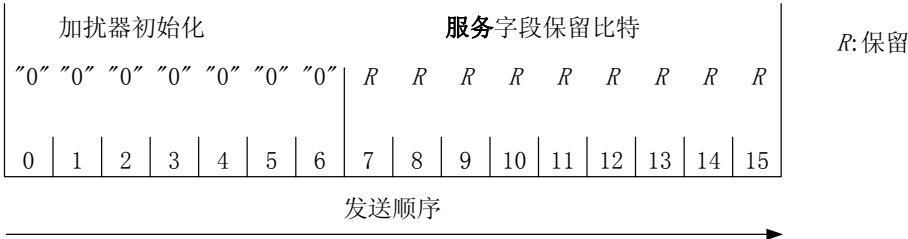


图 6 SERVICE 字段比特分配

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解码器的错误概率，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_{CBPS} 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 $\text{Ceiling}(\cdot)$ 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。

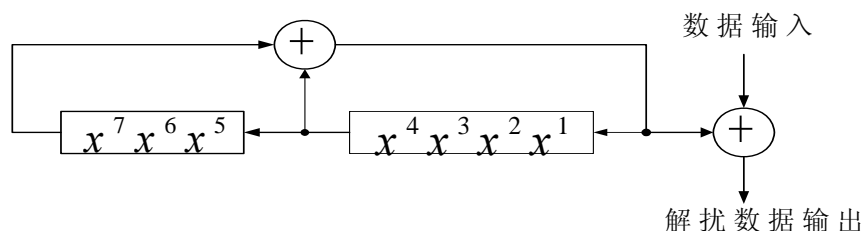


图 7 数据加扰器

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。

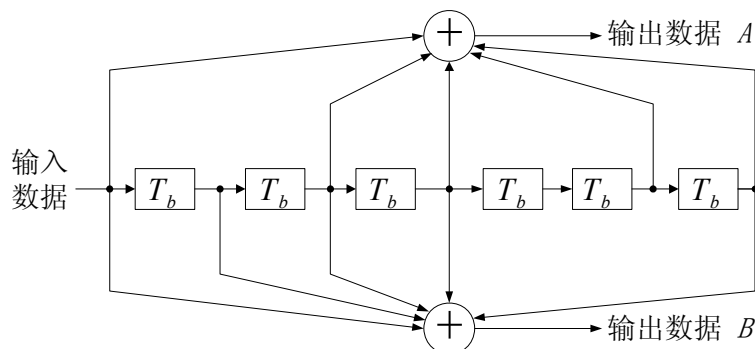
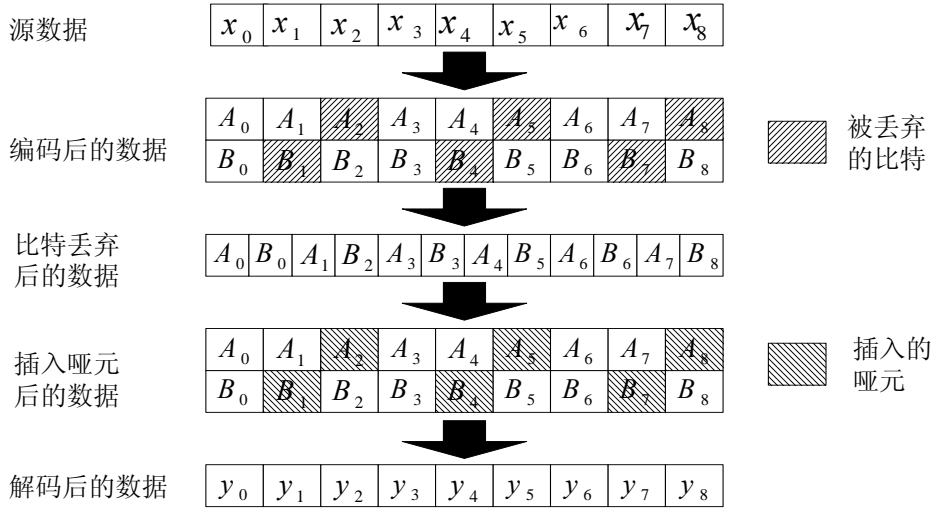
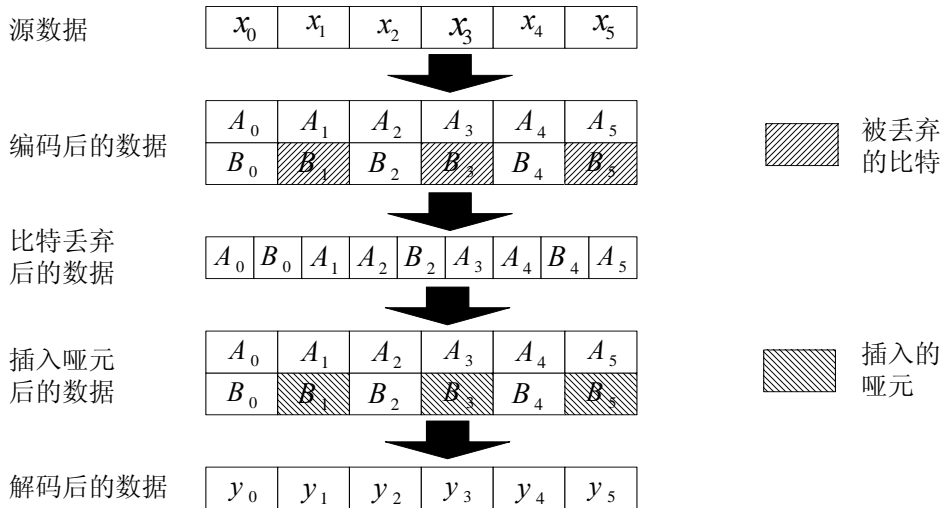


图 8 卷积编码器 (k=7)

删余编码 ($r=3/4$)删余编码 ($r=2/3$)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：

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

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：

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

s 的值由每个子载波的编码比特数(N_{BPSC})确定, 见下式:

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

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:

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

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_{BPSC} (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_0b_1 决定 I 路取值, b_2b_3 决定 Q 路取值, 见表 9; 对于 64-QAM, $b_0b_1b_2$ 决定 I 路取值, $b_3b_4b_5$ 决定 Q 路取值, 见表 10。

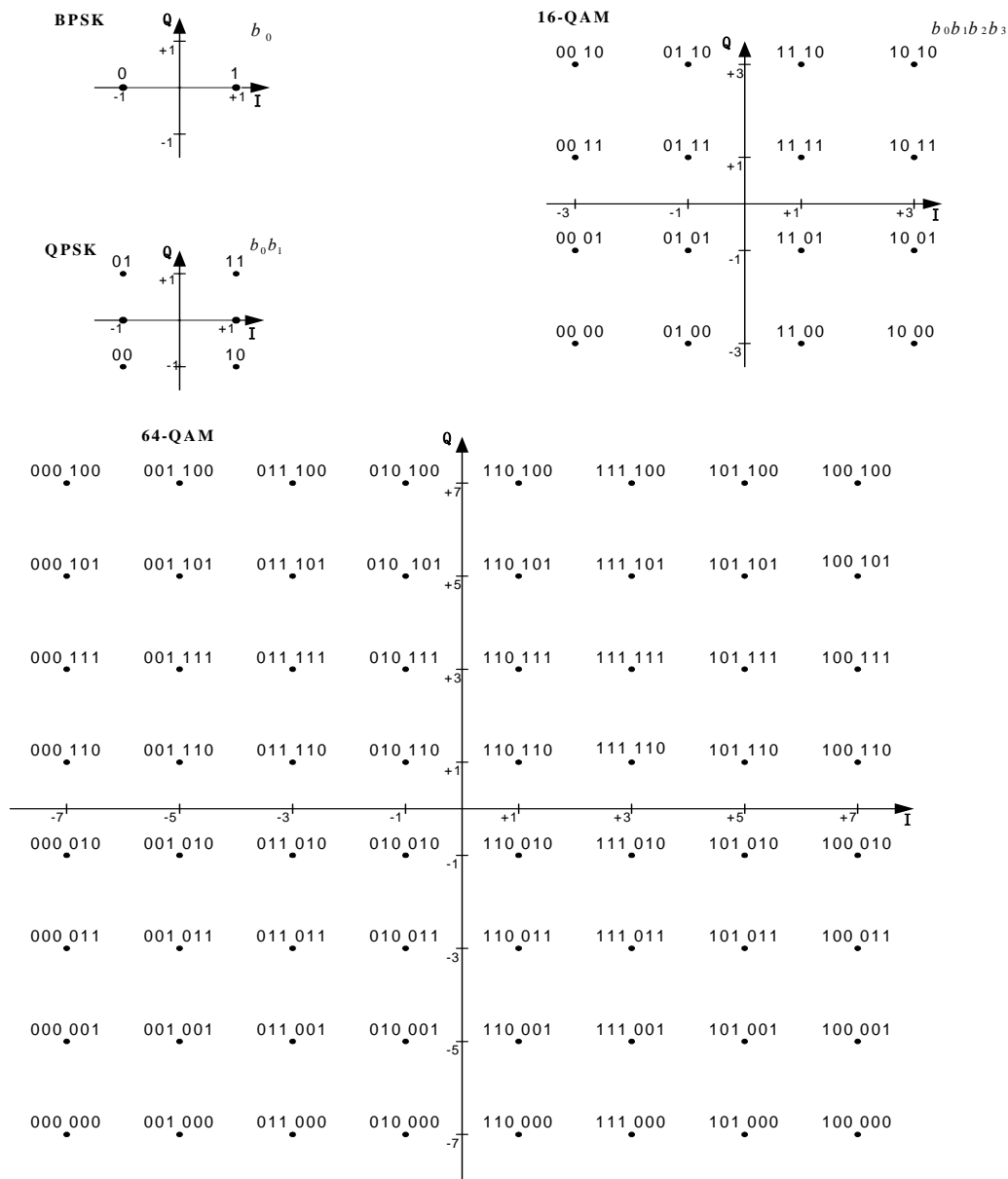


图 10 BPSK、QPSK、16-QAM 和 64-QAM 星座图比特编码

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_0b_1)	I 路输出	输入比特(b_2b_3)	Q 路输出
00	-3	00	-3
01	-1	01	-1
11	1	11	1
10	3	10	3

表 10 64-QAM 编码表

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

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：

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

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：

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

其中函数 $M(k)$ 把逻辑上的子载波编号 0~47 映射为频率偏移序号-26~26，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 \mathbf{P} 经傅立叶变换后产生:

$$\begin{aligned} \mathbf{P}_{-26, 26} = & \{0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0, \\ & 0,0,0,0,0,1,0,0,0,0,0,0,0,0,0,0,-1,0,0,0,0,0\} \dots\dots\dots (24) \end{aligned}$$

导频子载波的极性由序列 \mathbf{p}_n 决定, \mathbf{p}_n 是以下 127 个元素序列的循环扩展:

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

序列 \mathbf{P}_n 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)。

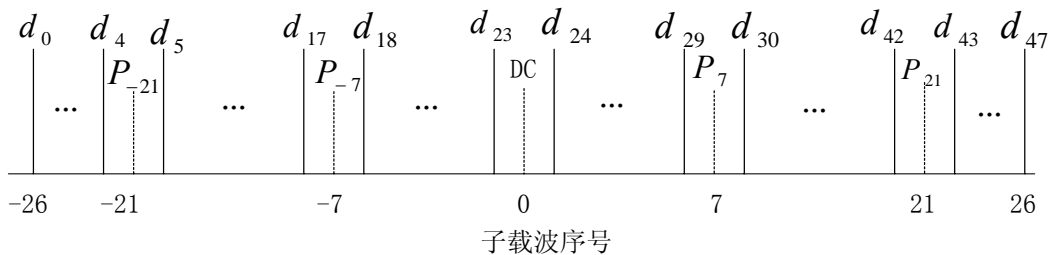


图 11 子载波频率分配

N_{SYM} 个 OFDM 符号合起来记为:

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

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。TXVECTOR 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。

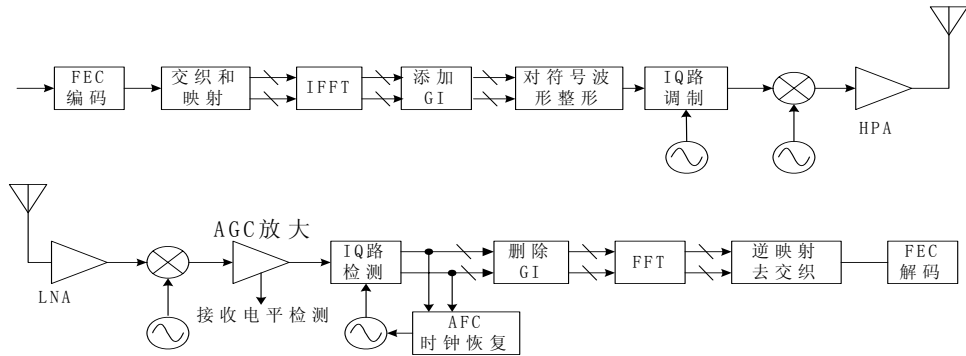


图 12 OFDM PHY 发射机和接收机框图

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	$K=7(64 \text{ 状态})$ 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 μs
保护间隔	0.8 μs ^a (T_{GI})
占据带宽	16.6 MHz
^a 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 Commision(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。5.8GHz 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 5.8GHz 频段的分配。在美国¹⁾，FCC 负责 5GHz 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：

信道中心频率=5000+5×*n_{ch}* (MHz) *n_{ch}* = 145,146,147, ...,200 (27)

本定义给出了在 5 GHz 到 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	5745
		153	5765
		157	5785
		161	5805
		165 ^a	5825 ^a
美 国 ^b	U-NII 低频段 ^b (5.15~5.25)	36	5180
		40	5200
		44	5220
		48	5240
美 国 ^b	U-NII 中频段 ^b (5.25~5.35)	52	5260
		56	5280
		60	5300
		64	5320
美 国 ^b	U-NII 高频段 (5.725~5.825)	149	5745
		153	5765
		157	5785
		161	5805
^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 125MHz 的频段内提供 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 100MHz 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 30MHz，对于高 U-NII 频段，距离为 20MHz。

OFDM PHY 工作在 5.8GHz 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。

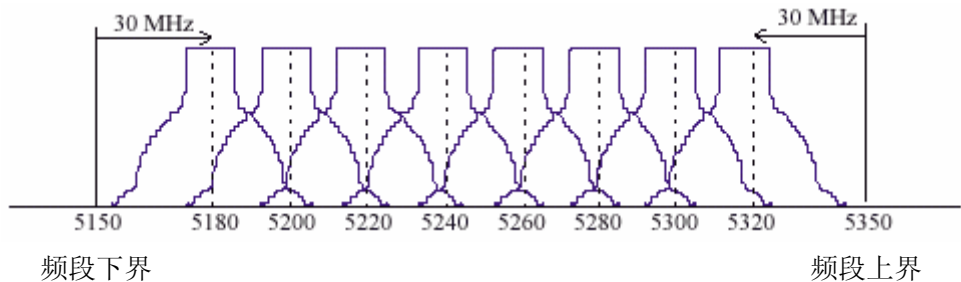
在多区网络拓扑结构中，使用不同信道的重叠或者相邻小区可以同时工作。

1) 提示性信息

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

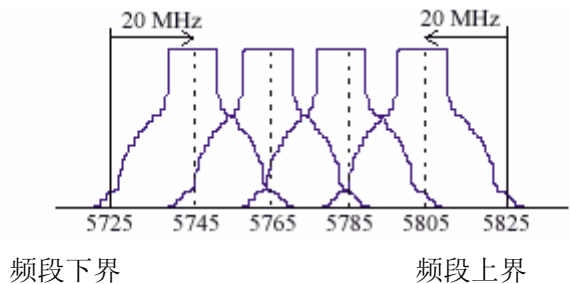


图 13 中国、美国 OFDM PHY 的信道安排

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 5.8GHz 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 9μs，是 RX 到 TX 的转换时间、MAC 处理时延和 CCA 检测时 (<4μs) 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

²⁾ 提示性信息

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 6dBi)
5.725～5.850 (中国)	500 (20 mW/MHz)
5.15～5.25 (美国) ^a	40 (2.5 mW/MHz)
5.25～5.35 (美国) ^a	200 (12.5 mW/MHz)
5.725～5.825 (美国) ^a	800 (50 mW/MHz)
^a 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 18MHz 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 11MHz 频率偏移处为－20 dBr，在 20MHz 频率偏移处为－28 dBr，在 30MHz 以上的频率偏移处为－40dBr。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。

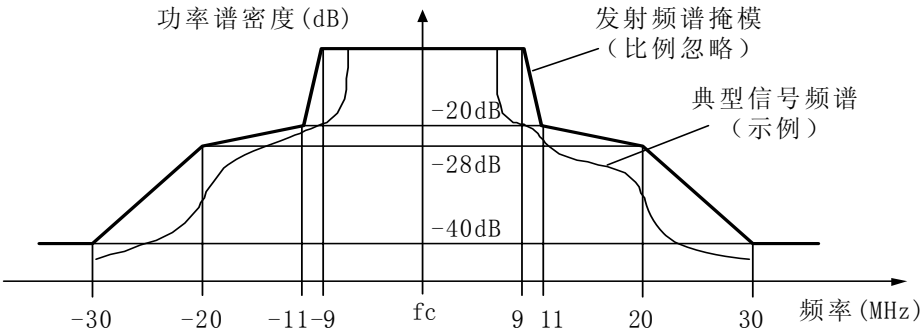


图 14 发射频谱掩模

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 5.8GHz 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。

³⁾ 提示性信息

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-15dB，或者说不应超过其余子载波平均能量的2dB。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±2dB。-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/-4dB。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；
- 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；
- 计算一个分组内所有错误的 RMS 平均值。如下式：

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

式中：

L_p ——分组长度；

N_f ——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。

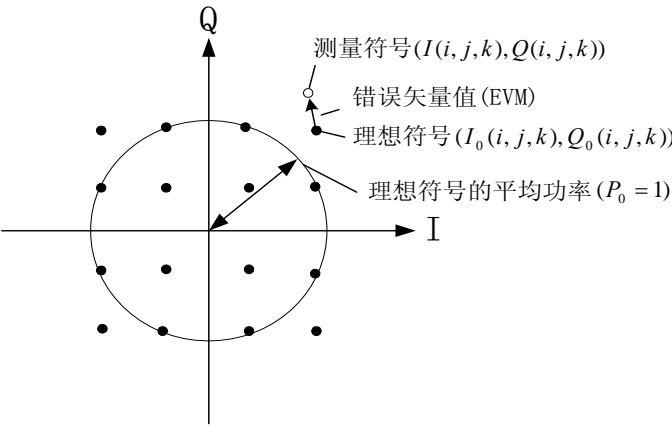


图 15 星座图错误

这种检测方案至少需要 20 个帧(N_f)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 10dB，实现的冗余为 5dB）。

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 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，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 -30dBm 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 μs 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 20dB 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(TXVECTOR) 进行设置，详见 6.2.2。

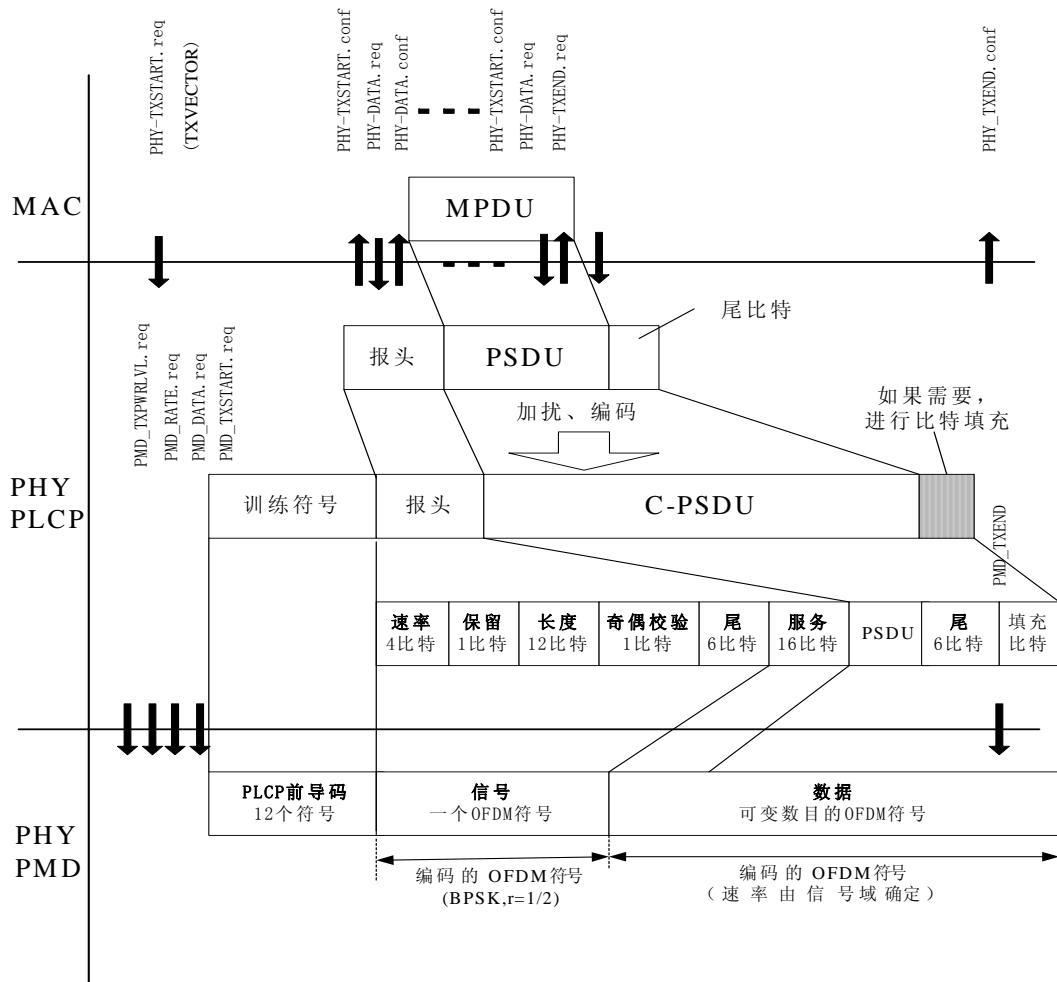


图 16 PLCP 发射规程

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_TXPWRLVL 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 层的一系列数据八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,数据八位位组按比特 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-TXEND.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 八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)。

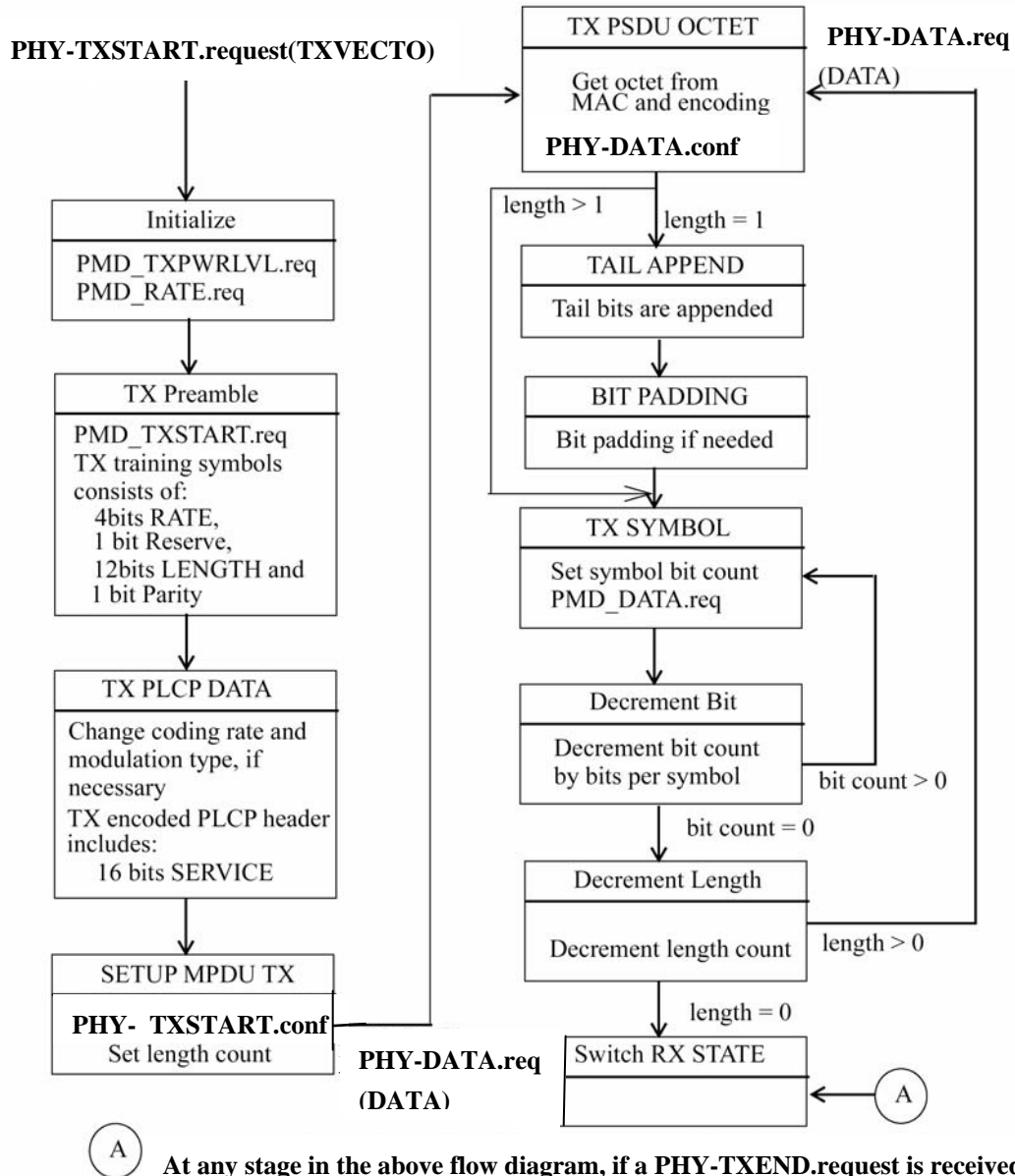


图 17 PLCP 发射状态机

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 指示信道的活动性。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。

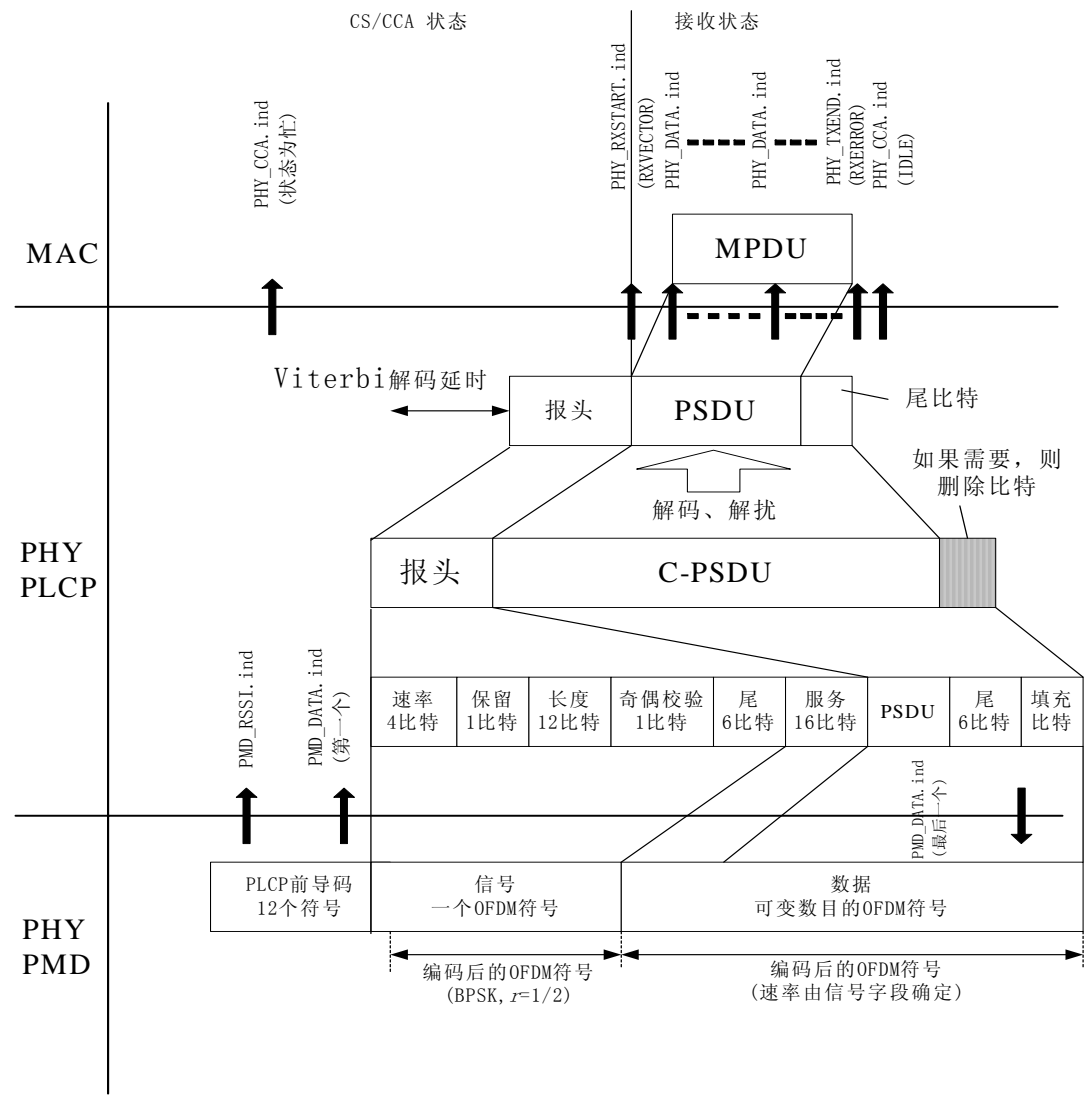


图 18 PLCP 接收规程

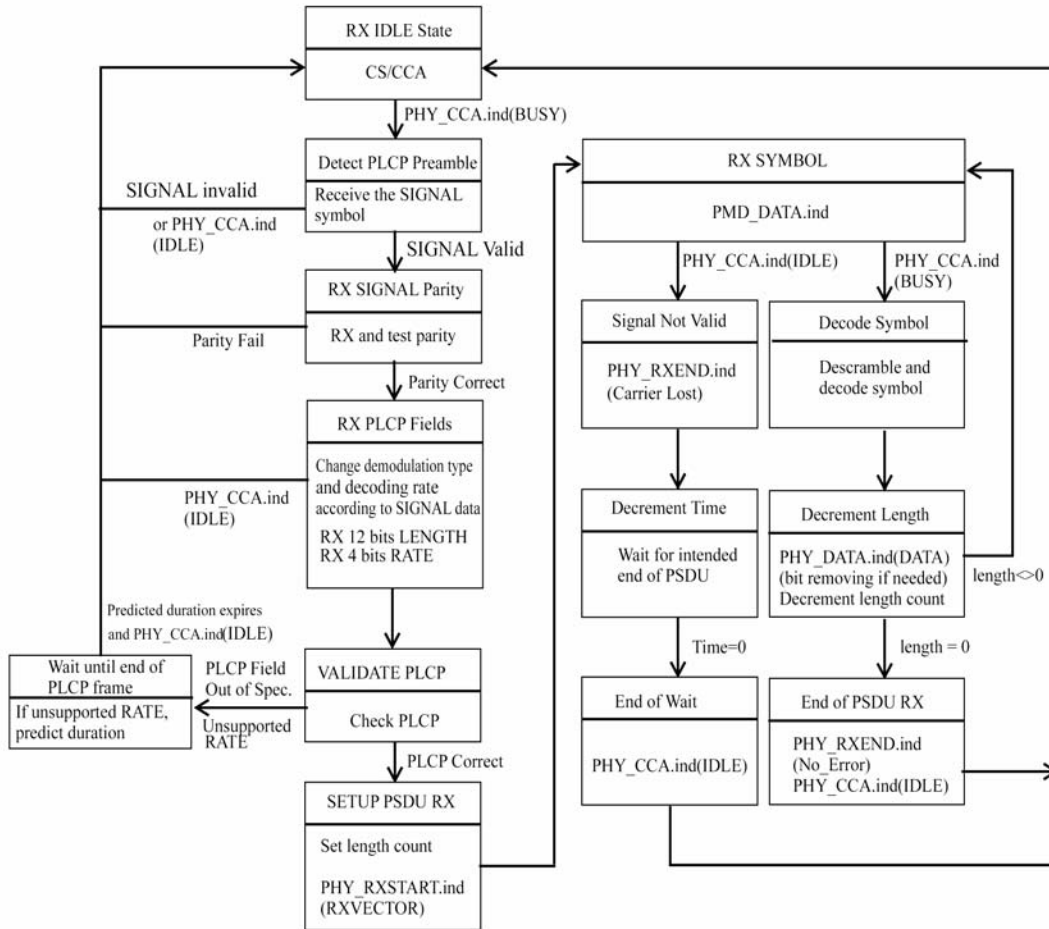


图 19 PLCP 接收状态机

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-RXSTART.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-RXEND.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内给出媒体忙信息。

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。

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：

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

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：

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

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
发射功率坡升时间 (aTxRampOnTime)	取决于具体实现
发射功率坡降时间 (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互操作性，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。

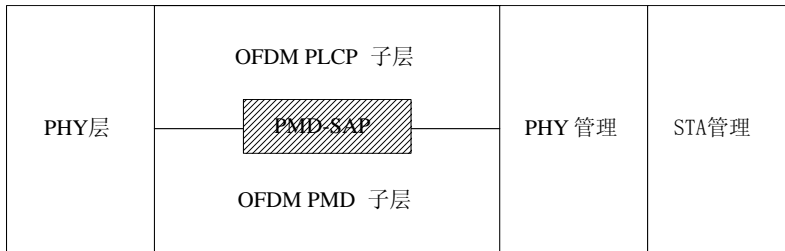


图 20 PMD 层参考模型

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_TXPWRVLV	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_TXPWRVLV.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-TXSTART.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)
协议执行一致性声明 (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□ 否□
*CF2	独立 STA (非 AP)	5.2	O.1	是□ 否□
*CF3	2.4GHz 频段的跳频扩频(FHSS)PHY	—	O.2	是□ 否□
*CF4	2.4GHz 频段的直接序列扩频(DSSS)PHY	—	O.2	是□ 否□
*CF5	红外 PHY	—	O.2	是□ 否□
*CF6	5.8 GHz 频段的 OFDM PHY	—	O.2	是□ 否□

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□ 否□
OF1.2	TXVECTOR 参数: DATARATE	6.2.2.2	M	是□ 否□
OF1.2.1	DATARATE =6.0Mbit/s	6.2.2.2	M	是□ 否□
*OF1.2.2	DATARATE =9.0Mbit/s	6.2.2.2	O	是□ 否□
OF1.2.3	DATARATE =12.0Mbit/s	6.2.2.2	M	是□ 否□
*OF1.2.4	DATARATE =18.0Mbit/s	6.2.2.2	O	是□ 否□
OF1.2.5	DATARATE =24.0Mbit/s	6.2.2.2	M	是□ 否□
*OF1.2.6	DATARATE =36.0Mbit/s	6.2.2.2	O	是□ 否□
*OF1.2.7	DATARATE =48.0Mbit/s	6.2.2.2	O	是□ 否□
*OF1.2.8	DATARATE =54.0Mbit/s	6.2.2.2	O	是□ 否□
OF1.3	TXVECTOR 参数: SERVICE	6.2.2.3	M	是□ 否□
OF1.4	TXVECTOR 参数: TXPWR_LEVEL	6.2.2.4	M	是□ 否□
OF1.5	RXVECTOR 参数: LENGTH	6.2.3.1	M	是□ 否□
OF1.6	RXVECTOR 参数: RSSI	6.2.3.2	M	是□ 否□
OF2: OFDM PLCP 子层				
OF2.1	取决于 RATE 的参数	6.3.2.2	M	是□ 否□
OF2.2	与定时有关的参数	6.3.2.3	M	是□ 否□
OF2.3	PLCP 前导码: SYNC	6.3.3	M	是□ 否□
OF2.4	PLCP 报头: SIGNAL	6.3.4	M	是□ 否□
OF2.5	PLCP 报头: LENGTH	6.3.4.1	M	是□ 否□
OF2.6	PLCP 报头: RATE	6.3.4.2	M	是□ 否□
OF2.7	PLCP 报头: 奇偶性校验, 保留	6.3.4.3	M	是□ 否□
OF2.6	PLCP 报头: SIGNAL TAIL	6.3.4.3	M	是□ 否□
OF2.9	PLCP 报头: SERVICE	6.3.5.1	M	是□ 否□
OF2.10	PPDU: TAIL	6.3.5.2	M	是□ 否□
OF2.11	PPDU: PAD	6.3.5.3	M	是□ 否□
OF2.12	PLCP/OFDM PHY 数据加扰器和解扰器	6.3.5.4	M	是□ 否□
OF2.13	卷积编码器	6.3.5.5	M	是□ 否□
OF2.13.1	编码率 $R = 1/2$	6.3.5.5	M	是□ 否□

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

项 目	特 性	引用条号	状 态	支 持
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<−5dB	6.3.9.6.3	M	是□ 否□
OF4.6.4	发射机星座图错误<−8dB	6.3.9.6.3	OF1.2.2:M	是□ 否□ 不适用□
OF4.6.5	发射机星座图错误<−10dB	6.3.9.6.3	M	是□ 否□
OF4.6.6	发射机星座图错误<−13dB	6.3.9.6.3	OF1.2.4:M	是□ 否□ 不适用□
OF4.6.7	发射机星座图错误<−16dB	6.3.9.6.3	M	是□ 否□
OF4.6.8	发射机星座图错误<−19dB	6.3.9.6.3	OF1.2.6:M	是□ 否□ 不适用□
OF4.6.9	发射机星座图错误<−22dB	6.3.9.6.3	OF1.2.7:M	是□ 否□ 不适用□
OF4.6.10	发射机星座图错误<−25dB	6.3.9.6.3	OF1.2.8:M	是□ 否□ 不适用□
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	−82dBm (速率为 6Mbit/s)	6.3.10.1	M	是□ 否□
OF5.1.2	−81dBm (速率为 9Mbit/s)	6.3.10.1	OF1.2.2:M	是□ 否□ 不适用□
OF5.1.3	−79dBm (速率为 12Mbit/s)	6.3.10.1	M	是□ 否□
OF5.1.4	−77dBm (速率为 18Mbit/s)	6.3.10.1	OF1.2.4:M	是□ 否□ 不适用□
OF5.1.5	−74dBm (速率为 24Mbit/s)	6.3.10.1	M	是□ 否□
OF5.1.6	−70dBm (速率为 36Mbit/s)	6.3.10.1	OF1.2.6:M	是□ 否□ 不适用□
OF5.1.7	−66dBm (速率为 48Mbit/s)	6.3.10.1	OF1.2.7:M	是□ 否□ N/A□
OF5.1.8	−65dBm (速率为 54Mbit/s)	6.3.10.1	OF1.2.8:M	是□ 否□ 不适用□
OF5.2	抗邻道干扰能力	6.3.10.2	M	是□ 否□
OF5.3	抗非邻道干扰能力	6.3.10.3	M	是□ 否□
OF5.4	最大输入电平	6.3.10.4	M	是□ 否□
OF5.5	CCA 灵敏度	6.3.10.5	M	是□ 否□
OF6: PLCP 发射过程				
OF6.1	发射: 基于 MAC 请求发送	6.3.11	M	是□ 否□
OF6.2	发射: 格式和数据编码	6.3.11	M	是□ 否□
OF6.3	发射: 定时	6.3.11	M	是□ 否□
OF7: PLCP 接收过程				
OF7.1	接收: 接收和数据解码	6.3.12	M	是□ 否□
OF8: PHY LME				
OF8.1	PLME: 支持 PLME_SAP 管理原语	6.4.1	M	是□ 否□
OF8.2	PLME: 支持 PHY 管理信息库	6.4.2	M	是□ 否□
OF8.3	PLME: 支持 PHY 特性	6.4.3	M	是□ 否□
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□ 否□
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□ 否□

项 目	特 性	引用条号	状 态	支 持
OF9.3	PMD_SAP 服务原语参数			
OF9.3.1	参数: TXD_UNIT	6.5.4.3	M	是□ 否□
OF9.3.2	参数: RXD_UNIT	6.5.4.3	M	是□ 否□
OF9.3.3	参数: TXPWR_LEVEL	6.5.4.3	M	是□ 否□
OF9.3.4	参数: RATE (12Mbit/s)	6.5.4.3	M	是□ 否□
OF9.3.5	参数: RATE (24Mbit/s)	6.5.4.3	M	是□ 否□
OF9.3.6	参数: RATE (48Mbit/s)	6.5.4.3	M	是□ 否□
OF9.3.7	参数: RATE (72Mbit/s)	6.5.4.3	O	是□ 否□
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□ 否□
^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 B 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 B 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 B 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 5.725~5.825GHz 内工作
        比特 3..能够在 5.825~5.850GHz 内工作（可选）
        例如，对于能够在 5.725~5.825GHz 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 B 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 B 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：

- a) 产生前导码的短训练序列；
- b) 产生前导码的长训练序列；
- c) 产生 SIGNAL 字段比特
- d) 对 SIGNAL 字段比特进行编码和交织；
- e) 将 SIGNAL 字段映射到频域；
- f) 插入导频；
- g) 转换到时域；
- h) 将数据八位位组流转化为比特流；
- i) 前加 SERVICE 字段，后面加入填充比特，形成 DATA；
- j) 加扰，并在尾比特处加零；
- k) 用卷积编码器对 DATA 编码，并进行删余；
- l) 映射为 16-QAM 的复数符号；
- m) 插入导频；
- n) 从频域转化到时域，附加一个循环前缀；
- o) 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。

- a) 每个符号使用的比特数（在本例中为 4）；
- b) 对卷积码进行删余；
- c) 使用 LSB-MSB 交换过程进行交织；
- d) 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-insired 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	−0.014
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。这里描述的时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

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。

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

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。

通过将一个采样值交叠到前导码上, 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，或等价的 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 36Mbit/s 模式，每个 OFDM 符号有 144 个数据比特，于是比特总数为 $\text{ceil}(822/144) \times 144 = 864$ 。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 1011101 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 所示的加扰后的最先的 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

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

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 $p_{0...126}$ 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
320	0.109	0.000	340	0.010	-0.097	360	-0.035	0.044	380	-0.051	0.202
321	0.033	-0.044	341	-0.060	-0.124	361	0.017	-0.059	381	0.035	-0.116
322	-0.002	-0.038	342	-0.033	-0.044	362	0.053	-0.017	382	0.016	-0.174
323	-0.081	0.084	343	0.011	0.002	363	0.099	0.100	383	0.057	-0.052
324	0.007	-0.100	344	0.098	0.044	364	0.034	-0.148	384	0.062	0.000
325	-0.001	-0.113	345	0.136	0.105	365	-0.003	-0.094	385	0.033	-0.044
326	-0.021	-0.005	346	-0.021	0.005	366	-0.120	0.042	386	-0.002	-0.038
327	0.136	-0.105	347	-0.001	0.113	367	-0.136	-0.070	387	-0.081	0.084
328	0.098	-0.044	348	0.007	0.100	368	-0.031	0.000	388	0.007	-0.100
329	0.011	-0.002	349	-0.081	-0.084	369	-0.136	0.070	389	-0.001	-0.113
330	-0.033	0.044	350	-0.002	0.038	370	-0.120	-0.042	390	-0.021	-0.005
331	-0.060	0.124	351	0.033	0.044	371	-0.003	0.094	391	0.136	-0.105
332	0.010	0.097	352	0.062	0.000	372	0.034	0.148	392	0.098	-0.044
333	0.000	-0.008	353	0.057	0.052	373	0.099	-0.100	393	0.011	-0.002
334	0.018	-0.083	354	0.016	0.174	374	0.053	0.017	394	-0.033	0.044
335	-0.069	0.027	355	0.035	0.116	375	0.017	0.059	395	-0.060	0.124
336	-0.219	0.000	356	-0.051	-0.202	376	-0.035	-0.044	396	0.010	0.097
337	-0.069	-0.027	357	0.011	0.036	377	-0.049	0.008	397	0.000	-0.008
338	0.018	0.083	358	0.089	0.209	378	0.089	-0.209	398	0.018	-0.083
339	0.000	0.008	359	-0.049	-0.008	379	0.011	-0.036	399	-0.069	0.027
400	-0.149	0.035	420	-0.168	-0.043	440	-0.017	0.019	460	0.046	0.023
401	-0.109	-0.130	421	-0.066	0.028	441	-0.016	-0.074	461	-0.050	0.034
402	0.003	-0.011	422	-0.065	0.037	442	-0.005	-0.085	462	-0.024	-0.009
403	-0.003	0.083	423	0.039	0.025	443	0.066	0.062	463	0.065	0.166
404	-0.039	-0.032	424	0.078	-0.045	444	0.154	0.050	464	-0.079	0.071
405	0.051	0.048	425	-0.105	0.048	445	0.120	-0.001	465	-0.109	-0.130
406	0.136	0.173	426	-0.030	0.093	446	-0.015	0.087	466	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 15929.11-2003 的修改

D.1 MAC 子层功能

MAC 的子层功能同 GB 15629.11-2003 的第 9 章，并增加以下内容：

对于 5GHz 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

层管理功能同 GB 15629.11-2003 的第 10 章，并作以下修改：

D.2.1 PLME_CHARACTERISTICS.confirm

D.2.1.1 功能

该原语提供 PHY 工作参数。

D.2.1.2 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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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: $\text{aTxPLCPDelay} + \text{aRxTxSwitchTime} + \text{aTxRampOnTime} + \text{aTxRFDelay}$
aTxPLCPDelay (PLCP 发送延迟)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	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)	整数型	能被 PLCP PDU 运送的 MPDU 的最大八位位组数
aCWmin	整数型	竞争窗口的最小长度,单位为 aSlotTime
aCWmax	整数型	竞争窗口的最大长度,单位为 aSlotTime

D.2.1.3 产生条件

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

D.2.1.4 收后效果

收到该原语后, PHY 实体将提供其工作参数。

D.2.2 PLME-TXTIME.request

D.2.2.1 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(PPDU)所需的时间。该 PPDU 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.2.2.2 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. 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. 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. 3 PLME-TXTIME.confirm

D. 2. 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. 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. 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. 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。

射频和天线设计培训课程推荐

易迪拓培训(www.edatop.com)由数名来自于研发第一线的资深工程师发起成立,致力并专注于微波、射频、天线设计研发人才的培养;我们于 2006 年整合合并微波 EDA 网(www.mweda.com),现已发展成为国内最大的微波射频和天线设计人才培养基地,成功推出多套微波射频以及天线设计经典培训课程和 ADS、HFSS 等专业软件使用培训课程,广受客户好评;并先后与人民邮电出版社、电子工业出版社合作出版了多本专业图书,帮助数万名工程师提升了专业技术能力。客户遍布中兴通讯、研通高频、埃威航电、国人通信等多家国内知名公司,以及台湾工业技术研究院、永业科技、全一电子等多家台湾地区企业。

易迪拓培训推荐课程列表: <http://www.edatop.com/peixun/tuijian/>



射频工程师养成培训课程套装

该套装精选了射频专业基础培训课程、射频仿真设计培训课程和射频电路测量培训课程三个类别共 30 门视频培训课程和 3 本图书教材;旨在引领学员全面学习一个射频工程师需要熟悉、理解和掌握的专业知识和研发设计能力。通过套装的学习,能够让学员完全达到和胜任一个合格的射频工程师的要求...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/rfe/110.html>

手机天线设计培训视频课程

该套课程全面讲授了当前手机天线相关设计技术,内容涵盖了早期的外置螺旋手机天线设计,最常用的几种手机内置天线类型——如 monopole 天线、PIFA 天线、Loop 天线和 FICA 天线的设计,以及当前高端智能手机中较常用的金属边框和全金属外壳手机天线的设计;通过该套课程的学习,可以帮助您快速、全面、系统地学习、了解和掌握各种类型的手机天线设计,以及天线及其匹配电路的设计和调试...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/133.html>



WiFi 和蓝牙天线设计培训课程



该套课程是李明洋老师应邀给惠普 (HP)公司工程师讲授的 3 天员工内训课程录像,课程内容是李明洋老师十多年工作经验积累和总结,主要讲解了 WiFi 天线设计、HFSS 天线设计软件的使用,匹配电路设计调试、矢量网络分析仪的使用操作、WiFi 射频电路和 PCB Layout 知识,以及 EMC 问题的分析解决思路等内容。对于正在从事射频设计和天线设计领域工作的您,绝对值得拥有和学习!...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/antenna/134.html>

CST 学习培训课程套装

该培训套装由易迪拓培训联合微波 EDA 网共同推出,是最全面、系统、专业的 CST 微波工作室培训课程套装,所有课程都由经验丰富的专家授课,视频教学,可以帮助您从零开始,全面系统地学习 CST 微波工作的各项功能及其在微波射频、天线设计等领域的设计应用。且购买该套装,还可超值赠送 3 个月免费学习答疑...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/cst/24.html>



HFSS 学习培训课程套装

该套课程套装包含了本站全部 HFSS 培训课程,是迄今国内最全面、最专业的 HFSS 培训教程套装,可以帮助您从零开始,全面深入学习 HFSS 的各项功能和在多个方面的工程应用。购买套装,更可超值赠送 3 个月免费学习答疑,随时解答您学习过程中遇到的棘手问题,让您的 HFSS 学习更加轻松顺畅...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/hfss/11.html>

ADS 学习培训课程套装

该套装是迄今国内最全面、最权威的 ADS 培训教程,共包含 10 门 ADS 学习培训课程。课程是由具有多年 ADS 使用经验的微波射频与通信系统设计领域资深专家讲解,并多结合设计实例,由浅入深、详细而又全面地讲解了 ADS 在微波射频电路设计、通信系统设计和电磁仿真设计方面的内容。能让您在最短的时间内学会使用 ADS,迅速提升个人技术能力,把 ADS 真正应用到实际研发工作中去,成为 ADS 设计专家...

课程网址: <http://www.edatop.com/peixun/ads/13.html>



我们的课程优势:

- ※ 成立于 2004 年,10 多年丰富的行业经验,
- ※ 一直致力并专注于微波射频和天线设计工程师的培养,更了解该行业对人才的要求
- ※ 经验丰富的一线资深工程师讲授,结合实际工程案例,直观、实用、易学

联系我们:

- ※ 易迪拓培训官网: <http://www.edatop.com>
- ※ 微波 EDA 网: <http://www.mweda.com>
- ※ 官方淘宝店: <http://shop36920890.taobao.com>