

国 际 电 信 联 盟

**ITU-T**

国际电信联盟  
电信标准化部门

**G.9963**

**修正1**

(04/2021)

G系列：传输系统和媒介、数字系统和网络  
接入网络 – 驻地网络

---

**统一高速有线家庭联网收发信机 – 多入多出规范  
修正1**

ITU-T G.9963建议书（2018年）– 修正1

ITU-T G系列建议书  
传输系统和媒介、数字系统和网络

国际电话连接和电路	G.100-G.199
所有模拟载波传输系统共有的一般特性	G.200-G.299
金属线路上国际载波电话系统的各项特性	G.300-G.399
在无线电接力或卫星链路上传输并与金属线路互连的国际载波电话系统的一般特性	G.400-G.499
无线电话与线路电话的协调	G.450-G.499
传输媒介的特性	G.600-G.699
数字终端设备	G.700-G.799
数字网	G.800-G.899
数字段和数字线路系统	G.900-G.999
服务质量和性能 — 一般和与用户相关的概况	G.1000-G.1999
传输媒介的特性	G.6000-G.6999
经传送网的数据 — 一般概况	G.7000-G.7999
经传送网的以太网概况	G.8000-G.8999
接入网	G.9000-G.9999
金属接入网络	G.9700-G.9799
本地网络和接入网络的光缆系统	G.9800-G.9899
<b>驻地网络</b>	<b>G.9900-G.9999</b>

欲了解更多详细信息，请查阅ITU-T建议书目录。

# ITU-T G.9963建议书

## 统一高速有线家庭联网收发信机 – 多入多出规范

### 修正1

#### 摘要

ITU-T G.9963建议书属于ITU-T G.996x建议书系列。ITU-T G.9963建议书规定了多入多出（MIMO）家庭网络收发信机所需的、对ITU-T G.9960建议书和ITU-T G.9961建议书的修改和补充，这些收发信机可在驻地电力线上工作。MIMO收发信机可在电力线三个导线（相线、零线和地线）上发送和接收。本建议书还规定了在同一导线上使用时，满足ITU-T G.9960、ITU-T G.9961和ITU-T G.9963建议书标准的收发信机进行互操作的方法。

修正1旨在使本建议书与ITU-T G.9960、ITU-T G.9961和ITU-T G.9962建议书保持一致。

#### 历史沿革

版本	建议书	批准日期	研究组	唯一ID*
1.0	ITU-T G.9963	2011-12-16	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/11404">11.1002/1000/11404</a>
1.1	ITU-T G.9963 (2011年) 修正1	2014-01-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12083">11.1002/1000/12083</a>
1.2	ITU-T G.9963 (2011年) 勘误1	2014-04-04	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12082">11.1002/1000/12082</a>
2.0	ITU-T G.9963	2015-07-03	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12402">11.1002/1000/12402</a>
2.1	ITU-T G.9963 (2015年) 勘误1	2016-04-13	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12819">11.1002/1000/12819</a>
2.2	ITU-T G.9963 (2015年) 修正1	2016-07-22	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/12820">11.1002/1000/12820</a>
3.0	ITU-T G.9963	2018-11-29	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/13778">11.1002/1000/13778</a>
3.1	ITU-T G.9963 (2018年) 修正1	2021-04-24	15	<a href="http://handle.itu.int/11.1002/1000/14533">11.1002/1000/14533</a>

#### 关键词

架构、DLL层、G.hn、MIMO、电话线、PHY层、电力线。

\* 欲查阅此建议书，请在网络浏览器的地址字段内输入URL <http://handle.itu.int/>，然后再输入该建议书的唯一ID，例如 <http://handle.itu.int/11.1002/1000/11830-en>。

## 前言

国际电信联盟（ITU）是从事电信和信息通信技术（ICT）领域工作的联合国专门机构。ITU-T（国际电信联盟电信标准化部门）是国际电信联盟的常设机构，负责研究技术、操作和资费问题，并且为在世界范围内实现电信标准化，发表有关上述研究项目的建议书。

每四年一届的世界电信标准化全会（WTSA）确定ITU-T各研究组的研究课题，再由各研究组制定有关这些课题的建议书。

WTSA第1号决议规定了批准建议书须遵循的程序。

属ITU-T研究范围的某些信息技术领域的必要标准，是与国际标准化组织（ISO）和国际电工技术委员会（IEC）合作制定的。

## 注

本建议书为简明扼要起见而使用的“主管部门”一词，既指电信主管部门，又指经认可的运营机构。

遵守本建议书的规定是以自愿为基础的，但建议书可能包含某些强制性条款（以确保例如互操作性或适用性等），只有满足所有强制性条款的规定，才能达到遵守建议书的目的。“应该”或“必须”等其他一些强制性用语及其否定形式被用于表达特定要求。使用此类用语不表示要求任何一方遵守本建议书。

## 知识产权

国际电联提请注意：本建议书的应用或实施可能涉及使用已申报的知识产权。国际电联对无论是其成员还是建议书制定程序之外的其他机构提出的有关已申报的知识产权的证据、有效性或适用性不表示意见。

至本建议书批准之日止，国际电联已收到实施本建议书可能需要的受专利/软件版权保护的知识产权的通知。但需要提醒实施者注意的是，这可能并非最新信息，因此特大力提倡其通过下列ITU-T网站查询相应的ITU-T数据库：<http://www.itu.int/ITU-T/ipr/>。

© 国际电联 2023

版权所有。未经国际电联事先书面许可，不得以任何手段复制本出版物的任何部分。

# 目录

	页码
修正1 .....	i
1 范围 .....	1
2 参引 .....	1
3 定义 .....	2
3.1 他处定义的术语 .....	2
3.2 本建议书定义的术语 .....	2
4 缩写词和首字母缩略语 .....	2
5 家庭网络架构和参考模型 .....	4
6 配置文件 .....	4
7 物理层规范 .....	4
7.1 介质无关规范 .....	4
7.2 介质相关规范 .....	47
8 MIMO收发信机的数据链路层规范 .....	47
8.1 功能模型和帧格式 .....	47
8.2 MAP控制介质访问 .....	48
8.3 传输机会和时隙 .....	48
8.4 APC、LLC和MAC的控制参数 .....	48
8.5 端点节点的功能 .....	48
8.6 域主节点的功能 .....	48
8.7 寻址方案 .....	49
8.8 介质访问计划（MAP）帧 .....	49
8.9 重传和确认协议 .....	50
8.10 管理和控制消息格式 .....	50
8.11 信道估计协议 .....	51
8.12 连接管理 .....	80
8.13 消息泛滥 .....	80
8.14 存在相邻域时的工作 – 分布式域协调（NDIM） .....	80
8.15 与外部电力线网络的共存 .....	80
8.16 PHY多播绑定协议 .....	80
8.17 DLL多播流 .....	80
8.18 频段规划间的互操作性 .....	80
8.19 节点信息和能力交换 .....	80
8.20 度量获取 .....	80
8.21 省电模式下的工作 .....	81

8.22	第2层配置和管理协议 (LCMP) .....	81
8.23	MIMO传输 .....	81
8.24	管理消息字段的游程长度压缩 .....	83
8.25	管理消息中的有效载荷压缩 .....	83
8.26	TLV池 .....	83
9	安全性 .....	83
附件A	– 北美的区域性要求 .....	84
附件B	.....	84
附件C	– 日本区域性要求 .....	84
附件D	– 国际业余无线电频段 .....	84
附件E	– ITU-T G.9960对VDSL2业务的影响 .....	84
附件F	.....	84
附件G	– 测试向量 .....	85
附件H	– 应用协议汇聚子层 .....	85
附件I	– 模式1和模式2 OFB传输之间的互操作性 .....	85
附件J	– 基于IEEE 802.1X端口的网络访问控制 .....	85
附件K至附件W	.....	85
附件X	– 测试向量 .....	85

## 统一高速有线家庭联网收发信机 – 多入多出规范

### 修正1

编辑说明：本出版物是一份完整的出版物。本次修正所做修改在ITU-T G.9963建议书（2018年）及其勘误1的基础之上用修订符标出。

#### 1 范围

本建议书阐述了对[ITU-T G.9960]和[ITU-T G.9961]所做的修改，这些修改是定义在电力线或电话线上工作的MIMO家庭网络收发信机所必需的。更具体而言，本建议书包括以下内容：

- MIMO收发信机的PHY功能模型；
- 与[ITU-T G.9960]和[ITU-T G.9961]相关的PHY和DLL部分所需修改（更改和增加的内容）的详细说明；
- 遵守[ITU-T G.9960]、[ITU-T G.9961]和本建议书[ITU-T G.9963]的收发信机在相同线路上工作时的互操作方式；以及
- [ITU-T G.9963]收发信机的传输方式不会降低遵守[ITU-T G.9960]和[ITU-T G.9961]的收发信机在相同线路上工作时的性能。

[ITU-T G.9963]收发信机须完全遵守[ITU-T G.9960]和[ITU-T G.9961]。

注 – 在特定地区或特定装置中，如果电力线仅使用两根导线作为电源插座，或者电话线仅使用一对导线作为电源插座，则配备MIMO收发信机的调制解调器将充当[ITU-T G.9960]收发信机。

修正1使本建议书与[ITU-T G.9960]、[ITU-T G.9961]和[ITU-T G.9962]保持一致。

#### 2 参引

下列ITU-T建议书和其他参引的条款，通过在本建议书中的引用而构成本建议书的条款。在出版时，所指出的版本是有效的。所有的建议书和其他参引都面临修订，使用本建议书的各方应探讨使用下列建议书和其他参引最新版本的可能性。当前有效的ITU-T建议书清单定期出版。本建议书中引用某个独立文件，并非确定该文件具备建议书的地位。

[ITU-T G.9960] ITU-T G.9960建议书（2019年），统一高速有线家庭网络收发信机 – 系统架构和物理层规范。

[ITU-T G.9961] ITU-T G.9961建议书（2019年），统一高速有线家庭网络收发信机 – 数据链路层规范。

ITU-T G.9962] ITU-T G.9962建议书（2018年），统一高速有线家庭网络收发信机 – 管理规范。

[ITU-T G.9964] ITU-T G.9964建议书（2011年），统一高速有线家庭网络收发信机 – 功率谱密度规范。

[ITU-T G.9991] ITU-T G.9991建议书（2019年），高速室内可见光通信收发信机 – 系统架构、物理层和数据链路层规范。

## 3 定义

### 3.1 他处定义的术语

除非另有说明，否则须适用[ITU-T G.9960]和[ITU-T G.9961]中的定义。

### 3.2 本建议书定义的术语

本建议书定义了以下术语：

**3.2.1 接地导线/ground conductor (G)：**在正常工作情况下，电气分支电路中不承载电源电流的导线。为了保护人员和设备并确保断路器跳闸，它为接地故障电流返回引入线面板提供了低阻抗回路。在引入线面板处，该导线连接到接地电极。在某些地区的法规中，这通常被称为设备接地导线（EGC）。

注1 – 一些电器并不连接至接地导线。

注2 – 中性导线和接地导线通常在引入线面板中结合在一起，而不是在其他地方，因为它们都与接地电极结合在一起。

**3.2.2 MIMO信道/MIMO channel：**具有多个输入端口（Tx端口）和多个输出端口（Rx端口）的信道。“2 X 2” MIMO信道有2个Tx端口和2个Rx端口。

**3.2.3 MIMO传输/MIMO transmission：**将一个或两个空间流转换为两个传输流的传输。

**3.2.4 中性导线/neutral conductor (N)：**电气分支电路中的导线，作为电路相导线提供的电流的参考导线和回路。在引入线面板处，该导线可连接至接地电极。在这种情况下，某些地区的法规将其称为“接地线（grounded conductor）”。

注 – 并非所有分支电路都包括中性导线。术语“接地线（grounded conductor）”不应与术语“接地导线（ground conductor）”或EGC混淆。

**3.2.5 相导线/phase conductor (P)：**分支电路中的导线，由相对于电路参考导线的电源电压供电。在某些地区的法规中，这通常被称为“线路导线（line conductor）”。

**3.2.6 空间流/spatial stream：**可以被映射以通过一个或多个端口传输的数据流。

**3.2.7 传输流/transmit stream：**由Tx端口映射器创建的符号流。被指配的每个发送流通过特定的Tx端口进行传输。

**3.2.8 Tx（或Rx）端口/Tx (or Rx) port：**在电力线中，与电力线介质的物理连接，使用三种可用导线（相线（P）、零线（N）和地线（G））的组合来发送和接收信号。端口的一个例子是一对导线，如P-N、N-G或P-G。在电话电缆中，则是与一对导线的物理连接。用于传输的端口称为“Tx端口”。用于接收的端口称为“Rx端口”。

**3.2.9 Tx端口映射器/Tx port mapper：**将指配给相同子载波上的两个空间流的星座点对映射到经修改的信号对的功能，此经修改的信号对（在正交频分复用（OFDM）调制之后，即，离散傅里叶逆变换（IDFT））连接至Tx端口。

## 4 缩写词和首字母缩略语

本建议书使用以下缩写词和首字母缩略语：

ACE 附加信道估计

APC 应用协议融合

BAT 位分配表

BMAT 位和Tx端口映射分配表  
DLL 数据链路层  
DOD 域标识符  
DSL 数字用户线路  
EGC 设备接地导线  
FEC 前向纠错  
IDFT 离散傅里叶逆变换  
IDPS 域间存在信号  
ISC 无效子载波  
LFSR 线性反馈移位寄存器  
LSB 最低有效位  
MAC 介质访问控制  
MAP 介质访问计划  
MAT 映射分配表  
MDI 介质相关接口  
MIMO 多入/多出  
MPDU 介质访问控制协议数据单元  
MSC 掩膜子载波  
**OFB 工作频段**  
OFDM 正交频分复用  
PCS 物理编码子层  
PG 预编码分组  
PHY 物理层  
PMA 物理介质附加  
PMD 物理介质相关  
PMI 物理介质无关接口  
PMSC 永久掩膜子载波  
PR 优先级解析  
PSD 功率谱密度  
QoS 服务质量  
RMAP 中继介质访问计划  
RMSC 区域掩膜子载波  
SM 子载波标记  
SS 空间流

SSC 支持的子载波  
TPM Tx端口映射  
TS 时隙  
TXOP 传输机会

## 5 家庭网络架构和参考模型

见[ITU-T G.9960]第5节。

## 6 配置文件

见[ITU-T G.9960]第6节。

## 7 物理层规范

### 7.1 介质无关规范

#### 7.1.1 物理层（PHY）的功能模型

如第1节所述，遵守[ITU-T G.9963]的收发信机（即，MIMO收发信机）须完全遵守[ITU-T G.9960]和[ITU-T G.9961]。因此，MIMO收发信机能够基于[ITU-T G.9960]第7.1.1节（通用PHY模型）、第7.1.2节（PCS）、第7.1.3节（PMA）和第7.1.4节（PMD）中描述的功能模型进行工作。如第7.1.2.1节所述，MIMO收发信机导致[ITU-T G.9960]传输的此类工作可用于某些传输情况。

图7-1给出了MIMO传输情况下MIMO收发信机PHY层的功能模型。物理介质无关接口（PMI）和介质相关接口（MDI）分别是PHY和介质访问控制（MAC）之间以及PHY和传输介质之间的两个分界参考点。内部参考点 $\delta$ 和 $\alpha$ 分别表示物理介质相关（PMD）和物理介质附加（PMA）之间的分离，以及物理编码子层（PCS）和PMA之间的分离。

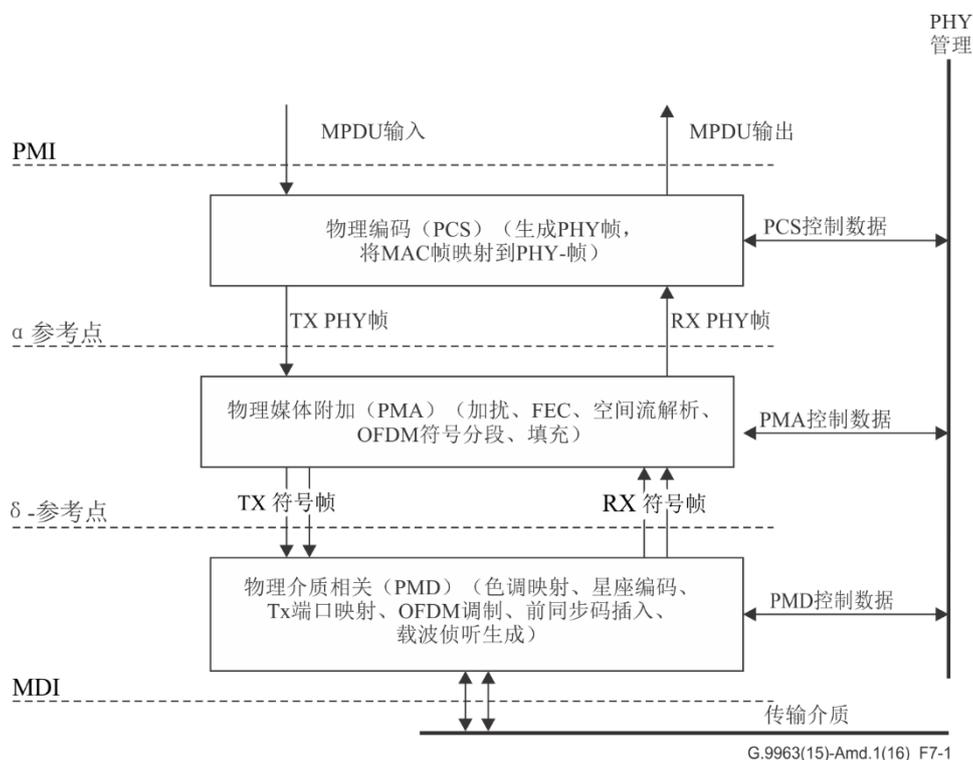


图7-1 – MIMO收发信机的PHY功能模型

在发送方向，数据以称为MAC协议数据单元（MPDU）的字节块的形式从MAC经由PMI进入PHY。输入的MPDU被映射到PCS中的PHY帧。PHY帧被加扰、编码并解析成空间流（SS），然后在PMA中被分割成正交频分复用（OFDM）符号帧。每个空间流的符号帧均被映射到OFDM子载波，并被调制和映射到PMD中的Tx端口，同时采用具有相关参数的OFDM调制通过介质进行传输。在PMD中添加前同步码，以协助接收机的同步和信道估计。

在接收方向，通过MDI从介质进入的帧（也通过多个Rx端口接收）被解调和解码。恢复出的MPDU经由PMI被转发到MAC。恢复出的PHY帧头（PFH）在PHY中进行处理，以提取第7.1.2.3节中规定的相关帧参数。

### 7.1.2 物理编码子层（PCS）

PCS的功能模型如图7-2所示。其目的是更详细地描述图7-1所示的PCS功能块。

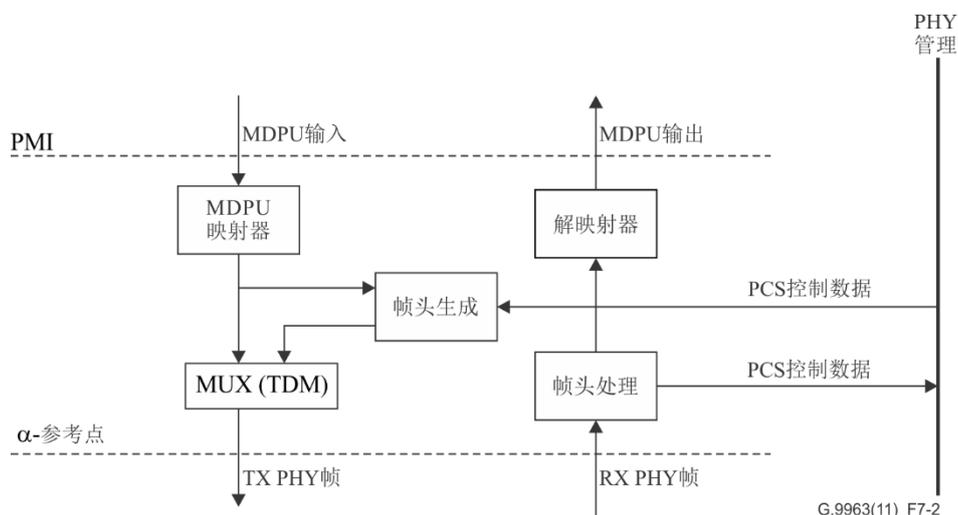


图7-2 – PCS的功能模型

在发送方向，如第7.1.2.2节所述，输入的MPDU被映射到PHY帧的有效载荷字段（第7.1.2.1节），然后添加PHY帧头（第7.1.2.3节）以形成TX PHY帧。TX PHY帧穿过 $\alpha$ 参考点，以便在PMA中进一步处理。

在接收方向，对已解码的PHY帧有效载荷和帧头进行处理，从收到的PHY帧的有效载荷中恢复出原来传输的MPDU，并提交给PMI。对PHY帧头中传送的相关控制信息进行处理，并提交给PHY管理实体。

### 7.1.2.1 PHY帧

如第7.1.1节所述，MIMO收发信机须能使用以下两种传输方案进行传输：

- 基于[ITU-T G.9960]中定义的参考模型和PHY帧格式的[ITU-T G.9960]传输。
- 基于[ITU-T G.9963]中定义的参考模型和PHY帧格式的MIMO传输。

[ITU-T G.9960]第7.1.2.1节介绍了用于[ITU-T G.9960]传输的PHY帧的格式。本节介绍用于MIMO传输的PHY帧的格式。

表7-1规定了当[ITU-T G.9963]节点向[ITU-T G.9960/G.9961]节点或[ITU-T G.9963]节点或两者进行传输时，该节点须使用的传输规则（PHY帧格式）。

表7-1 - ITU-T G.9963节点的传输规则（PHY帧格式）  
取决于预期接收机的类型

	源设备	目标设备	有效载荷的空间流数量	MIMO_IND	传输细节	传输方案
1	ITU-T G.9963	ITU-T G.9963	不适用	不适用	用于[ITU-T G.9963]接收机的无有效载荷帧（例如RTS、CTS、ACK、ACKRQ）。	MIMO传输或[ITU-T G.9960]传输（注）。

表7-1 - ITU-T G.9963节点的传输规则（PHY帧格式）  
取决于预期接收机的类型

	源设备	目标设备	有效载 荷的空 间流数 量	MIMO_IND	传输细节	传输方案
2	ITU-T G.9963	ITU-T G.9960	不适用	不适用	用于[ITU-T G.9960]接收机的无有效载荷帧。	MIMO传输或[ITU-T G.9960]传输（注）。
3	ITU-T G.9963	ITU-T G.9963和 ITU-T G.9960	不适用	不适用	用于[ITU-T G.9963]和[ITU-T G.9960]接收机的无有效载荷帧（不存在这种帧类型）。	不适用
4a	ITU-T G.9963	ITU-T G.9963	2	1	用于[ITU-T G.9963]接收机的带有效载荷的帧（例如MSG、BMSG、BACK、PROBE）。	MIMO传输
4b			1	0		MIMO传输或[ITU-T G.9960]传输（注）。
5	ITU-T G.9963	ITU-T G.9960	1	0	用于[ITU-T G.9960]接收机的带有效载荷的帧。	MIMO传输或[ITU-T G.9960]传输（注）。
6	ITU-T G.9963	ITU-T G.9963和 ITU-T G.9960	1	0	用于[ITU-T G.9963]和[ITU-T G.9960]接收机的带有效载荷的帧（例如广播、MAP）。	MIMO传输或[ITU-T G.9960]传输（注）。
7	ITU-T G.9963	ITU-T G.9963和 ITU-T G.9960	不适用	不适用	信号（例如INUSE、PR、NACK、IDPS）。	MIMO传输或[ITU-T G.9960]传输（注）。

注 – 关于使用哪种方案的决定须由源设备在注册时做出，只要设备仍处于注册状态，该决定便不得改变，这与其正在与何种类型的目标设备进行通信无关。

MIMO传输的PHY帧格式如图7-3所示。 $\alpha$ 参考点处的PHY帧包括帧头和有效载荷。前同步码和附加信道估计（ACE）符号被添加到PMD中的PHY帧。前同步码和ACE符号都不携带任何用户或管理数据，并且用于同步和信道估计。在MDI接口处，传输须遵守以下要求（详见第7.1.4节）：

- 前同步码/帧头/ACE符号/有效载荷须在两个Tx端口上同时传输。

- 将在第二个Tx端口上传输的前同步码和帧头符号须为将在第一个Tx端口上传输的前同步码和帧头符号的副本。
- 有效载荷可以被创建为两个空间流（通过将PFH中的字段MIMO\_IND设置为1来指示）或者单个空间流（通过将PFH中的字段MIMO\_IND设置为0来指示）。
- ACE符号：
  - 对于传输被创建为两个空间流的情况（即，表7-1中的情况“4a”）：
    - 要在第二个Tx端口上发送的奇数编号的ACE符号（从第一个ACE符号开始，其编号为奇数）须为要在第一个Tx端口上发送的相同编号的ACE符号的反转版本。
    - 要在第二个Tx端口上发送的偶数编号的ACE符号须与要在第一个Tx端口上发送的相同编号的ACE符号相同。
 在这种情况下，必须有一个ACE符号。附加的ACE符号是可选的。
  - 在传输包括作为单个空间流创建的有效载荷的所有其他情况下（即，表7-1中的情况“4b”、“5”和“6”），要在第二个Tx端口上发送的ACE符号须与要在第一个Tx端口上发送的相同编号的ACE符号相同。在这些情况下，所有ACE符号都是可选的。
- 第二个Tx端口上的传输须通过相对于第一个Tx端口上的传输的循环移位来完成。



图7-3 – MIMO传输中PHY帧的格式

PHY帧头和有效载荷须各自包含整数个OFDM符号。

PHY帧头总是适合整数个OFDM符号，并使用一组预定义的调制和编码参数进行传输（见第7.1.3.4节）。

ACE符号的存在取决于帧类型（例如，见第7.1.2.3.2.2.17节）。

有效载荷的长度可以逐帧变化；有效载荷可以是零长度。对于有效载荷，根据信道/噪声特性和QoS要求，可以在不同的帧中使用不同的编码参数和位加载。

对于表7-1中所示的所有情况，如果节点可以选择[ITU-T G.9960]传输或MIMO传输，则节点须在注册时选择一个传输规则，并且只要它仍然注册，便不得改变该决定。例如，如果节点决定使用[ITU-T G.9960]传输规则，则对于情况1、2、4b、5、6和7，它将使用[ITU-T G.9960]传输规则。如果一个节点退出一个域并重新注册到该域，则该节点可以选择不同的传输规则。

注 – 由于单个空间流的给定节点的传输规则不会因帧而异，因此域中其他节点感知的信道会因帧而异。

[ITU-T G.9960]的表7-1总结了本建议书中使用的PHY帧类型。

### 7.1.2.2 MPDU映射

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.2节。

### 7.1.2.3 PHY-帧头

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3节。

#### 7.1.2.3.1 公共部分字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.1节。

#### 7.1.2.3.2 可变部分字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2节。

##### 7.1.2.3.2.1 MAP和RMAP PHY-帧类型专用字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.1节。

##### 7.1.2.3.2.2 MSG PHY-帧类型专用字段

表7-2列出了专用于MSG帧类型的PHY-帧头字段。

表7-2 – MSG PHY-帧类型专用字段

字段	八位字节	位	描述	参考
MSG_DUR	0和1	[15:0]	消息帧的持续时间	第7.1.2.3.2.2.1节
BLKSZ	2	[1:0]	MSG帧有效载荷的FEC码字的块尺寸	第7.1.2.3.2.2.2节
FEC_RATE		[4:2]	MSG帧有效载荷的FEC编码率	第7.1.2.3.2.2.3节
REP		[7:5]	对消息帧有效载荷进行编码的重复次数	第7.1.2.3.2.2.4节
FCF	3	[2:0]	FEC级联因子	第7.1.2.3.2.2.5节
SI		[6:3]	加扰器初始化	第7.1.2.3.2.2.6节
MDET		[7]	检测到主节点	第7.1.2.3.2.2.7节
BAT_ID/BMAT_ID	4	[4:0]	MIMO的位分配表标识符/位和Tx端口映射分配表标识符	第7.1.2.3.2.2.8节
<del>BNDPLOFB</del> /GRP_ID		[7:5]	OFB标识符/子载波分组标识符	第7.1.2.3.2.2.9节
GI_ID	5	[2:0]	保护间隔标识符	第7.1.2.3.2.2.10节
APSD_MAX-M		[7:3]	MSG帧的APSD_MAX-M	第7.1.2.3.2.2.11节
CONNECTION_ID	6	[7:0]	连接标识符	第7.1.2.3.2.2.12节
RPRQ	7	[1:0]	需要回复	第7.1.2.3.2.2.13节
BRSTCnt		[3:2]	突发帧计数	第7.1.2.3.2.2.14节
BEF		[4]	突发结束标志	第7.1.2.3.2.2.15节
AIFG_IND		[5]	AIFG指示	第7.1.2.3.2.2.16节
MIMO_IND		[6]	MIMO指示	第7.1.2.3.2.2.24节
APSD_MAX_M_EXT		[7]	APSD_MAX-M扩展	第7.1.2.3.2.2.26节
ACE_SYM		8	[2:0]	ACE符号的数量

表7-2 – MSG PHY-帧类型专用字段

字段	八位字节	位	描述	参考
CNN_MNGMT		[6:3]	连接管理	第7.1.2.3.2.2.18节
预留		[7]	预留	由ITU-T预留（注1）
BRURQ	9和10	[15:0]	带宽预留更新请求	第7.1.2.3.2.2.19节 （注2）
START_SSN	9和10	[15:0]	起始段序列号	第7.1.2.3.2.2.20节 （注3）
CURRTS	11	[6:0]	当前时隙	第7.1.2.3.2.2.21节
BTXRQ		[7]	双向传输请求	第7.1.2.3.2.2.22节
NUM_MCAK_SLOTS	12	[2:0]	Mc-ACK时隙的数量	第7.1.2.3.2.2.23节
ADVISED_WIN_SIZE		[7:3]	在连接建立中，该字段可指定建议的窗口尺寸	第7.1.2.3.2.2.25节 （注4）
预留	13	[0]	预留	预留给ITU-T G.9991使用
预留		[7:1]	预留	由ITU-T预留（注1）
预留	<del>13</del> 和 14	[ <del>7</del> 5:0]	预留	由ITU-T预留（注1）

注1 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，且接收机将其忽略。  
 注2 – 当START\_SSN字段未定义时，定义BRURQ字段（见注3）。  
 注3 – 仅当CNN\_MNGMT = 0001、CNN\_MNGMT = 0011、CNN\_MNGMT = 0101或CNN\_MNGMT = 0111时，才定义START\_SSN字段。否则，该字段的含义为BRURQ。  
 注4 – ADVISED\_WIN\_SIZE字段仅在CNN\_MNGMT = 0101时定义，否则这些位由ITU-T预留，须由发射机设置为0，且接收机将其忽略。

#### 7.1.2.3.2.2.1 消息帧的持续时间 (MSG\_DUR)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.1节。

#### 7.1.2.3.2.2.2 块尺寸 (BLKSZ)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.2节。

#### 7.1.2.3.2.2.3 FEC编码率 (FEC\_RATE)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3节。

#### 7.1.2.3.2.2.4 重复次数 (REP)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.4节。

#### 7.1.2.3.2.2.5 FEC级联因子 (FCF)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.5节。

#### 7.1.2.3.2.2.6 加扰器初始化 (SI)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.6节。

### 7.1.2.3.2.2.7 检测到主节点指示 (MDET)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.7节。

### 7.1.2.3.2.2.8 BAT\_ID/BMAT\_ID

当该字段被解释为BAT\_ID时（即，当MIMO\_IND = 0时），见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.8节。

当该字段被解释为BMAT\_ID时（即，当MIMO\_IND = 1时），BMAT\_ID字段须标识BMAT，其由以下元素组成：

- PHY帧的两个空间流的位分配表（BAT）（即，空间流1的BAT（BAT<sup>(1)</sup>）和空间流2的BAT（BAT<sup>(2)</sup>））。
- PHY帧的Tx端口映射分配表（MAT）。

BMAT\_ID须被表示为5位无符号整数，其被指配的有效值如表7-3所示。

表7-3 – BMAT\_ID的指配

BMAT_ID	MAT类型	BAT <sup>(1)</sup> 类型	BAT <sup>(2)</sup> 类型	描述
0	预定义的MAT, 类型0	预定义的BAT, 类型0	注1	Tx端口1上的预定义BMAT、单端口传输
1	预定义的MAT, 类型0	预定义的BAT, 类型1		
2	预定义的MAT, 类型0	预定义的BAT, 类型3	注2	
3	预定义的MAT, 类型0	预定义的BAT, 类型2		
4	预定义的MAT, 类型1	注1	预定义的BAT, 类型0	Tx端口2上的预定义BMAT、单端口传输
5	预定义的MAT, 类型1		预定义的BAT, 类型1	
6	预定义的MAT, 类型1	注2	预定义的BAT, 类型3	
7	预定义的MAT, 类型1		预定义的BAT, 类型2	
8	预定义的MAT, 类型2	预定义的BAT, 类型0	预定义的BAT, 类型0	预定义的BMAT、MIMO、直接映射 (TPM #0)
9	预定义的MAT, 类型2	预定义的BAT, 类型1	预定义的BAT, 类型1	
10	预定义的MAT, 类型2	预定义的BAT, 类型3	预定义的BAT, 类型3	
11	预定义的MAT, 类型2	预定义的BAT, 类型2	预定义的BAT, 类型2	
12至15	由ITU-T为预定义的MAT预留	由ITU-T为预定义的BAT预留	由ITU-T为预定义的BAT预留	由ITU-T为预定义的BMAT预留

表7-3 – BMAT\_ID的指配

BMAT_ID	MAT类型	BAT <sup>(1)</sup> 类型	BAT <sup>(2)</sup> 类型	描述
16至27	Runtime MAT	Runtime BAT	Runtime BAT	Runtime BMAT、Runtime MAT和BAT
28至31	由ITU-T预留	由ITU-T预留	由ITU-T预留	由ITU-T预留
注1 – BAT在除PMSC集之外的所有子载波上为统一的0位加载（即，在该空间流上不加载数据位）。 注2 – BAT在除PMSC集和RMSC集（完整的SSC集）之外的所有子载波上为统一的0位加载（即，在该空间流上不加载数据位）。				

可为每个目标设备指配一个或多个BMAT\_ID（每个单播DID，见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.1.5节）。

#### 7.1.2.3.2.2.9 OFB标识符/子载波分组标识符（OFB\_ID/GRP\_ID）

如果MIMO\_IND设置为0，则见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.9节。

如果MIMO\_IND设置为1，则适用以下情况。

对于具有统一加载的预定义BMAT（使用类型0、类型1、类型2或类型3的预定义BAT），OFB\_ID字段须包含节点所使用的工作频段标识符，并须按照[ITU-T G.9960]的表7-10所示进行编码。

对于Runtime BMAT，该字段须由发射机设置为0，并被接收机忽略。

#### 7.1.2.3.2.2.10 保护间隔标识符（GI\_ID）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.10节。

#### 7.1.2.3.2.2.11 MSG帧的最大实际功率谱密度（APSD\_MAX-M）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.11节。

#### 7.1.2.3.2.2.12 连接标识符（CONNECTION\_ID）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.12节。

#### 7.1.2.3.2.2.13 需要回复（RPRQ）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.13节。

#### 7.1.2.3.2.2.14 突发帧计数（BRSTCnt）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.14节。

#### 7.1.2.3.2.2.15 突发结束标志（BEF）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.15节。

#### 7.1.2.3.2.2.16 AIFG指示（AIFG\_IND）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.16节。

#### 7.1.2.3.2.2.17 ACE符号（ACE\_SYM）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.17节。

如果MIMO\_IND设置为1，则ACE\_SYM不得设置为000<sub>2</sub>。

**7.1.2.3.2.2.18 连接管理 (CNN\_MNGMT)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.18节。

**7.1.2.3.2.2.19 带宽预留更新请求 (BRURQ)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.19节。

**7.1.2.3.2.2.20 起始段序号 (START\_SSN)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.20节。

**7.1.2.3.2.2.21 当前时隙 (CURRTS)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.21节。

**7.1.2.3.2.2.22 双向传输请求 (BTRRQ)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.22节。

**7.1.2.3.2.2.23 Mc-ACK时隙的数量 (NUM\_MCACK\_SLOTS)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.23节。

**7.1.2.3.2.2.24 MIMO指示 (MIMO\_IND)**

MIMO\_IND字段指示MIMO传输，其中有效载荷被创建为针对[ITU-T G.9963]接收机的2个空间流（即，表7-1中的情况“4a”）。这要求在PHY-帧头（PFH）之后至少有一个附加的信道估计（ACE）符号。

它是一个1位字段。对于表7-1中的“4a”情况，须将其设置为1。对于所有其他适用情况（即，表7-1中的情况“4b”、“5”和“6”），须将其设置为0。

**7.1.2.3.2.2.25 建议的窗口尺寸 (ADVISED\_WIN\_SIZE)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.25节。

**7.1.2.3.2.2.26 APSD\_MAX-M扩展**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.26节。

**7.1.2.3.2.3 ACK PHY-帧类型专用字段**

表7-4列出了专用于ACK帧类型的PHY-帧头核心部分的PHY帧头字段。

**表7-4 – ACK PHY帧类型专用字段**

字段	八位字节	位	描述	参考
FLCTRL_CONN	0	[0]	流量控制连接标志	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.1节
FLCTRLT		[1]	流量控制类型	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.2节
FLCTRL		[6:2]	流量控制	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.3节

表7-4 – ACK PHY帧类型专用字段

字段	八位字节	位	描述	参考
FLCTRL_EXT		[7]	流量控制扩展	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.11节
RXRST_DATA	1	[0]	数据接收复位标志	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.5节
RXRST_MNGMT		[1]	管理接收复位标志	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.6节
BAD_BURST		[2]	错误突发指示	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.7节
BTXRQ		[3]	双向传输请求	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.4节
EXTACKRQ		[4]	请求扩展确认	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.10节
预留		[7:5]	预留	预留给[ITU-T G.9991]使用（
ACK_CE_CTRL/RX_CONN_WIN_SIZE	2	[7:0]	连接的ACK信道估计控制/接收机窗口尺寸（注1）	第7.1.2.3.2.3.1节
ACKDATA/MACK_D	3至14	[90:0]	确认数据和Mc-ACK描述符	[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.9节
预留		[95:91]	预留	由ITU-T保留（注2）

注1 – 仅当ACK帧作为MSG帧的回复发送，请求建立或重置数据或管理连接时（即，当MSG帧中的CNN\_MNGMT为0101<sub>2</sub>、0001<sub>2</sub>、0011<sub>2</sub>或0111<sub>2</sub>时），该字段才被解释为RX\_CONN\_WIN\_SIZE。  
注2 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。

#### 7.1.2.3.2.3.1 连接的ACK信道估计控制/接收机窗口尺寸 (ACK\_CE\_CTRL/RX\_CONN\_WIN\_SIZE)

在对请求建立或重置带有确认的数据或管理连接的MSG帧做出相应而发送ACK帧的情况下（即，当用于连接建立的MSG帧中的CNN\_MNGMT是0101<sub>2</sub>、0001<sub>2</sub>、0011<sub>2</sub>或0111<sub>2</sub>时，见[ITU-T G.9960]的表7-17），该参数被称为RX\_CONN\_WIN\_SIZE，并且该参数的值须指示接收机对于正在建立的连接可以支持的最大确认窗口尺寸（即，[ITU-T G.9961]第8.9.4.3节中的ACK\_RX\_CONF\_WINDOW\_SIZE）。最大确认窗口尺寸须为（RX\_CONN\_WIN\_SIZE+1）LPDU值的8倍。最大确认窗口尺寸的有效值须为8、16、24...1024 LPDU。最大确认窗口尺寸的指示值须小于或等于ACK\_MAX\_WINDOW\_SIZE（数据连接为1024，管理连接为32 – 见[ITU-T G.9961]第8.9.4.1节）。

对于所有其他ACK帧，该字段被称为ACK\_CE\_CTRL，并用于信道估计控制。它是一个8位字段，由ACK\_CE\_CTRL\_TYPE、RUNTIME\_BAT\_ID/RUNTIME\_BMAT\_ID和RUNTIME\_BMAT\_ID字段组成，如表7-5所示。

表7-5 - ACK\_CE\_CTRL字段的解释

字段	八位字节	位
ACK_CE_CTRL_TYPE	0	[1:0]
RUNTIME_BAT_ID/RUNTIME_BMAT_ID		[6:2]
BMAT_ID_IND		[7]

#### 7.1.2.3.2.3.1.1 ACK信道估计控制类型 (ACK\_CE\_CTRL\_TYPE)

当BMAT\_ID\_IND等于0时，ACK\_CE\_CTRL\_TYPE须按[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.8.1节规定的[ITU-T G.9960]的表7-25所示进行编码。

当BMAT\_ID\_IND等于1时，ACK\_CE\_CTRL\_TYPE须按表7-6所示进行编码。

表7-6 - 当BMAT\_ID\_IND = 1时的ACK\_CE\_CTRL\_TYPE字段值

ACK_CE_CTRL_TYPE 值 (b <sub>1</sub> b <sub>0</sub> )	解释
00	不发送ACK_CE_CTRL信息
01	Runtime_BMAT_ID无效
10	请求PROBE帧传输。
11	由ITU-T预留

如果BMAT\_ID\_IND字段等于1，并且ACK\_CE\_CTRL\_TYPE字段被设置为01<sub>2</sub>，则与Runtime\_BMAT\_ID相关联的runtime BMAT不得用于传输，见第8.11.1.5节的规定。

如果BMAT\_ID\_IND字段等于1，并且ACK\_CE\_CTRL\_TYPE字段被设置为10<sub>2</sub>，则请求传输2 SS信道估计PROBE帧。

否则，ACK\_CE\_CTRL\_TYPE字段须被设置为00<sub>2</sub>。

#### 7.1.2.3.2.3.1.2 Runtime BAT\_ID (RUNTIME\_BAT\_ID)/Runtime BMAT ID (RUNTIME\_BMAT\_ID)

当该字段被解释为RUNTIME\_BAT\_ID时（即，当BMAT\_ID\_IND = 0时），见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.3.8.2节。

当该字段被解释为RUNTIME\_BMAT\_ID时（即，当BMAT\_ID\_IND = 1时），以下情况适用。

如果ACK\_CE\_CTRL\_TYPE字段被设置为01<sub>2</sub>，该字段须包含一个RUNTIME\_BMAT\_ID（见表7-3）。否则，该字段须被设置为00000<sub>2</sub>。

#### 7.1.2.3.2.3.1.3 BMAT\_ID指示 (BMAT\_ID\_IND)

如果BMAT\_ID\_IND字段被设置为0，则ACK\_CE\_CTRL中其他子字段的解释须如[ITU-T G.9960]中所述。

如果BMAT\_ID\_IND字段被设置为1，则ACK\_CE\_CTRL中其他子字段的解释须如本建议书中所述。

#### 7.1.2.3.2.4 RTS PHY-帧类型专用字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.4节。

### 7.1.2.3.2.5 CTS PHY-帧类型专用字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.5节。

### 7.1.2.3.2.6 CTMG PHY-帧类型专用字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.6节。

### 7.1.2.3.2.7 PROBE PHY-帧类型专用字段

PROBE PHY-帧类型专用字段由公共部分和可变部分组成。公共部分包含所有PROBE PHY-帧类型（PRBTYPE）的公共字段。可变部分包含每个PRBTYPE的专用字段。

PROBE PHY-帧专用字段的公共部分字段的定义见表7-7。

表7-7 – PROBE PHY-帧类型专用字段

字段	八位字节	位	描述	参考
				公共部分
PRB_DUR	0和1	[15:0]	PROBE帧的持续时间	第7.1.2.3.2.7.1.1节
PRBTYPE	2	[3:0]	PROBE帧类型	第7.1.2.3.2.7.1.2节
PRBSYM		[7:4]	探测符号	第7.1.2.3.2.7.1.3节
APSD_MAX-P	3	[4:0]	PROBE帧的APSD_MAX-P	第7.1.2.3.2.7.1.4节
PRBGI		[7:5]	探测符号保护间隔	第7.1.2.3.2.7.1.5节
CURRTS	4	[6:0]	当前时隙	第7.1.2.3.2.7.1.6节
MIMO_IND		[7]	MIMO指示	第7.1.2.3.2.7.1.7节
APSD_MAX-P_EXT	5	[0]	APSD_MAX-P扩展	第7.1.2.3.2.7.1.8节
预留		[7:1]	预留	由ITU-T预留（注）
可变部分				
PFTSF	6至14	[71:0]	PROBE帧类型专用字段	第7.1.2.3.2.7.2节

注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。

#### 7.1.2.3.2.7.1 公共部分字段

##### 7.1.2.3.2.7.1.1 PROBE帧的持续时间（PRB\_DUR）

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.1.1节。

##### 7.1.2.3.2.7.1.2 PROBE帧类型（PRBTYPE）

PRBTYPE字段须包含PROBE帧的类型。这是一个4位字段，其编码须如表7-8所示。

表7-8 – PRBTYPE字段值

PRBTYPE值 (b <sub>3</sub> b <sub>2</sub> b <sub>1</sub> b <sub>0</sub> )	解释	参考	MIMO_IND
0000	静默PROBE帧 – 一个PHY帧，其中组成有效载荷的探测符号须全部为静默符号，见第7.1.3.7节的规定。	第7.1.2.3.2.7.2.1节	0
0001	1 SS信道估计PROBE帧 – 一个PHY帧，其中组成有效载荷的探测符号须全部为1 SS信道估计探测符号，见第7.1.3.7节的规定。	第7.1.2.3.2.7.2.2节	0
0010至0111	由ITU-T预留。		预留
1000	2 SS信道估计PROBE帧 – 一个PHY帧，其中组成有效载荷的探测符号须全部为2 SS信道估计探测符号，见第7.1.3.7节的规定。	第7.1.2.3.2.7.2.3节	1
1001至1111	由ITU-T预留。		预留

#### 7.1.2.3.2.7.1.3 探测符号 (PRBSYM)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.1.3节。

#### 7.1.2.3.2.7.1.4 PROBE帧的最大实际功率谱密度 (APSD\_MAX-P)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.1.4节。

#### 7.1.2.3.2.7.1.5 探测符号保护间隔

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.1.5节。

#### 7.1.2.3.2.7.1.6 当前时隙 (CURRTS)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.6节。

#### 7.1.2.3.2.7.1.7 MIMO指示 (MIMO\_IND)

见第7.1.2.3.2.2.24节。

#### 7.1.2.3.2.7.1.8 APSD\_MAX-P扩展

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.1.7节。

#### 7.1.2.3.2.7.2 PROBE帧类型专用字段

##### 7.1.2.3.2.7.2.1 静默PROBE帧专用字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.2.1节。

##### 7.1.2.3.2.7.2.2 1 SS信道估计PROBE帧专用字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.2.2节。

##### 7.1.2.3.2.7.2.3 2 SS信道估计PROBE帧专用字段

表7-9中定义了2 SS信道估计PROBE帧特定部分的字段。

表7-9 – 2 SS信道估计PROBE帧专用字段值

字段	八位字节	位	描述	参考
PRB_BMAT_ID	0	[4:0]	用于生成PROBE的 BMAT_ID	第7.1.2.3.2.7.2.3.1节
ACE_SYM	0	[7:5]	ACE符号的数量	第7.1.2.3.2.7.2.3.2节
NUM_SILENT_SYM	1	[5:0]	静默符号的数量	第7.1.2.3.2.7.2.3.3节
预留	1	[7:6]	由ITU-T预留（注）	
预留	2至8	[55:0]	由ITU-T预留（注）	
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。				

#### 7.1.2.3.2.7.2.3.1 PROBE帧BMAT\_ID (PRB\_BMAT\_ID)

该字段指示BMAT\_ID（预定义或Runtime），其映射分配表（MAT）在Tx端口映射器中用于生成此2 SS信道估计PROBE帧。与BMAT\_ID相关联的位分配表（BAT）仅与推断用于2 SS信道估计探测符号生成（见第7.1.4.2.4.3节）的每个子载波（见表8-27）所使用的Tx端口映射（TPM）相关。因此，如果PRB\_BMAT\_ID传送预定义的BMAT\_ID，则信道估计的有效值须为3、7和11。

注 – PRB\_BMAT\_ID字段允许使用与给定runtime BMAT\_ID相关联的预编码参数来传输PROBE。

#### 7.1.2.3.2.7.2.3.2 ACE符号 (ACE\_SYM)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.17节。

如果MIMO\_IND被设置为1，则ACE\_SYM不得被设置为000<sub>2</sub>。

#### 7.1.2.3.2.7.2.3.3 静默符号的数量 (NUM\_SILENT\_SYM)

该字段指示在2 SS信道估计PROBE帧结束时将代替探测符号发送的静默符号的数量。有效范围是从0（无静默符号）到63（63个静默符号）。NUM\_SILENT\_SYM须小于或等于PRBSYM。2 SS信道估计PROBE帧的第一个（PRBSYM – NUM\_SILENT\_SYM）符号是正常（非静默）探测符号。

#### 7.1.2.3.2.8 ACKRQ PHY帧类型专用字段

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.8节。

#### 7.1.2.3.2.9 BMSG PHY-帧类型专用字段

表7-10列出了专用于BMSG帧类型的PHY-帧头核心部分的字段。

表7-10 – BMSG PHY-帧类型专用字段 – 核心部分

字段	八位字节	位	描述	参考
BMSG_DUR	0和1	[15:0]	BMSG帧的持续时间	第7.1.2.3.2.9.1节
BLKSZ	2	[1:0]	BMSG帧有效载荷的 FEC码字的块尺寸	第7.1.2.3.2.9.2节
FEC_RATE		[4:2]	BMSG帧有效载荷的 FEC编码率	第7.1.2.3.2.9.3节
REP		[7:5]	对BMSG帧有效载荷进 行编码的重复次数	第7.1.2.3.2.9.4节

表7-10 – BMSG PHY-帧类型专用字段 – 核心部分

字段	八位字节	位	描述	参考
FCF	3	[2:0]	FEC级联因子	第7.1.2.3.2.9.5节
SI		[6:3]	加扰器初始化	第7.1.2.3.2.9.6节
MDET		[7]	检测到主节点	第7.1.2.3.2.9.7节
BAT_ID/ BMAT_ID	4	[4:0]	MIMO的位分配表标识符/位分配和Tx端口映射分配表标识符	第7.1.2.3.2.9.8节
<u>BNDPLOBF_ID</u> /GRP_ID		[7:5]	工作频段标识符/子载波分组标识符	第7.1.2.3.2.9.9节
GI_ID	5	[2:0]	保护间隔标识符	第7.1.2.3.2.9.10节
APSD_MAX-M		[7:3]	BMSG帧的APSD_MAX-M	第7.1.2.3.2.9.11节
CONNECTION_ID	6	[7:0]	连接标识符	第7.1.2.3.2.9.12节
RPRQ	7	[1:0]	需要回复	第7.1.2.3.2.9.13节
BRSTCnt		[3:2]	突发帧计数	第7.1.2.3.2.9.14节
BEF		[4]	突发结束标志	第7.1.2.3.2.9.15节
AIFG_IND		[5]	AIFG指示	第7.1.2.3.2.9.16节
MIMO_IND		[6]	MIMO指示	第7.1.2.3.2.9.25节
EXTACKGR		[7]	授予扩展确认	第7.1.2.3.2.9.26节
ACE_SYM		8	[2:0]	ACE符号的数量
CNN_MNGMT	[6:3]		连接管理	第7.1.2.3.2.9.18节
APSD_MAX-M_EXT	[7]		APSD_MAX-M扩展	第7.1.2.3.2.9.28节
BRURQ	9和10	[15:0]	带宽预留更新请求	第7.1.2.3.2.9.19节（注2）
START_SSN	9和10	[15:0]	起始段序列号	第7.1.2.3.2.9.20节（注3）
CURRTS	11	[6:0]	当前时隙	第7.1.2.3.2.9.21节
预留		[7]	预留	由ITU-T预留（注1）
预留	12和13	[0]	预留	由ITU-T预留（注1）
BTXGL		[8:1]	双向传输授权长度	第7.1.2.3.2.9.22节
BTXEF		[9]	双向传输结束标志	第7.1.2.3.2.9.23节
P-DACK		[10]	附带延迟确认	第7.1.2.3.2.9.27节
预留		[15:11]	预留	由ITU-T预留（注1）

表7-10 – BMSG PHY-帧类型专用字段 – 核心部分

字段	八位字节	位	描述	参考
ACK_CE_CTRL	14	[7:0]	ACK信道估计控制	第7.1.2.3.2.9.24节
注1 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。 注2 – 当START_SSN字段未定义时，定义BRURQ字段。 注3 – 仅当CNN_MNGMT = 0001、CNN_MNGMT = 0011、CNN_MNGMT = 0101或CNN_MNGMT = 0111时，才定义START_SSN字段。否则，该字段的含义为BRURQ。				

在[ITU-T G.9960]的表7-54中列出了专用于BMSG帧类型的帧头扩展部分的PHY帧头字段。

#### 7.1.2.3.2.9.1 BMSG帧的持续时间 (BMSG\_DUR)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.1节。

#### 7.1.2.3.2.9.2 块尺寸 (BLKSZ)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.2节。

#### 7.1.2.3.2.9.3 FEC编码率 (FEC\_RATE)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.3节。

#### 7.1.2.3.2.9.4 重复次数 (REP)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.4节。

#### 7.1.2.3.2.9.5 FEC级联因子 (FCF)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.5节。

#### 7.1.2.3.2.9.6 加扰器初始化 (SI)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.6节。

#### 7.1.2.3.2.9.7 检测到主节点指示 (MDET)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.7节。

#### 7.1.2.3.2.9.8 BAT\_ID/BMAT\_ID

见第7.1.2.3.2.2.8节。

#### 7.1.2.3.2.9.9 OFB标识符/子载波分组标识符 (OFB\_ID/GRP\_ID)

见第7.1.2.3.2.2.9节。

#### 7.1.2.3.2.9.10 保护间隔标识符 (GI\_ID)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.10节。

#### 7.1.2.3.2.9.11 BMSG帧的最大实际功率谱密度 (APSD\_MAX-M)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.11节。

#### 7.1.2.3.2.9.12 连接标识符 (CONNECTION\_ID)

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.12节。

#### **7.1.2.3.2.9.13 需要回复 (RPRQ)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.13节。

#### **7.1.2.3.2.9.14 突发帧计数 (BRSTCnt)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.14节。

#### **7.1.2.3.2.9.15 突发结束标志 (BEF)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.15节。

#### **7.1.2.3.2.9.16 AIFG指示 (AIFG\_IND)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.16节。

#### **7.1.2.3.2.9.17 ACE符号 (ACE\_SYM)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.17节。

#### **7.1.2.3.2.9.18 连接管理 (CNN\_MNGMT)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.18节。

#### **7.1.2.3.2.9.19 带宽预留更新请求 (BRURQ)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.19节。

#### **7.1.2.3.2.9.20 起始段序号 (START\_SSN)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.20节。

#### **7.1.2.3.2.9.21 当前时隙 (CURRTS)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.21节。

#### **7.1.2.3.2.9.22 双向传输授权长度 (BTXGL)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.22节。

#### **7.1.2.3.2.9.23 双向传输结束标志 (BTXEF)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.23节。

#### **7.1.2.3.2.9.24 ACK信道估计控制 (ACK\_CE\_CTRL)**

该字段的解释须遵守第7.1.2.3.2.3.1节中有关ACK帧的ACK\_CE\_CTRL字段的规定。

#### **7.1.2.3.2.9.25 MIMO指示 (MIMO\_IND)**

见第7.1.2.3.2.2.24节。

#### **7.1.2.3.2.9.26 授予扩展确认 (EXTACKGR)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.25节。

#### **7.1.2.3.2.9.27 附带延迟确认 (P-DACK)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.26节。

#### **7.1.2.3.2.9.28 APSD\_MAX-M扩展**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.9.27节。

### 7.1.2.3.2.10 BACK PHY-帧类型专用字段

表7-11列出了专用于BACK帧类型的PHY-帧头核心部分的字段。

表7-11 – BACK PHY-帧类型专用字段 – 核心部分

字段	八位字节	位	描述	参考
BACK_DUR	0和1	[15:0]	BACK帧的持续时间	第7.1.2.3.2.10.1节
BLKSZ	2	[1:0]	用于BACK帧有效载荷的FEC码字的块尺寸	第7.1.2.3.2.10.2节
FEC_RATE		[4:2]	BACK帧有效载荷的FEC编码率	第7.1.2.3.2.10.3节
REP		[7:5]	对BACK帧有效载荷进行编码的重复次数	第7.1.2.3.2.10.4节
FCF	3	[2:0]	FEC级联因子	第7.1.2.3.2.10.5节
SI		[6:3]	加扰器初始化	第7.1.2.3.2.10.6节
MDET		[7]	检测到主节点	第7.1.2.3.2.10.7节
BAT_ID/BMAT_ID	4	[4:0]	MIMO的位分配表标识符/位分配和Tx端口映射分配表标识符	第7.1.2.3.2.10.8节
<u>BNDPLOBFB_ID</u> /G RP_ID		[7:5]	工作频段标识符/子载波分组标识符	第7.1.2.3.2.10.9节
GI_ID	5	[2:0]	保护间隔标识符	第7.1.2.3.2.10.10节
APSD_MAX-M		[7:3]	BACK帧的APSD_MAX-M	第7.1.2.3.2.10.11节
CONNECTION_ID	6	[7:0]	连接标识符	第7.1.2.3.2.10.12节
RPRQ	7	[1:0]	需要回复	第7.1.2.3.2.10.13节
BRSTCnt		[3:2]	突发帧计数	第7.1.2.3.2.10.14节
BEF		[4]	突发结束标志	第7.1.2.3.2.10.15节
AIFG_IND		[5]	AIFG指示	第7.1.2.3.2.10.16节
MIMO_IND		[6]	MIMO指示	第7.1.2.3.2.10.21节
APSD_MAX-M_EXT		[7]	APSD_MAX-M扩展	第7.1.2.3.2.10.22节
<u>ACE_SYM</u>		8	[2:0]	ACE符号的数量
<u>CNN_MNGMT</u>	[6:3]		连接管理	第7.1.2.3.2.10.18节
预留	[7]		预留	由ITU-T预留（注）
BTXRL	9	[7:0]	双向传输请求长度	第7.1.2.3.2.10.19节
ACK_CE_CTRL	10	[7:0]	ACK信道估计控制	第7.1.2.3.2.10.20节
预留	11至14	[31:0]	预留	由ITU-T预留（注）

注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。

在[ITU-T G.9960]的表7-54中列出了专用于BACK帧类型的帧头的扩展部分的PHY-帧头字段。

#### **7.1.2.3.2.10.1 BACK帧的持续时间 (BACK\_DUR)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.1节。

#### **7.1.2.3.2.10.2 块尺寸 (BLKSZ)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.2节。

#### **7.1.2.3.2.10.3 FEC编码率 (FEC\_RATE)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.3节。

#### **7.1.2.3.2.10.4 重复次数 (REP)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.4节。

#### **7.1.2.3.2.10.5 FEC级联因子 (FCF)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.5节。

#### **7.1.2.3.2.10.6 加扰器初始化 (SI)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.6节。

#### **7.1.2.3.2.10.7 检测到主节点指示 (MDET)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.7节。

#### **7.1.2.3.2.10.8 BAT\_ID/BMAT\_ID**

见第7.1.2.3.2.2.8节。

#### **7.1.2.3.2.10.9 OFB标识符/子载波分组标识符 (OFB\_ID/GRP\_ID)**

见第7.1.2.3.2.2.9节。

#### **7.1.2.3.2.10.10 保护间隔标识符 (GI\_ID)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.10节。

#### **7.1.2.3.2.10.11 BACK帧最大实际功率谱密度 (APSD\_MAX-M)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.11节。

#### **7.1.2.3.2.10.12 连接标识符 (CONNECTION\_ID)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.12节。

#### **7.1.2.3.2.10.13 需要回复 (RPRQ)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.13节。

#### **7.1.2.3.2.10.14 突发帧计数 (BRSTCnt)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.14节。

#### **7.1.2.3.2.10.15 突发结束标志 (BEF)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.15节。

#### **7.1.2.3.2.10.16 AIFG指示 (AIFG\_IND)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.16节。

#### **7.1.2.3.2.10.17 ACE符号 (ACE\_SYM)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.17节。

#### **7.1.2.3.2.10.18 连接管理 (CNN\_MNGMT)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.18节。

#### **7.1.2.3.2.10.19 双向传输请求长度 (BTXRL)**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.19节。

#### **7.1.2.3.2.10.20 ACK信道估计控制 (ACK\_CE\_CTRL)**

该字段的解释须遵守第7.1.2.3.2.3.1节中有关ACK帧的ACK\_CE\_CTRL字段的规定。

#### **7.1.2.3.2.10.21 MIMO指示 (MIMO\_IND)**

见第7.1.2.3.2.2.24节。

#### **7.1.2.3.2.10.22 APSD\_MAX-M扩展**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.10.21节。

#### **7.1.2.3.2.11 ACTMG PHY-帧类型专用字段**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.11节。

#### **7.1.2.3.2.12 预留**

由ITU-T预留。

#### **7.1.2.3.2.13 预留**

由ITU-T预留。

#### **7.1.2.3.2.14 预留**

由ITU-T预留。

#### **7.1.2.3.2.15 预留**

由ITU-T预留。

#### **7.1.2.3.2.16 FTE PHY-帧类型专用字段**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.16节。

#### **7.1.2.3.3 扩展帧头字段**

见[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.3节。

#### **7.1.3 物理介质附加 (PMA) 子层**

PMA的功能模型如图7-4所示。该图的目的是更详细地描述图7-1中所示的PMA功能块。

在发送方向， $\alpha$ 参考点处的输入PHY帧（除了前同步码和信道估计符号）具有第7.1.2节中定义的格式。输入帧的帧头位和有效载荷位都按照第7.1.3.1节所述进行加扰。输入帧的帧头位按照第7.1.3.4节所述进行编码。有效载荷位按照第7.1.3.3节所述进行编码。有效载荷编码器的参数由PHY管理实体进行控制。

编码后，有效载荷被解析成多个空间流，如第7.1.3.5节所述。然后，帧头和有效载荷各自被分割成整数个符号帧，如第7.1.3.6节所述。所获得的帧头和有效载荷的符号帧被提交给PMD（在 $\delta$ 参考点处），以便调制和通过介质传输。

在接收方向，对收到的符号帧进行一切必要的有效载荷空间流去解析、解码和解扰逆操作。恢复出的PHY-帧头和有效载荷被提交给 $\alpha$ 参考点，以便在PCS中进一步处理。

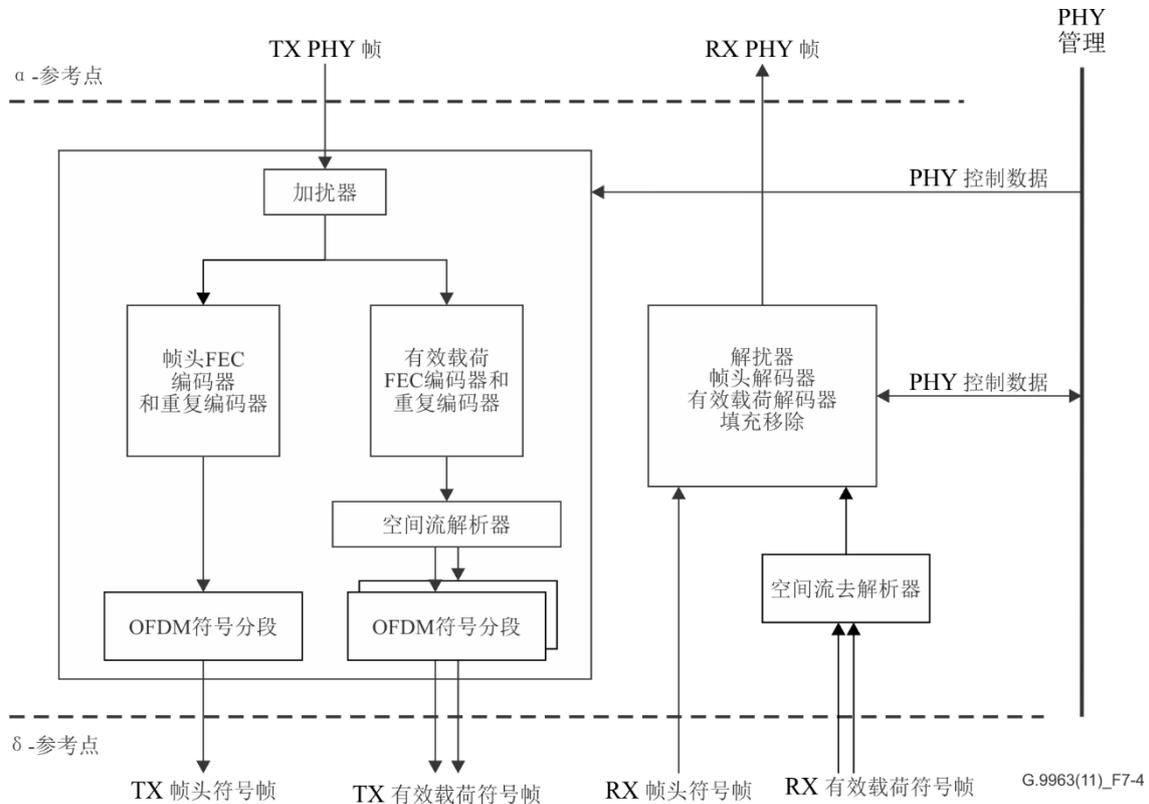


图7-4 – PMA的功能模型

### 7.1.3.1 加扰

见[ITU-T G.9960]第7.1.3.1节。

### 7.1.3.2 FEC编码

见[ITU-T G.9960]第7.1.3.2节。

### 7.1.3.3 有效载荷编码

见 [ITU-T G.9960] 第 7.1.3.3 节。每当 [ITU-T G.9963] 节点使用 RCM 时，将采用 [ITU-T G.9960] 第 7.1.3.3 节中描述的 RCM 方案，此时有效载荷被创建为单个空间流。

### 7.1.3.4 帧头编码

见[ITU-T G.9960]第7.1.3.4节。PHY帧头须被创建为单个空间流。

### 7.1.3.5 空间流解析器

已编码的有效载荷块是空间流解析器的输入。每当有效载荷被创建为两个空间流时，该块须输出两个空间流，这两个空间流稍后须被分割成OFDM符号。每当有效载荷被创建为单个空间流时，已编码的有效载荷块被按原样传递到该块的输出端（即，在这种情况下，流解析器不工作）。

解析操作将在子载波级别上交替地给每个流指配位。为将 $b_j^{(i)}$ 定义为要加载到空间流 $i$ 的子载波 $j$ 的数据位数，空间流解析器须：

- 将其输入端的第一个 $b_0^{(1)}$ 位指配给空间流1
- 将其输入端的下一个 $b_0^{(2)}$ 位指配给空间流2
- 将其输入端的下一个 $b_1^{(1)}$ 位指配给空间流1
- 将其输入端的下一个 $b_1^{(2)}$ 位指配给空间流2
- 诸如此类...

注 – 如果 $b_j^{(i)}$ 为0，则没有数据位指配给空间流 $i$ 的子载波 $j$ 。

### 7.1.3.6 分割成符号帧

空间流1和2的经解析的有效载荷块以及来自帧头编码器输出端的经编码的帧头块须被分割成符号帧。空间流1的有效载荷符号帧中的最大位数不得超过 $k_P^{(1)}$ 的值。以类似的方式，空间流2的有效载荷符号帧中的最大位数不得超过 $k_P^{(2)}$ 的值。 $k_P^{(i)}$ 是根据该空间流的当前BAT，可以加载到空间流 $i$ 的有效载荷OFDM符号上的总位数。帧头符号帧中的位数须为 $k_H$ 。有效载荷和帧头符号帧须传递至PMD，如图7-4所示。

#### 7.1.3.6.1 有效载荷分段

在解析了已编码的有效载荷块之后，指配给空间流1的位组和指配给空间流2的位组须各自被分割成一个或多个符号帧，在下文中表示为“空间流1的符号帧”和“空间流2的符号帧”。

在正常模式下（见[ITU-T G.9960]的图7-8），对于每个空间流，空间流 $i$ 的第一个符号帧（ $i$ 是空间流的编号，取值为1或2）须包含空间流 $i$ 的有效载荷块的第一个 $k_P^{(i)}$ 位。空间流 $i$ 的第二个符号帧须包含空间流 $i$ 的有效载荷块的第二个 $k_P^{(i)}$ 位，依此类推，直到空间流 $i$ 的最后一个符号帧。如果最后一个符号帧中的位数小于 $k_P^{(i)}$ ，则最后一个符号帧的OFDM符号的未加载的所支持子载波须被伪随机位序列调制，如第7.1.4.2.5节所述。有效载荷分段如图7-5所示。

在RCM中，有效载荷被创建为单个空间流。在这种情况下，有效载荷分段须如[ITU-T G.9960]第7.1.3.5.1节中RCM所述。

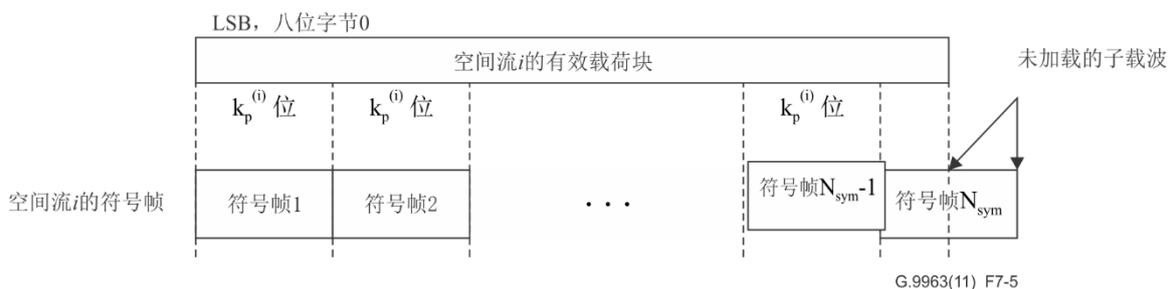


图7-5 – 空间流 $i$  ( $i = 1, 2$ ) 的有效载荷块的有效载荷分段

#### 7.1.3.6.2 帧头分段

见[ITU-T G.9960]第7.1.3.5.2节。

#### 7.1.3.7 PROBE帧

PROBE帧用于信道估计程序。PROBE帧的帧头须遵守第7.1.2.3节的规定。在PFH之后，PROBE帧可能包括第7.1.4.2.4.4节（色调映射）和第7.1.4.4.4.2节（Tx端口映射）中定义的

ACE符号。PROBE帧的有效载荷须包含多个探测符号，即，没有数据的符号帧，此类符号可以有三种类型：

- 静默符号，即，所有子载波都被认为是掩膜子载波（MSC）的符号。
- 1 SS信道估计探测符号，这些符号被创建为单个SS，对于每个SS，所有所支持子载波（SSC）都被视为非活动子载波（ISC），并且由伪随机序列进行调制。
- 2 SS信道估计探测符号，这些符号被创建为两个SS，对于这两个SS，所有所支持子载波（SSC）都被视为非活动子载波（ISC），并且被伪随机序列调制。

每帧中探测符号的总数通过第7.1.2.3.2.7.1.3节中的PRBSYM字段进行指示。

第7.1.2.3.2.7.1.2节（表7-8）中规定的PRBTYPE字段可标识三种PROBE帧类型：

- “静默PROBE帧”（PRBTYPE 0000<sub>2</sub>）。这种帧类型的有效载荷须由静默符号组成。
- “1 SS信道估计PROBE帧”（PRBTYPE 0001<sub>2</sub>）。这种帧类型的有效载荷须由信道估计探测符号组成。
- “2 SS信道估计PROBE帧”（PRBTYPE 1000<sub>2</sub>）。这种帧类型的有效载荷须由2 SS信道估计探测符号和随后的静默符号组成（帧中静默符号的数量在0和PRBSYM之间，并由第7.1.2.3.2.7.2.3.3节中规定的NUM\_SILENT\_SYM字段标识）。

这些PROBE帧类型可以分为两类：

- 包括作为单个空间流创建的探测符号的PROBE帧类型（即，当MIMO\_IND=0时）。这些帧类型用于使用单个SS的、带有[ITU-T G.9960/G.9961]节点的链路和带有[ITU-T G.9963]节点的链路的信道估计程序（见第8.11节）。此类别包括“静默PROBE帧”（PRBTYPE 0000<sub>2</sub>）和“1 SS信道估计PROBE帧”（PRBTYPE 0001<sub>2</sub>）PROBE帧类型。这些PROBE帧类型的有效载荷包括可以以两种方式生成的探测符号：
  - 当使用[ITU-T G.9960]传输来发送PROBE帧时，须按照[ITU-T G.9960]第7.1.4.2.5.3节的规定生成探测符号。
  - 当使用MIMO传输方案传输PROBE帧时（有效载荷创建为单个SS），须按照第7.1.4.2.4.3节、第7.1.4.2.5节（色调映射）和第7.1.4.4.3节（Tx端口映射）中的定义生成探测符号。
- 包括作为两个空间流创建的探测符号的PROBE帧类型（即，当MIMO\_IND=1时）。这些帧类型用于使用第8.11.1节中描述的两个SS的、带有[ITU-T G.9963]节点的链路的信道估计程序。此类别包括“2 SS信道估计PROBE帧”（PRBTYPE 1000<sub>2</sub>）PROBE帧类型。这种PROBE帧类型的有效载荷可以包括2 SS信道估计符号和静默符号，它们是按照第7.1.4.2.4.3节、第7.1.4.2.5节（色调映射）和第7.1.4.4.3节（Tx端口映射）中定义的方式生成的。

#### 7.1.4 物理介质相关（PMD）子层

PMD的功能模型如图7-6所示。在发送方向，色调映射器将帧头和有效载荷的输入符号帧（每个空间流）分成位组，并将每个位组与该组须被加载到的特定子载波相关联，如第7.1.4.2节的规定。星座编码器将每个输入的位组转换成表示该子载波的星座点的复数。第7.1.4.3.1节描述了星座映射过程。未加载的所支持子载波则由如第7.1.4.2.5节所述而产生的伪随机位序列进行调制。

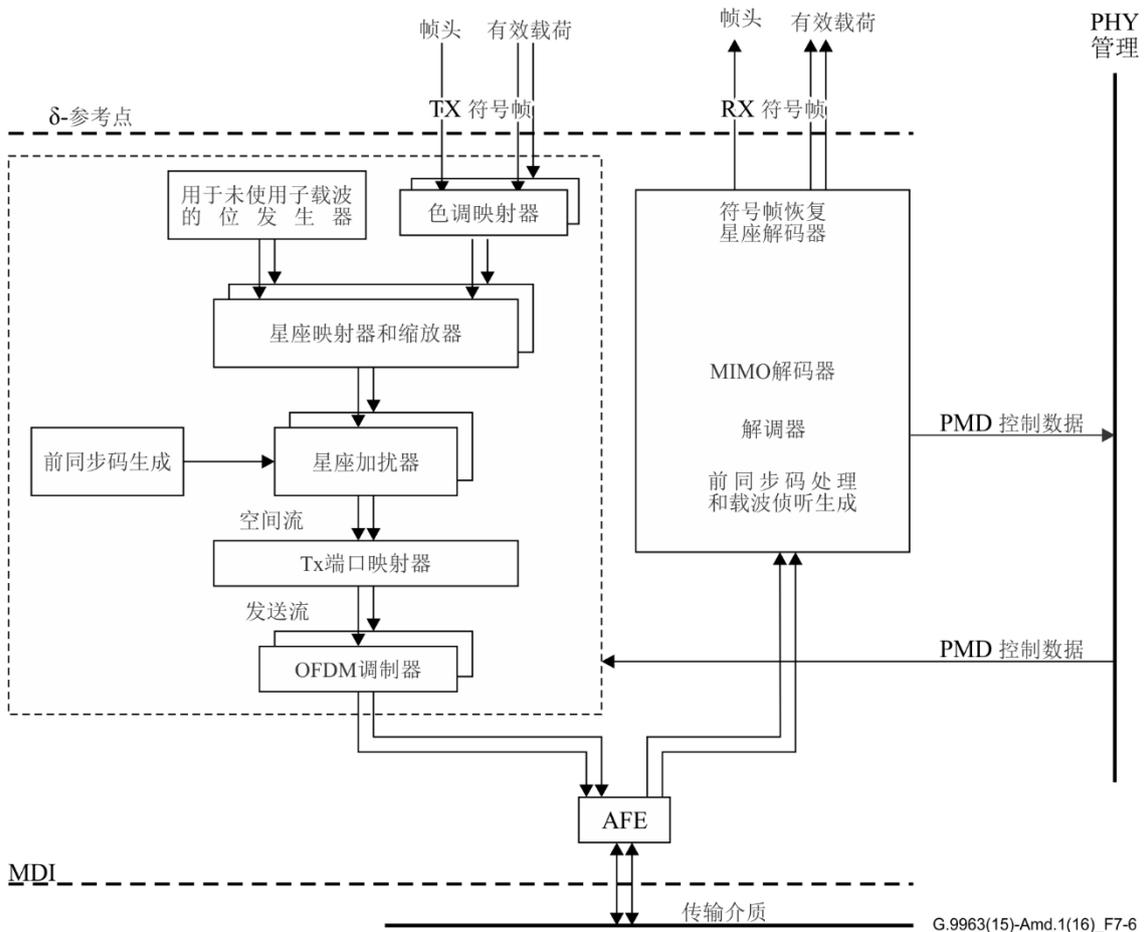


图7-6 – PMD的功能模型

在第7.1.4.4节中描述的Tx端口映射器将空间流映射到在每个Tx端口中被指配用于传输的传输流。在第7.1.4.5节中描述的指配给每个Tx端口的每个OFDM调制器将在其输入端的 $N$ 个复数的流转换成 $N$ 个复数值的时域样本的流。在添加前同步码后，每个Tx端口的发送信号被上移 $F_{US}$ 。指配给每个Tx端口的合成信号的实部通过特定的Tx端口传输到介质上。前同步码的参数（第7.1.4.5节）由PHY管理进行确定，并且取决于所传输的PHY帧的类型。

帧以[ITU-T G.9961]中描述的帧间间隙输出到介质上。

在接收方向，来自介质的帧被解调和解码。恢复出的符号帧经由 $\delta$ 参考点转发给PMA。对前同步码进行处理，并将前同步码数据发送给PHY管理实体。

#### 7.1.4.1 子载波间隔和逻辑索引

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.1节。索引规则#1须用于关联物理索引和逻辑索引。不得使用索引规则#2。

#### 7.1.4.2 色调映射器

色调映射器独立地对每一个输入空间流进行操作。色调映射器将（每个空间流的）帧头和有效载荷的输入符号帧分成位组（根据用于该空间流的BAT和子载波分组），并将每个位组与这些组须被加载到的特定子载波相关联。此信息连同特定于子载波的增益比例值（如[ITU-T G.9960]第7.1.4.3.2.3节所述）被发送给星座编码器。

##### 7.1.4.2.1 子载波类型汇总

出于色调映射的目的，定义了以下类型的子载波。

- 1) 掩膜子载波 (MSC) 指不允许传输的子载波, 即, 该子载波上的增益须被设置为0。定义了两种类型的MSC:
  - 永久掩膜子载波 (PMSC) – 从不允许传输的子载波。PMSC列表形成了一个PMSC掩膜, 它取决于介质的类型, 相关定义见第7.2节。数据位从不映射到PMSC。
  - 区域掩膜子载波 (RMSC) – 在某些区域不允许用于数据传输、但在其他区域可能允许的子载波。RMSC列表形成了一个RMSC掩膜, 它取决于介质的类型和区域/应用。RMSC集由对应于SM描述符中定义的子载波掩膜和业余无线电频段描述符中定义的掩膜业余无线电频段的子载波组成 (见第8.8.5.5节)。RMSC的数量,  $\#RMSC = \#MSC - \#PMSC$ 。
- 2) 所支持子载波 (SSC) 指在相关PSD掩膜的限制下允许传输的子载波。SSC的数量,  $\#SSC = N - \#MSC$ 。对于每个空间流, 定义了以下类型的SSC:
  - 空间流*i*的活动子载波 (ASC) (表示为 $ASC^{(i)}$ , 其中 $i = 1, 2$ ) – 具有用于数据传输的加载位 ( $b \geq 1$ ) 的子载波。如第7.1.4.3节所述, ASC受制于星座点映射、星座缩放和星座加扰。数据位须按照第7.1.4.2.2节所述映射到ASC上。
  - 空间流*i*的非活动子载波 (ISC) (表示为 $ISC^{(i)}$ , 其中 $i = 1, 2$ ) – 没有加载任何数据位的子载波 (例如, 由于SNR低)。空间流*i*的ISC数 ( $i = 1, 2$ ),  $\#ISC^{(i)} = \#SSC - \#ASC^{(i)}$ 。ISC可用于测量目的或其他辅助目的。ISC须受传输功率整形。第7.1.4.2.5节定义了ISC上传输的信号。

注 – 即使两个空间流的MSC和SSC相同, 不同空间流的ASC和ISC也可能不同。

#### 7.1.4.2.2 位分配表 (BAT)

色调映射由位分配表 (BAT) 定义, 位分配表将子载波索引与要加载到子载波上的位数相关联。这种映射是针对每个空间流独立定义的。BAT中的子载波索引的顺序 (每个空间流) 须为升序, 从最小的索引到最大的索引。根据第7.1.4.1节中定义的子载波索引, TX符号帧的位将按照BAT中的索引顺序加载到子载波上。

对于每个空间流, 节点在特定PHY帧中使用的BAT是BMAT (在第7.1.4.4.3节中规定) 的一部分, 并且须在PHY-帧头的MSG/BMSG/BACK/PROBE PHY-帧类型专用字段的BMAT\_ID字段中被指示给接收节点, 如第7.1.2.3.2.2.8节所述。

##### 7.1.4.2.2.1 预定义的BAT

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.2.2.1节。

##### 7.1.4.2.2.2 Runtime\_BAT

Runtime\_BAT将SSC的索引与每个子载波上要加载的位数相关联。当有效载荷由两个空间流组成并且使用Runtime\_BAT时, 每个空间流与其自身的Runtime\_BAT相关联。与空间流*i*相关联的BAT中的索引子集 (加载位数 $b > 0$ ) 标识 $ASC^{(i)}$  (即, 空间流*i*的活动子载波)。在MIMO传输中, 两个BAT与Tx端口映射分配表 (MAT) 一起选择, 如第7.1.4.4.2节所述。这种组合称为BMAT (位和Tx端口映射分配表), 相关描述见第7.1.4.4.3节。

任何子载波上加载的位数不得超过所允许的最大位数 (见第7.1.4.3节)。位数亦须满足通信节点的位加载能力, 如其在进行通信之前所通告的那样。

##### 7.1.4.2.3 具有子载波分组的BAT

节点须能使用 $G = 1$  (无分组)、2、4、8和16个具有后续频率的子载波的分组来定义Runtime BAT。分组 $G$ 适用于两个空间流 (即, 两个空间流使用相同的分组)。 $G$ 的默认

值是1。如果使用分组 ( $G > 1$ )，同一组的所有子载波须使用相同的位加载。然而，对于不同的空间流，该组的位加载可能不同。第一组须包括 $G$ 个子载波，并按照第7.1.4.1节中定义的子载波索引的升序排列。如果一个组包括掩膜子载波（例如MSC）或者扩展到适用的子载波集之外，则节点须将指配给该组的位加载仅应用于适用的子载波集。

当BAT进行通信时，须指示组索引 $G$ （见第8.11节）。

#### 7.1.4.2.4 特殊映射

##### 7.1.4.2.4.1 PHY-帧头的色调映射

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.2.5.1节。

##### 7.1.4.2.4.2 RCM的色调映射

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.2.5.2节。

##### 7.1.4.2.4.3 探测符号的色调映射

1 SS信道估计探测符号须被创建为单个SS，并使用整个SSC集上每个子载波2位的均匀加载来调制。对于这些符号，ISC集须等于SSC集。如第7.1.4.2.5节所述，所有ISC子载波须通过伪随机位序列进行调制。

2 SS信道估计探测符号须被创建为两个SS，并使用每个SS的整个SSC集上的每个子载波2位的均匀加载来调制。对于这些符号，ISC集须等于SSC集。如第7.1.4.2.5节所述，所有ISC子载波须通过伪随机位序列进行调制。

对于静默符号，所有子载波须被视为MSC（掩膜子载波）。

##### 7.1.4.2.4.4 ACE符号的色调映射

ACE符号须使用整个SSC集上每个子载波2位的均匀加载进行调制。ACE符号须创建为单一空间流。对于ACE，ISC集须等于SSC集。如第7.1.4.2.5节所述，所有ISC子载波须通过伪随机位序列进行调制。

##### 7.1.4.2.5 未加载的所支持子载波的调制

对空间流 $i$  ( $i = 1, 2$ ) 带有已编码有效载荷位且未加载或带有已编码有效载荷位且部分加载的所支持子载波（SSC）而言，即，ISC<sup>(i)</sup>和未加载或部分加载的ASC<sup>(i)</sup>（在此称为空间流 $i$ 的未加载SSC，USSC<sup>(i)</sup>），须加载由线性反馈移位寄存器（LFSR）发生器定义的伪随机序列，相关多项式为图7-7所示的 $p(x) = x^{23} + x^{18} + 1$ 。LFSR须分别对每个空间流的子载波进行操作。换言之，对于如下所述的每个空间流，LFSR须以不同方式进行初始化，且须产生位来分别加载每个空间流的子载波。LFSR发生器须在每个OFDM符号的开头使用DM生成的种子进行初始化，该种子是在节点通过空间流1和2的附加MIMO域信息辅助信息子字段（见第8.8.7节）的未加载子载波初始种子流1和未加载子载波初始种子流2字段注册到域期间接收的。第 $i$ 个有效载荷符号须使用种子 $S_k$ ，其中 $k$ 等于 $(k-1, \text{以}64\text{为模}) + 1$ ，其中 $i = 1, 2, 3, 4, \dots$ 。 $S_k$ 是通过将LFSR从原始DM生成的种子向前推进 $8192 * (k-1)$ 而生成的。7FFFFFF<sub>16</sub>（流1）和7FFFC<sub>16</sub>（空间流2）的初始种子的LFSR种子的示例见表7-14和7-15。

注 – 子 $S_1$ 至 $S_{64}$ 用于初始化有效载荷符号1-64、65-128等的LFSR。种子 $S_k$ 的LSB对应于 $c_1$ 。

根据域和空间流的域标识符（DOD）值，须在表7-12和7-13中描述的允许种子池中选择DM生成的种子。

表7-12 – 空间流1未加载的所支持子载波LFSR发生器的允许DM生成的种子池

DOD	允许的种子
0	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 003FE0 <sub>16</sub> ; 7FC060 <sub>16</sub> ; 7803F9 <sub>16</sub> ; 0FF813 <sub>16</sub> ; 7EFE80 <sub>16</sub> ; 01FCFC <sub>16</sub> ; 40202F <sub>16</sub> ; 038638 <sub>16</sub>
1	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 7DC2E0 <sub>16</sub> ; 70874D <sub>16</sub> ; 401FB7 <sub>16</sub> ; 61F327 <sub>16</sub> ; 0F78B3 <sub>16</sub> ; 3FDFD7 <sub>16</sub> ; 0DC513 <sub>16</sub> ; 1E73E7 <sub>16</sub>
2	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 1EB138 <sub>16</sub> ; 731F9B <sub>16</sub> ; 057B41 <sub>16</sub> ; 4DE53C <sub>16</sub> ; 7099A3 <sub>16</sub> ; 0080A6 <sub>16</sub> ; 07BC5A <sub>16</sub> ; 0399C8 <sub>16</sub>
3	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 3027C4 <sub>16</sub> ; 1F8F1B <sub>16</sub> ; 30A762 <sub>16</sub> ; 1D8A1F <sub>16</sub> ; 6FB79B <sub>16</sub> ; 6E3675 <sub>16</sub> ; 78B9A1 <sub>16</sub> ; 65F92E <sub>16</sub>
4	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 5EED10 <sub>16</sub> ; 7F3F09 <sub>16</sub> ; 16E6B5 <sub>16</sub> ; 5FD0FF <sub>16</sub> ; 1EB13C <sub>16</sub> ; 6B8DD5 <sub>16</sub> ; 7795D2 <sub>16</sub> ; 3D222E <sub>16</sub>
5	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 0174B0 <sub>16</sub> ; 79903D <sub>16</sub> ; 604F7B <sub>16</sub> ; 38638D <sub>16</sub> ; 698A2D <sub>16</sub> ; 7CE688 <sub>16</sub> ; 50281F <sub>16</sub> ; 48E4C4 <sub>16</sub>
6	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 7ABE59 <sub>16</sub> ; 785321 <sub>16</sub> ; 26D2B1 <sub>16</sub> ; 0207F8 <sub>16</sub> ; 0B6CAA <sub>16</sub> ; 306764 <sub>16</sub> ; 096B52 <sub>16</sub> ; 12757B <sub>16</sub>
7	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 734122 <sub>16</sub> ; 1D29EE <sub>16</sub> ; 4D67BC <sub>16</sub> ; 073961 <sub>16</sub> ; 763502 <sub>16</sub> ; 7C58CE <sub>16</sub> ; 7B4816 <sub>16</sub> ; 5E6F90 <sub>16</sub>
8	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 0AFC72 <sub>16</sub> ; 198299 <sub>16</sub> ; 5AABBE <sub>16</sub> ; 1E8EDC <sub>16</sub> ; 618E01 <sub>16</sub> ; 6E289F <sub>16</sub> ; 5B22F8 <sub>16</sub> ; 416B07 <sub>16</sub>
9	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 771574 <sub>16</sub> ; 779791 <sub>16</sub> ; 5D54B7 <sub>16</sub> ; 479BCE <sub>16</sub> ; 1EBBF8 <sub>16</sub> ; 09EBF4 <sub>16</sub> ; 6926AD <sub>16</sub> ; 3B5461 <sub>16</sub>
10	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 06764F <sub>16</sub> ; 2EC96F <sub>16</sub> ; 3BFA45 <sub>16</sub> ; 316B09 <sub>16</sub> ; 6876D1 <sub>16</sub> ; 7FEF7B <sub>16</sub> ; 0ABF31 <sub>16</sub> ; 600E3B <sub>16</sub>
11	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 5295BF <sub>16</sub> ; 3C064C <sub>16</sub> ; 48FB34 <sub>16</sub> ; 272E4D <sub>16</sub> ; 32203C <sub>16</sub> ; 478CF6 <sub>16</sub> ; 7330FC <sub>16</sub> ; 098416 <sub>16</sub>
12	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 40E0C4 <sub>16</sub> ; 6A49F1 <sub>16</sub> ; 620823 <sub>16</sub> ; 44153E <sub>16</sub> ; 3BD438 <sub>16</sub> ; 0878EA <sub>16</sub> ; 57EB86 <sub>16</sub> ; 3DA277 <sub>16</sub>
13	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 12CF23 <sub>16</sub> ; 730171 <sub>16</sub> ; 164544 <sub>16</sub> ; 1AB7C9 <sub>16</sub> ; 74191A <sub>16</sub> ; 33A4AA <sub>16</sub> ; 68843A <sub>16</sub> ; 3CC639 <sub>16</sub>
14	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 1A6FB3 <sub>16</sub> ; 068AF6 <sub>16</sub> ; 79DC09 <sub>16</sub> ; 2E8D44 <sub>16</sub> ; 0733A1 <sub>16</sub> ; 24E0D0 <sub>16</sub> ; 3F4001 <sub>16</sub> ; 1D56D2 <sub>16</sub>
15	7FFFFFF <sub>16</sub> ; 68BC83 <sub>16</sub> ; 612F91 <sub>16</sub> ; 6E76A9 <sub>16</sub> ; 51F4FC <sub>16</sub> ; 2B2C4D <sub>16</sub> ; 2C2B62 <sub>16</sub> ; 05A54A <sub>16</sub> ; 28476E <sub>16</sub>

表7-13 – 空间流2未加载的所支持子载波LFSR发生器的允许DM生成的种子池

DOD	允许的种子
0	7FFFFC <sub>16</sub> ; 23AA37 <sub>16</sub> ; 7DEB20 <sub>16</sub> ; 0E7807 <sub>16</sub> ; 422436 <sub>16</sub> ; 300E1C <sub>16</sub> ; 605098 <sub>16</sub> ; 7FF53C <sub>16</sub> ; 0862AD <sub>16</sub> ;
1	7FFFFC <sub>16</sub> ; 18BC69 <sub>16</sub> ; 09ABAB <sub>16</sub> ; 07F1C5 <sub>16</sub> ; 09E865 <sub>16</sub> ; 2DFE39 <sub>16</sub> ; 718D3B <sub>16</sub> ; 78861D <sub>16</sub> ; 6F8AD8 <sub>16</sub> ;
2	7FFFFC <sub>16</sub> ; 575445 <sub>16</sub> ; 02C263 <sub>16</sub> ; 1A717B <sub>16</sub> ; 40DCAB <sub>16</sub> ; 48F445 <sub>16</sub> ; 65B11B <sub>16</sub> ; 4A639A <sub>16</sub> ; 411C38 <sub>16</sub> ;
3	7FFFFC <sub>16</sub> ; 35F937 <sub>16</sub> ; 718D5C <sub>16</sub> ; 65F51E <sub>16</sub> ; 361B92 <sub>16</sub> ; 121AD0 <sub>16</sub> ; 2D4A2F <sub>16</sub> ; 1A4B85 <sub>16</sub> ; 663275 <sub>16</sub> ;
4	7FFFFC <sub>16</sub> ; 2B63B6 <sub>16</sub> ; 50C875 <sub>16</sub> ; 57D522 <sub>16</sub> ; 37E76E <sub>16</sub> ; 22E7A0 <sub>16</sub> ; 6BC6D9 <sub>16</sub> ; 638DB4 <sub>16</sub> ; 577E3A <sub>16</sub> ;
5	7FFFFC <sub>16</sub> ; 1E2A46 <sub>16</sub> ; 28F7F3 <sub>16</sub> ; 1597A0 <sub>16</sub> ; 30FEA3 <sub>16</sub> ; 7B6B6F <sub>16</sub> ; 5C5971 <sub>16</sub> ; 733A55 <sub>16</sub> ; 676D31 <sub>16</sub> ;
6	7FFFFC <sub>16</sub> ; 5979CF <sub>16</sub> ; 36D313 <sub>16</sub> ; 47AD56 <sub>16</sub> ; 5A00C9 <sub>16</sub> ; 4636C2 <sub>16</sub> ; 6D49B2 <sub>16</sub> ; 4282E1 <sub>16</sub> ; 1B35FF <sub>16</sub> ;
7	7FFFFC <sub>16</sub> ; 4DBB71 <sub>16</sub> ; 21C06E <sub>16</sub> ; 187B99 <sub>16</sub> ; 3CE540 <sub>16</sub> ; 49CED1 <sub>16</sub> ; 43C4F6 <sub>16</sub> ; 1CED71 <sub>16</sub> ; 7CC353 <sub>16</sub> ;
8	7FFFFC <sub>16</sub> ; 56B9EE <sub>16</sub> ; 6DC0FF <sub>16</sub> ; 1143BD <sub>16</sub> ; 6DA9B9 <sub>16</sub> ; 3D1B0B <sub>16</sub> ; 3C8027 <sub>16</sub> ; 6878D1 <sub>16</sub> ; 796EE2 <sub>16</sub> ;
9	7FFFFC <sub>16</sub> ; 5730B7 <sub>16</sub> ; 07A508 <sub>16</sub> ; 5C950A <sub>16</sub> ; 5AC4D5 <sub>16</sub> ; 332E0B <sub>16</sub> ; 04B478 <sub>16</sub> ; 068575 <sub>16</sub> ; 276853 <sub>16</sub> ;
10	7FFFFC <sub>16</sub> ; 32BC04 <sub>16</sub> ; 718EAA <sub>16</sub> ; 2D7E9F <sub>16</sub> ; 348B03 <sub>16</sub> ; 7FFD87 <sub>16</sub> ; 0CD6D5 <sub>16</sub> ; 411EBB <sub>16</sub> ; 3FD43A <sub>16</sub> ;
11	7FFFFC <sub>16</sub> ; 4225A7 <sub>16</sub> ; 782501 <sub>16</sub> ; 33C567 <sub>16</sub> ; 337AC6 <sub>16</sub> ; 07C3D0 <sub>16</sub> ; 7615E2 <sub>16</sub> ; 053D21 <sub>16</sub> ; 1E0459 <sub>16</sub> ;
12	7FFFFC <sub>16</sub> ; 2C72B3 <sub>16</sub> ; 161AE5 <sub>16</sub> ; 495760 <sub>16</sub> ; 11EE60 <sub>16</sub> ; 5F4D85 <sub>16</sub> ; 156B20 <sub>16</sub> ; 42F91A <sub>16</sub> ; 78D261 <sub>16</sub> ;
13	7FFFFC <sub>16</sub> ; 753D0D <sub>16</sub> ; 2F8603 <sub>16</sub> ; 29751B <sub>16</sub> ; 29DE16 <sub>16</sub> ; 26AC1C <sub>16</sub> ; 3193F4 <sub>16</sub> ; 1C5B5D <sub>16</sub> ; 0D3447 <sub>16</sub> ;
14	7FFFFC <sub>16</sub> ; 34D324 <sub>16</sub> ; 7586CA <sub>16</sub> ; 6F43D9 <sub>16</sub> ; 77FB03 <sub>16</sub> ; 1170EA <sub>16</sub> ; 5D9297 <sub>16</sub> ; 249A77 <sub>16</sub> ; 1A76ED <sub>16</sub> ;
15	7FFFFC <sub>16</sub> ; 127C77 <sub>16</sub> ; 532AD6 <sub>16</sub> ; 5ED02D <sub>16</sub> ; 40C4AC <sub>16</sub> ; 3CA7A7 <sub>16</sub> ; 589E59 <sub>16</sub> ; 41C05B <sub>16</sub> ; 0881D6 <sub>16</sub> ;

每个空间流的第一个允许值对于所有DOD是公共的，并且被称为该空间流的未加载的所支持子载波LFSR发生器的默认种子。由两个默认种子组成的元组被称为MIMO未加载的所支持子载波LFSR发生器的默认值。

对于有效载荷的每个符号的每个子载波（对于SSC和MSC），每个空间流*i*的LFSR须被提前两个位。对应于每个空间流的子载波索引0的两个LFSR位是初始化种子的（ $c_1, c_2$ ）。对应于每个空间流的子载波索引1的两个LFSR位在两次移位之后是（ $c_1, c_2$ ）等等。对于未加载的子载波的调制，ACE符号须以与有效载荷符号相同的方式加以对待，但与其他有效载荷符号相比有一个区别：ACE符号被创建为单个空间流，而不是两个空间流。这意味着只有在空间流1上工作的LFSR须在ACE符号上工作。

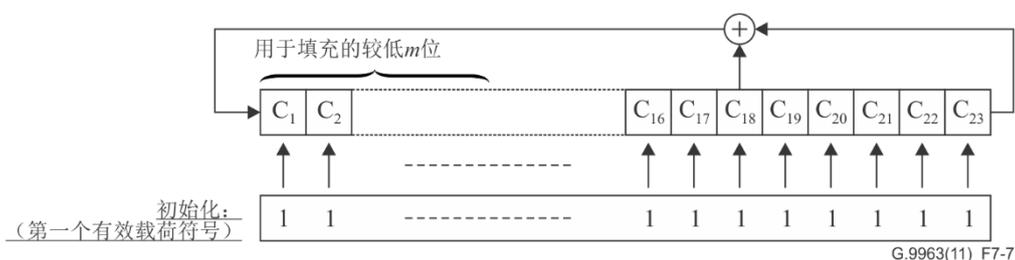


图7-7 – 用于两个空间流中每个空间流的未加载和部分加载子载波调制的LFSR

表7-14 – 空间流1的初始DM生成的种子7FFFFFF<sub>16</sub>的示例LFSR种子

种子索引k	种子 (S <sub>k</sub> )
1	7FFFFFF <sub>16</sub>
2	26B489 <sub>16</sub>
3	278A91 <sub>16</sub>
4	15F4ED <sub>16</sub>
5	5B4CB <sub>16</sub>
6	2F021F <sub>16</sub>
7	7A64C1 <sub>16</sub>
8	414CD7 <sub>16</sub>
9	649D5E <sub>16</sub>
10	134826 <sub>16</sub>
11	2A3DFC <sub>16</sub>
12	2B9570 <sub>16</sub>
13	3C6777 <sub>16</sub>
14	757986 <sub>16</sub>
15	103962 <sub>16</sub>
16	0DB87B <sub>16</sub>
17	076287 <sub>16</sub>
18	3E1A31 <sub>16</sub>
19	05DE6D <sub>16</sub>
20	5C5B4E <sub>16</sub>
21	596413 <sub>16</sub>
22	0613D9 <sub>16</sub>
23	19504A <sub>16</sub>
24	50FDE0 <sub>16</sub>
25	5CD048 <sub>16</sub>

表7-14 – 空间流1的初始DM生成的种子7FFFFF<sub>16</sub>的示例LFSR种子

种子索引k	种子 (S <sub>k</sub> )
26	66C646 <sub>16</sub>
27	7169B3 <sub>16</sub>
28	480497 <sub>16</sub>
29	053FE3 <sub>16</sub>
30	51F1B1 <sub>16</sub>
31	7D2BA0 <sub>16</sub>
32	11E4D8 <sub>16</sub>
33	037144 <sub>16</sub>
34	278587 <sub>16</sub>
35	2CF7F7 <sub>16</sub>
36	027D46 <sub>16</sub>
37	70A7EB <sub>16</sub>
38	4C622C <sub>16</sub>
39	54DC68 <sub>16</sub>
40	01715E <sub>16</sub>
41	274A7B <sub>16</sub>
42	55238D <sub>16</sub>
43	008B06 <sub>16</sub>
44	3FA255 <sub>16</sub>
45	777A6A <sub>16</sub>
46	5154DD <sub>16</sub>
47	55C203 <sub>16</sub>
48	0D21F9 <sub>16</sub>
49	1BEDE6 <sub>16</sub>
50	608D6B <sub>16</sub>
51	4B75D3 <sub>16</sub>
52	22BA64 <sub>16</sub>
53	7D0646 <sub>16</sub>
54	7F56E6 <sub>16</sub>
55	614333 <sub>16</sub>
56	4F1368 <sub>16</sub>
57	7359EF <sub>16</sub>
58	2D86A9 <sub>16</sub>
59	25373D <sub>16</sub>
60	258466 <sub>16</sub>
61	4CE92A <sub>16</sub>
62	6B7E3D <sub>16</sub>
63	760B34 <sub>16</sub>

表7-14 – 空间流1的初始DM生成的种子7FFFFF<sub>16</sub>的示例LFSR种子

种子索引k	种子 (S <sub>k</sub> )
64	761EA6 <sub>16</sub>

表7-15 – 空间流2的初始DM生成的种子7FFFFC<sub>16</sub>的示例LFSR种子

种子索引k	种子 (S <sub>k</sub> )
1	7FFFFC <sub>16</sub>
2	1AD227 <sub>16</sub>
3	1E2A46 <sub>16</sub>
4	57D3B5 <sub>16</sub>
5	6D32C5 <sub>16</sub>
6	3C087E <sub>16</sub>
7	699305 <sub>16</sub>
8	05335F <sub>16</sub>
9	12757B <sub>16</sub>
10	4D209B <sub>16</sub>
11	28F7F3 <sub>16</sub>
12	2E55C2 <sub>16</sub>
13	719DDD <sub>16</sub>
14	55E61A <sub>16</sub>
15	40E588 <sub>16</sub>
16	36E1ED <sub>16</sub>
17	1D8A1F <sub>16</sub>
18	7868C7 <sub>16</sub>
19	1779B5 <sub>16</sub>
20	716D3A <sub>16</sub>
21	65904F <sub>16</sub>
22	184F66 <sub>16</sub>
23	654129 <sub>16</sub>
24	43F782 <sub>16</sub>
25	734122 <sub>16</sub>
26	1B1919 <sub>16</sub>
27	45A6CE <sub>16</sub>
28	20125E <sub>16</sub>
29	14FF8D <sub>16</sub>
30	47C6C7 <sub>16</sub>
31	74AE82 <sub>16</sub>
32	479361 <sub>16</sub>
33	0DC513 <sub>16</sub>

表7-15 – 空间流2的初始DM生成的种子7FFFC<sub>16</sub>的示例LFSR种子

种子索引k	种子 (S <sub>k</sub> )
34	1E161E <sub>16</sub>
35	33DFDD <sub>16</sub>
36	09F51A <sub>16</sub>
37	429FAF <sub>16</sub>
38	3188B2 <sub>16</sub>
39	5371A2 <sub>16</sub>
40	05C579 <sub>16</sub>
41	1D29EE <sub>16</sub>
42	548E37 <sub>16</sub>
43	022C18 <sub>16</sub>
44	7E8956 <sub>16</sub>
45	5DE9A8 <sub>16</sub>
46	455377 <sub>16</sub>
47	57080F <sub>16</sub>
48	3487E5 <sub>16</sub>
49	6FB79B <sub>16</sub>
50	0235AF <sub>16</sub>
51	2DD74D <sub>16</sub>
52	0AE993 <sub>16</sub>
53	74191A <sub>16</sub>
54	7D5B98 <sub>16</sub>
55	050CCE <sub>16</sub>
56	3C4DA1 <sub>16</sub>
57	4D67BC <sub>16</sub>
58	361AA4 <sub>16</sub>
59	14DCF4 <sub>16</sub>
60	161198 <sub>16</sub>
61	33A4AA <sub>16</sub>
62	2DF8F4 <sub>16</sub>
63	582CD1 <sub>16</sub>
64	587A99 <sub>16</sub>

对于每个空间流*i*，未加载的已编码有效载荷位的子载波的调制须按如下进行：

- 1) 从第一个有效载荷OFDM符号的开始处开始，来自ISC<sup>(i)</sup>集的每个子载波（即，空间流*i*，*i* = 1, 2的非活动子载波）须使用第7.1.4.3.1节中定义的2位星座映射，用LFSR的LSB *c*<sub>1</sub>和*c*<sub>2</sub>这两个位进行调制（首先发送*c*<sub>1</sub>）。
- 2) 在有效载荷的每个OFDM符号中，如果符号帧中空间流*i*的位数没有填充整个符号，则来自LFSR的位须被用于填充该空间流*i*的符号帧的剩余部分，这是通过取LFSR的*m*<sup>(i)</sup>个LSB的组（首先发送LFSR的位*c*<sub>1</sub>至*c*<sub>*m*<sup>(i)</sup></sub>）并将其映射到剩余的子载波上来实现

的，其中 $m^{(i)}$ 是分配给空间流 $i$ 的子载波的位数，如该空间流的BAT所定义。对于空间流 $i$ 的第一个填充子载波，如果 $m^{(i)}$ 个加载位中的 $n^{(i)}$ 个位是数据位（ $n^{(i)} < m^{(i)}$ ），则这 $n^{(i)}$ 个数据位须被加载为映射在星座点上的位组的LSB，LFSR的 $m^{(i)}-n^{(i)}$ 个位（首先发送LFSR的位 $c_1$ 至 $c_{m^{(i)}-n^{(i)}}$ ）须被用作映射在从LFSR的LSB开始的星座点上的位组的MSB。

- 3) 在1 SS信道估计探测符号或2 SS信道估计探测符号的情况下，从第一个有效载荷OFDM符号的开始处开始，来自ISC<sup>(i)</sup>集的每个子载波（即，空间流 $i$ ， $i=1, 2$ 的非活动子载波）须使用第7.1.4.3.1节中定义的2位星座映射，并用两个位来调制，这两个位是LFSR的LSB， $c_1$ 和 $c_2$ （首先发送 $c_1$ ）。

对于每个空间流 $i$ ，根据第7.1.4.1节定义的子载波索引，来自LFSR的位以逻辑索引的顺序被加载到子载波上（即，以与在有效载荷符号上加载数据相同的方式）。未加载子载波的调制须从具有第一个有效载荷符号的最低逻辑索引的空间流 $i$ 的未加载SSC即USSC<sup>(i)</sup>开始，并以逻辑索引的升序继续，直到具有第一个有效载荷符号的最高逻辑索引的空间流 $i$ 的未加载SSC即USSC<sup>(i)</sup>，随后具有第二个有效载荷符号的最低逻辑索引的空间流 $i$ 的未加载SSC即USSC<sup>(i)</sup>以逻辑索引的升序继续，直到具有第二个有效载荷符号的最高逻辑索引的空间流 $i$ 的未加载SSC即USSC<sup>(i)</sup>，随后继续，直到具有最后有效载荷符号的最高逻辑索引的空间流 $i$ 的未加载SSC即USSC<sup>(i)</sup>。

来自SSC集的每个空间流 $i$ 的ASC即ASC<sup>(i)</sup>根据第7.1.4.2.2节中定义的空间流 $i$ 的相应BAT进行加载。

### 7.1.4.3 星座编码器

#### 7.1.4.3.1 星座映射

对每个空间流独立进行星座映射。星座映射将加载到特定空间流的子载波上的每个位组与星座图的 $I$ （同相分量）和 $Q$ （正交相位分量）的值相关联。每个输入的 $b$ 位组 $\{d_{b-1}, d_{b-2}, \dots, d_0\}$ 须与按本节所述计算的 $I$ 和 $Q$ 的特定值相关联。

每个位组 $\{d_{b-1}, d_{b-2}, \dots, d_0\}$ 须映射到星座映射器上，首先是LSB位 $d_0$ 。

##### 7.1.4.3.1.1 偶数位的星座

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.3.1.1节。

##### 7.1.4.3.1.2 奇数位的星座

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.3.1.2节。

#### 7.1.4.3.2 星座点缩放

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.3.2节。

#### 7.1.4.3.3 星座加扰器

星座映射器产生的星座点的相位须根据线性反馈移位寄存器（LFSR）发生器产生的伪随机序列进行移位，如图7-8所示。

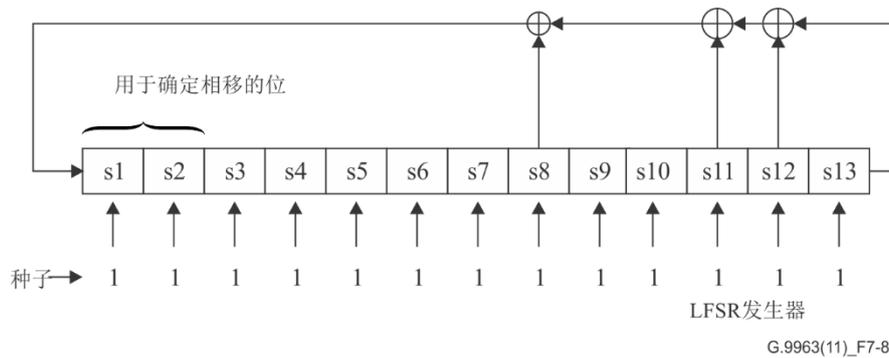


图7-8 – 星座加扰器

LFSR发生器须实现多项式 $g(x) = x^{13} + x^{12} + x^{11} + x^8 + 1$ 。

对于每个子载波，LFSR须前进两个位。对于帧头、ACE和有效载荷，须按以下顺序将位指配给空间流的子载波：

- 从具有最低逻辑索引的子载波开始，须执行以下操作：
  - 根据表7-16，寄存器的两个LSB即s1和s2须用于确定应用于与该子载波相关联的空间流1的星座点的相移。
  - 如果符号包括两个空间流，则根据表7-16，须使用相同的两个位s1和s2来确定应用于与该子载波相关联的空间流2的星座点的相移；否则，须跳过这一步。
  - 然后，LFSR须前进两个位。
- 按照逻辑索引的顺序继续到下一个子载波（见第7.1.4.1节）。对于该子载波，须执行上一节所述的相同操作。
- 继续至具有最高逻辑索引的子载波。同样，对于该子载波，须执行上一节所述的相同操作。

表7-16 – 星座相移与LFSR输出的关系

LFSR输出		相移（弧度）
s2	s1	
0	0	0
0	1	$\pi/2$
1	0	$\pi$
1	1	$3\pi/2$

对于帧头、ACE和有效载荷，子载波索引*i*的LFSR的相移须为 $2i$ （对于SSC和MSC）。对应于子载波索引0的两个LFSR位是初始化种子的（ $s_1, s_2$ ）。对应于子载波索引1的两个LFSR位在两次相移之后为（ $s_1, s_2$ ），以此类推。

对于前同步码、INUSE、PR、NACK和IDPS信号，子载波索引（ $i \times k_m$ ）的LFSR的相移须为 $2i$ ，其中 $k_m$ 表示前同步码部分*m*的子载波间隔乘数（见第7.1.4.6.3节）。

LFSR发生器须使用每个OFDM符号的种子1FFF<sub>16</sub>进行初始化。种子的LSB对应于 $s_1$ 。通过将原始映射的星座点 $Z_{i,l}^0$ 旋转相移 $\theta$ ，星座加扰须被应用于PHY帧头、ACE和所有有效载荷符号，以获得用于输入到IDFT的 $Z_{i,l}$ 的复数值（见第7.1.4.5.1节）。

$$Z_{i,l} = Z_{i,l}^0 \cdot \exp(j\theta).$$

#### 7.1.4.4 Tx端口映射器

Tx端口映射器输入是星座编码器输出端的空间流。输出的发送流由OFDM调制器转换为时域样本，并连接至Tx端口。Tx端口映射器以每个子载波为基础进行操作。根据Tx端口映射分配表（MAT），Tx端口映射器将指配给同一子载波的两个空间流的星座点对映射到连接（在OFDM调制之后，即，IDFT）到Tx端口的经修改的信号对。Tx端口映射器的操作如下所述。

一些表示方法如下：

$S_{in,i}^{(j)}$  – 空间流 $j$  ( $j = 1, 2$ ) 与子载波 $i$  ( $i = 0, \dots, N-1$ ) 相关联的输入信号点

$S_{out,i}^{(k)}$  – 发送流 $k$  ( $k = 1, 2$ ) 与子载波 $i$  ( $i = 0, \dots, N-1$ ) 相关联的输出信号点

在仅使用单个空间流的情况下， $S_{in,i}^{(2)} = 0$ 。

子载波 $i$ 的“Tx端口映射矩阵”表示为：

$$TPM_i = \begin{bmatrix} TPM_{11,i} & TPM_{12,i} \\ TPM_{21,i} & TPM_{22,i} \end{bmatrix}, i = 0, \dots, N-1,$$

其中 $TPM_{kj,i}$ 表示子载波 $i$ 从空间流 $j$ 到发送流 $k$ 的映射

每个子载波 $i$ 的Tx端口映射操作须按照以下方式进行：

$$\begin{bmatrix} S_{out,i}^{(1)} \\ S_{out,i}^{(2)} \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} TPM_{11,i} & TPM_{12,i} \\ TPM_{21,i} & TPM_{22,i} \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} S_{in,i}^{(1)} \\ S_{in,i}^{(2)} \end{bmatrix}, i = 0, \dots, N-1$$

特定映射由第7.1.4.4.1节中定义的特定映射矩阵和第7.1.4.4.2节中定义的MAT描述。

Tx端口（即，发送流）到导线实际组合的映射（例如，在电力线情况下，Tx端口1连接至P-N端子）由供应商自行决定。但是，一旦节点注册到域中，这种映射就不会改变。

##### 7.1.4.4.1 特定Tx端口映射矩阵

###### 7.1.4.4.1.1 “直接”映射， $TPM \#0$

两个空间流的“直接”Tx端口映射矩阵须为单位矩阵：

$$TPM \#0 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

###### 7.1.4.4.1.2 “复制”映射， $TPM \#1$

单个空间流的“复制”Tx端口映射矩阵须为：

$$TPM \#1 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 1 & 0 \end{bmatrix}$$

###### 7.1.4.4.1.3 “复制和求逆”映射， $TPM \#2$

单个空间流的“复制和求逆”Tx端口映射矩阵须为：

$$TPM \#2 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ -1 & 0 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.4 “Tx端口1”映射, TPM #3

两个空间流的“Tx端口1”Tx端口映射矩阵须为:

$$TPM \#3 = \begin{bmatrix} 1 & 0 \\ 0 & 0 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.5 “Tx端口2”映射, TPM #4

两个空间流的“Tx端口2”Tx端口映射矩阵须为:

$$TPM \#4 = \begin{bmatrix} 0 & 0 \\ 0 & 1 \end{bmatrix}$$

#### 7.1.4.4.1.6 “预编码”映射, TPM #5

用于两个空间流的“预编码”Tx端口映射的矩阵由角度 $\theta$ 和 $\phi$ 定义,  $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ;  $0 \leq \phi < 2\pi$ , 该矩阵须为:

$$TPM \#5 = \frac{1}{\sqrt{2}} \begin{bmatrix} e^{j\phi} \cos \theta & -e^{j\phi} \sin \theta \\ \sin \theta & \cos \theta \end{bmatrix}; \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}; \quad 0 \leq \phi < 2\pi$$

角度 $\theta$ 和 $\phi$ 分别被量化为 $B_1$ 和 $B_2$ 位。这些值要么是 $B_1 = B_2 = 4$ 位, 要么是 $B_1 = B_2 = 8$ 位, 如第8.11.1.7.3节和第8.11.1.7.5节所述。角度索引的通信在第8.11节中描述。对于某个子载波, 分别给定 $\theta$ 和 $\phi$ 的相位索引 $P_1$ 和 $P_2$ , 发射机须使用Tx端口映射TPM#5, 其中

$$\theta = \frac{\pi \cdot (2P_1 + 1)}{2^{B_1 + 2}} \text{ 和 } \phi = \frac{\pi \cdot (2P_2 + 1)}{2^{B_2}}$$

注 – 在发射机中重新生成预编码映射矩阵时, 需要考虑发射机EVM要求。

#### 7.1.4.4.1.7 “无SS 2输入的预编码”映射, TPM #6

两个空间流的“无SS 2输入的预编码”Tx端口映射的矩阵由角度 $\theta$ 和 $\phi$ 定义,  $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ;  $0 \leq \phi < 2\pi$ , 该矩阵须为:

$$TPM \#6 = \begin{bmatrix} e^{j\phi} \cos \theta & 0 \\ \sin \theta & 0 \end{bmatrix}; \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}; \quad 0 \leq \phi < 2\pi$$

角度 $\theta$ 和 $\phi$ 的量化在第7.1.4.4.1.6节中描述。

#### 7.1.4.4.1.8 “无SS 1输入的预编码”映射, TPM #7

用于空间流2传输的预编码Tx端口映射矩阵由角度 $\theta$ 和 $\phi$ 定义,  $0 \leq \theta \leq \pi/2$ ;  $0 \leq \phi < 2\pi$ , 该矩阵须为:

$$TPM \#7 = \begin{bmatrix} 0 & -e^{j\phi} \sin \theta \\ 0 & \cos \theta \end{bmatrix}; \quad 0 \leq \theta \leq \frac{\pi}{2}; \quad 0 \leq \phi < 2\pi$$

角度 $\theta$ 和 $\phi$ 的量化在第7.1.4.4.1.6节中描述。

#### 7.1.4.4.2 Tx端口映射分配表 (MAT)

Tx端口映射由Tx端口映射分配表 (MAT) 定义, 该表将子载波索引与应用于这些子载波的特定Tx端口映射矩阵相关联。根据第7.1.4.1节中定义的子载波索引 (与BAT相同), MAT中子载波索引的顺序须为升序, 从最小索引到最大索引。

节点在特定PHY帧中使用的MAT是B MAT的一部分（在第7.1.4.4.3节中规定），并且须在PHY帧头的MSG/BMSG/BACK/PROBE PHY-帧类型专用字段的B MAT\_ID字段中向接收节点指示，如第7.1.2.3.2.2.8节所述。

MAT须仅用于映射两个空间流，并且仅具有Tx端口映射矩阵TPM#0、TPM#3、TPM#4、TPM#5、TPM#6和TPM#7。所定义的Tx端口映射矩阵TPM#1和TPM#2用于为使用单个空间流的传输指定端口映射。在这种情况下，相同的Tx端口映射矩阵适用于所有子载波。

#### 7.1.4.4.2.1 预定义的MAT

定义了以下预定义的MAT：

- 1) 预定义的MAT类型0：使用第7.1.4.4.1.4节定义的“Tx端口1”映射矩阵（TPM#3）的统一Tx端口在由两个空间流的相应BAT使用的子载波集（即，除PMSC集或者PMSC和RMSC集之外的所有子载波）上的映射。
- 2) 预定义的MAT类型1：使用第7.1.4.4.1.5节定义的“Tx端口2”映射矩阵（TPM#4）的统一Tx端口在由两个空间流的相应BAT使用的子载波集（即，除PMSC集或者PMSC和RMSC集之外的所有子载波）上的映射。
- 3) 预定义的MAT类型2：使用第7.1.4.4.1.1节定义的直接映射矩阵（TPM#0）的统一Tx端口在由两个空间流的相应BAT使用的子载波集（即，除PMSC集或者PMSC和RMSC集之外的所有子载波）上的映射。

每个节点须支持预定义的类型0、1和2的MAT。

#### 7.1.4.4.2.2 Runtime MAT

Runtime MAT将SSC的索引与和每个子载波相关联的Tx端口映射相关联。在MIMO传输中，MAT与两个BAT一起被选择。这种组合分配称为B MAT（位和Tx端口映射分配表），相关描述见第7.1.4.4.3节。

#### 7.1.4.4.2.3 具有子载波预编码分组的MAT

每当使用MIMO模式1或2时（见第8.11节），接收机可以使用 $PG = 1$ （无分组）、2、4、8和16个子载波以及后续频率的子载波预编码分组，用于将量化的预编码参数（角度）传送给发射机。如果使用预编码分组（ $PG > 1$ ），同一组的所有子载波（一组子载波的数量为 $PG$ ）须使用相同的预编码参数（角度）。第一组须包括 $PG$ 个子载波，并按照第7.1.4.1节中定义的子载波索引的升序排列。如果一个组包括掩膜子载波（例如MSC）或扩展到适用的子载波集之外的子载波，则该节点仅须将为该组指配的预编码参数（角度）应用到适用的子载波集。默认值为 $PG = 1$ 。

根据第8.11.1.1.1节的规定，在信道估计发起期间，可以使用MCE\_Initiation.req和MCE\_Initiation.cnf消息来就预编码分组（ $PG$ ）进行协商。除这些消息之外，当传送B MAT时（如果该B MAT包含预编码参数）， $PG$ 亦须在MCE\_ParamUpdate.req消息中指示，如第8.11.1节所述。

#### 7.1.4.4.3 位和Tx端口映射分配表（B MAT）

B MAT是以下元素的组合：

- PHY帧有效载荷的位分配表（BAT）（见第7.1.4.2.2节）：
  - 空间流1的BAT，BAT<sup>(1)</sup>。
  - 空间流2的BAT，BAT<sup>(2)</sup>。

- PHY帧有效载荷的Tx端口映射分配表（MAT）（在第7.1.4.4.2节中规定）。

如第7.1.2.3.2.2.8节所述，节点在特定PHY帧中使用的BMAT须在PHY-帧头的MSG/BMSG/BACK/PROBE PHY-帧类型专用字段的BMAT\_ID字段中被指示给接收节点。

#### 7.1.4.4.3.1 预定义和runtime BMAT

表7-3描述了组成BMAT的两个BAT和MAT的各种组合。BMAT由预定义的分配（BMAT\_ID值范围是0至11）和runtime分配（BMAT\_ID值范围是16至27）组成。

Runtime BMAT可由接收节点（接收机定义的BMAT）为特定的单播信道加以定义，或者由发送节点（发射机确定的BMAT）为特定的多播信道进行选择。Runtime BMAT须从生成BMAT的节点传送到对等节点（例如向几个其他节点发起多播传输的节点须在发送数据之前向所有接收节点传送BMAT）（见第8.11节和第8.16节）。

须创建Runtime BMAT，使得组成该BMAT的两个BAT的编码传送Tx端口映射信息以及每个子载波的位加载信息。对于每个空间流的每个子载波，须按照以下规则指配0至12范围内的值或特殊值15（另见表8-27）：

- 对于特定子载波要指配单个Tx端口映射（即，*TPM#3*或*TPM#4*）或具有单个空间流映射的预编码（即，*TPM#6*或*TPM#7*）的情况，值15被指配给未映射到Tx端口的空间流。该流被分配零位加载，并且不由伪随机LFSR生成的位进行加载（尽管LFSR对于该流和该子载波而言是提前的）。另一个空间流须被指配一个0至12范围内的值。值0表示从LFSR（用于加载“未加载子载波”的LFSR，见第7.1.4.2.5节）中取出位，并加载到该空间流中。
- 对于特定子载波要指配两个空间流到两个Tx端口（即，*TPM#0*或*TPM#5*）的映射的情况，0至12范围内的值被指配给两个空间流。值0表示从用于加载“未加载子载波”（见第7.1.4.2.5节）的LFSR中取出位，并加载到特定的空间流和子载波上。1至12范围内的其他值表示子载波上加载的位数。

#### 7.1.4.4.3.2 发射机确定的和接收机确定的BMAT

定义了两种类型的映射：发射机确定的映射和接收机确定的映射。对于发射机确定的映射，BMAT由发射机定义，并且须为预定义的BMAT，或者须在传输之前使用用于单播传输的信道估计协议（见第8.11节），并使用用于多播传输的多播绑定协议（见第8.16节）来传送给所有目标节点。对于接收机确定的映射，BMAT由目标节点的接收机定义，并使用信道估计协议传送给发射机。

对于单播传输，节点须使用预定义的BMAT之一或由接收机确定的runtime BMAT。

来自[ITU-T G.9963]节点的PHY多播传输可使用以下两种传输方案中的任何一种（如第8.16节所述）：

- [ITU-T G.9960]传输。
- 有效载荷被创建为单个SS的MIMO传输。

对于使用这些方案中的任一个的多播传输，仅定义BAT（而不是BMAT）。预定义BAT（由发射机确定）和runtime BAT均可使用。如果使用runtime BAT，则须由发起多播的节点定义（由发送方确定）；该节点须生成BAT，并将其传送给所有多播目标（见第8.16节）。

可定义发射机确定的BMAT和接收机确定的BMAT，两者仅在MAC周期的特定部分有效。特定BMAT有效的MAC周期部分被称为BMAT区域。在接收机确定的BMAT的情况下，作为信道估计协议的一部分，包括每个BMAT区域相对于MAC周期的起点和终点的适用BMAT区域被传送到发射机。

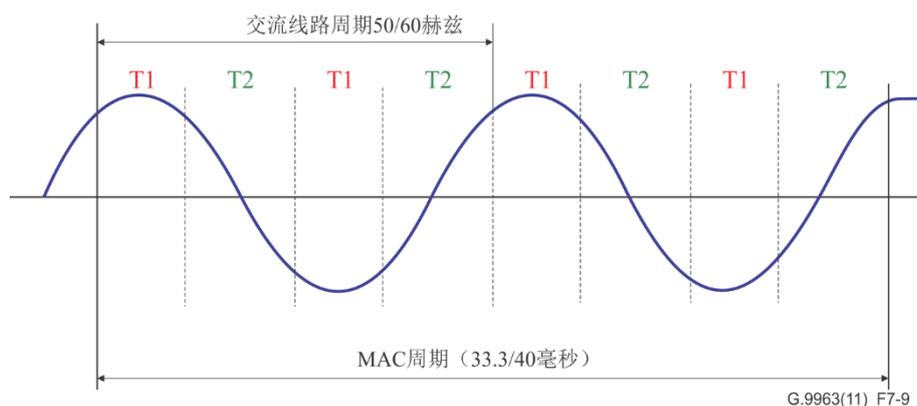


图7-9 – 电力线MAC周期中的BMAT区域示例

图7-9显示了电力线的多个BMAT区域。在这个示例中，BMAT区域是周期性的，约为半个交流线路周期，并且它具有两个BMAT。BMAT T1用于交流线路周期的峰值附近，BMAT T2用于交流线路周期的过零点附近。作为信道估计协议的一部分，接收机须通知发射机有关MAC周期的每个BMAT区域的起点和终点。

节点须支持发射机确定的映射类型和接收机确定的映射类型。

#### 7.1.4.4.4 PHY-帧元素的特定Tx端口映射

##### 7.1.4.4.4.1 PHY-帧头的Tx端口映射

当[ITU-T G.9963]节点使用MIMO传输时，须使用第7.1.4.4.1.2节中定义的“复制”映射矩阵（即， $TPM\#1$ ）在除PMSC集之外的所有子载波上完成所有帧头符号的Tx端口映射。

##### 7.1.4.4.4.2 ACE符号的Tx端口映射

当[ITU-T G.9963]节点使用MIMO传输时，ACE符号的Tx端口映射须按以下方式完成：

- 对于传输包括去往[ITU-T G.9963]节点的有效载荷并且该有效载荷被创建为两个空间流的情况（即， $MIMO\_IND = 1$ ，表7-1中的情况“4a”）：
  - 奇数编号的ACE符号须在整個SSC集上使用第7.1.4.4.1.3节中定义的“复制和求逆”映射矩阵（即， $TPM\#2$ ）。
  - 偶数编号的ACE符号须在整個SSC集上使用第7.1.4.4.1.2节中定义的“复制”映射矩阵（即， $TPM\#1$ ）。
 在这种情况下，帧头后面须有一个ACE符号，其他ACE符号则是可选的。
- 对于传输包括有效载荷的所有其他情况（即， $MIMO\_IND = 0$ ，表7-1中的情况“4b”、“5”和“6”）：
  - ACE符号须在整個SSC集上使用第7.1.4.4.1.2节中定义的“复制”映射矩阵（即， $TPM\#1$ ）。

对于这些情况，所有ACE符号都是可选的。

##### 7.1.4.4.4.3 探测符号的Tx端口映射

须使用第7.1.4.4.1.2节中定义的“复制”映射矩阵（即， $TPM\#1$ ）对整个SSC集进行1 SS信道估计探测符号的Tx端口映射。

须使用与PROBE帧的PRB\_BMAT\_ID字段中指示的BMAT\_ID相对应的MAT来完成2 SS信道估计探测符号的Tx端口映射。

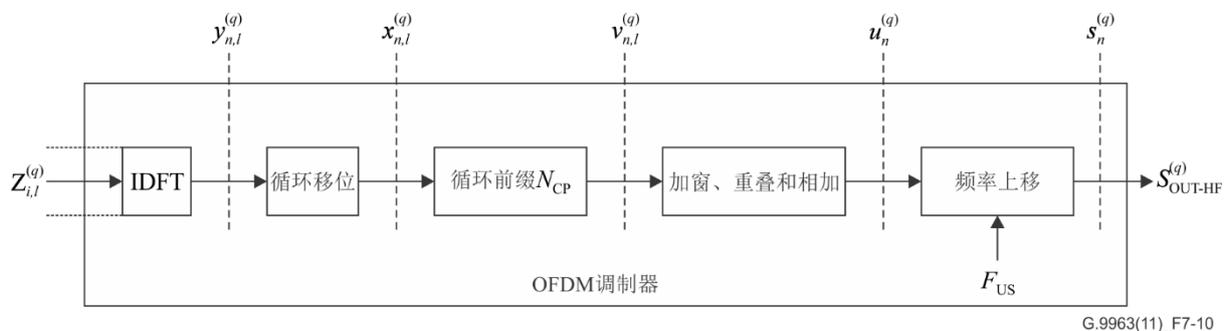
#### 7.1.4.4.4 RCM有效载荷符号的映射

当[ITU-T G.9963]节点在RCM中使用MIMO传输时，须使用第7.1.4.4.1.2节中定义的“复制”映射矩阵（即， $TPM\#1$ ）在所有有效载波子载波上完成有效载荷的Tx端口映射。

#### 7.1.4.5 OFDM调制器

MIMO收发信机包括两个OFDM调制器，分别用于两个Tx端口中的一个。单个Tx端口的OFDM调制器包括以下主要部分：IDFT、循环移位、循环扩展、加窗、重叠和相加以及频率上移。对于具有索引*i*的单个子载波，在当前帧中的第*l*个OFDM符号处到达第*q*个Tx端口的调制器的输入信号是由第7.1.4.4节中描述的Tx端口映射器（对于帧头和有效载荷的符号）或者第7.1.4.6.3节中描述的前同步码发生器（对于前同步码的符号）生成的复数值 $Z_{i,l}^{(q)}$ 。

由IDFT生成的时域样本（ $y_{n,l}^{(q)}$ ）被输入到循环移位。循环移位的输出（ $x_{n,l}^{(q)}$ ）被输入到循环前缀。循环前缀的输出（ $v_{n,l}^{(q)}$ ）被输入到加窗、重叠和相加。加窗、重叠和相加的输出（ $u_n^{(q)}$ ）随后被频率上移 $F_{US}$ ，以生成 $s_n^{(q)}$ 。OFDM调制器的功能框图如图7-10所示。



G.9963(11)\_F7-10

图7-10 – OFDM调制器的功能模型

上文给出的功能框图和本节中给出的其他图并不意味着任何特定的实施方案。调制器中使用的信号处理的各个方面均须符合公式和文字描述。

##### 7.1.4.5.1 IDFT

IDFT在其输入端将*N*个复数 $Z_{i,l}^{(q)}$ 的流转换成*N*个复数时域样本 $y_{n,l}^{(q)}$ 的流。输入值表示*N*个经映射的数据块，其中第*i*个数据块表示OFDM信号的第*i*个已调制子载波的复数值 $Z_{i,l}^{(q)}$ ，其中*i* = 0, 1, ..., *N*-1为子载波索引，*l*为当前帧内OFDM符号的序列号，不包括前同步码，*q* = 1或2是Tx端口索引。须根据以下公式进行转换：

$$y_{n,l}^{(q)} = \sum_{i=0}^{N-1} \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot i \cdot \frac{n}{N}\right) \cdot Z_{i,l}^{(q)} \quad \text{对于 } n = 0 \text{ 至 } N-1, \quad l = 0 \text{ 至 } M_F - 1, \quad q = 1, 2$$

其中 $M_F$ 表示当前帧内除前同步码符号之外的OFDM符号的总数，*N*的值表示OFDM频谱中可能已调制的子载波的最大数量，并且须为2的幂： $N = 2^k$ ，其中*k*须为整数。所有掩膜子载波的 $Z_{i,l}^{(q)}$ 值须被设置为0。如果索引为*i* < *N*的一些非掩膜子载波没有加载数据位，则须按照第7.1.4.2.5节所述生成相应的 $Z_{i,l}^{(q)}$ 值。

### 7.1.4.5.2 循环移位

循环移位在IDFT的输出端循环移动OFDM符号的样本  $y_{n,l}^{(q)}$  的位置，以生成该序列的移位版本  $x_{n,l}^{(q)}$ 。这种移位取决于Tx端口索引和符号类型（前同步码、PHY帧头、ACE和有效载荷）。该操作由以下公式定义：

$$x_{n,l}^{(q)} = y_{(n-CS_l^{(q)}) \bmod N,l}^{(q)} = \sum_{i=0}^{N-1} Z_{i,l}^{(q)} \times \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot i \frac{n-CS_l^{(q)}}{N}\right), \text{ 对于 } n=0, 1, \dots, N-1 \text{ 及 } q=1,2。$$

其中  $CS_l^{(q)}$  是用于第  $q$  个Tx端口的第  $l$  个OFDM符号的电力线的循环移位。表7-17列出了两个Tx端口和不同OFDM符号的循环移位值。

表7-17 – 电力线的循环移位值 (OFB配置文件1)

符号类型	子载波数量- (N)			Tx端口1的循环移位 ( $q=1$ ) [样本]	Tx端口2的循环移位 ( $q=2$ ) [样本]
	25 MHz	50 MHz	100 MHz		
前同步码	128	256	512	0	$N/8$
INUSE、PR、NACK和IDPS信号	128	256	512	0	$N/8$
帧头	1024	2048	4096	0	$N/64$
ACE符号	1024	2048	4096	0	$N/64$
有效载荷	1024	2048	4096	0	$N/64$

在电话线电缆的情况下，循环移位不得应用于任一Tx端口。

注 – 电话线电缆不需要循环移位，因为与直流信号相比，两对电缆之间的串扰较低。

将MIMO用于OFB配置文件2有待进一步研究。

### 7.1.4.5.3 循环扩展

循环扩展在相邻OFDM符号之间提供一个保护间隔。该保护间隔是为了防止符号间干扰（ISI）。Tx端口#1和Tx端口#2上具有相同编号的符号（如第7.1.4.5.1节所定义）使用相同的GI值。

在OFDM中，帧中第  $l$  个OFDM符号的循环前缀须通过将IDFT输出的最后  $N_{CP}(l)$  个样本前置到其输出  $N$  个样本来实现，以创建预重叠的OFDM符号，如图7-11所示。符号中样本的顺序如下：

- 符号的第一个样本是循环移位输出样本  $N-N_{CP}(l)$ ；
- 循环前缀的最后一个样本是循环移位输出样本  $N-1$ ；下一个样本是循环移位输出样本 0。

第1个预重叠OFDM符号由  $N$  个IDFT样本和  $N_{CP}(l)$  次循环扩展样本组成，样本总数为：

$$N_W(l) = N + N_{CP}(l) \text{ [样本]}。$$

如上所述进行循环扩展后，图7-23中参考点  $v_{n,l}^{(q)}$  处的时域样本须符合以下公式：

$$v_{n,l}^{(q)} = x_{n-N_{CP}(l),l}^{(q)} = \sum_{i=0}^{N-1} Z_{i,l}^{(q)} \times \exp\left(j \cdot 2\pi \cdot i \frac{n-CS_l^{(q)}-N_{CP}(l)}{N}\right). \quad \text{for } n=0 \text{ to } N_W(l)-1 = N+N_{CP}(l)-1$$

对于同一帧的所有符号而言，IDFT样本的数量 $N$ 和窗口样本的数量 $\beta$ 须相同。 $N_{CP}(l)$ 的值（以及相应的预重叠OFDM符号 $N_w(l)$ 的持续时间）可以在帧的过程中改变，如下所示：

- 帧头的所有符号须具有第7.1.4.7节中定义的 $N_{GI-HD}+\beta$ 值；
- 帧头后的前两个符号须具有第7.1.4.7节中定义的默认值 $N_{GI-DF}+\beta$ ；
- 所有其余的有效载荷符号须具有相同的值 $N_{GI}+\beta$ ，其中 $N_{GI}$ 选自第7.1.4.7节中定义的有效值，并在帧头中加以指示，如第7.1.2.1节所述。

#### 7.1.4.5.4 符号定时

PHY帧由一个前同步码及随后的整数 $M_F$ 个OFDM符号组成。前同步码之后的第一个符号（PHY帧头的第一个符号）的符号计数须为0，帧的最后一个符号的符号计数须为 $M_F - 1$ 。帧中每个符号的时间位置由样本计数定义。符号计数为0的符号的第一个样本须具有 $M(0)=N_{pr}-\beta$ 的样本计数，其中 $N_{pr}$ 为前同步码中的样本数。帧中第 $l$ 个符号（ $l = 1, 2, \dots, M_F - 1$ ）的第一个样本的计数须为：

$$M(l) = N_{pr} - \beta + \sum_{k=0}^{l-1} N_S(k),$$

其中， $N_S(k) = N + N_{CP}(k) - \beta$ ，如第7.1.4.7节所述， $N_S(k)$ 对于帧头符号和有效载荷符号可能是不同的。

#### 7.1.4.5.5 加窗、重叠和相加

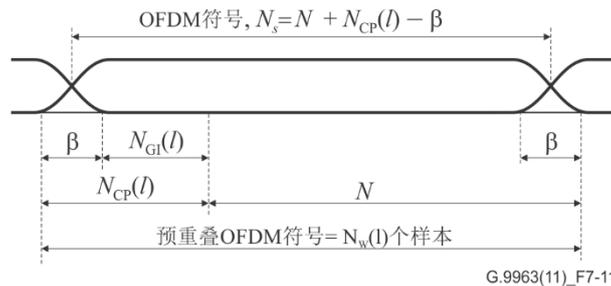


图7-11 – 具有循环扩展和重叠窗口的OFDM符号的结构

循环前缀的前 $\beta$ 个样本和循环移位输出的后 $\beta$ 个样本须用于对传输信号的包络进行整形（加窗）。窗口函数有助于PSD整形：它可采用PSD锐滚降来生成深频谱陷波，并降低带外PSD。对于同一帧的所有有效载荷符号以及PHY帧头和前同步码，窗口化样本的数量 $\beta$ 须相同。

为减少调制开销，相邻符号的窗口样本须重叠，如图7-11所示。 $N_{CP}(l) - \beta = N_{GI}(l)$ 的值形成了保护间隔。因此，重叠后第 $l$ 个OFDM符号的持续时间为 $N_S(l) = N + N_{CP}(l) - \beta$ 。

在应用加窗、重叠和相加函数后，图7-10中参考点 $u_n^{(q)}$ 处的时域样本须符合以下公式：

$$u_n^{(q)} = u_n^{(pr,q)} + \sum_{l=0}^{M_F-1} w(n - M(l), l) \times v_{n-M(l),l}^{(q)} \quad \text{对于 } n = 0 \text{ 至 } M(M_F - 1) + N_w(M_F - 1) - 1,$$

其中 $u_n^{(pr,q)}$ 是第 $q$ 个Tx端口的前同步码的第 $n$ 个样本，如第7.1.4.6节中的定义（信号 $u_n^{(pr,q)}$ 已经包括了必要的加窗）， $w(n,l)$ 是在预重叠OFDM符号的 $N_W(l)$ 个样本上以如下方式定义的加窗函数：

$$w(n,l) = \begin{cases} w_\beta(n) & 0 \leq n < \beta \\ 1 & \beta \leq n < N_W(l) - \beta \\ w_\beta(N_W(l) - 1 - n) & N_W(l) - \beta \leq n < N_W(l) \\ 0 & \text{否则} \end{cases}$$

其中， $w_\beta(n)$ 是描述窗口滚降部分的函数。滚降函数 $w_\beta(n)$ 须由供应商自行决定。

不过， $w_\beta(n)$ 须符合以下规则：

- $w_\beta(n) + w_\beta(\beta - n - 1) = 1$  对于  $0 \leq n < \beta$ 。
- $0 \leq w_\beta(n) \leq 1$ 。

$N_{CP}$ 和 $\beta$ 给定值的符号速率 $f_{OFDM}$ （每秒符号数）和符号周期 $T_{OFDM}$ 须分别计算如下：

$$f_{OFDM} = \frac{N \times F_{SC}}{N + N_{CP} - \beta}$$

并且 $T_{OFDM} = 1/f_{OFDM}$

#### 7.1.4.5.6 频率上移

频率上移将发送信号的频谱向上偏移 $F_{US}$ 。 $F_{US}$ 的值须为子载波频率 $F_{SC}$ 的倍数：

$$F_{US} = N/2 * F_{SC}$$

频率上移后，信号的实部和虚部（图7-10中的参考点 $s_n^{(q)}$ ）须如下：

$$s_n^{(q)} = u_{n/p}^{(q)} \times \exp\left(j \frac{\pi n}{p}\right) = \text{Re}(s_n^{(q)}) + j \text{Im}(s_n^{(q)}) \quad \text{for } n = 0 \text{ to } [M(M_F - 1) + N_W(M_F - 1)] \times p - 1;$$

$$\text{Re}(s_n^{(q)}) = \text{Re}(u_{n/p}^{(q)}) \cos\left(\frac{\pi n}{p}\right) - \text{Im}(u_{n/p}^{(q)}) \sin\left(\frac{\pi n}{p}\right)$$

$$\text{Im}(s_n^{(q)}) = \text{Re}(u_{n/p}^{(q)}) \sin\left(\frac{\pi n}{p}\right) + \text{Im}(u_{n/p}^{(q)}) \cos\left(\frac{\pi n}{p}\right)$$

其中 $u_{n/p}^{(q)}$ 为经过因子 $p$ 插值后的 $u_n^{(q)}$ ，插值因子 $p$ 由供应商决定，须等于或大于2。

注1 – 足以避免失真的 $p$ 的最小值取决于上移频率 $F_{US}$ 和发送信号带宽 $BW = N * F_{SC}$ 之比。假设为减少成像，采用了适当的低通滤波器。

注2 – 上移的相位须在前同步码第一个样本出现时初始化为0，每个样本（插值后）提前 $\frac{\pi}{p}$ 。

#### 7.1.4.5.7 输出信号

调制器的输出信号须为 $s_n^{(q)}$ 的实部：

$$S_{\text{OUT-HF}}^{(q)} = \text{Re}(s_n^{(q)})$$

### 7.1.4.6 前同步码、INUSE、PR、NACK和IDPS信号

#### 7.1.4.6.1 通用前同步码结构

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.5.1节。

### 7.1.4.6.2 INUSE、PR、NACK和IDPS信号的通用结构

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.5.2节。

### 7.1.4.6.3 前同步码、INUSE、PR、NACK和IDPS信号的生成

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.5.3节及其子节。当[ITU-T G.9963]节点使用MIMO传输时，前同步码、INUSE、PR、NACK和IDPS信号须各自被创建为单个空间流。在这种情况下，须使用第7.1.4.4.1.2节中定义的“复制”映射矩阵（即， $TPM\#1$ ）对所有信号子载波进行Tx端口映射。

### 7.1.4.7 PMD控制参数

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.6节。

### 7.1.4.8 符号增强

见[ITU-T G.9960]第7.1.4.7节。

### 7.1.5 传输PSD掩膜

见[ITU-T G.9960]第7.1.5节。

### 7.1.6 电气规范

见[ITU-T G.9960]第7.1.6节。

## 7.2 介质相关规范

### 7.2.1 物理层规范

关于电话线电缆，见[ITU-T G.9960]第7.2.1节和[ITU-T G.9964]第6.1节。

关于电力线，见[ITU-T G.9960]第7.2.2节和[ITU-T G.9964]第6.2节。

### 7.2.2 发射机EVM要求

见[ITU-T G.9960]第7.2.4节。

### 7.2.3 终端阻抗

见[ITU-T G.9964]第6.4节。

### 7.2.4 总发射功率

见[ITU-T G.9964]第6.5节。

### 7.2.5 接收机输入阻抗

见[ITU-T G.9964]第6.6节。

### 7.2.6 纵向转换损耗

见[ITU-T G.9960]第7.2.8节。

## 8 MIMO收发信机的数据链路层规范

### 8.1 功能模型和帧格式

见[ITU-T G.9961]第8.1节。

## 8.2 MAP控制介质访问

见[ITU-T G.9961]第8.2节。

## 8.3 传输机会和时隙

见[ITU-T G.9961]第8.3节。

## 8.4 APC、LLC和MAC的控制参数

见[ITU-T G.9961]第8.4节，但电力线和电话线电缆基带有以下例外：

- 对于使用2个空间流的传输（即，MIMO\_IND = 1），MIN\_SYM\_VAR\_AIFG DEFAULT的值须为3。
- 对于使用1个空间流的传输，MIN\_SYM\_VAR\_AIFG DEFAULT的值须为2。

## 8.5 端点节点的功能

见[ITU-T G.9961]第8.5节。

## 8.6 域主节点的功能

见[ITU-T G.9961]第8.6节。

### 8.6.1 网络准入

见[ITU-T G.9961]第8.6.1节。

#### 8.6.1.1 网络准入协议

见[ITU-T G.9961]第8.6.1.1.4.1节，请先将对表8-16.8的参引替换为下表8-0。

表8-0 – 游程长度压缩支持

字段	八位字节	位	描述
BAT压缩	0	[0]	见[ITU-T G.9961]中的表8-16.8
BMAT压缩	0	[1]	如果设置为1，它指示节点利用[ITU-T G.9963]第8-23节中描述的游程长度压缩机制来压缩和解压缩MCE_ParamUpdate.req消息的BMAT字段（BAT和预编码参数）的能力，否则为0。如果该位设置为1，BAT压缩字段亦须设置为1。
预留	0	[7:2]	见[ITU-T G.9961]中的表8-16.8

#### 8.6.1.2 通过代理准入

见[ITU-T G.9961]第8.6.1.2节。

#### 8.6.1.3 节点接纳后的域信息维护

除[ITU-T G.9961]第8.6.1.3节中规定的行动之外，当新节点被允许进入域时，DM须更新相关的MIMO域范围信息，以考虑向后兼容性问题。

如果包括在MAP的附加域信息辅助信息子字段中的任何信息需要基于注册节点的节点信息进行更新（见[ITU-T G.9961]的表8-16.1），则DM须发送具有更新的附加MIMO域信息辅助信息子字段的MAP-A。域主节点须使用基于有效性计数器的更新（AUX\_VALID = 3和ModificationFlag = 1）。

每当注册节点在注册期间在其节点信息中指示其不支持DM定义的初始种子（见[ITU-T G.9960]第7.1.4.2.6节）时，DM须将附加MIMO域信息辅助信息子字段的未加载子载波初始种子流1和未加载子载波初始种子流2字段更新为默认值。

### 8.6.2 带宽管理

见[ITU-T G.9961]第8.6.2节。

### 8.6.3 与外部源同步

见[ITU-T G.9961]第8.6.3节。

### 8.6.4 路由和拓扑管理

见[ITU-T G.9961]第8.6.4节。

### 8.6.5 备份域主节点

见[ITU-T G.9961]第8.6.5节。

### 8.6.6 域主节点的选择

见[ITU-T G.9961]第8.6.6节。

## 8.7 寻址方案

见[ITU-T G.9961]第8.7节。

## 8.8 介质访问计划（MAP）帧

见[ITU-T G.9961]第8.8节。

### 8.8.1 MAP生成和分发

见[ITU-T G.9961]第8.8.1节。

### 8.8.2 MAP帧传输

见[ITU-T G.9961]第8.8.2节。

### 8.8.3 MAP帧头

见[ITU-T G.9961]第8.8.3节。

### 8.8.4 TXOP描述符

见[ITU-T G.9961]第8.8.4节及其所有子节。

### 8.8.5 辅助信息字段

见[ITU-T G.9961]第8.8.5节。

此外，表8-1提供了对MIMO节点有效的附加类型的辅助信息子字段。

表8-1 – 辅助信息子字段的类型

类型	取值	描述
附加MIMO域信息	11 <sub>16</sub>	指示附加MIMO域信息的子字段。见第8.8.7节

## 8.8.6 MAP调度持久化发布

见[ITU-T G.9961]第8.8.6节。

## 8.8.7 附加MIMO域信息子字段

域信息子字段的格式须如表8-2所示。子字段数据的长度是8个八位字节。

表8-2 – 附加MIMO域信息子字段的格式

字段	八位字节	位	描述
类型	0	[6:0]	设置为11 <sub>16</sub> 。
修改标志		[7]	该标志须设置为1。
长度	1	[7:0]	设置为MIMO域信息子字段的长度（不包括类型、修改标志和长度），单位为八位字节（见[ITU-T G.9961]的表8-72）。
未加载子载波初始种子流1	2至5	[22:0]	DM生成的种子值须在空间流1的未加载所支持子载波的调制期间使用（见第7.1.4.2.5节）。
预留		[31:23]	由ITU-T预留（注）。
未加载子载波初始种子流2	6至9	[22:0]	DM生成的种子值须在空间流2的未加载所支持子载波的调制期间使用（见第7.1.4.2.5节）。
预留		[31:23]	由ITU-T预留（注）。

注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。

## 8.9 重传和确认协议

见[ITU-T G.9961]第8.9节。

## 8.10 管理和控制消息格式

### 8.10.1 管理消息格式

见[ITU-T G.9961]第8.10.1节。

#### 8.10.1.1 管理消息操作码（OPCODE）

管理消息操作码被格式化为12位无符号整数。操作码的有效值见[ITU-T G.9961]的表8-3和表8-88。操作码根据其8个MSB的值进行分类（通常根据其相关的协议或程序）。

表8-3 – 管理消息操作码

类别	消息名称	操作码 (十六进制)	描述	MMPL 参考
MIMO信道估计 (80X-89X)	MCE_ProbeSlotAssign.req	800	MIMO信道估计带宽指配请求	第8.11.7.1节
	MCE_ProbeSlotRelease.req	801	MIMO信道估计带宽释放请求	第8.11.7.2节
	MCE_ParamUpdate.req	802	MIMO信道估计参数更新请求	第8.11.7.3节

	MCE_ParamUpdateRequest.ind	803	MIMO信道估计参数更新请求	第8.11.7.4节
--	----------------------------	-----	----------------	------------

表8-3 – 管理消息操作码

类别	消息名称	操作码 (十六进制)	描述	MMPL 参考
	MCE_PartialBmatUpdate.req	804	部分BMAT更新请求	第8.11.7.5节
	MCE_ACESymbols.ind	805	ACE符号附加请求	第8.11.7.6节
	MCE_ProbeSlotAssign.cnf	806	MIMO信道估计带宽指配确认	第8.11.7.7节
	MCE_ProbeSlotRelease.cnf	807	MIMO信道估计带宽释放确认	第8.11.7.8节
	MCE_ParamUpdate.cnf	808	MIMO信道估计参数更新确认	第8.11.7.9节
	MCE_PartialBmatUpdate.cnf	809	部分BMAT更新确认	第8.11.7.10节
	MCE_Request.ind	80A	MIMO信道估计触发	第8.11.7.11节
	MCE_Initiation.req	80B	MIMO信道估计发起请求	第8.11.7.12节
	MCE_Initiation.cnf	80C	MIMO信道估计发起确认	第8.11.7.13节
	MCE_ProbeRequest.ind	80D	PROBE帧传输请求	第8.11.7.14节
	MCE_Cancellation.req	80E	MIMO信道估计取消请求	第8.11.7.15节
	MCE_BmatIdMaintain.ind	80F	BMAT ID维护	第8.11.7.16节
	MCE_Cancellation.cnf	810	MIMO信道估计取消确认	第8.11.7.17节
预留	预留	820-9FF	由ITU-T预留	

### 8.10.1.2 消息序列号和分段的管理

见[ITU-T G.9961]第8.10.1.2节。

### 8.10.2 控制消息格式

见[ITU-T G.9961]第8.10.2节。

## 8.11 信道估计协议

ITU-T G.9963节点须使用[ITU-T G.9961]第8.11节中规定的信道估计协议，用于具有[ITU-T G.9960/G.9961]节点的链路以及使用单个SS的具有[ITU-T G.9963]节点的链路。

ITU-T G.9963节点须使用第8.11.1节中规定的信道估计协议，用于具有使用两个SS的[ITU-T G.9963]节点的链路。

### 8.11.1 使用两个空间流的[ITU-T G.9963]收发信机的信道估计

信道估计协议描述了测量发射机（源）和接收机（目标）节点之间的信道特性的程序。此程序包括信道估计的发起、PROBE帧的传输和参数的选择。

信道估计可以分两个阶段完成：

- 信道发现 – 初始信道估计。
- 信道适配 – 随后的信道估计，以适应变化的信道。

用于信道发现和信道适配的协议可由发射机或接收机发起。信道估计协议的核心部分在这两种情况下是相同的，并且总是由接收机发起（接收机发起的信道估计）。发射机可以请求接收机发起信道估计（发射机请求的信道估计）。

在发起过程中，发射机和接收机共同确定信道估计的输入参数，例如信道估计窗口（须执行信道估计的MAC周期的一部分）、G的值（见[ITU-T G.9960]第7.1.4.2.3节）、PG的值（见第7.1.4.4.2.3节）和PROBE帧的参数。接收机选择与两个BAT的三元组（每个BAT与不同的空间流相关联）相关联的BMAT\_ID和将要更新的MAT（称为BMAT）。此BMAT\_ID在所余的过程中被用作特定信道估计程序的标识符。在计算BMAT时，接收机须考虑其自身的频率信息（即，开始子载波和停止子载波）和发射机的信息。更具体而言，在MCE\_ParamUpdate.req消息中发送的BMAT的子载波范围须在由接收机和发射机的开始子载波和停止子载波确定的子载波范围的交集内。

一旦发起信道估计程序，接收机可请求发射机发送一个或多个PROBE帧。接收机可在每次请求时改变PROBE帧的参数。如果接收机请求PROBE帧而没有指定其参数（例如如第8.11.1.4节中所述的通过ACK\_CE\_CTRL请求PROBE帧传输），则发射机使用接收机之前选择的参数来传输PROBE帧。如果接收机选择诸如发送到其他节点的MSG帧或PROBE帧之类的其他手段来估计信道，则不需要接收机请求PROBE帧。

接收机通过向发射机发送信道估计的结果来终止信道估计程序。这可能包括但不限于以下参数：

- 位分配表（BAT）。两个可能的空间流中的每一个均有一个BAT。
- MIMO模式指示符，指示使用的MIMO模式（见表8-6）。
- 预编码反馈量化指示符。
- 预编码参数。
- FEC编码率和块尺寸。
- 有效加载的保护间隔。
- PSD上限。

接收机可以取消信道估计程序，而不生成新的信道估计参数。

该协议提供了几个选项来加速信道估计程序，以实现更快的信道适配。例如在不需要对新的输入参数进行协商而完成信道适配的情况下，可以省略信道估计发起过程（第8.11.1.1.1节）。接收机可以通过发送未经请求的MCE\_ParamUpdate.req（第8.11.1.3.1节）来创建新的BMAT，或者通过发送MCE\_PartialBmatUpdate.req来更新现有的BMAT（第8.11.1.3.2节）。接收机可以请求PROBE帧传输，而无需经过信道估计发起过程（第8.11.1.4节）。

#### 8.11.1.1 接收机发起的信道估计

以下程序描述了接收机发起的信道估计程序：

- 1) 接收机通过向发射机发送MCE\_Initiation.req消息来发起信道估计程序。接收机可以在该消息中请求PROBE帧传输（信道估计发起，见第8.11.1.1.1节）。
- 2) 在接收到信道估计发起请求时，如果发射机对于给定的信道估计窗口没有发射机会，则其须通过发送MCE\_ProbeSlotAssign.req消息来请求域主节点为PROBE帧传输分配带宽。域主节点须通过回复MCE\_ProbeSlotAssign.cnf消息（带宽请求，见第8.11.1.1.2节）来确认其收到了带宽请求。
- 3) 根据带宽的可用性，发射机可以通过向接收机发送MCE\_Initiation.cnf消息来批准或拒绝信道估计发起请求（信道估计发起确认，见第8.11.1.1.3节）。
- 4) 在接收到指示信道估计发起确认的MCE\_Initiation.cnf消息时，接收机可以通过发送MCE\_ProbeRequest.ind消息或者通过ACK帧的PFH中的ACK\_CE\_CTRL字段来请求发射机发送附加的PROBE帧（PROBE帧传输请求，见第8.11.1.1.4节）。
- 5) 收到PROBE帧传输请求后，发射机须按照接收机的请求传输PROBE帧（PROBE帧传输，见第8.11.1.1.5节）。
- 6) 可以重复第4步和第5步，直到接收机使用MCE\_ParamUpdate.req消息向发射机发送信道估计的最终结果。发射机须通过发送MCE\_ParamUpdate.cnf消息（信道估计完成，见第8.11.1.1.6节）来确认新参数的接收。如果接收机不需要额外的PROBE帧，则可以一起跳过第4步和第5步。
- 7) 接收机可以在接收到信道估计发起确认后的任何时间，通过发送MCE\_Cancellation.req消息来取消信道估计程序（信道估计取消，见第8.11.1.1.7节）。
- 8) 在接收到MCE\_ParamUpdate.req消息时，如果发射机已被分配了额外的带宽用于PROBE帧传输，则发送MCE\_ProbeSlotRelease.req消息到域主节点，以释放用于PROBE帧传输的带宽。域主节点须通过回复MCE\_ProbeSlotRelease.cnf消息来确认带宽释放请求（带宽释放，见第8.11.1.1.8节）。

发射机可以在该过程中的任何时间发送携带具有现有设置（例如任何有效的runtime BMAT或预定义的BMAT）的有效载荷的帧。

接收机发起的信道估计程序如图8-1所示。



G.9963(11)\_F8-1

虚线表示可选通信。

<sup>1</sup> 在信道估计程序中，发射机可以随时使用现有的BMAT发送数据。

<sup>2</sup> MCE\_ParamUpdate.req之后的第一次用户数据传输可能不使用更新的信道估计参数。

<sup>3</sup> 发射机决定何时在给定的约束内应用更新的信道估计参数。

图8-1 – 接收机发起的信道估计

### 8.11.1.1.1 信道估计发起

接收机通过向发射机发送MCE\_Initiation.req消息来发起信道估计程序。

接收机须选择CE\_BAT\_GRP ( $G$ )，其指示与要更新的BAT相关联的GRP\_ID ( $G$ )的值（每当使用两个空间流时，相同的分组适用于两个流）。接收机还须选择CE\_PR\_GRP，其指示与要更新的预编码参数相关联的预编码分组（ $PG$ ）的值。接收机须选择CE\_STIME和CE\_ETIME，这决定了信道估计窗口的开始和结束时间。在所余的信道估计程序中，发射机须在该窗口内发送PROBE帧。接收机须选择当前无效的CE\_BMAT\_ID。该值须用于区分同时进行的多个信道估计程序。接收机可以通过设置CE\_PRB\_RQST字段来请求PROBE帧传输。MCE\_PRB\_PARM字段指定默认PROBE帧的参数。如果CE\_PRB\_RQST字段未被设置为1，则默认PROBE帧的参数须如下：CE\_PR\_PRBTYPE = 1000<sub>2</sub>；CE\_PR\_PRBFN = 0000<sub>2</sub>；CE\_PR\_PRBSYM = 0011<sub>2</sub>；CE\_PR\_PRBGI = 111<sub>2</sub>、CE\_PR\_APSD\_MAX = 31、CE\_PR\_APSD\_MAX\_EXT=0和PRB\_BMAT\_ID = 11。

如果接收机在200毫秒内没有接收到MCE\_Initiation.cnf消息，则其可以重新发送MCE\_Initiation.req消息。

#### 8.11.1.1.2 信道估计带宽请求

如果发射机在给定的信道估计窗口内没有发射机会，则其须通过发送MCE\_ProbeSlotAssign.req消息请求域主节点为PROBE帧传输分配带宽。

发射机须向域主节点提供信道估计标识符（即，CE\_BMAT\_ID、Transmitter\_ID和Receiver\_ID）、信道估计窗口（CE\_STIME和CE\_ETIME）和PROBE帧参数（CE\_PRB\_PARM），如MCE\_Initiation.req消息所提供的一样。

发射机须将CE\_PRIORITY字段设置为发射机必须发送给指定接收机的用户数据流量的最高优先级，并以此在MCE\_ProbeSlotAssign.req消息中提供带宽请求的优先级。

域主节点须在收到MCE\_ProbeSlotAssign.req消息后的100毫秒内，通过用MCE\_ProbeSlotAssign.cnf回复发射机来确认带宽请求，以指示请求是否被批准。

域主节点应分配带宽，以在信道估计窗口期间可以传输至少一个具有所请求参数的PROBE帧。额外的TS或TXOP须仅用于PROBE帧传输（见[ITU-T G.9961]第8.8.4.1.1节）。如果域主节点已经为PROBE帧传输授予了额外带宽，则其须保持该带宽，直到其接收到来自发射机的带宽释放请求为止（见第8.11.1.1.8节）。

如果发射机没有接收到MCE\_ProbeSlotAssign.cnf消息，则其可以在发送信道估计发起确认之前多次重新发送MCE\_ProbeSlotAssign.req消息。

#### 8.11.1.1.3 信道估计发起确认

发射机须通过向接收机发送MCE\_Initiation.cnf消息来确认信道估计发起请求。

发射机须指示其是同意还是拒绝信道估计发起请求。发射机须将CE\_BMAT\_ID设置为接收机在MCE\_Initiation.req消息中选择的值。发射机须最终确定CE\_BAT\_GRP，该值须等于接收机通过信道估计发起请求指示的值，CE\_PG\_GRP须大于或等于接收机通过信道估计发起请求指示的值。

发射机须在收到MCE\_Initiation.req消息后的100毫秒内发送MCE\_Initiation.cnf消息。如果发射机需要请求PROBE帧传输的带宽，则发射机须在200毫秒内发送MCE\_Initiation.cnf消息。

#### 8.11.1.1.4 PROBE帧传输请求

一旦确认了信道估计发起请求，接收机就可以通过发送MCE\_ProbeRequest.ind消息来请求发射机发送附加的PROBE帧。

接收机可以通过MCE\_ProbeRequest.ind消息的CE\_PRB\_PARM字段请求PROBE帧的特定参数。

或者，接收机可以通过使用寻址到发射机节点的ACK帧的PHY帧头中的ACK\_CE\_CTRL字段来请求PROBE帧（见第8.11.1.4节）。

如果接收机使用携带有效载荷的其他帧（例如MSG、BMSG、BACK）来估计信道，则其可以根本不请求PROBE帧。

#### 8.11.1.1.5 PROBE帧传输

收到PROBE帧传输请求后，发射机须按照第8.11.1.4节的规定尽快传输PROBE帧。

#### 8.11.1.1.6 信道估计完成

在信道估计发起请求被确认之后的任何时间，接收机可以使用MCE\_ParamUpdate.req消息向发射机发送信道估计的结果。发射机须通过在100毫秒内回复MCE\_ParamUpdate.cnf消息来确认新参数的接收。

在接收到MCE\_ParamUpdate.req消息时，发射机须尽快包含新的信道估计参数（新的BMAT等）。

如果在信道估计发起请求被确认之后的200毫秒内，发射机没有接收到与信道估计相关的消息（即，MCE\_ProbeRequest.ind或MCE\_ParamUpdate.req），或者没有接收到经由ACK帧的PROBE帧传输请求，则其可以向接收机发送MCE\_ParamUpdateRequest.ind消息，以请求接收机重新发送指定信道估计的结果。

如果发射机在信道估计发起请求被确认后的400毫秒内没有接收到MCE\_ParamUpdate.req或MCE\_Cancellation.req，则其须中止信道估计程序。

#### 8.11.1.1.7 信道估计取消

在信道估计发起请求被确认之后的任何时间，接收机可以使用MCE\_Cancellation.req消息来取消信道估计程序。发射机须通过回复MCE\_Cancellation.cnf消息来确认在100毫秒内收到取消请求。如果接收机在200毫秒内没有收到MCE\_Cancellation.cnf消息，则其可以重新发送MCE\_Cancellation.req消息。

如果接收机在信道估计发起请求被确认后的400毫秒内没有接收到MCE\_ParamUpdate.cnf或MCE\_Cancellation.cnf，则接收机须中止信道估计程序，并将CE\_BMAT ID视为无效（见第8.11.1.5节）。

在这种情况下，信道估计在不生成新的BMAT（即，新的BAT和MAT）的情况下完成。

#### 8.11.1.1.8 信道估计带宽释放

在收到MCE\_ParamUpdate.req或MCE\_Cancellation.req消息后，发射机须通过发送MCE\_ProbeSlotRelease.req消息，以请求域主节点释放之前为PROBE帧传输指配的带宽。

发射机须向域主节点提供与信道估计程序相关的信道估计标识符（即，CE\_BMAT\_ID、Transmitter\_ID和Receiver\_ID）和信道估计窗口（CE\_STIME和CE\_ETIME）。

域主节点须在100毫秒内通过回复MCE\_ProbeSlotRelease.cnf消息来确认收到MCE\_ProbeSlotRelease.req消息。如果在指配带宽后的800毫秒内，域主节点没有收到来自发射机的CE\_ProbeSlotRelease.req消息，则其须释放指配给发射机用于PROBE帧的带宽。域主节点须仅释放额外分配给发射机的带宽，此带宽用于为相关联的信道估计标识符传输PROBE帧。

#### 8.11.1.2 发射机请求的信道估计

以下程序描述了发射机请求的信道估计程序：

- 1) 发射机通过向接收机发送MCE\_Request.ind消息来请求信道估计（信道估计请求，见第8.11.1.2.1节）。
- 2) 其余程序与第8.11.1.1节中描述的相同（第1步至第8步）。

发射机可以在该过程中的任何时间发送携带具有现有设置（例如任何有效的runtime BMAT或预定义的BMAT）的有效载荷的帧。

### 8.11.1.2.1 信道估计请求

发射机通过发送接收机MCE\_Request.ind消息来触发信道估计程序。

发射机可以指定信道估计窗口（CE\_STIME和CE\_ETIME）。在这种情况下，接收机须使用与MCE\_Initiation.req消息中所请求的发射机相同的信道估计窗口。否则，接收机可以自行决定确定信道估计窗口。

接收机须在100毫秒内通过MCE\_Initiation.req消息或MCE\_ParamUpdate.req消息对来自发射机的MCE\_Request.ind消息做出响应。

如果在发送MCE\_Request.ind之后的200毫秒内，发射机没有接收到MCE\_Initiation.req消息或MC\_ParamUpdate.req消息，则其可以重新发送信道估计请求消息。

### 8.11.1.3 缩短的信道估计程序

#### 8.11.1.3.1 未经请求的MCE\_ParamUpdate.req

无须为了在发射机和接收机之间交换新的BMAT而在它们之间交换PROBE帧。接收机可以通过发送MCE\_ParamUpdate.req消息在任何时候向发射机发送新的BMAT，前提是BMAT\_ID在发送新的BMAT时是无效的。接收机可以使用传送给其他节点的携带有效载荷（例如MSG、BMSG、BACK）的PROBE帧或其他帧来估计信道。

在接收到MCE\_ParamUpdate.req消息后，发射机须通过在100毫秒内发送MCE\_ParamUpdate.cnf消息进行回复，以指示发射机是采用新的BMAT还是由于资源不足而拒绝新的BMAT。

如果接收机在200毫秒内没有接收到MCE\_ParamUpdate.cnf，则其可以使用相同或不同的MCE\_ParamUpdate.req消息进行重试。

#### 8.11.1.3.2 部分BMAT更新

通过建立公共runtime BMAT来相互通信的发射机和接收机可以在其使用期间的任何时间更新BMAT的一部分。接收机可以通过在管理消息中发送部分BMAT更新（PBMU）信息来发起PBMU。

兹将部分BMAT更新的过程描述如下：

- 1) 在通信期间的任何时候，接收机可以发送针对发射机使用的任何有效BMAT的PBMU请求。PBMU请求包含与要更新的BMAT相关联的新的有效BMAT\_ID (N\_BMAT\_ID)、旧的BMAT\_ID (O\_BMAT\_ID)以及位分配改变（见第8.11.1.3.2.1节）。
- 2) 在收到PBMU请求后，发射机须更新与O\_BMAT\_ID相关的BMAT，并将N\_BMAT\_ID指配给更新后的BMAT，同时回复PBMU确认。在接收到使用N\_BMAT\_ID的携带有效载荷的第一个帧后，接收机须将O\_BMAT\_ID视为无效（见第8.11.1.5节）。
- 3) 接收机可以在确认发射机已合并之前的PBMU请求之后或者在推断之前的PBMU请求已丢失之后发送另一个PBMU请求。

#### 8.11.1.3.2.1 PBMU请求

接收机可以使用MCE\_PartialBmatUpdate.req消息来发送PBMU请求，其中接收机可以为多达1024个子载波请求位分配、Tx端口映射分配和预编码参数改变。图8-2举例说明了使用这种方法的部分BAT更新。请注意，本例中禁用了确认。

如果接收机在200毫秒内没有接收到MCE\_PartialBmatUpdate.cnf，则其可以使用相同或不同的MCE\_PartialBmatUpdate.req消息进行重试。

### 8.11.1.3.2.2 PBMU确认

在接收到MCE\_PartialBmatUpdate.req消息时，发射机须尽快合并新的信道估计参数，然后发送MCE\_PartialBmatUpdate.cnf消息，以在100毫秒内确认接收到的MCE\_PartialBmatUpdate.req消息。如果在发送MCE\_PartialBmatUpdate.req消息后的200毫秒内未收到PBMU确认，则接收机须推断已丢失PBMU请求。发射机可在发送MCE\_PartialBmatUpdate.cnf消息之前切换到N\_BMAT\_ID。

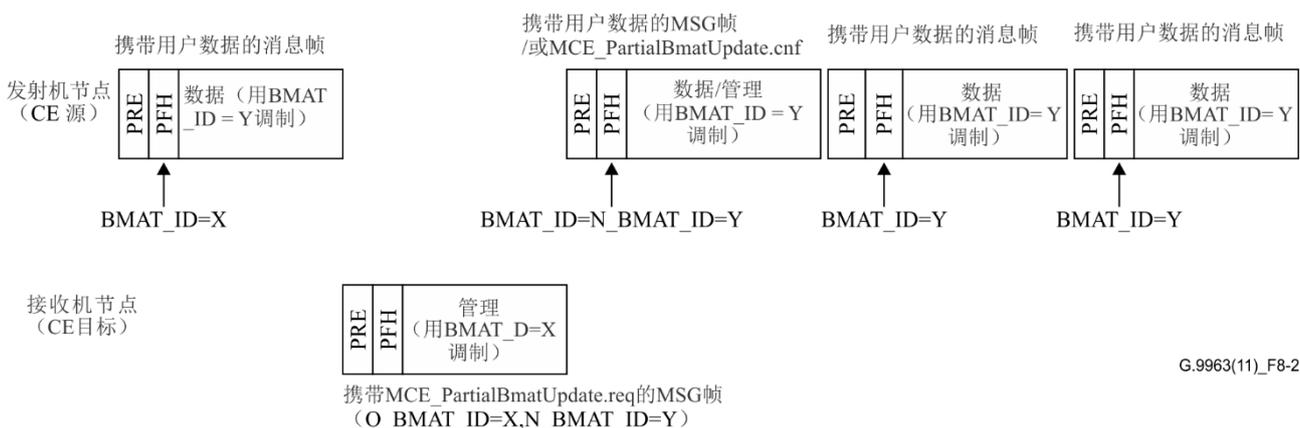


图8-2 – 使用管理消息的部分BMAT更新示例

### 8.11.1.4 使用PROBE帧的信道估计

接收机可以在注册后的任何时间请求发射机发送PROBE帧，而无需经历信道估计发起过程。

为请求PROBE帧，接收机可使用MCE\_ProbeRequest.ind消息或ACK帧的PFH中的ACK\_CE\_CTRL字段（见第7.1.2.3.2.3.1节）。在接收到对PROBE帧传输的请求时，发射机应尽快传输PROBE帧。

如果接收机通过特定的管理消息请求PROBE帧，则发射机须使用接收机选择的参数发送PROBE帧，即，在最新的PROBE帧传输请求（MCE\_ProbeRequest.ind）或信道估计发起请求（MCE\_Initiation.req）中选择的参数。

如果接收机通过ACK帧请求PROBE帧，则发射机须使用默认PROBE帧。无论BAT\_ID如何，发射机都须使用默认PROBE帧来处理接收机发送的所有基于ACK帧的PROBE帧请求。在这种情况下，发射机可以在MAC周期中的任何位置发送PROBE帧，而不管在信道估计下与BMAT\_ID相关联的特定信道估计窗口如何。

默认PROBE帧的参数由接收机通过MCE\_Initiation.req消息进行确定，如第8.11.2.1.1节所述。或者，可以通过设置MCE\_ProbeRequest.ind消息中的一个位来更新此类参数，如表8-19所述。

当发射机在处理来自同一接收机的先前PROBE帧传输请求的同时又从接收机接收到PROBE帧传输请求时，如果所请求的参数与旧的参数相同，则其须忽略新的请求，而不管所估计的BMAT\_ID的值如何。

注 – 生成PROBE帧时，发射机应涵盖尽可能多的信道估计窗口。

当接收机通过ACK帧请求PROBE帧时，其可以通过设置ACK\_CE\_CTRL发送多个ACK帧来进行多次请求，直到其接收到PROBE帧为止。发射机应忽略来自接收机的对PROBE帧传输的新请求，以避免不必要的PROBE帧传输。

在PROBE帧传输之后，如果需要，接收机可以使用未经请求的MCE\_ParamUpdate.req（第8.11.1.3.1节）或部分BMAT更新（第8.11.1.3.2节）向发射机发送信道估计的结果。

PROBE帧应被认为具有等于7的MPDU优先级。

#### 8.11.1.4.1 使用由域主节点请求的节点发送的PROBE帧的信道估计

由于域主节点（DM）负责调度，并知晓域的任何两个节点之间的路由情况，因此DM可以分配指配给单个源节点的特殊CFTXOP和由元组（SID，PRI）标识的最小用户优先级（见[ITU-T G.9961]第8.3.4节），该元组具有由DM设置的PRI值，其中所指配的节点须发送PROBE帧（如果其没有要发送的数据），随后相邻节点可以使用该PROBE帧来估计SNR和测量吞吐量。这些信息对诊断很有用，并允许测量SNR和吞吐量，即使是在不用于传送流量的链路上亦是如此（在此类链路上不需要生成和交换BAT）。

DM将“附加TXOP属性”描述符中的“TXOP限制”字段设置为2（见[ITU-T G.9961]的表8-65.1），并将“TXOP属性”描述符中的“流量限制”字段设置为0（见[ITU-T G.9961]的表8-65），以此来指示这种特殊的CFTXOP。

DM可以向特定节点分配带宽（以用于探测传输的特殊TXOP的形式，见[ITU-T G.9961]第8.8.4.1.1节），在相关信道估计窗口期间可以因此传输至少一个具有默认参数的PROBE帧。除非需要由被指配了特殊TXOP的节点来传输数据，否则此类特殊TXOP须用于PROBE帧传输。指配了此特殊TXOP的节点须：

- 如果节点有数据要传输，则在TXOP期间传输常规数据流量，或者
- 如果节点没有数据要传输，则传输PROBE帧。

PROBE帧须以节点用于数据传输的最大功率水平进行传输。PROBE帧的PHY帧头中的DID须设置为FF<sub>16</sub>。

#### 8.11.1.5 BMAT\_ID维护

接收机负责跟踪有效和无效BMAT\_ID的列表。接收机通过发送MCE\_BMATIdMaintain.ind消息来通知发射机VALID\_BMAT\_ID字段中的有效BMAT\_ID。发射机须尽快停止使用被接收机标记为无效的BMAT\_ID。如果所有的BMAT\_ID都被标记为无效，则发射机可以使用RCM模式。在这种情况下，发射机须使用MCE\_BmatIdMaintain.ind消息中指示的参数。

如果接收机将BMAT\_ID标记为有效，但发射机没有与之相关联的BMAT（BAT和MAT）（例如发射机未能接收到MCE\_ParamUpdate.req），则发射机须发送MCE\_ParamUpdateRequest.ind消息，以请求传输BMAT。

接收机可以通过ACK帧中的ACK\_CE\_CTRL字段指示发射机停止使用BMAT\_ID（见第7.1.2.3.2.3.1节）。随后，发射机须将BMAT\_ID视为无效。

作为信道估计取消过程的一部分，接收机可以使BMAT\_ID无效（见第8.11.1.1.7节）。

#### 8.11.1.6 ACE符号插入

MSG、BMSG和BACK PHY帧类型的MIMO传输（其中有效载荷用于[ITU-T G.9963]接收机（即，表7-1中的情况4a，由PFH中设置为1的MIMO\_IND标志指示））以及PROBE帧（PRBTYPE 1000<sub>2</sub>）的MIMO传输须始终在帧中包括至少一个ACE符号。在这种情况下，除

了这个ACE符号之外，最多可以附加6个额外的ACE符号。在传输包括有效载荷的所有其他MIMO传输情况下（即，表7-1中的情况4b、5和6），可以附加多达7个ACE符号。

在注册后的任何时间，接收机可以通过发送表7-1中情况4a的MCE\_ACESymbols.ind消息（由PFH中设置为1的MIMO\_IND标志指示）和表7-1中情况4b、5和6的CE\_ACESymbols.ind消息，请求发射机附加多达7个ACE符号（见第7.1.2.1节）。在收到该消息后的100毫秒内，发射机须按照接收机的要求将ACE符号附加到发送给接收机的所有允许携带ACE符号的帧中。接收机可以使用相同的程序来改变ACE符号的数量。

### 8.11.1.7 用于信道估计的管理消息格式

#### 8.11.1.7.1 MCE\_ProbeSlotAssign.req的格式

MCE\_ProbeSlotAssign.req消息的MMPL格式须如表8-4所示。

表8-4 – MCE\_ProbeSlotAssign.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
发射机ID	0	[7:0]	请求为PROBE帧传输分配带宽的节点的DEVICE_ID。
接收机ID	1	[7:0]	信道估计程序中接收机节点的DEVICE_ID。
CE_BMAT_ID	2	[4:0]	该字段指示与要由信道估计更新的runtime BMAT相关联的BMAT_ID。其格式须如表7-3所示。
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
CE_STIME	3	[7:0]	该字段指示发射机可以开始发送PROBE帧的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-98所示。
CE_ETIME	4	[7:0]	该字段指示发射机须结束PROBE帧传输的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-99所示。
CE_PRB_PARM	5至9	[39:0]	该字段指定PROBE帧的一组参数。其编码须如表8-23所示。
CE_PRIORITY	10	[2:0]	该字段指定发射机必须向指定接收机发送的流量的最高用户优先级。
预留		[7:3]	由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

#### 8.11.1.7.2 MCE\_ProbeSlotRelease.req的格式

MCE\_ProbeSlotRelease.req消息的MMPL格式须如表8-5所示。

表8-5 – MCE\_ProbeSlotRelease.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
发射机ID	0	[7:0]	请求为PROBE帧传输分配带宽的节点的DEVICE_ID。
接收机ID	1	[7:0]	发起信道估计的接收机的DEVICE_ID。
CE_BMAT_ID	2	[4:0]	该字段指示与要由信道估计更新的runtime BMAT相关联的BMAT_ID。其格式须如表7-3所示。

表8-5 – MCE\_ProbeSlotRelease.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
CE_STIME	3	[7:0]	该字段指示发射机可以开始发送PROBE帧的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-98所示。
CE_ETIME	4	[7:0]	该字段指示发射机须结束PROBE帧传输的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-99所示。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

### 8.11.1.7.3 MCE\_ParamUpdate.req的格式

MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式须如表8-6所示。

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
新的BMAT ID	0和1	[4:0]	该字段指示与新的BMAT（CE_BMAT_ID）相关联的BMAT_ID。其格式须如表7-3所示。
频率范围		[7:5]	该字段指示定义后续BAT条目所基于的频率范围类型。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-10所示。
CE_BAT_GRP		[10:8]	该字段指示与新的BAT相关联的BAT分组(G)，并在信道估计发起确认时确定。其格式须如表8-7所示。
MIMO模式指示符		[12:11]	该字段指示对于与新的BMAT（CE_BMAT_ID）相关联的BMAT_ID使用以下MIMO模式之一（注10）： 0 – 模式0 1 – 模式1 2 – 模式2 3 – 由ITU-T预留 上述模式的描述见第8.11.2节。
BAT更新指示符		[13]	当SS 1和SS 2的BAT没有在消息中更新时，即，当BAT字段 $B_{1}^{(1)}$ ，...， $B_{Z}^{(1)}$ 和 $B_{1}^{(2)}$ ，...， $B_{Z}^{(2)}$ 没有出现在消息中时，为0 当SS 1和SS 2的BAT在消息中被更新时，即，当BAT字段出现在消息中时，为1 Z在TIDX <sub>MAX</sub> 字段中定义。
预编码反馈更新指示符		[14]	当预编码参数没有在消息中更新时，即，当预编码参数字段 $P_{1,\theta}$ ， $P_{1,\varphi}$ ，...， $P_{K,\theta}$ 和 $P_{K,\varphi}$ 没有出现在消息中时，为0 在消息中更新预编码参数，即，当预编码参数字段出现在消息中时，为1。 如果“MIMO模式指示符”字段设置为0，则该字段须设置为0。

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
			K在TIDX <sub>max</sub> 字段中定义。
预编码反馈量化指示符		[15]	当P <sub>i,θ</sub> 和P <sub>i,φ</sub> 被量化为4位值时, 为0 当P <sub>i,θ</sub> 和P <sub>i,φ</sub> 被量化为8位值时, 为1 每当“预编码反馈更新指示符”字段被设置为0时, 该字段须被消息的接收机忽略。
CE_PR_GRP	2	[2:0]	该字段指示与预编码反馈更新指示符和反馈参数P <sub>i,j</sub> 相关联并且在信道估计发起确认时确定的预编码分组(PG)。其格式须如表8-7 –CE_PR_GRP的格式所示 每当“预编码反馈更新指示符”字段被设置为0时, 该字段须被消息的接收机忽略。
BAT_COMPRESSION		3	该位指示游程长度压缩机制是否用于传送BAT信息(字段B <sub>1</sub> <sup>(1)</sup> 至B <sub>Z</sub> <sup>(1)</sup> 和字段B <sub>1</sub> <sup>(2)</sup> 至B <sub>Z</sub> <sup>(2)</sup> ) 当该位被设置为0时, BAT压缩不使用游程压缩机制。 当该位被设置为1时, BAT压缩使用游程压缩机制。 仅当B <sub>MAT</sub> 压缩字段(见表8-0)亦被设置为1时, 该位才须被设置为1。
PRECODING_COMPRESSION		4	该位指示游程压缩机制是否用于传送预编码信息(字段P <sub>1,θ</sub> 至P <sub>K,θ</sub> , 以及字段P <sub>1,φ</sub> 至P <sub>K,φ</sub> ) 当该位被设置为0时, 预编码压缩不使用游程长度压缩机制。 当该位被设置为1时, 预编码压缩使用游程长度压缩机制。 仅当B <sub>MAT</sub> 压缩字段(见表8-0)亦被设置为1时, 该位才须被设置为1。
NUM_VALID_DUR_EXT		[6:5]	该字段包含NUM_VALID_DUR的扩展位, 这些扩展位被附加并用于NUM_VALID_DUR的MSB。通过此扩展, NUM_VALID_DUR的有效值范围是从0(V=1)至31(V=32)(注16)。
APSD_MAX_EXT		[7]	该字段是与新的B <sub>MAT</sub> 相关联的PHY帧头中的APSD_MAX_EXT的值。该字段的格式须如[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.2.25节所示。(注15)
VALID_BMAT_ID	3和4	[15:0]	该字段包含的位图指示当从目标节点(DID)接收时, 哪个runtime B <sub>MAT</sub> 对于该节点(SID)是有效的(包括新的B <sub>MAT</sub> ID)。每个位都与一个runtime B <sub>MAT</sub> 相关联。如果runtime B <sub>MAT</sub> ID 16有效, 则VALID_BMAT_ID的第0位须被设置为1。如果runtime B <sub>MAT</sub> ID 27有效, 则VALID_BMAT_ID的第11位须被设置为1。
NUM_TX_AVAIL_BMAT_NO_PREC	5	[3:0]	假设G = 1并且没有预编码, 该字段包含当向目标节点(DID)传输时该节点(SID)可以支持的可用runtime B <sub>MAT</sub> 的数量。有效值为从0到12。

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
NUM_TX_AVAIL _BMATS_PREC		[7:4]	假设 $G = 1$ 和 $PG = 1$ （预编码参数量化为8位），该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。有效值为从0到12。
新的块尺寸	6	[1:0]	该字段指示与新的BMAT相关联的建议BLKSZ。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-7所示（注2）。
新的FEC编码率		[4:2]	该字段指示与新的BMAT相关联的建议FEC_RATE。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-12所示（注3）。
新的GI		[7:5]	该字段指示与新的BMAT相关联的建议GI_ID。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-14所示（注4）。
APSD_MAX	7	[4:0]	该字段是与新的BMAT相关联的PHY-帧头中的APSD_MAX。该字段的格式须如第7.1.2.3.2.2.11节所示。（注15）
NUM_VALID_DUR		[7:5]	该字段指示为新的BMAT（V）指定的有效持续时间数量。该字段的有效值范围是从0（V=1）到7（V=8），且没有扩展（注5）。
CE_STIME <sub>1</sub>	8	[7:0]	该字段指示新的BMAT有效的初始持续时间的开始时间。其格式须如[ITU-T G.9961]的表8-98所示。
CE_ETIME <sub>1</sub>	9	[7:0]	该字段指示新的BMAT有效的初始持续时间的结束时间。其格式须如[ITU-T G.9961]的表8-99所示。
...	...	...	...
CE_STIME <sub>v</sub>	2V+6	[7:0]	该字段指示新的BAT有效的最后持续时间的开始时间。其格式须如[ITU-T G.9961]的表8-98所示。
CE_ETIME <sub>v</sub>	2V+7	[7:0]	该字段指示新的BMAT有效的最后持续时间的结束时间。其格式须如[ITU-T G.9961]的表8-99所示。
<u>配置文件1 OFB的</u> TIDX <sub>MIN</sub>	(2V+8) 至 (2V+10)	[11:0]	12位无符号整数，指示以下各项的最小值： 1) 在空间流1中被指配了非零位的第一个BAT组的第一个子载波索引，以及 2) 在空间流2中被指配了非零位的第一个BAT组的第一个子载波索引。 它须为G的整数倍（注6）。 该字段的值须与BMAT相关联，并须在部分BMAT更新期间使用（见表8-9）。
<u>配置文件1 OFB的</u> TIDX <sub>MAX</sub>		[23:11]	12位无符号整数，指示以下各项的最大值： 1) 在空间流1中被指配了非零位的最后一个BAT组的第一个子载波索引，以及 2) 在空间流2中被指配了非零位的最后一个BAT组的第一个子载波索引。 它须为G的整数倍（注6），并且如果使用位加载分组（ $G > 1$ ），则须满足： $TIDX_{MAX} + G - 1 \leq StopSubCarrier$ ，

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
			其中StopSubCarrier在[ITU-T G.9961]的表8-16.6（“频段规划信息能力值字段”）中指定。 假设W表示BAT条目的数量，即， $(TIDX_{MAX} - TIDX_{MIN})/G + 1$ 。 假设Z表示大于或等于W/2的最小整数。 假设K表示预编码条目的数量（即，预编码组的数量），它是大于或等于 $(TIDX_{MAX} + G - TIDX_{MIN})/PG$ 的最小整数。
B <sub>1</sub> <sup>(1)</sup>	2V+11	[3:0]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。它须被表示为一个4位无符号整数，指示被指配给空间流1的位数，用于从TIDX <sub>MIN</sub> 到TIDX <sub>MIN</sub> + G - 1的子载波索引（注6、7）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
		[7:4]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。它须被表示为一个4位无符号整数，指示被指配给空间流1的位数，用于从TIDX <sub>MIN</sub> + G到TIDX <sub>MIN</sub> + 2G - 1的子载波索引（注6、7、8）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
...	...	...	...
B <sub>Z</sub> <sup>(1)</sup>	2V+10 + Z	[3:0]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。它须被表示为4位无符号整数，指示被指配给空间流1的位数，如果W是偶数，则用于从TIDX <sub>MAX</sub> - G到TIDX <sub>MAX</sub> - 1的子载波索引，如果W是奇数，则用于从TIDX <sub>MAX</sub> 到TIDX <sub>MAX</sub> + G - 1的子载波索引（注6、7）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
		[7:4]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。如果W是偶数，则其须被表示为4位无符号整数，指示被指配给空间流1的位数，用于从TIDX <sub>MAX</sub> 到TIDX <sub>MAX</sub> + G - 1的子载波索引（注6、7、9）。 仅当BMAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
COMPRESSED_BAT <sup>(1)</sup>	可变	可变	包括Z字段B <sub>i</sub> <sup>(1)</sup> 的压缩信息。 该字段须使用[ITU-T G.9961]第8.23节中所述的机制，以该消息字段B <sub>i</sub> <sup>(1)</sup> 格式的模式字段来填充（N=8）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为1时，该字段才出现。
B <sub>1</sub> <sup>(2)</sup>	可变	[3:0]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。它须被表示为一个4位无符号整数，指示被

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
			指配给空间流2的位数，用于从TIDX <sub>MIN</sub> 到TIDX <sub>MIN</sub> + G - 1的子载波索引（注6、7）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
		[7:4]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。它须被表示为一个4位无符号整数，指示被指配给空间流2的位数，用于从TIDX <sub>MIN</sub> + G到TIDX <sub>MIN</sub> + 2G - 1的子载波索引（注6、7、8）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
...	...	...	...
B <sub>Z</sub> <sup>(2)</sup>	可变	[3:0]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。它须被表示为4位无符号整数，指示被指配给空间流2的位数，如果W是偶数，则用于从TIDX <sub>MAX</sub> - G到TIDX <sub>MAX</sub> - 1的子载波索引，如果W是奇数，则用于从TIDX <sub>MAX</sub> 到TIDX <sub>MAX</sub> + G - 1的子载波索引（注6、7）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
		[7:4]	当且仅当“BAT更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现。如果W是偶数，则其须被表示为4位无符号整数，指示被指配给空间流2的位数，用于从TIDX <sub>MAX</sub> 到TIDX <sub>MAX</sub> + G - 1的子载波索引（注6、7、9）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
COMPRESSED_BAT <sup>(2)</sup>	可变	可变	包括Z字段B <sub>i</sub> <sup>(2)</sup> 的压缩信息。 该字段须使用[ITU-T G.9961]第8.23节中所述的机制，以该消息字段B <sub>i</sub> <sup>(2)</sup> 格式的模式字段来填充（N=8）。 仅当BAT_COMPRESSION字段被设置为1时，该字段才出现。
P <sub>1,θ</sub>	可变	可变	当且仅当“预编码参数更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现（注13）。它须被表示为指示角度θ的4位（注12）或8位无符号整数，该角度θ是被指配给第一组PG子载波的预编码矩阵的参数之一，具有从TIDX <sub>MIN</sub> 到TIDX <sub>MIN</sub> + PG - 1的子载波索引。以弧度为单位的θ值等于（基于预编码反馈量化指示符字段）： θ = π(2P <sub>θ</sub> + 1)/64，其中：P <sub>θ</sub> = P <sub>1,θ</sub> = 0...15（4位量化），或 θ = π(2P <sub>θ</sub> + 1)/1024，其中：P <sub>θ</sub> = P <sub>1,θ</sub> = 0...255（8位量化）。

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
			仅当PRECODING_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
...	...	...	...
$P_{K,\theta}$	可变	可变	<p>当且仅当“预编码参数更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现（注13）。它须被表示为指示角度<math>\theta</math>的4位（注12）或8位无符号整数，该角度<math>\theta</math>是被指配给最后一组PG子载波的预编码矩阵的参数之一，具有从<math>TIDX_{MIN} + PG \times (K-1)</math>到<math>TIDX_{MIN} + PG - 1 + PG \times (K-1)</math>的子载波索引。以弧度为单位的<math>\theta</math>值等于（基于预编码反馈量化指示符字段）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\theta = \pi(2P_\theta + 1)/64</math>，其中：<math>P_\theta = P_{K,\theta} = 0 \dots 15</math>（4位量化），或</li> <li>• <math>\theta = \pi(2P_\theta + 1)/1024</math>，其中：<math>P_\theta = P_{K,\theta} = 0 \dots 255</math>（8位量化）。</li> </ul> <p>仅当PRECODING_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。</p>
COMPRESSED_ $\theta$	可变	可变	<p>包括K个字段<math>P_{i,\theta}</math>的压缩信息。</p> <p>该字段须使用[ITU-T G.9961]第8.23节中所述的机制，以该消息字段<math>P_{i,\theta}</math>格式的模式字段来填充（<math>N = 4</math>或<math>N = 8</math>，取决于预编码反馈量化指示符字段的值）。</p> <p>仅当PRECODING_COMPRESSION字段被设置为1时，该字段才出现。</p>
$P_{1,\varphi}$	可变	可变	<p>当且仅当“预编码参数更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现（注13）。它须被表示为指示角度<math>\varphi</math>的4位（注12）或8位无符号整数，该角度<math>\varphi</math>是被指配给第一组PG子载波的预编码矩阵的参数之一，具有从<math>TIDX_{MIN}</math>到<math>TIDX_{MIN} + PG - 1</math>的子载波索引。以弧度为单位的<math>\varphi</math>值等于（基于预编码反馈量化指示符字段）（注11）：</p> <ul style="list-style-type: none"> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_\varphi + 1)/16</math>，其中：<math>P_\varphi = P_{1,\varphi} = 0 \dots 15</math>（4位量化），或</li> <li>• <math>\varphi = \pi(2P_\varphi + 1)/256</math>，其中：<math>P_\varphi = P_{1,\varphi} = 0 \dots 255</math>（8位量化）。</li> </ul> <p>仅当PRECODING_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。</p>
...	...	...	...
$P_{K,\varphi}$	可变	可变	<p>当且仅当“预编码参数更新指示符”字段被设置为1时，该字段才出现（注13）。它须被表示为指示角度<math>\varphi</math>的4位（注12）或8位无符号整数，该角度<math>\varphi</math>是被指配给最后一组PG子载波的预编码矩阵的参数之一，具有从<math>TIDX_{MIN} + PG \times (K-1)</math>到<math>TIDX_{MIN} + PG - 1 + PG \times (K-1)</math>的</p>

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
			子载波索引。以弧度为单位的 $\varphi$ 值等于（基于预编码反馈量化指示符字段）（注11）： <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\varphi = \pi(2P_\varphi + 1)/16</math>，其中：<math>P_\varphi = P_{K,\varphi} = 0 \dots 15</math>（4位量化），或</li> <li><math>\varphi = \pi(2P_\varphi + 1)/256</math>，其中：<math>P_\varphi = P_{K,\varphi} = 0 \dots 255</math>（8位量化）。</li> </ul> 仅当PRECODING_COMPRESSION字段被设置为0时，该字段才出现。
COMPRESSED_φ	可变	可变	包括K个字段 $P_{i,\varphi}$ 的压缩信息。 该字段须使用[ITU-T G.9961]第8.23节中所述的机制，以该消息字段 $P_{i,\varphi}$ 格式的模式字段来填充（ $N = 4$ 或 $N = 8$ ，取决于预编码反馈量化指示符字段的值）。 仅当PRECODING_COMPRESSION字段被设置为1时，该字段才出现。

注1 – 由ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。

注2 – 发射机对于新连接须使用建议的块尺寸或更大的块尺寸。一旦为连接选择了块尺寸，则块尺寸在连接的整个生命周期内不得改变（[ITU-T G.9960]第8.1.3.2节）。

注3 – 发射机须使用建议的FEC编码率或更低的FEC编码率。

注4 – 发射机须使用建议的GI值或更长的GI值。

注5 – 新的BMAP须仅在MAC周期内指定的非重叠持续时间（最多8个）内使用，并由CE\_STIME<sub>i</sub>和CE\_ETIME<sub>i</sub>定义，且无扩展。

注6 – 子载波索引代表物理索引（第7.1.4.1节）。[TIDX<sub>MIN</sub>, TIDX<sub>MAX</sub> + G - 1]之外的所有BMAP条目须被视为未加载。

注7 – 如果未加载子载波，则该字段须被设置为0或15。

注8 – 如果 $W = 1$ ，则该字段须被设置为0。

注9 – 如果 $W$ 是奇数，则该字段须被设置为0。

注10 – 根据表8-2，每个子载波须使用的Tx端口映射矩阵（TPM）由被指配给子载波的两个空间流的BAT中的位编码和MIMO模式指示符指示。

注11 – 在电力线介质中，循环移位针对从一个子载波到下一个子载波的角度 $\varphi$ 引入了 $2 * \pi * T_{CS} * F_{SC} = 0.098175$ 弧度（ $\pi/32$ 弧度的近似值）的减量。当 $PG > 1$ 时， $P_\varphi$ 的值须参考组中最低频率的子载波。发射机须为组 $i$ （ $i = 0 \dots PG - 1$ ）的每个子载波计算 $\varphi$ 值，如下所示：

- $\varphi = \pi(2P'_\varphi + 1)/16$ ，其中对于4位量化的情况 $P'_\varphi = (4P_\varphi - i)/4$
- $\varphi = \pi(2P'_\varphi + 1)/256$ ，其中对于8位量化的情况 $P'_\varphi = P_\varphi - 4i$ 。

注12 – 对于4位值，每个八位字节包含2个值，其中4个LSB对应于较低的子载波索引。如果K为奇数，则包含 $P_{K,\theta}$ 和 $P_{K,\varphi}$ 的八位字节的4个MSB须被设置为0。

注13 – 报告所有预编码组的预编码参数，甚至包括与无预编码的Tx端口映射相关联的子载波。

注14 – 在应用压缩机制之前，从一个组到下一个组的恒定相位旋转（见注11）须从 $P_{i,\varphi}$ 字段中删除。（K个组中的）第一组被视为参考（不需要恒定相位去除）。

注15 – 接收机负责设置APSD\_MAX和APSD\_MAX\_EXT，并考虑接收机已知的发射机PSD限制和能力（见[ITU-T G.9960]第7.1.5节）。

表8-6 – MCE\_ParamUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
注16 – 新的BAT只能在MAC周期内指定的非重叠持续时间（最多32个）内使用，并由CE_STIME <sub>i</sub> 和CE_ETIME <sub>i</sub> 定义，扩展为NUM_VALID_DUR。			

表8-7 – CE\_BAT\_GRP的格式

BAT_GRP_ID的值 (b <sub>10</sub> b <sub>9</sub> b <sub>8</sub> )	描述
000	默认 – 无BAT子载波分组 ( $G = 1$ )
001	2个子载波的BAT子载波分组 ( $G = 2$ )
010	4个子载波的BAT子载波分组 ( $G = 4$ )
011	8个子载波的BAT子载波分组 ( $G = 8$ )
100	16个子载波的BAT子载波分组 ( $G = 16$ )
101至111	由ITU-T预留

表8-8 – CE\_PR\_GRP的格式

PR_GRP_ID的值 (b <sub>2</sub> b <sub>1</sub> b <sub>0</sub> )	Description
000	默认 – 无预编码子载波分组 ( $PG = 1$ )
001	2个子载波的预编码子载波分组 ( $PG = 2$ )
010	4个子载波的预编码子载波分组 ( $PG = 4$ )
011	8个子载波的预编码子载波分组 ( $PG = 8$ )
100	16个子载波的预编码子载波分组 ( $PG = 16$ )
101至111	由ITU-T预留

#### 8.11.1.7.4 MCE\_ParamUpdateRequest.ind的格式

MCE\_ParamUpdateRequest.ind消息的MMPL格式须如表8-9所示。

表8-9 – MCE\_ParamUpdateRequest.ind消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
所请求的BMA ID	0	[4:0]	该字段指示发射机请求重传信道估计结果的BMA_ID。其格式须如表7-3所示。
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

### 8.11.1.7.5 MCE\_PartialBmatUpdate.req的格式

MCE\_PartialBmatUpdate.req消息的MMPL格式须如表8-10所示。

表8-10 – MCE\_PartialBmatUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
O_BMAT_ID	0	[4:0]	该字段指示与要由PBMU请求更新的BMAT相关联的BMAT_ID。其格式须如表7-3所示。
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
N_BMAT_ID	1	[4:0]	该字段指示与已由PBMU请求更新的BMAT相关联的BMAT_ID。其格式须如表7-3所示。
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
<u>配置文件1 OFB的</u> NUM_BAT_ENT	2和3	[9:0]	该字段指示要更新的BAT条目的数量（V）。该字段的有效范围是从0（V=1）到1023（V=1024）。 <u>对于配置文件2 OFB，该字段须被设置为0。</u>
预留		[15:10]	由ITU-T预留（注）。
NUM_PG_ENT	4和5	[9:0]	该字段指示要更新的预编码组条目的数量（Q）。该字段的有效范围是从0（Q=1）到1023（Q=1024）。 每当“预编码反馈更新指示符”字段被设置为0时，该字段须被消息的接收机忽略。
BAT SS 1更新指示符		[10]	当SS 1的BAT没有在消息中更新时，即，当BAT字段 $B_{T1}^{(1)}$ , ..., $B_{TV}^{(1)}$ （包括相关八位字节中的预留字段）没有出现在消息中时，为0 当SS 1的BAT在消息中得到更新时，即，当BAT字段出现在消息中时，为1。
BAT SS 2更新指示符		[11]	当SS 2的BAT没有在消息中更新时，即，当BAT字段 $B_{T1}^{(2)}$ , ..., $B_{TV}^{(2)}$ （包括相关八位字节中的预留字段）没有出现在消息中时，为0 当SS 2的BAT在消息中得到更新时，即，当BAT字段出现在消息中时，为1。
预编码反馈更新指示符		[12]	当预编码参数没有在消息中更新时，即，当预编码参数字段 $PT_1, P_{\theta, PT1}, P_{\phi, PT1}, \dots, PT_Q, P_{\theta, PTQ}, P_{\phi, PTQ}$ 不在消息中时，为0 当预编码参数在消息中得到更新时，即，预编码参数字段出现在消息中时，为1 在与O_BMAT_ID相关联的“MIMO模式指示符”字段被设置为0的情况下，该字段须被设置为0。
预编码反馈量化指示符		[13]	当 $P_{i,\theta}$ 和 $P_{i,\phi}$ 被量化为4位值时，为0 当 $P_{i,\theta}$ 和 $P_{i,\phi}$ 被量化为8位值时，为1 每当“预编码反馈更新指示符”字段被设置为0时，该字段须被消息的接收机忽略。 量化值须与和O_BMAT_ID相关联的值相同。
预留		[15:14]	由ITU-T预留（注）。

表8-10 – MCE\_PartialBmatUpdate.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
2SS BAT条目描述符[V]	可变	[23:0]	当且仅当字段“BAT SS 1更新指示符”和“BAT SS 2更新指示符”均被设置为1时，该字段才会出现。其格式如表8-10所示。
1SS BAT条目描述符[V]	可变	[15:0]	当且仅当字段“BAT SS 1更新指示符”和“BAT SS 2更新指示符”中的一个被设置为1时，该字段才会出现。其格式如表8-11所示。
预编码条目描述符[Q]	可变	可变	当且仅当“预编码参数更新指示符”字段被设置为1时，该字段才会出现。其格式如表8-12所示。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

表8-11 – 2SS BAT条目描述符的格式

字段	八位字节	位	描述
$T_i$	0至2	[11:0]	该字段须被表示为指示子载波索引的12位无符号整数（注1）。它须为G的整数倍。 $T_i = TIDXmin + \max(G, PG) * I$ ；其中I是一个整数（注2），TIDXmin是与O_BMAT_ID相关联的值（见表8-9）。
$B_{Ti}^{(1)}$		[15:12]	该字段须被表示为4位无符号整数，指示从 $T_i$ 到 $T_i+G-1$ 的子载波索引被指配给空间流1的位数。
$B_{Ti}^{(2)}$		[19:16]	该字段须被表示为4位无符号整数，指示从 $T_i$ 到 $T_i+G-1$ 的子载波索引被指配给空间流2的位数。
预留		[23:20]	由ITU-T预留（注3）。
注1 – 子载波索引代表物理索引（见第7.1.4.1节）。			
注2 – 可以使用负值I选择小于TIDXmin的 $T_i$ 值。			
注3 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

表8-12 – 1SS BAT条目描述符的格式

字段	八位字节	位	描述
$T_i$	0至1	[11:0]	该字段须被表示为指示子载波索引的12位无符号整数，（注1）。 $T_i = TIDX_{min} + \max(G, PG) * I$ ；其中I是一个整数（注2）， $TIDX_{min}$ 是与O_BMAT_ID相关的值（见表8-5）。
$B_{T_i}^{(k)}$		[15:12]	该字段须被表示为4位无符号整数，指示从 $T_i$ 到 $T_i+G-1$ 的子载波索引被指配给空间流k的位数。 k的值为： 1，如果字段“BAT SS 1更新指示符”被设置为1。 2，如果字段“BAT SS 2更新指示符”被设置为1。
注1 – 子载波索引代表物理索引（见第7.1.4.1节）。			
注2 – 可以使用负值I选择小于 $TIDX_{min}$ 的 $T_i$ 值。			

表8-13 – 预编码条目描述符的格式

字段	八位字节	位	描述
$PT_i$	0和1	[11:0]	该字段须代表指示子载波索引的12位无符号整数（注1）。 $PT_i = TIDX_{min} + PG * I$ ；其中I是一个整数（注2）， $TIDX_{min}$ 是与O_BMAT_ID相关的值（见表8-5）。
预留		[15:12]	由ITU-T预留。
$P_{\theta, PT_i}$	可变	可变	该字段须表示4位或8位无符号整数，指示角度 $\theta$ ，这是被指配给一组PG子载波的预编码矩阵的参数之一，索引为 $PT_i$ 至 $PT_i+PG-1$ 。以弧度为单位的 $\theta$ 值等于（基于预编码反馈量化指示符字段）（注3）： <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\theta = \pi(2P_{\theta} + 1)/64</math>，其中：<math>P_{\theta} = P_{\theta, PT_i} = 0 \dots 15</math>（4位量化），或</li> <li><math>\theta = \pi(2P_{\theta} + 1)/1024</math>，其中：<math>P_{\theta} = P_{\theta, PT_i} = 0 \dots 255</math>（8位量化）。</li> </ul>
$P_{\phi, PT_i}$	可变	可变	该字段须表示4位或8位无符号整数，指示角度 $\phi$ ，这是被指配给一组PG子载波的预编码矩阵的参数之一，索引为 $PT_i$ 至 $PT_i+PG-1$ 。以弧度为单位的 $\phi$ 值等于（基于预编码反馈量化指示符字段）（注3、4）： <ul style="list-style-type: none"> <li><math>\phi = \pi(2P_{\phi} + 1)/16</math>，其中：<math>P_{\phi} = P_{\phi, PT_i} = 0 \dots 15</math>（4位量化），或</li> <li><math>\phi = \pi(2P_{\phi} + 1)/256</math>，其中：<math>P_{\phi} = P_{\phi, PT_i} = 0 \dots 255</math>（8位量化）。</li> </ul>
注1 – 子载波索引代表物理索引（见第7.1.4.1节）。			
注2 – 可以使用负值I选择小于 $TIDX_{min}$ 的PT值。			

表8-13 – 预编码条目描述符的格式

字段	八位字节	位	描述
注3 – 对于4位量化，预编码条目描述符的尺寸为3个字节。对于8位量化，预编码条目描述符的尺寸为4个字节。			
注4 – 在电力线介质中，循环移位针对从一个子载波到下一个子载波的角度 $\varphi$ 引入了 $2*\pi*T_{CS}*F_{SC}=0.098175$ 弧度（ $\pi/32$ 弧度的近似值）的减量。当 $PG>1$ 时， $P_{\varphi}$ 的值须参考组中最低频率的子载波。发射机须为组 $i$ （ $i = 0 \dots PG-1$ ）的每个子载波计算 $\varphi$ 值，如下所示：			
<ul style="list-style-type: none"> <li><math>\varphi = \pi(2P'_{\varphi} + 1)/16</math>，其中对于4位量化的情况，<math>P'_{\varphi} = (4P_{\varphi} - i)/4</math>。</li> <li><math>\varphi = \pi(2P'_{\varphi} + 1)/256</math>，其中对于8位量化的情况<math>P'_{\varphi} = P_{\varphi} - 4i</math>。</li> </ul>			

### 8.11.1.7.6 MCE\_ACESymbols.ind的格式

MCE\_ACESymbols.ind消息的MMPL格式须如表8-13所示。

表8-14 – MCE\_ACESymbols.ind消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
ACE符号	0	[2:0]	该字段指示在PFH中的MIMO_IND标志被设置为1的情况下，被添加到允许携带ACE符号的所有帧的有效载荷的开头的ACE符号的数量。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-16所示。对于MIMO传输，有效范围是1到7（在MIMO传输中，至少附加一个ACE符号，如第7.1.4.4.4.3节所述）。
预留		[7:3]	由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

### 8.11.1.7.7 MCE\_ProbeSlotAssign.cnf的格式

MCE\_ProbeSlotAssign.cnf消息的MMPL格式须如表8-15所示。

表8-15 – MCE\_ProbeSlotAssign.cnf消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
发射机ID	0	[7:0]	请求为PROBE帧传输分配带宽的节点的DEVICE_ID。
接收机ID	1	[7:0]	发起信道估计程序的接收机的DEVICE_ID。
CE_BMAT_ID	2	[4:0]	该字段指示与探测所需带宽的runtime BMAT相关联的BMAT_ID。
请求状态		[7:5]	0 – 带宽请求被确认（注） 1 – 请求被拒绝 2至7 – 由ITU-T预留。
注 – 带宽分配将在MAP中使用TXOP属性扩展中设置的发射机ID（SID）、接收机ID（DID）和仅信道估计指示进行标识（见第8.8.4.1.1节）。			

### 8.11.1.7.8 MCE\_ProbeSlotRelease.cnf的格式

MCE\_ProbeSlotRelease.cnf消息的MMPL格式须如表8-16所示。

表8-16 – MCE\_ProbeSlotRelease.cnf消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
发射机ID	0	[7:0]	请求为PROBE帧传输分配带宽的节点的DEVICE_ID。
接收机ID	1	[7:0]	信道估计程序中接收机节点的DEVICE_ID。
CE_BMAT_ID	2	[4:0]	该字段指示与带宽必须被释放的runtime BMAT相关联的BMAT_ID。
请求状态		[7:5]	0 – 请求已确认 1 – 请求被拒绝（未知的BMAT身份）（注） 2至7 – 由ITU-T预留。
注 – 没有带宽分配给所标识的信道估计程序。该标识由Transmitter_ID、Receiver_ID、CE_BMAT_ID定义。			

### 8.11.1.7.9 MCE\_ParamUpdate.cnf的格式

MCE\_ParamUpdate.cnf消息的MMPL格式须如表8-17所示。

表8-17 – MCE\_ParamUpdate.cnf消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
新的BMAT ID	0	[4:0]	该字段指示在接收的MCE_ParamUpdate.req消息中指定的BMAT_ID。
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
NUM_AVAIL_BMATS_NO_PREC	1	[3:0]	假设 $G = 1$ 并且没有预编码，该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。它不包括与CE_BMAT_ID相关联的BMAT。有效值从0到12。
NUM_AVAIL_BMATS_PREC		[7:4]	假设 $G = 1$ 和 $PG = 1$ （预编码参数量化为8位），该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。它不包括与新的BMATID相关联的BMAT。有效值从0到12。
请求状态	2	[2:0]	0 – BMAT成功更新 1 – 更新被拒绝（没有更多的资源） 2 – 更新被拒绝（新的BMAT ID已经存在） 3至7 – 由ITU-T预留。
预留		[7:3]	由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

### 8.11.1.7.10 MCE\_PartialBmatUpdate.cnf的格式

MCE\_PartialBmatUpdate.cnf消息的MMPL格式须如表8-18所示。

表8-18 – MCE\_PartialBmatUpdate.cnf消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
CE_BMAT_ID	0	[4:0]	该字段指示在MCE_PartialBmatUpdate.req消息中指定的CE_BMAT_ID。
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
NUM_AVAIL_BMAT_NO_PREC	1	[3:0]	假设 $G = 1$ 并且没有预编码，该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。它不包括与CE_BMAT_ID相关联的BMAT。有效值从0到12。
NUM_AVAIL_BMAT_PREC		[7:4]	假设 $G = 1$ 和 $PG = 1$ （预编码参数量化为8位），该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。它不包括与CE_BMAT_ID相关联的BMAT。有效值从0到12。
请求状态	2	[2:0]	0 – BMAT成功更新 1 – 请求被拒绝（没有更多的资源） 2 – 请求被拒绝（O_BMAT_ID不存在） 3 – 请求被拒绝（N_BMAT_ID已经存在） 4至7 – 由ITU-T预留。
预留		[7:3]	由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

#### 8.11.1.7.11 MCE\_Request.ind的格式

MCE\_Request.ind消息的MMPL格式须如表8-19所示。

表8-19 – MCE\_Request.ind消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
CE_WINDOW_SEL	0	[0]	如果发射机选择信道估计窗口，则该字段须被设置为1。否则，须将其设置为0。 如果该字段被设置为0，则CE_STIME和CE_ETIME须被设置为00 <sub>16</sub> ，且这些值须被接收机忽略。
预留		[7:1]	由ITU-T预留（注）。
CE_STIME	1	[7:0]	该字段指示发射机可以开始发送PROBE帧的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-98所示。
CE_ETIME	2	[7:0]	该字段指示发射机须结束PROBE帧传输的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-99所示。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

#### 8.11.1.7.12 MCE\_Initiation.req的格式

MCE\_Initiation.req消息的MMPL格式须如表8-20所示。

表8-20 – MCE\_Initiation.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
CE_BMAT_ID	0和1	[4:0]	该字段指示与要由信道估计创建的runtime BMAT相关联的BMAT_ID。其格式如表7-3所示。
CE_BAT_GRP		[7:5]	该字段指示BAT子载波分组的值。其格式如表8-7所示。
CE_PR_GRP		[10:8]	该字段指示预编码子载波分组的值。其格式如表8-8所示。
预留		[15:11]	由ITU-T预留（注）。
CE_STIME	2	[7:0]	该字段指示发射机可以开始发送PROBE帧的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-98所示。
CE_ETIME	3	[7:0]	该字段指示发射机须结束PROBE帧传输的时间，其编码如[ITU-T G.9961]的表8-99所示。
CE_PRB_RQST	4	[0]	如果接收机想要PROBE帧以及信道估计发起确认，则该字段须被设置为1。否则须将其设置为0。
预留		[7:1]	由ITU-T预留（注）。
CE_PRB_PARM	5至9	[39:0]	该字段指定PROBE帧的一组参数。其编码须如表8-23所示。如果CE_PRB_RQST被设置为0，则该字段须被设置为000000 <sub>16</sub> 。

注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。

### 8.11.1.7.13 MCE\_Initiation.cnf的格式

MCE\_Initiation.cnf消息的MMPL格式须如表8-21所示。

表8-21 – MCE\_Initiation.cnf消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
CE_BMAT_ID	0和1	[4:0]	该字段指示与由信道估计创建的RuntimeBAT相关联的BMAT_ID。其格式如表7-3所示。
CE_BAT_GRP		[7:5]	该字段指示BAT子载波分组的值。其格式如表8-7所示。
CE_PR_GRP		[10:8]	该字段指示预编码子载波分组的值。其格式如表8-8所示。
预留		[15:11]	由ITU-T预留（注）。
NUM_AVAIL_B MATS_NO_PREC	2	[3:0]	假设 $G = 1$ 并且没有预编码，该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。它不包括与CE_BMAT_ID相关联的BMAT。有效值从0到12。

表8-21 – MCE\_Initiation.cnf消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
NUM_AVAIL_B MATS_PREC		[7:4]	假设 $G = 1$ 和 $PG = 1$ （预编码参数量化为8位），该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。它不包括与CE_BMAT_ID相关联的BMAT。有效值从0到12。
请求状态	3	[2:0]	0 – 信道估计发起被确认 1 – 拒绝（CE_BMAT_ID有效且当前正在使用） 2 – 拒绝（PROBE帧传输带宽不可用） 3 – 拒绝（PROBE帧传输的带宽请求处于待定状态） 4 – 拒绝（信道估计窗口当前不可用） 5至7 – 由ITU-T预留（注）。
预留		[7:3]	由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

#### 8.11.1.7.14 MCE\_ProbeRequest.ind的格式

MCE\_ProbeRequest.ind消息的MMPL格式须如表8-22所示。

表8-22 – MCE\_ProbeRequest.ind消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
CE_BMAT_ID	0	[4:0]	该字段指示与要由信道估计创建的runtime BMAT相关联的BMAT_ID。其格式如表7-3所示。
CE_PRB_DEFAULT _IND		[5]	当该字段被设置为1且从目标节点（DID）进行接收时，该消息（CE_PRB_PARM）中提供的参数替换该节点（SID）的默认PROBE帧的现有参数。
预留		[7:6]	由ITU-T预留（注）。
CE_PRB_PARM	1至5	[39:0]	见表8-23。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

表8-23 – CE\_PRB\_PARM字段的格式

字段	八位字节	位	描述
CE_PR_PRBTYPE	0	[3:0]	该字段指示接收机请求的PRBTYPE。其格式须如表7-8所示。
CE_PR_PRBFN		[7:4]	该字段指示发射机在每次请求发送PROBE帧时须发送的PROBE帧数量。该字段须按照[ITU-T G.9961]的表8-103进行编码。发射机可以在单个信道估计窗口内发送多个PROBE帧。
CE_PR_PRBSYM	1	[3:0]	该字段指示接收机请求的PRBSYM。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-41所示。
CE_PR_PRBGI		[6:4]	该字段指示接收机请求的PRBGI。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-14所示。
预留		[7]	由ITU-T预留（注1）。
CE_PR_APSD_MAX	2	[4:0]	该字段指示接收机请求的APSD_MAX-P。其格式须如第7.1.2.3.2.7.4节所述。（注3）
CE_PR_APSD_MAX_EXT		[5]	该字段指示接收机请求的APSD_MAX_EXT-P。其格式须如[ITU-T G.9960]第7.1.2.3.2.7.1.7节所述。（注3）
预留		[7:6]	由ITU-T预留（注1）。
PRB_BMAT_ID	3	[4:0]	该字段指示在CE_PR_PRBTYPE字段中请求2 SS信道估计PROBE帧的情况下，Tx端口映射器中PROBE帧的发射机须使用其MAT的BMAT_ID（预定义或Runtime）。 在该字段中指示的BMAT_ID须为有效的BMAT_ID。如果该字段传送预定义的BMAT_ID，则信道估计的有效值须为3、7和11。 仅当CE_PR_PRBTYPE字段（PRBTYPE = 1000 <sub>2</sub> ）请求2 SS信道估计探测时，该字段才有效。否则，该字段须被设置为0，并被接收机忽略。
预留		[7:5]	由ITU-T预留（注）。
CE_PR_NUM_SILENT_SYM	4	[5:0]	该字段指示接收机请求的静默符号的数量。其格式须如第7.1.2.3.2.7.2.3.3节所述。 仅当CE_PR_PRBTYPE字段（PRBTYPE = 1000 <sub>2</sub> ）请求2 SS信道估计探测时，该字段才有效。否则，该字段须被设置为0，并被接收机忽略。（注2）
预留		[7:6]	由ITU-T预留（注1）
<p>注1 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。</p> <p>注2 – 2 SS信道估计PROBE帧的第一个（CE_PR_PRBSYM - CE_PR_NUM_SILENT_SYM）符号是正常（非静默）探测符号。</p> <p>注3 – 接收机负责设置CE_PR_APSD_MAX和CE_PR_APSD_MAX_EXT，并考虑接收机已知的发射机PSD限制和能力（见第7.1.5节）。</p>			

### 8.11.1.7.15 MCE\_Cancellation.req的格式

MCE\_Cancellation.req消息的MMPL格式须如表8-24所示。

表8-24 – MCE\_Cancellation.req消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
CE_BMAT_ID	0	[4:0]	该字段指示被取消的信道估计标识符。其格式如表7-3所示。
USE_RCM		[5]	当被设置为1时，这意味着发射机在使用RCM时可以利用在新的块尺寸、新的FEC编码率、频段规划ID和重复字段中传送的参数。否则须将其设置为0。
预留		[7:6]	由ITU-T预留（注）。
新的块尺寸	1	[1:0]	当USE_RCM被设置为1时，该字段指示与RCM相关联的建议BLKSZ。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-7所示。否则须被设置为00 <sub>2</sub> 。
新的FEC编码率		[4:2]	当USE_RCM被设置为1时，该字段指示与RCM相关联的建议FEC_RATE。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-12所示。否则须被设置为000 <sub>2</sub> 。
OFB ID		[7:5]	当USE_RCM被设置为1时，该字段指示作为所建议RCM参数依据的OFB。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-11所示。否则须被设置为000 <sub>2</sub> 。
重复	2	[2:0]	当USE_RCM被设置为1时，该字段指示与RCM相关联的建议重复次数。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-9所示。否则须被设置为000 <sub>2</sub> 。
RCM_BAT_ID		[3]	当USE_RCM被设置为1时，该字段指示与RCM相关联的预定义BAT。须将其设置为以下值： 当使用预定义BAT类型1时，为0 当使用预定义BAT类型2时，为1。
预留		[7:4]	由ITU-T预留（注）。
RCM_GI_ID	3	[2:0]	当USE_RCM被设置为1时，该字段指示与RCM相关联的GI_ID。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-14所示。
预留		[7:3]	由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

### 8.11.1.7.16 MCE\_BmatIdMaintain.ind的格式

MCE\_BmatIdMaintain.ind消息的MMPL格式须如表8-25所示。

表8-25 – MCE\_BmatIdMaintain.ind消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
VALID_BMAT_ID	0和1	[15:0]	该字段包含一个位图，指示当从目标节点（DID）接收时，哪个runtime BMAT对该节点（SID）有效。每个位都与一个runtime BMAT相关联。如果runtime BMAT_ID 16有效，则VALID_BMAT_ID的第0位须进行设置。如果runtime BMAT_ID 27有效，则VALID_BMAT_ID的第11位须进行设置。
NUM_TX_AVAIL_BMAT_NO_PREC	2	[3:0]	假设 $G = 1$ 并且没有预编码，该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。有效值从0到12。
NUM_TX_AVAIL_BMAT_PREC		[7:4]	假设 $G = 1$ 和 $PG = 1$ （预编码参数量化为8位），该字段包含该节点（SID）在向目标节点（DID）传输时可以支持的可用runtime BMAT的数量。有效值从0到12。
新的块尺寸	3	[1:0]	如果没有可用的runtime_BAT（注2），该字段指示与RCM相关联的建议BLKSZ。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-7所示。否则须被设置为0。
新的FEC编码率		[4:2]	如果没有可用的runtime_BAT（注2），该字段指示与RCM相关联的建议FEC_RATE。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-12所示。否则须被设置为0。
OFB ID		[7:5]	如果没有可用的runtime_BAT（注2），该字段指示作为所建议RCM参数依据的OFB。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-11所示。否则须被设置为0。
重复	4	[2:0]	如果没有可用的runtime_BAT（注2），该字段指示与RCM相关联的建议重复次数。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-9所示。否则须被设置为0。
RCM_BAT_ID		[3]	如果没有可用的runtime_BAT（注2），该字段指示与RCM关联的预定义BAT。须将其设置为以下值： 当使用预定义BAT类型1时，为0 当使用预定义BAT类型2时，为1。
预留		[7:4]	由ITU-T预留（注1）。
RCM_GI_ID	5	[2:0]	如果没有可用的runtime_BAT（注2），该字段指示与RCM相关联的GI_ID。其格式须如[ITU-T G.9960]的表7-14所示。
预留		[7:3]	由ITU-T预留（注1）。
注1 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			
注2 – Runtime_BAT可能仅在特定时间段可用（见表8-93）。			

### 8.11.1.7.17 MCE\_Cancellation.cnf的格式

MCE\_Cancellation.cnf消息的MMPL格式须如表8-26所示。

表8-26 – MCE\_Cancellation.cnf消息的MMPL格式

字段	八位字节	位	描述
CE_BMAT_ID	0	[4:0]	该字段指示在接收的MCE_Cancellation.req消息中指定的BMAT_ID。
请求状态		[7:5]	0 – 信道估计成功取消。 1 – 此CE_BMAT_ID没有正在进行的信道估计。 2至7 – 由ITU-T预留（注）。
注 – ITU-T预留的位须由发射机设置为0，并被接收机忽略。			

## 8.12 连接管理

见[ITU-T G.9961]第8.12节。

## 8.13 消息泛滥

见[ITU-T G.9961]第8.13节。

## 8.14 存在相邻域时的工作 – 分布式域协调（NDIM）

见[ITU-T G.9961]第8.14节。

## 8.15 与外部电力线网络的共存

见[ITU-T G.9961]第8.15节。

## 8.16 PHY多播绑定协议

PHY多播绑定是针对单个SS的情况指定的。当发送到PHY多播组时，发射机可以使用以下两种传输方案中的任何一种（见表7-1中的注）：

- ITU-T G.9960传输
- 有效载荷被创建为单个SS的MIMO传输

使用两个空间流（即，MIMO模式0、1和2）到PHY多播组的传输有待进一步研究。

见[ITU-T G.9961]第8.16节。

## 8.17 DLL多播流

见[ITU-T G.9961]第8.17节。

## 8.18 频段规划间的互操作性

见[ITU-T G.9961]第8.18节。

## 8.19 节点信息和能力交换

见[ITU-T G.9961]第8.19节。

## 8.20 度量获取

见[ITU-T G.9961]第8.20节。

## 8.21 省电模式下的工作

见[ITU-T G.9961]第8.21节。

## 8.22 第2层配置和管理协议 (LCMP)

见[ITU-T G.9961]第8.22节。

## 8.23 MIMO传输

如前所述，MIMO收发信机须能使用以下两种传输方案进行传输：

- 基于[ITU-T G.9960]中定义的参考模型和PHY帧格式的ITU-T G.9960传输。
- 基于[ITU-T G.9963]中定义的参考模型和PHY帧格式的MIMO传输。

以下子节仅涉及MIMO传输，并且描述了MIMO传输的两种情况下的不同工作模式：有效载荷被创建为单个空间流（SS）的情况，以及有效载荷被创建为两个SS的情况。

### 8.23.1 MIMO传输 – 有效载荷被创建一个空间流

有效载荷被创建为单个SS的MIMO传输（表7-1中的情况4b、5、6、7）可以通过使用预定义的BAT或使用runtime\_BAT来完成。这些传输是使用第7.1.2.1节中所述的具有单个空间流的MIMO传输方案和第7.1.4.4.1.2节中定义的TPM#1来完成的。

### 8.23.2 MIMO传输 – 有效载荷被创建为两个空间流

有效载荷被创建为两个SS的MIMO传输可以通过以下两种方式之一来完成：使用预定义的BMAT（使用预定义的BAT和预定义的Tx端口映射），或者使用runtime BMAT，如第7.1.2.3.2.2.8节所述。

第7.1.2.3.2.2.8节的表7-3中规定了使用预定义BMAT将有效载荷创建为两个SS的MIMO传输的各种选项。这包括：

- 单端口传输，具有TPM#3（用于通过Tx端口1传输）或TPM#4（用于通过Tx端口2传输），BMAT\_ID从0到7。
- 通过两个Tx端口传输，具有TPM#0，BMAT\_ID从8到11。

使用runtime BMAT将有效载荷创建为两个SS的MIMO传输是使用下文指定的三种工作模式之一来完成的。这些工作模式规定了用于产生传输信号的传输参数。此类模式指的是整组子载波，而不是特定的子载波。两种指定模式需要从接收机到发射机的反馈，因此被称为“闭环”模式，而一种模式则无须这样的反馈，因此被称为“开环”模式。

定义了以下工作模式：

#### 1) 模式0：

- 开环
- Tx端口映射：在这种情况下，不应用预编码。对于在两个SS上加载来自自己编码有效载荷块或LFSR的位的子载波，
  - 如果两个BAT对两个空间流都使用0到12范围内的值，则使用TPM # 0；或者
  - 如果SS 1的BAT使用特殊值15，则使用TPM # 4；或者
  - 如果SS 2的BAT使用特殊值15，则使用TPM #3。

- 2) 模式1:
- 闭环
  - Tx端口映射: 对于在两个SS上加载来自己编码有效载荷块或LFSR的位的子载波,
    - 如果两个BAT对两个空间流都使用0到12范围内的值, 则使用TPM # 5; 或者
    - 如果SS 1的BAT使用特殊值15, 则使用TPM # 7; 或者
    - 如果SS 2的BAT使用特殊值15, 则使用TPM #6。
- 3) 模式2:
- 闭环
  - Tx端口映射: 对于在两个SS上加载来自己编码有效载荷块或LFSR的位的子载波,
    - 如果两个BAT对两个空间流都使用0到12范围内的值, 则使用TPM # 5; 或者
    - 如果SS 1的BAT使用特殊值15, 则使用TPM # 4; 或者
    - 如果SS 2的BAT使用特殊值15, 则使用TPM #3。

与特定B<sub>MAT\_ID</sub>相关联的工作模式由MCE\_ParamUpdate.req消息中的“MIMO模式指示符”字段来指示(见表8-6)。

所有这些模式的BAT都被用来对三种工作模式的每个子载波的Tx端口信息进行编码, 如上所述, 其方式如下表所示:

表8-27 – 特定子载波的Tx端口映射矩阵

BAT中的位加载编码		MIMO模式		
空间流1	空间流2	模式0	模式1	模式2
$0 \leq x_1 \leq 12$	$0 \leq x_2 \leq 12$	TPM #0	TPM #5	TPM #5
15	$0 \leq x_2 \leq 12$	TPM #4	TPM #7	TPM #4
$0 \leq x_1 \leq 12$	15	TPM #3	TPM #6	TPM #3

注 – 表中未列出的 $x_1$ 和 $x_2$ 组合无效。

接收机确定工作模式。此模式与特定的B<sub>MAT\_ID</sub>相关联。

当在模式0下工作时, 接收机向发射机发送MCE\_ParamUpdate.req或MCE\_PartialBmatUpdate.req消息(作为信道估计程序的一部分, 见第8.11.1节), 其中包括以下参数:

- “MIMO模式指示符”(仅包含在MCE\_ParamUpdate.req消息中)。
- 两个SS的BAT。
- BAT分组(G)。

当在模式1或模式2下工作时，接收机向发射机发送MCE\_ParamUpdate.req或MCE\_PartialBmatUpdate.req消息，除了之前针对模式0提到的参数之外，该消息还包括以下参数：

- 预编码角度。
- 预编码分组（PG）。

#### **8.24 管理消息字段的游程长度压缩**

见[ITU-T G.9961]第8.23节。

#### **8.25 管理消息中的有效载荷压缩**

见[ITU-T G.9961]第8.24节。

#### **8.26 TLV池**

见[ITU-T G.9961]第8.25节。

### **9 安全性**

见[ITU-T G.9961]第9节。

## 附件A

### 北美的区域性要求

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9960]附件A。

## 附件B

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9960]附件B。

注 – [ITU-T G.9960]附件B有意保留空白。

## 附件C

### 日本的区域性要求

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9960]附件C。

## 附件D

### 国际业余无线电频段

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9964]附件D。

## 附件E

### ITU-T G.9960对VDSL2业务的影响

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9964]附件E。

## 附件F

（此附件有意保留空白。）

## 附件G

### 测试向量

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9960]附件G。

注 – OFB配置文件2的测试向量有待进一步研究。

## 附件H

### 应用协议汇聚子层

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9961]附件A。

## 附件I

### 模式1和模式2 OFB传输之间的互操作性

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9960]附件J。

## 附件J

### 基于IEEE 802.1X端口的网络访问控制

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9961]附件D。

## 附件K至附件W

附件K至附件W有意保留空白。

## 附件X

### 测试向量

（此附件是本建议书不可分割的组成部分。）

见[ITU-T G.9961]附件X。





## ITU-T系列建议书

A系列	ITU-T工作的组织
D系列	资费和结算原则以及国际电信/ICT经济 and 政策问题
E系列	综合网络运行、电话业务、业务运行和人为因素
F系列	非话电信业务
<b>G系列</b>	<b>传输系统和媒介、数字系统和网络</b>
H系列	视听及多介质系统
I系列	综合业务数字网
J系列	有线网络和电视、声音节目及其它多介质信号的传输
K系列	干扰的防护
L系列	环境与ICT、气候变化、电子废物、能源；线缆和外部设备的其他组件的建设、安装和保护
M系列	电信管理，包括电信网络管理和网络维护
N系列	维护：国际声音节目和电视传输电路
O系列	测量设备的技术规范
P系列	电话传输质量、电话设施及本地线路网络
Q系列	交换和信令，以及相关的测量和测试
R系列	电报传输
S系列	电报业务终端设备
T系列	远程信息处理业务的终端设备
U系列	电报交换
V系列	电话网上的数据通信
X系列	数据网、开放系统通信和安全性
Y系列	全球信息基础设施、互联网协议问题、下一代网络、物联网和智慧城市
Z系列	用于电信系统的语言和一般软件问题