[第九章 数据链接播放器规格 3](#_Toc4286)

[9.1. 介绍 3](#_Toc8023)

[9.2. 约定 3](#_Toc15764)

[9.3. MAC子层规范 3](#_Toc10742)

[9.3.1. 频道访问 3](#_Toc24562)

[9.3.2. MAC确认 3](#_Toc6979)

[9.3.3. MAC子层服务规范 3](#_Toc9587)

[9.3.4. MAC帧格式 3](#_Toc5802)

[9.3.5. MAC命令框架 3](#_Toc1826)

[9.3.6. MAC常数和PIB属性 7](#_Toc20241)

[9.3.7. MAC功能描述 8](#_Toc14896)

[9.3.8. MAC安全套件规格 9](#_Toc17218)

[9.3.10. MAC附件 9](#_Toc20270)

[9.3.11. 修改的MAC子层数据原语 9](#_Toc25266)

[9.4. IPv6适配子层规范 9](#_Toc15428)

[9.4.1. 信息基础属性 9](#_Toc1376)

[9.4.2. 数据帧格式，数据报传输和寻址 9](#_Toc12803)

[9.4.3. 网格路由 9](#_Toc14313)

[9.4.4. 调试新设备 9](#_Toc22453)

[9.4.5. 嗅探模式（可选模式） 10](#_Toc9479)

[9.4.6. 适应子层服务原语 10](#_Toc13156)

[9.5. 功能说明 13](#_Toc28674)

[9.5.1. 网络形成 13](#_Toc25330)

[第十章 安全 13](#_Toc12276)

[10.1. 访问控制和认证 13](#_Toc14059)

[10.2. 保密和诚信 13](#_Toc31170)

[10.3. 反重播和DoS预防 13](#_Toc1278)

[10.4. 认证和密钥分发协议 - IETF RFC 3748中的选择 13](#_Toc5938)

[10.5. EAP方法 13](#_Toc30538)

[10.5.1. EAP-PSK概述 13](#_Toc15258)

[10.5.2. 组密钥分发 13](#_Toc1745)

[10.5.3. 配置扩展格式 13](#_Toc19177)

[10.5.4. 同行程序 13](#_Toc727)

[10.5.5. 服务器端程序 13](#_Toc11807)

[附件A 协议实现一致性声明 13](#_Toc21500)

[1.1. 概观 13](#_Toc18551)

[1.2. PICS形式表 13](#_Toc24904)

[1.2.1. 功能设备类型（来自IEEE 802.15.4的D.7.1） 13](#_Toc31423)

[1.2.2. PHY功能（来自IEEE 802.15.4的D.7.2.1节） 13](#_Toc28299)

[1.2.3. PHY分组（来自IEEE 802.15.4的D.7.2.2） 13](#_Toc20161)

[1.2.4. 射频（IEEE 802.15.4的D.7.2.3条） 13](#_Toc18106)

[1.2.5. MAC子层功能（来自IEEE 802.15.4的D.7.3.1） 13](#_Toc29356)

[1.2.6. MAC帧（IEEE 802.15.4的D.7.3.2条款） 13](#_Toc23087)

[附件B 路由成本 13](#_Toc11467)

[2.1. 复合度量法 13](#_Toc30713)

[附件C 消息的设备启动顺序 13](#_Toc29213)

[附件D 轻量级点播Ad hoc距离矢量路由协议 - 下一代（LOADng） 13](#_Toc17053)

[4.1. 介绍 13](#_Toc24199)

[4.2. 术语和符号 13](#_Toc17403)

[4.3. 适用性声明 13](#_Toc950)

[4.4. 协议概述和功能 13](#_Toc24881)

[4.5. 协议参数 13](#_Toc27627)

[4.6. 协议消息内容 13](#_Toc13997)

[4.7. 信息库 13](#_Toc22596)

[4.8. LOADng路由器序列号 13](#_Toc26071)

[4.9. 路线维护 14](#_Toc15942)

[4.10. 单向链路处理 14](#_Toc26867)

[4.11. RREQ和RREP消息的通用规则 14](#_Toc26286)

[4.12. 路由请求（RREQ） 14](#_Toc26411)

[4.13. 路由回复（RREP） 14](#_Toc24532)

[4.14. 路由错误（RERR） 14](#_Toc4585)

[4.15. 路由回复确认（RREP\_ACK） 14](#_Toc18473)

[4.16. 度量 14](#_Toc7647)

[4.17. 安全考虑 14](#_Toc22928)

[附件E 6LoWPAN调试 14](#_Toc15728)

[5.1. 介绍 14](#_Toc9386)

[5.2. 术语 14](#_Toc28509)

[5.3. 引导 14](#_Toc9033)

[5.4. IANA考虑 14](#_Toc19430)

[5.5. 安全考虑 14](#_Toc17313)

[附件F 对日本的区域要求 14](#_Toc2990)

[6.1. 概观 14](#_Toc5348)

[6.2. ARIB带规划的物理层规格 14](#_Toc8859)

[6.3. 数据链路层规范 14](#_Toc12369)

[附录I 编码和解码的例子 14](#_Toc6414)

[I.1. 数据编码示例 14](#_Toc17897)

[I.2. 数据解码示例 14](#_Toc29714)

[附录II 加密构建块的测试向量 14](#_Toc19864)

[II.1. 介绍 14](#_Toc20086)

[参考书目 14](#_Toc14137)

# 

# 数据链接播放器规格

* 1. **介绍**
  2. **约定**
  3. **MAC子层规范**
     1. **频道访问**
        1. **概观**
        2. **帧间间距**
        3. **CSMA-CA**
        4. **优先级**
        5. **ARQ**
        6. **分段和重组概述**
     2. **MAC确认**
        1. **MAC生成**
        2. **ACK生成**
        3. **NACK生成**
        4. **ACK和NACK的有效性**
        5. **分段重传**
        6. **后续段碰撞避免**
     3. **MAC子层服务规范**
        1. **选项**
        2. **扩展**
     4. **MAC帧格式**
        1. **选项**
        2. **扩展**
     5. **MAC命令框架**
        1. **选项**

[IEEE 802.15.4]第7.3节中描述的MAC帧格式适用于选择

如表9-6所示。

* + - 1. **扩展**
         1. **支持MAC命令架构**

本建议书支持表9-7中描述的MAC命令架构。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 命令架构标识符 | 命令名称 | 章节 |
| 0x00-0x06 | ITU-T保留命令 | - |
| 0x07 | 信标请求 | 见第7.3.7节 |
| 0x08-0x09 | ITU-T保留命令 | - |
| 0x0A | 色调映射响应 | 见第9.3.5.2.2节 |
| 0x0B-0xFF | ITU-T保留命令 | - |

表 9-7 MAC命令帧

* + - * 1. **色调映射响应**

如果接收到(分组段控制字段)的 色调映射请求（TMR）位 被置位，则MAC子层 产生 色调映射响应命令。 这意味着 分组发起者 从 目的地设备 请求 色调映射信息。目标设备 必须估计 (两点之间的这个特定的) 通信链路，并选择最优的物理层参数。 色调映射响应 包含 使用的色调 和 分配（色调映射）的数量，调制模式 和 传输功率控制参数。 色调映射响应命令架构 的格式如表9-8所示。

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 字节：  （见第7.2.2.4条） | 1 | 7 | 12 | 2 |
| MHR域 | 命令架构标识符（见表9-9） | CENELEC频段的色调映射响应有效载荷  （见表9-9） | FCC频段的色调映射响应有效载荷  （见表9-9） | MFR字段 |

表 9-8 色调映射响应格式

对于CENELEC频段的情况，色调映射响应 消息参数 如表9-9所示FCC频段的情况，表9-10。（TM列表见表7-13）

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 域 | 字节 | 位号 | 位数 | 描述 |
| TTXRES | 0 | 7 | 1 | 传输增益分辨率对应于一个增益步长  0: 6 dB  1: 3 dB |
| TXGAIN | 0 | 6-3 | 4 | 所需的发射机增益指定要求多少增益步长。 |
| MOD | 0 | 2-1 | 2 | 调制类型：  0 - 鲁棒模式  1 - DBPSK或BPSK  2 - DQPSK或QPSK  3-D8PSK或8-PSK |
| 有效负载调制方案（Payload modulation scheme ） | 0 | 0 | 1 | 0：差分  1：相干  第7.16条规定的相干方案是可选的。 |
| ITU-T保留值（Reserved by ITU-T ） | 1 | 7-6 | 2 | 应设置为零 |
| TM | 1 | 5-0 | 6 | 色调图[5：0]  在CENELEC-B频段中，TM [5：3]由ITU-T保留，并应设置为零 |
| LQI | 2 | 7-0 | 8 | 链接质量指标 |
| TXCOEF[3:0] | 3 | 7-4 | 4 | 指定由TM [0]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[7:4] | 3 | 3-0 | 4 | 指定由TM [1]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[11:8] | 4 | 7-4 | 4 | 指定由TM [2]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[15:12] | 4 | 3-0 | 4 | 指定由TM [3]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[19:16] | 5 | 7-4 | 4 | 指定由TM [4]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[23:20] | 5 | 3-0 | 4 | 指定由TM [5]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| ITU-T保留值 | 6 | 7-0 | 8 | 应设置为零 |

表 9-9 CENELEC频段计划的音色映射响应消息说明

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 域 | 字节 | 位号 | 位数 | 定义 |
| TTXRES | 0 | 7 | 1 | 传输增益分辨率对应于一个增益步长  0: 6 dB  1: 3 dB |
| TXGAIN | 0 | 6-3 | 4 | 所需的发射机增益指定要求多少增益步长。 |
| MOD | 0 | 2-0 | 3 | 调制类型：  0 - 鲁棒模式  1 - DBPSK或BPSK  2 - DQPSK或QPSK  3 - D8PSK或8-PSK  4 - 16-QAM  5-7 - :保留值  注 - 16-QAM调制是可选的，只能在相干调制方案适用时使用。 |
| TM[0:7] | 1 | 7-0 | 8 | 色调映射[0:7] |
| TM[8:15] | 2 | 7-0 | 8 | 色调映射[8:15] |
| TM[16:23] | 3 | 7-0 | 8 | 色调映射[16:23] |
| LQI | 4 | 7-0 | 8 | 链接质量指标 |
| TXCOEF[1:0] | 5 | 7-6 | 2 | 指定由TM [0]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[3:2] | 5 | 5-4 | 2 | 指定由TM [1]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[5:4] | 5 | 3-2 | 2 | 指定由TM [2]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| TXCOEF[7:6] | 5 | 1-0 | 2 | 指定由TM [3]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| ... | ... | ... | ... | ... |
| TXCOEF[47:46] | 10 | 1-0 | 2 | 指定由TM [23]表示的音调请求的增益步数的数量（可选） |
| 有效负载调制方案 | 11 | 7 | 1 | 0：差分  1：相干  第7.16条规定的相干方案是可选的。 |
| 保留值 | 11 | 6-0 | 7 | 在发射机处设置为零，接收机忽略 |

表9-10 FCC频段计划的音频映射响应消息描述

MOD：指定所需调制类型的参数。 接收机计算（其从发射机接收的）色调映射请求消息的 信噪比，并且确定其希望发射机使用的DBPSK，BPSK，DQPSK，QPSK，D8PSK，8-PSK，16-QAM调制或鲁棒模式 当发送下一个数据帧时。 表9-11和9-12列出了允许的位值及其对应的调制类型。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MOD值 | 解释 | |
|  | 差分调制方案 | 相干调制方案 |
| 00 | 鲁棒模式 | 鲁棒模式 |
| 01 | DBPSK调制 | BPSK调制 |
| 10 | DQPSK调制 | QPSK调制 |
| 11 | D8PSK调制 | 8-PSK调制 |

表 9-11 CENELEC频段的MOD字段

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| MOD值 | 解释 | |
|  | 差分调制方案 | 相干调制方案 |
| 000 | 鲁棒模式 | 鲁棒模式 |
| 001 | DBPSK调制 | BPSK调制 |
| 010 | DQPSK调制 | QPSK调制 |
| 011 | D8PSK调制 | 8-PSK调制 |
| 100 | 保留值 | 16-QAM调制 |
| 101-111 | 保留值 | 保留值 |

表 9-12 FCC频段的MOD字段

简写说明：

**TXRES：**

指定与一个(增益步骤相对应的)发射增益分辨率的参数。

**TXGAIN：**

向发射机指定 其(应用于其发射信号的)总增益量的参数。 该参数中的值应指定所需增益步骤的总数。 TXRES给出一个增益步长值。 接收机计算接收的信号电平，并将其与VTARGET（预定义的期望接收电平）进行比较。 两个值之间的差值被映射到4比特值，该值指定发射机应用于下一个要传输的帧的增益或减小量。 最高有效位中的“0”表示正增益值，因此发射机增益增加，“1”表示负增益值，因此发射机增益减小。 TXGAIN = 0的值通知发送器使用与前一帧相同的增益值（默认值）。

**TM**

一个指定色调图的参数。 接收机估计信道每一个色调的质量，并将每个子带（CENELEC频段的每个子带的6个色调，FCC频带规划的3个色调）映射到值为0的一位值指示给远程 发送方应在相应的子载波上发送伪数据，而“1”值表示有效数据应在相应副载波上传输。

**TXCOEF(可选)**

一个参数，指定由色调图的一个有效位表示的每组色调的发射器增益。 接收机测量信道的频率依赖衰减，并且可以要求发射机通过增加经历衰减的频谱的部分上的发射功率来补偿该衰减，以便均衡接收的信号。 每组色调映射到CENELEC-A的4位值或FCC的2位值，其中最高有效位中的“0”表示正增益值，因此发射机增益按比例增加 通过TXRES请求该部分，“1”表示负增益值，因此对于该部分请求由TXRES缩放的发射器增益的减小。 实现此功能是可选的，它适用于频率选择性通道。 如果未实现此功能，则应使用零值。

**LQI：**

LQI值在物理层中计算，并通过ppduLinkQuality参数通过PD-DATA.indication原语传递给MAC，请参见表7-27。

**Payload modulation scheme：**

指定用于物理层有效载荷的调制方案的参数。 值为0表示远程发送器应使用差分方案，而“1”值表示应使用相干方案。 如果接收机没有实现可选的相干方案，该字段将被忽略，差分调制将被远程设备使用。

在接收到色调映射响应命令帧时，MAC子层用相应的音调图和该设备的通信参数来更新邻居表。如果该设备的表中没有条目已经存在，则可以基于实现相关的限制来添加新条目。 邻居表在表9-20中定义。

**应采用以下步骤执行自适应色调映射功能：**

1. 当 站 准备传输数据时，它将 首先 检查 邻居表 是否已经存在(与目标设备地址相关的)记录。 如果记录不存在或已过期（TMRValidTime计数器为“0”），则MAC子层设置输出(分组段控制字段的) 色调映射请求位 并请求新的色调映射信息。 在这种情况下，MAC数据应以鲁棒模式发送（注意除了数据帧和色调映射响应之外的MAC帧不应设置 色调映射请求位，并且使用(色调映射响应帧中的)色调映射请求位 是可选的）
2. 如果存在邻居表记录，并且音调映射参数仍然有效（TMRValidTime大于“0”），则MAC子层不需要发送音调映射请求消息。 在这种情况下，MAC子层使用来自邻居表的信息来适当地配置发送模式中的物理TX，并构造出帧的帧控制报头（FCH）。
3. 当目的站接收到数据帧时，它将检查段控制字段中的色调映射请求位。 如果该位被设置，目标站将测量通道的载波质量，构建并发送一个音调映射响应消息回到发起者站。 如果没有设置色调映射请求位，目标站不应发送色调映射响应消息。 色调图响应消息应始终使用默认鲁棒调制传输。 目标设备使用来自帧控制头的参数来解码MAC数据字段。
4. 在从源站接收到色调映射请求消息之后，目的站将尝试尽快发送色调映射响应消息。
5. 如果源站接收到色调映射响应消息，它将用新的色调映射，调制和TX增益参数 更新 (与目标地址相关的)邻居表记录。 如果记录不存在，MAC子层将创建一个新的记录。 TMRValidTime应设置为macTMRTTL（在9.3.6.2.2中定义）。 在接收到色调映射响应消息之后，设备将开始使用更新的邻居表信息来进行到相关联目的地的所有传输，直到TMRValidTime字段达到值“0”。
6. 如果源站在向特定目的地发送色调映射请求消息之后没有接收到色调映射响应消息，则将其要发送的下一MAC数据帧的段控制中的色调映射请求位设置为相同 目的地。 换句话说，MAC子层将继续向同一目的地发送色调映射请求消息。
7. 如果没有数据发送到该设备，则MAC子层不应该向目标设备发送音调映射请求消息。

色调映射请求/响应消息序列图如9.3.9.2.4所示。

* + 1. **MAC常数和PIB属性**
       1. **选项**

[IEEE 802.15.4]第7.4节中描述的MAC帧格式适用于表9-13中指定的选择。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 标题和备注/修改 | 声明 |
| 7.4 | MAC常数和PIB属性 | N |
| 7.4.1 | MAC常数  ——aExtendedAddress参数应等于EUI-48地址的设备映射到EUI-64地址。  ——本建议书将aMaxMACPayloadSize参数固定为400字节。  ——aUnitBackoffPeriod参数应设置为aSlotTime。  ——本建议书未使用IEEE802.15.4中未列出的MAC常数。  ——附加的MAC子层常数在第9.3.6.2.1节中定义。 | S, E |
| 7.4.2 | MAC PIB属性  本建议书使用的IEEE 802.15.4 MAC PIB属性如表9-18所示。 表9-18中未列出的IEEE 802.15.4 MAC PIB属性未被本建议书使用。  附加的MIB属性在9.3.6.2.2中定义 | S, E |

表9-13 [IEEE 802.15.4]第7.4节的选择

* + - 1. **扩展**
         1. **附加MAC子层常数**

表9-14定义了本建议书添加的MAC子层常量列表。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 常数 | 描述 | 值 | |
| aPreamSymbolTime | 定义物理层上一个前导码符号的持续时间（以微秒为单位）。 | CENELEC | 640 |
| FCC | 213 |
| aSymbolTime | 定义物理层上一个数据符号的持续时间（以微秒为单位）。 | CENELEC | 695 |
| FCC | 232 |
| aSlotTime | 竞争时隙的持续时间（在数据符号中）。 | 2 | |
| aCIFS | 定义帧间空间竞争（数据符号数）。 它在第9.3.1节中定义。 | CENELEC | 8 |
| FCC | 10 |
| aRIFS | 定义响应帧间间隔（数据符号数）。 它在第9.3.1节中定义。 | CENELEC | 8 |
| FCC | 10 |
| aEIFS | 定义扩展帧间间隔的持续时间。 它在第9.3.1节中定义。 | aSymbolTime × (aMaxFrameSize + aRIFS + aCIFS) + aAckTime | |
| aMinFrameSize | 定义数据符号中的最小MAC帧大小。 | CENELEC | 4 |
| FCC | 1 |
| aMaxFrameSize | 定义数据符号中的最大MAC帧大小。 | CENELEC | 252 |
| FCC | 511 |
| aAckTime | 定义确认的持续时间：  NPRE - 第7.3.1节定义前导符号数。  NFCH - 第7.3.1节定义了FCH符号数。 | NPRE × aPremSymbolTime + NFCH × aSymbolTime | |

表9-14 [IEEE 802.15.4]第7.4.1节的附加MAC子层常数

* + - * 1. **附加的MAC子层属性**

|  |  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 属性 | 标识符 | 类型 | 范围 | 描述 | 默认值 | |
| macHighPriorityWindowSize | 0x0100 | 无符号整型 | [1, 2^3-1] | 高优先级竞争窗口大小的插槽数。 默认值为7×aSlotTime | 7 | |
| macTxDataPacketCount | 0x0101 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 成功发送单播MSDU的统计计数器 | 0 | |
| macRxDataPacketCount | 0x0102 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 成功接收单播MSDU的统计计数器 | 0 | |
| macTxCmdPacketCount | 0x0103 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 成功发送命令数据包的统计计数器 | 0 | |
| macRxCmdPacketCount | 0x0104 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 成功接收命令数据包的统计计数器 | 0 | |
| macCSMAFailCount | 0x0105 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 计算CSMA退款达到macMaxCSMABac koffs的次数 | 0 | |
| macCSMAnoACKCount | 0x0106 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 计算在发送单播数据帧时不接收到ACK的次数（ACK的丢失归因于冲突） | 0 | |
| macRxDataBroadcastCount | 0x0107 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 成功接收广播帧的统计计数器 | 0 | |
| macTxDataBroadcastCount | 0x0108 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 统计计数器发送的广播帧数 | 0 | |
| macBadCRCCount | 0x0109 | 无符号整型 | [0, 2^32-1] | 统计计数器收到的CRC数量差 | 0 | |
| macNeighbourTable | 0x010A | 集合 | --- | 9.3.7.2中定义的邻居表 | Empty | |
| macFreqNotching | 0x010B | 布尔类型 | FALSE  TRUE | S-FSK 63和74 kHz频率切口。 参见[ITU-T G.9901]第B.3条）。 | FALSE | |
| macCSMAFairnessLimit | 0x010C | 无符号整型 | (2×(macMaxBE-macMinBE))-255 | 频道接入公平限制指定退出次数尝试次数，退避指数设置为minBE | 25 | |
| macTMRTTL | 0x010D | 无符号整型 | [0, 2^8-1] | 色调映射参数的最长录像时间以分钟为单位 | 2 | |
| macNeighbourTableEntryTTL | 0x010E | 无符号整型 | [0, 2^8-1] | 在几分钟内，邻居表中的条目的最长生存时间 | 255 | |
| macRCCoord | 0x010F | 无符号整型 | [0, 2^16-1] | 协调器的路由成本用作信标有效载荷作为RC\_COORD | 65535 | |
| macToneMask | 0x0110 | 72比特 | [0, 2^72-1]] | 定义在符号形成期间使用的色调蒙版。 | CENELE C-A | 0x000000000FFFFFFFFF |
| FCC  怀疑少一个F | 0xFFFFFFFFFFFFFFFFF |
| macBeaconRandomizationWindo wLength | 0x0111 | 无符号整型 | [1, 2^8-2]] | 信标随机化的持续时间（秒）。 | 12 | |
| macA | 0x0112 | 无符号整型 | [3, 20] | 该参数控制自适应CW线性下降 | 8 | |
| macK | 0x0113 | 无符号整型 | [1, macCSMA FairnessLi mit] | 频道访问公平限制的速率适配因子 | 5 | |
| macMinCWAttempts | 0x0114 | 无符号整型 | [0, 2^8-1] | 使用最小CW连续尝试次数 | 10 | |
| macCENELECLegacyMode | 0x0115 | 无符号整型 | [0, 2^8-1] | 此只读属性指示节点的能力。 见表9- 16。 | 1 | |
| macFCCLegacyMode | 0x0116 | 无符号整型 | [0, 2^8-1] | 此只读属性指示设备的功能。 见表9-17。 | 1 | |

表 9-15 [IEEE 802.15.4]第7.4.2节的附加属性0

|  |  |
| --- | --- |
| macCENELEC LegacyMode值 | 描述 |
| 0 | 使用以下配置：  - 当I（i，j）= 0时，基本交错  - 交换器参数ni和nj不被交换 |
| 1 | 使用以下配置：  - 全块交错  - 当I（i，j）= 0时，交换器参数ni和nj被交换 |
| 2-225 | 保留值 |

表9-16 macCENELECLegacyMode值和描述

|  |  |
| --- | --- |
| macFCCLegacyMode值 | 描述 |
| 0 | 使用以下配置：  - 差分FCH调制  - 基本交错  - 当I（i，j）= 0时，交换器参数ni和nj不被交换  - 单RS块 |
| 1 | 使用以下配置：  - 相干FCH调制  - 全块交错  - 当I（i，j）= 0时，交换器参数ni和nj被交换  - 两个RS块 |
| 2-225 | 保留值 |

表 9-17 macFCCLegacyMode值和描述

* + - * 1. **MAC子层属性及其相关ID**

表9-18表示本建议书使用的现有IEEE 802.15.4 MAC子层属性。

|  |  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- | --- |
| 属性 | 识别码 | 类型 | 范围 | 描述 | 默认值 |
| macAckWaitDuration | 0x0040 | Integer | 0x0-0xFFFF | 确认时间（以微秒为单位） | aSymbolTime ×( aRIFS + aCIFS)+ aAckTime |
| macBSN | 0x0049 | Integer | 0x0-0xFF | 信标帧序列号 | 随机生成 |
| macDSN | 0x004C | Integer | 0x0-0xFF | 数据帧序列号 | 随机生成 |
| macMaxBE | 0x0047 | Integer | 0-20 | 后退指数的最大值。 它应该总是大于macMinBE | 8 |
| macMaxCSMABackof fs | 0x004E | Integer | 0x0-0xFF | 最大回退次数 | 50 |
| macMaxFrameRetries | 0x0059 | Integer | 0-10 | 最大重传次数 | 5 |
| macMinBE | 0x004F | Integer | 0-20 | 退货指数的最小值 | 3 |
| macPanId | 0x0050 | Integer | 0x0-0xFFFF | PAN ID | 0xFFFF |
| macSecurityEnabled | 0x005D | Boolean | TRUE-FALSE | 安全启用 | TRUE |
| macShortAddress | 0x0053 | Integer | 0x0-0xFFFF | 设备短地址 | 0XFFFF |
| macPromiscuousMode | 0x0051 | Boolean | - | 混杂模式启用 | FALSE |
| macTimeStampSuppor ted | 0x005C | Boolean | - | MAC帧时间戳支持启用 | TRUE |
| macKeyTable | 0x0071 | Set | - | 该属性保存MAC层加密所需的GMK密钥。 该属性可以保存两个16字节的密钥。 行索引对应于密钥标识符值。 出于安全考虑，键入条目不能被读取，只能写入或删除。 | Empty |
| macFrameCounter | 0x0077 | Integer | 0x00000000 – 0xFFFFFFFF |  | 0x00000000 |

表9-18 MAC子层属性及其相关ID

* + 1. **MAC功能描述**
       1. **选项**

[IEEE 802.15.4]第7.5节中描述的MAC功能描述适用于表9-19中指定的选择。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 章节 | 标题和备注/修改 | 声明 |
| 7.5.2.3.4 |  |  |
| 7.5.2.4 |  |  |
| 7.5.2.5 |  |  |
| 7.5.3 |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

表 9-19 [IEEE 802.15.4]第7.5节的选择

* + - 1. **扩展**

每个设备都应该维护一个“邻居表”，其中包含有关设备POS中所有设备的信息。 类似于[IEEE 802.15.4]，ITU-T G.9903设备的POS是ITU-T G.9903分组传输的接收范围。 每当从相邻设备接收到任何帧并且每次接收到色调映射响应命令（根据[IEEE 802.15.4] 7.5.6.2进行过滤）时，该表被实现。 该表可以通过适配，MAC子层和物理层访问。 此表的每个条目都包含表9-20中列出的字段：

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 域名 | 空间（bit） | 描述 |
| 短地址 | 16 | 该条目所指的邻居的MAC短地址。 |
| 有效负载调制方案 | 1 | 有效负载调制方案在发送给该邻居时使用。  0：差分  1：相干  相干方案（见第7.16节）是可选的。 |
| 色调映射 | 6 | 发送到该邻居时要使用的色调图。 |
| 调制类型 | 2 | 发送给该邻居时使用的调制类型。  0：鲁棒模式  1：DBPSK或BPSK  2：DQPSK或QPSK  3：D8PSK或8-PSK |
| 传输增益 | 4 | 当发送给该邻居时使用的发射机增益。 |
| 传输资源 | 1 | 发射机增益对应于一个增益步长。  0：6 dB  1：3 dB |
| TXCOEF[3:0] | 4 | 由TM[0]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[7:4] | 4 | 由TM[1]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[2]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[3]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[4]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[5]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| LQI | 8 | 连接到邻居的链路质量指标（反向LQI） |
| 相位差 | 3 | 本地节点的电源相位与相邻节点之间的60度的倍数的相位差（见第7.17.2.4节和第8.9节） |
| TMR有效时间 | 8 | 音调映射响应参数被认为有效之前的剩余时间（以分钟为单位）。  - 创建条目时，该值应设置为默认值。  - 当达到0时，如果数据发送到该设备，则可以发出色调映射请求。 成功收到色调映射响应后，该值设置为macTMRTTL（见表9-15）。 |
| 邻居有效时间 | 8 | 剩余时间在几分钟内，直到该条目被视为有效。 每次创建一个条目或从该邻居收到一个帧（数据或ACK）时，它被设置为macNeighbourTableEntryTTL。 当它达到零时，该条目在表中不再有效，可能会被删除。 |

表9-20 CENELEC频段计划的邻居表

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| 域名 | 空间（bit） | 描述 |
| 短地址 | 16 | 该条目所指的邻居的MAC短地址。 |
| 有效负载调制方案 | 1 | 有效负载调制方案在发送给该邻居时使用。  0：差分  1：相干  相干方案（见第7.16节）是可选的。 |
| 色调映射 | 24 | 发送到该邻居时要使用的色调图。 |
| 调制类型 | 3 | 发送给该邻居时使用的调制类型。  0：鲁棒模式  1：DBPSK或BPSK  2：DQPSK或QPSK  3：D8PSK或8-PSK  4：16-QAM  5-7：保留值  注 - 16-QAM调制是可选的，只能在相干调制方案适用时使用。 |
| 传输增益 | 4 | 当发送给该邻居时使用的发射机增益。 |
| 传输资源 | 1 | 发射机增益对应于一个增益步长。  0：6 dB  1：3 dB |
| TXCOEF[1:0] | 2 | 由TM[0]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[3:2] | 2 | 由TM[1]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[5:4] | 2 | 由TM[2]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[7:6] | 2 | 由TM[3]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[9:8] | 2 | 由TM[4]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[11:10] | 2 | 由TM[5]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[13:12] | 2 | 由TM[6]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[15:14] | 2 | 由TM[7]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[17:16] | 2 | 由TM[8]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[19:18] | 2 | 由TM[9]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[21:20] | 2 | 由TM[10]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[23:22] | 2 | 由TM[11]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[25:24] | 2 | 由TM[12]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[27:26] | 2 | 由TM[13]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[29:28] | 2 | 由TM[14]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[31:30] | 2 | 由TM[15]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[33:32] | 2 | 由TM[16]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[35:34] | 2 | 由TM[17]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[37:36] | 2 | 由TM[18]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[39:38] | 2 | 由TM[19]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[41:40] | 2 | 由TM[20]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[43:42] | 2 | 由TM[21]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[45:44] | 2 | 由TM[22]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[47:46] | 2 | 由TM[23]表示的音调请求的增益步长数（可选的） |
| LQI | 8 | 连接到邻居的链路质量指标（反向LQI） |
| 相位差 | 3 | 本地节点的电源相位与相邻节点之间的60度的倍数的相位差（见第7.17.2.4节和第8.9节） |
| TMR有效时间 | 8 | 音调映射响应参数被认为有效之前的剩余时间（以分钟为单位）。  - 创建条目时，该值应设置为默认值。  - 当达到0时，如果数据发送到该设备，则可以发出色调映射请求。 成功收到色调映射响应后，该值设置为macTMRTTL（见表9-15）。 |
| 邻居有效时间 | 8 | 剩余时间在几分钟内，直到该条目被视为有效。 每次创建一个条目或从该邻居收到一个帧（数据或ACK）时，它被设置为macNeighbourTableEntryTTL。 当它达到零时，该条目在表中不再有效，可能会被删除。 |

表9-21 FCC频段规划的邻居表

如果设备接收到源地址字段（MAC子层头）在邻居表中不存在的帧，则它将为该设备添加一个具有以下默认值的新条目：

ModulationType = 0 (鲁棒模式)

Payload modulation scheme = 0 (差分调制方案)

ToneMap = all bits set to 1

TxGain = 0

TxCoeff = all bits set to 0

LQI = 0

TMRValidTime = 0

NeighbourValidTime= macNeighbourTableEntryTTL

邻居表在属性macNeighbourTable的信息库中可用（见第9.3.6.2.2节）。

* + 1. **MAC安全套件规格**

[IEEE 802.15.4]第7.6节中描述的安全套件规范适用于表9-22中规定的选择。

表 9-22 [IEEE 802.15.4]第7.6节的选择

* + 1. **说明MAC-PHY的消息序列图**
       1. **选项**
       2. **扩展**
    2. **MAC附件**
    3. **修改的MAC子层数据原语**
       1. **MCPS-DATA请求**
       2. **MCPS-DATA指示**
  1. **IPv6适配子层规范**
     1. **信息基础属性**
        1. **通用**
        2. **路由，广播和黑名单邻居表描述**
     2. **数据帧格式，数据报传输和寻址**
        1. **IETF RFC 4944的选择**
        2. **IETF RFC 6282的选择**
        3. **扩展**
           1. **命令帧头**
           2. **适应层框架的安全处理**
     3. **网格路由**
        1. **附件D的选择**
        2. **附件D的扩展**
           1. **单播数据包路由**
           2. **多播/广播**

**分组路由**

**组**

* + - * 1. **路线发现**

**手求和路由错误生成频率限制**

* + - * 1. **路径发现**

**手术**

* + - * 1. **路由修复和路由错误**
        2. **链接成本计算**
        3. **路由数据包和消息格式**

**一般数据包格式**

**路由请求（RREQ）和路由回复（RREP）消息格式**

**路由错误（RERR）消息格式**

**路径请求（PREQ）消息格式**

**路径回复（PREP）消息格式**

**RLCREQ消息格式**

**RLCREP消息格式**

* + 1. **调试新设备**
       1. **附件E的选择**
       2. **附件E的扩展**
          1. **LoWPAN自举协议（LBP）消息格式**

**一般**

**嵌入式EAP消息**

**配置参数**

* + - * 1. **6LoWPAN自举程序**

**概观**

**发现阶段**

**访问控制阶段**

**认证和密钥分发阶段**

**授权和初始配置阶段**

**为协调器之外的任何节点加入PAN**

**离开PAN - 由PAN协调员删除设备**

**离开PAN - 自行移除设备**

* + 1. **嗅探模式（可选模式）**
    2. **适应子层服务原语**
       1. **ADP数据原语**
          1. **概观**
          2. **ADPD-DATA请求**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPD-DATA.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPD-DATA指示**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - 1. **ADP管理服务**
         1. **概观**
         2. **ADPM-DISCOVERY.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-DISCOVERY.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-START.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-START.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-JOIN.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-JOIN.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-LEAVE.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-LEAVE.indication**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-LEAVE.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-RESET.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-RESET.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-GET.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-GET.confirm原**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-SET.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-SET.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-NETWORK-STATUS.indication**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-ROUTE-DISCOVERY.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-ROUTE-DISCOVERY.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM路径，DISCOVERY.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM路径，DISCOVERY.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-LBP.request**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-LBP.confirm**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-LBP.indication**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - * 1. **ADPM-BUFFER.indication**

**服务原语的语义**

**生成时**

**收到影响**

* + - 1. **行为MAC指示**
         1. **概观**
         2. **MCPS-DATA指示**
         3. **MLME-ASSOCIATE.indication**
         4. **MLME-DISASSOCIATE.indication**
         5. **MLME信标NOTIFY.indication**
         6. **MLME-GTS.indication**
         7. **MLME-ORPHAN.indication**
         8. **MLME-COMM-STATUS.indication**
  1. **功能说明**
     1. **网络形成**

# 安全

* 1. 访问控制和认证
  2. 保密和诚信
  3. 反重播和DoS预防
  4. 认证和密钥分发协议 - IETF RFC 3748中的选择
  5. EAP方法
     1. EAP-PSK概述
     2. 组密钥分发
     3. 配置扩展格式
     4. 同行程序
     5. 服务器端程序

1. **协议实现一致性声明**
   1. 概观
   2. PICS形式表
      1. 功能设备类型（来自IEEE 802.15.4的D.7.1）
      2. PHY功能（来自IEEE 802.15.4的D.7.2.1节）
      3. PHY分组（来自IEEE 802.15.4的D.7.2.2）
      4. 射频（IEEE 802.15.4的D.7.2.3条）
      5. MAC子层功能（来自IEEE 802.15.4的D.7.3.1）
      6. MAC帧（IEEE 802.15.4的D.7.3.2条款）
2. **路由成本**
   1. 复合度量法
3. **消息的设备启动顺序**
4. **轻量级点播Ad hoc距离矢量路由协议 - 下一代（LOADng）**
   1. 介绍
   2. 术语和符号
   3. 适用性声明
   4. 协议概述和功能
   5. 协议参数
   6. 协议消息内容
   7. 信息库
   8. LOADng路由器序列号
   9. 路线维护
   10. 单向链路处理
   11. RREQ和RREP消息的通用规则
   12. 路由请求（RREQ）
   13. 路由回复（RREP）
   14. 路由错误（RERR）
   15. 路由回复确认（RREP\_ACK）
   16. 度量
   17. 安全考虑
5. **6LoWPAN调试**
   1. 介绍
   2. 术语
   3. 引导
   4. IANA考虑
   5. 安全考虑
6. **对日本的区域要求**
   1. 概观
   2. ARIB带规划的物理层规格
   3. 数据链路层规范
7. **编码和解码的例子**
   1. 数据编码示例
   2. 数据解码示例
8. **加密构建块的测试向量**
   1. 介绍

**参考书目**