[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 | 保留值 | - |
| 0x07 | 信标请求 | 见第7.3.7节 |
| 0x08-0x09 | 保留值 | - |
| 0x0A | 色调映射响应 | 见第9.3.5.2.2节 |
| 0x0B-0xFF | 保留值 | - |

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。 |
| 保留值 | 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]表示的色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]表示的色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]表示的色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]表示的色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]表示的色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]表示的色调请求的增益步数的数量（可选） |
| 保留值 | 6 | 7-0 | 8 | 应设置为零 |

表 9-9 CENELEC频段计划的色调映射响应消息说明

|  |  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- | --- |
| 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]表示的色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]表示的色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]表示的色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]表示的色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]表示的色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频段计划的色调映射响应消息描述

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子层用相应的色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，并且色调映射参数仍然有效（TMRValidTime大于“0”），则MAC子层不需要发送色调映射请求消息。 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，构建并发送一个色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。 色调映射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色调映射请求消息。

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 |
|  |  | S |
|  |  | E |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  | E |
|  |  | E |
|  |  | N |
|  |  | S |
|  |  |  |
|  |  | S |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  | N |
|  |  | N |
|  |  |  |
|  |  |  |
| 7.5.2.3.4 |  | S |
| 7.5.2.4 |  | S, E |
| 7.5.2.5 |  | E |
| 7.5.3 |  | N |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
| 7.5.4.3 |  |  |
|  |  |  |
|  |  | N |
|  |  | N |
|  |  | N |
|  |  |  |
|  |  | N |
|  |  | E |
|  |  | E |
|  |  | N |
|  |  | N |
|  |  | N |
|  |  |  |
|  |  | N |
|  |  | S |
|  |  | S |
|  |  | S |
|  |  |  |
|  |  | E |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  | N |
|  |  | N |
|  |  |  |
|  |  | S |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |
|  |  |  |

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]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[7:4] | 4 | 由TM[1]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[2]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[3]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[4]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[ | 4 | 由TM[5]表示的色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 | 色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]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[3:2] | 2 | 由TM[1]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[5:4] | 2 | 由TM[2]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[7:6] | 2 | 由TM[3]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[9:8] | 2 | 由TM[4]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[11:10] | 2 | 由TM[5]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[13:12] | 2 | 由TM[6]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[15:14] | 2 | 由TM[7]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[17:16] | 2 | 由TM[8]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[19:18] | 2 | 由TM[9]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[21:20] | 2 | 由TM[10]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[23:22] | 2 | 由TM[11]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[25:24] | 2 | 由TM[12]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[27:26] | 2 | 由TM[13]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[29:28] | 2 | 由TM[14]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[31:30] | 2 | 由TM[15]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[33:32] | 2 | 由TM[16]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[35:34] | 2 | 由TM[17]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[37:36] | 2 | 由TM[18]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[39:38] | 2 | 由TM[19]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[41:40] | 2 | 由TM[20]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[43:42] | 2 | 由TM[21]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[45:44] | 2 | 由TM[22]表示的色调请求的增益步长数（可选的） |
| TXCOEF[47:46] | 2 | 由TM[23]表示的色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 | 色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**

MCPS-DATA.request原语的语义如下：

MCPS-DATA.request (

SrcAddrMode, //Src地址模式

DstAddrMode, //Dst地址模式

DstPANId, //Dst PAN ID

DstAddr, //Dst地址

msduLength, //msdu长度

msdu, //MSDU

msduHandle, //msdu手柄

TxOptions, //发送选项

SecurityLevel, //安全级别

KeyIdMode, //关键id模式

KeySource, //关键来源

KeyIndex, //主要指标

QualityOfService //服务质量

)

* + - 1. **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**

除了[IETF RFC 4944]中规定的LoWPAN头外，本建议书还定义了一个新的命令帧头。 这用于第9.4.3节中定义的网格路由过程。

如图9-12所示，使用ESC报头类型（参见[IETF RFC 4944]的第5.1节）识别ADP子层命令帧，随后是一个指示ADP命令类型的8位调度字段。 如果6LowPAN帧中存在多个报头，则该报头应位于最后位置。

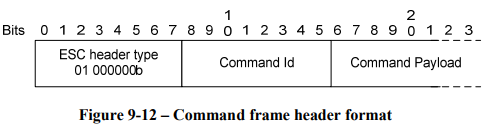


图 9-12 命令帧头格式

* + - * 1. **适应层框架的安全处理**
    1. **网格路由**
       1. **附件D的选择**

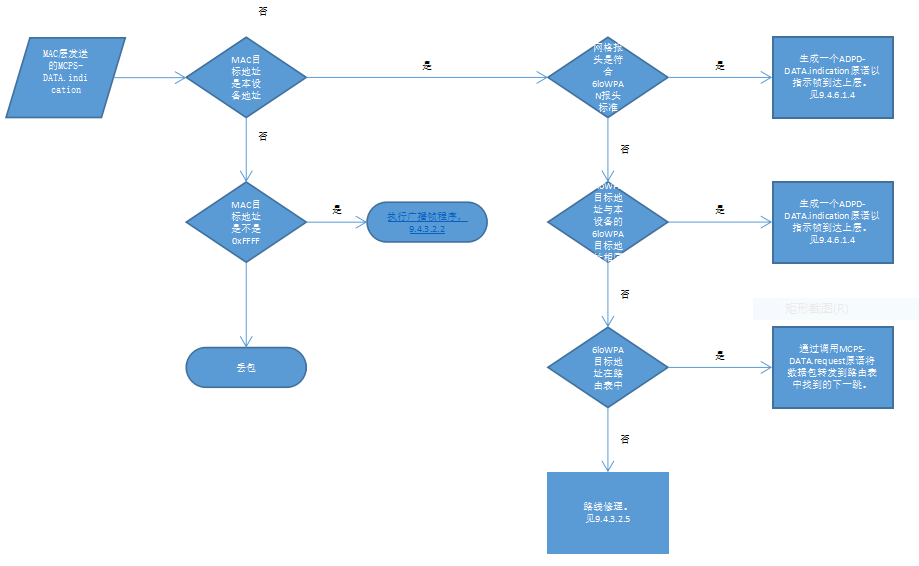
LOADng是ITU-T G.9903默认路由机制，应由ITU-T G.9903设备支持。 在本建议书中，附件D中规定的LOADng协议专门用于第2层路由，附件D中使用的术语“路由域”应被解释为“第2层路由域”。

附件H中规定的LOADng协议可能被禁用。 这允许ITU-T G.9903设备支持点对点单跳通信或非默认路由协议。 附录D中描述的网格布线适用于表9-36中的选择。

* + - 1. **附件D的扩展**
         1. **单播数据包路由**

参数值解释：

|  |  |
| --- | --- |
| 参数值 | 描述 |
| DstAddrMode=0x02 | 16位短地址 |
| DstAddr = MAC destination address | 目标地址 |
| SrcAddr = MAC source address | 源地址 |
|  |  |
|  |  |



* + - * 1. **多播/广播**

**分组路由**

分组路由机制基于[IETF RFC 4944]的第11.1节。 本节详细说明广播和组播数据包的路由。

如[IETF RFC 4944]的第11.1节所述，每个广播分组具有包含序列号的BC0头部。 每次节点发送广播数据包时，它将增加该序列号。

每个节点应具有广播日志表。 该表用于路由广播数据包，每个条目包含表9-31中描述的参数。

每当一个设备接收到具有严格大于0的网格报头的HopsLft字段（见[IETF RFC 4944]的第5.2节）的广播地址时，它将检查具有相同SrcAddr的广播日志表中是否存在条目，SeqNumber。 如果存在条目，则接收到的帧被静默地丢弃。 否则，在表中添加一个新条目，并使用值adpBroadcastLogTableEntryTTL初始化TimeToLive字段（参见表9-27）。 当该值达到0时，该条目将从广播日志表中删除。

当设备接收到广播帧时，必须在广播日志表中创建一个条目，它将减少其HopsLft字段。 如果HopsLft不为零，则触发所接收的广播帧的发送。

这可以通过以下算法来总结，在接收到目的地址为0xFFFF的帧时执行（对于相应的流程图也参见图9-14）：

图 9-14

注 - 在组播地址的情况下，如[IETF RFC 4944]第3节所述，广播地址0xFFFF用于MAC级别。 使用与广播帧相同的算法路由多播帧。

广播日志表在信息库中具有adpBroadcastLogTable属性（参见表9-27和9-31）。

**组**

每个设备可以属于一组或多组设备。 IB属性adpGroupTable（见表9-27）存储16位组地址列表。

当设备接收MAC广播消息时，如果6LoWPAN网格报头中的最终目的地址等于adpGroupTable中的16位组地址之一，则会向上层生成ADPD-DATA.indication原语（如上所述） 在第9.4.3.2.2.1节）。

可以使用ADPM-SET.request原语从adpGroupTable中添加或删除组。 该表的大小是实现特定的，并且应至少有一个条目。 组由上层管理的方式超出了本文档的范围。

* + - * 1. **路线发现**

**手动路由发现**

手动路由发现 可以由上层触发，用于 维护 或 性能目的。 这通过调用ADPM-ROUTE-DISCOVERY.request原语来完成。 然后，适配子层生成RREQ帧并执行如第9.4.3.1节所述的算法。

算法完成后，适配子层生成具有相应状态码的ADPM-ROUTEDISCOVERY.confirm原语，并最终修改其路由表。

只能同时处理一个路由发现过程。 任何其他ADPM-ROUTEDISCOVERY.request都将被忽略。

所有设备都应支持LOADng协议，并相应地修改其路由表。

**自动路由发现**

如果一个ADPD.DATA.request原语被调用，其DiscoverRoute参数设置为TRUE，并且如果在由DstAddr指定的设备的路由表中没有条目可用，则适配层生成RREQ并执行第9.4节中描述的算法 .3.1为了找到到目的地的路线。 如果路由发现成功，则根据新发现的路由将数据帧发送到目的地。 如果路由发现失败，则适配层将生成状态码为ROUTE\_ERROR的ADPD-DATA.confirm原语。

如果使用其DiscoverRoute参数设置为FALSE来调用ADPD.DATA.request原语，并且如果在由DstAddr指定的设备的路由表中没有条目可用，则适配层将生成ADPD-DATA.confirm原语，其中 状态代码ROUTE\_ERROR。

路径修复程序见第9.4.3.2.5节。

**手求和路由错误生成频率限制**

节点应在两个连续的RREQ / RERR生成之间等待adpRREQRERRWait秒，以限制网络中广播数据包的数量。 adpRREQRERRWait属性的定义在9.4.1.1节中给出。

* + - * 1. **路径发现**

**运算符**

路由发现可以由上层触发，用于维护或性能目的。这通过调用ADPM-PATH-DISCOVERY.request原语来完成。然后，适配子层生成路径请求帧（PREQ），并执行以下子条款中描述的算法。

在算法完成之后（在PREQ接收到具有与路径发现目的地（DstAddr）对应的预期发起者）的路径应答帧（PREP）之后或在PREQ传输之后经过adpPathDiscoveryTime之后），适配子层生成ADPM-PATH-DISCOVERY.confirm原始到上层

在其PREQ帧发送后的adpPathDiscoveryTime秒后接收的路径应答帧将被忽略。

DstAddr（PREQ帧中的目标字段和PREP帧中的预期发起方字段）用作路径发现的标识符，因此同一目的地只能处理一个路径发现过程。当第一个仍在进行时，对同一目的地的路径发现的第二次调用将导致ALREADY\_IN\_PROGRESS状态。 PREQ帧沿着前向路径发送，同时携带更新的逐跳链路与度量类型字段相关联的成本信息由ADPM-PATHDISCOVERY.request给出。类似地，沿着反向路径发送PREP帧，同时承载更新的逐跳链路成本信息。请注意，由ADPM-PATH-DISCOVERY.request给出的度量类型字段（PathMetricType）与adpMetricType属性共享相同的标识符和计算过程。然而，它们可以不同（即，路径发现可以收集与用于路由的路由不同的度量）。

在路径发现期间，不允许链路修复，路由错误和路由表更新。

**生成路径请求（PREQ）**

生成PREQ消息的节点（见第9.4.3.2.7.4节）应：

按照上层的指导，设置节点的目的地址到PREQ消息传播的地方。

设置自己的地址作为发起者地址。

设置指标路径发现消息中报告的链路成本的度量类型（按照上层指导）。

然后，发送PREQ中描述的动作适用。

**处理路径请求（PREQ）**

在接收路径请求（PREQ）时，正向路径上的第i个节点（见第9.4.3.2.7.4节）：

将其16位地址附加到Hop-i转发路径字段。

追加由PathMetricType指定的链接成本，并将其与传入帧更新为Hop-i转发路径链路成本字段。如果节点不支持度量，则“不支持度量标准”（MNS）字段设置为1，并将其链路成本字段设置为0。

如果PREQ目的地址是接收到PREQ消息的节点的地址，则PREQ不转发，并且应用PREP生成。

否则，发送PREQ中描述的动作应适用。

**发送路径请求（PREQ）**

如果在路由表中找到PREQ目的地址，则将PREQ消息转发到目的地的下一跳（见第9.4.3.2.1节）。 然而，不使用路线修复程序。

如果在路由表中没有找到PREQ目的地址，或者PREQ传输失败，则应用PREP生成。

**生成路径回复（PREP）**

生成PREP消息的节点（见第9.4.3.2.7.5节）应：

将PREQ始发者地址设置为目标地址。

将PREQ目的地址设置为预期的发起方地址。

设置自己的地址作为发起者。

追加PathMetricType，MNS和保留位，由PREQ消息传送的正向路径地址及其相关链路成本。

然后，发送PREP中描述的动作适用。

**处理路径回复（PREP）**

在接收路径答复（PREP）时，反向路径上的第j个节点（见第9.4.3.2.7.5节）：

将其16位地址附加到Hop-j反向路径字段。

追加PathMetricType指定的链接成本，并将其与传入帧进行更新，转发到Hop-j转发路径链路成本字段。 如果节点不支持度量，则“不支持度量标准”（MNS）字段设置为1，并将其链路成本字段设置为0。

如果PREP目标地址是接收PREP的节点的地址，则ADPMPATH-DISCOVERY.confirm（见第9.4.6.2.21节）被发送到上层，PathAddress字段包含构成节点的地址表 路径（或路径的一部分）及其相关的正向和反向链路成本。

否则，发送PREQ中描述的动作应适用。

**发送路径回复（PREP）**

如果在路由表中找到PREP目标地址，则节点将PREP消息转发到目的地的下一跳（见第9.4.3.2.1节）。 然而，不使用路线修复程序。

如果在路由表中没有找到PREP目的地址，或者PREP传输失败，则节点丢弃PREP。

* + - * 1. **路由修复和路由错误**

RREQ：路由请求（Route Request）

RREP：路由回复（Route Reply）

RERR：路由错误（Route Error）

路由修复有两种情况：

•当中间节点接收到不存在的目的地址的数据包时在路由表中，

•假设传输不成功（MCPS-DATA.confirm状态等于TRANSACTION\_EXPIRED或NO\_ACK）。

在路由修复过程中缓冲数据包待处理。

为了修复路由，节点传播RREQ，其发起方地址设置为其自己的地址，目的地址设置为数据包的最终目的地址。 在这些情况下，RREQ消息中的路由修复标志设置为“1”，Hop Limit字段设置为（HopLeft-1），HopLeft值取自触发路由修复过程的数据帧。 针对这些RREQ产生的RREP消息，将其修复标志设置为“1”。

如果修复节点在2 \* adpNetTraversalTime秒内从最终目的地收到RREP（见表9-27），则更新其路由表，并通过新路由将缓冲的数据包发送到目的地。 如果分组传输由于链路断开而再次发生故障，则不再进行路由修复，并且丢弃该分组。

如果路由修复过程在中间节点失败，则该节点向发起方发送RERR，并且丢弃缓冲的数据包。

RERR消息携带一个错误代码，指示修复失败的原因。 错误代码在表9-37中定义。 RRER生成应符合9.4.3.2.3.3。

|  |  |
| --- | --- |
| 码 | 描述 |
| 0 | 没有可用的路由 |
| 1-251 | 保留值 |
| 252-255 | 未分配：预留用于实验用途 |

表 9-37 路由错误码

* + - * 1. **链接成本计算**

前向和反向链路成本可以用于附件B中定义的路由成本计算。虽然可以从接收的RREQ计算前向链路成本，但是可以通过以下方法获得反向链路成本：

1. 使用邻居表

如果上一跳信息在邻居表中，并且仍然有效，则可以用于计算反向链路成本。

2. 使用RLCREQ（反向链路成本请求）和RLCREP（反向链路成本回复）：

如果adpRLCEnabled设置为TRUE，则可以将单播RLCREQ发送到上一跳以请求反向链路成本。 在接收到RLCREQ之后，上一跳应计算反向链路成本，并用RLCREP进行回复，例如RLCREP.link-cost =反向链路成本。

LOADng路由器至少等待两个连续的RLCREQ消息之间的adpRREQRERRWait秒。

* + - * 1. **路由数据包和消息格式**

本条款中描述的数据包和消息格式应用于实施LOADng（见附件D）。

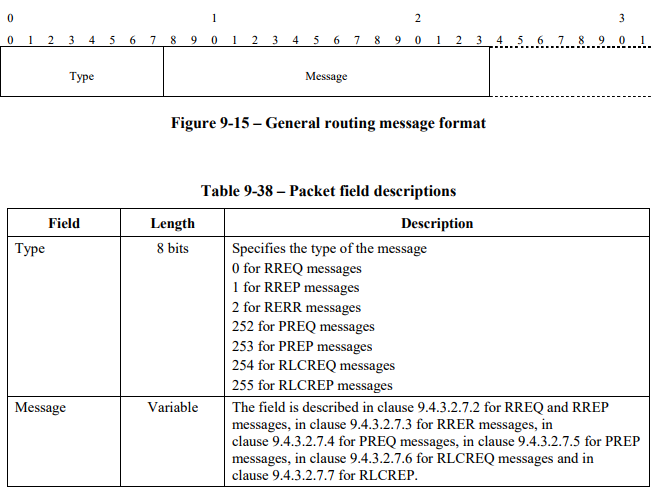
**一般数据包格式**

分组的生成，转发和处理应遵循LOADng协议。 预计一些路由数据包将为每一跳改变其内容。 因此不得使用6loWPAN网格报头和广播报头：

——当广播RREQ时，RREQ消息被发送到MAC层广播地址，而没有6loWPAN广播报头。

——发送所有路由消息，都不带6loWPAN 网格报头。

根据附录D生成，转发和处理的所有数据包的一般格式如图9-15和表9-38所示。



**路由请求（RREQ）和路由回复（RREP）消息格式**

RREQ和RREP消息的类型字段分别等于0和1。 RREQ和RREP格式如图9-16和表9-39所示，根据附件D生成，转发和处理。

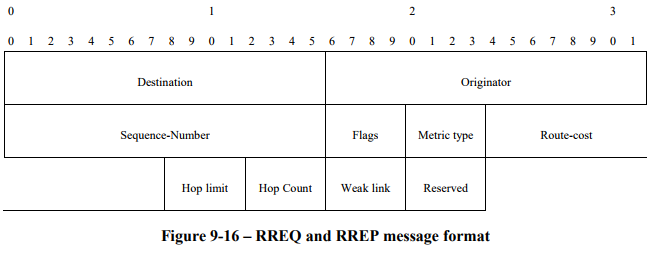


表9-39 路由请求（RREQ）和路由回复（RREP）消息字段描述

**路由错误（RERR）消息格式Route Error**

**路径请求（PREQ）消息格式Path Request**

**路径响应（PREP）消息格式Path Reply**

**RLC请求消息格式**

**RLC响应消息格式**

* + 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（先不看）**

**一般**

**嵌入式EAP消息**

**配置参数**

* + - * 1. **6LoWPAN自举程序**

**概观**

本条款对6LoWPAN自举程序提出了一些增强和澄清。 当ADPM-NETWORK-JOIN.request原语被上层调用时，执行此过程。

图9-25提供了在引导过程中在设备之间交换的消息的概述。

LBA（LoWPAN Bootstrapping Agent）：LoWPAN自举代理

LBD（LoWPAN Bootstrapping Device）：LoWPAN自举装置

LBP（LoWPAN Bootstrapping Protocol）：LoWPAN自举协议

LBS（LoWPAN Bootstrapping Server）：LoWPAN自举服务器

EAP（Extensible Authentication Protocol ）: 可扩展认证协议

图 9-25 Bootstrapping协议消息序列图

图9-26总结了在LBD和LBS之间需要交换单个LBP协议消息时，在设备不同协议层之间PAN上的标称关联过程中涉及到的转发消息。

图9-26 自举协议消息转发顺序图

**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**

该原语用于将接收的数据从适配子层传送到上层。 这个原语的语义如下：

ADPD-DATA.indication（NsduLength，Nsdu，LinkQualityIndicator）

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| 名称 | 类型 | 有效范围 | 描述 |
| Nsdu长度 | 整形 | 0-1280 | NSDU的字节数 |
| Nsdu | 一组八位字节 | — | 接收到的Nsdu |
| LinkQualityIndicator | 整形 | 0x00-0xFF | 在接收帧期间的链路质量的值。（链路质量指标） |

表 9-53 ADPD-DATA.indication原语的参数

**生成时**

当最终目的地是已经接收到的当前站的有效数据帧时，该原语由适配子层产生。

**收到影响**

在生成该原语时，向上层通知数据帧的到达。

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

**服务原语的语义**

ADPM允许传输用于网络维护的命令帧。ADPM支持的原语列表是：

**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**