

GY

中华人民共和国广播电影电视行业标准

GY/T 297—2016

NGB 宽带接入系统 HINOC2.0 物理层和媒体接入控制层技术规范

NGB broadband access system—
Technical specification of HINOC2.0 physical and MAC layer

2016 - 03 - 18 发布

2016 - 03 - 18 实施

国家新闻出版广电总局 发布

目 次

前言	II
引言	III
0.1 本标准与 GY/T 265—2012 的差异	III
0.2 相关专利情况说明	III
1 范围	1
2 规范性引用文件	1
3 术语、定义和缩略语	1
3.1 术语和定义	1
3.2 缩略语	2
4 概述	2
5 物理层 (PHY 层) 传输模式	3
5.1 PHY 层结构	3
5.2 PHY 层帧结构	12
5.3 频谱模板	22
6 媒体接入控制层 (MAC 层) 协议	22
6.1 MAC 层结构	22
6.2 MAC 层帧类型	23
6.3 汇聚子层 (CS)	28
6.4 公共部分子层 (CPS)	34
附录 A (规范性附录) MAC 层帧结构	58
附录 B (规范性附录) MAC 层常量定义	72
附录 C (资料性附录) 数据帧重传机制示例	74
图 1 HINOC 系统的逻辑拓扑结构	2
图 2 HINOC 系统协议栈	2
图 3 HINOC2.0 系统的信号收发流程	3
图 4 发送单元功能框图	3
图 5 双对角矩阵	6
图 6 星座映射的数据比特输入顺序	9
图 7 OFDM 子载波分布	11
图 8 OFDM 符号插入循环前缀	12
图 9 PHY 层帧结构	12
图 10 前导序列 A 结构	13
图 11 前导序列 B 结构	14
图 12 负载段 A 产生流程	16
图 13 插入保护字段	17
图 14 负载段 B 产生流程	18

图 15	OFDM 子载波分布	19
图 16	子载波填充示意图	19
图 17	负载段 C 产生流程	20
图 18	负载段 D 产生流程	21
图 19	频谱模板	22
图 20	HINOC MAC 层结构	23
图 21	下行信令帧结构	24
图 22	上行信令帧结构	24
图 23	MAP 帧格式	25
图 24	R 帧格式	25
图 25	HIMAC 数据帧格式	26
图 26	EISF 结构	26
图 27	信令帧的承载方式	27
图 28	信令帧的分片与承载	27
图 29	数据帧承载方式	28
图 30	HINOC 对 EMAC 帧的打包	28
图 31	HINOC 对 EMAC 帧的分段示例	29
图 32	发送节点流程图	31
图 33	接收节点流程图	33
图 34	MAP 周期与 Pd 周期的关系	34
图 35	信道上的 MAP 周期	35
图 36	MAP 周期的结构	35
图 37	SSC_MAP 与 MAP 周期的映射关系示例	37
图 38	MAP 周期的分配方案示例	38
图 39	MAC 层信令通道结构	38
图 40	接纳过程信令交互流程图	40
图 41	HB 正常接纳过程状态转移图示例	41
图 42	HM 正常接纳过程状态转移图示例	42
图 43	链路维护过程的信令交互流程图	49
图 44	HB 正常链路维护过程状态转移图示例	50
图 45	HM 正常链路维护过程状态转移图示例	51
图 46	NHM/HM 主动退出网络	55
图 47	NHM/HM 被动退出网络	56
图 48	测距方法	57
图 C.1	数据帧正常收发流程图	74
图 C.2	数据帧传输错误或丢失	75
图 C.3	数据帧连续传输错误或丢失	76
图 C.4	确认信息传输错误或丢失	77
图 C.5	确认信息连续传输错误或丢失（场景 1）	78
图 C.6	确认信息连续传输错误或丢失（场景 2）	79
表 1	(1920, 1728) LDPC 码信息位部分码表	5
表 2	(3840, 3456) LDPC 码信息位部分码表	7

表 3	星座映射归一化因子	10
表 4	旋转角度计算	10
表 5	SC 的子载波分布	11
表 6	PHY 层帧构成	12
表 7	$n_{m,A}$ 的取值表	13
表 8	$Z(i)$ 的取值表	14
表 9	$n_{k,B}$ 的取值表	15
表 10	保护字段定义	17
表 11	频谱模板参数说明	22
表 12	下行信令帧类型	24
表 13	上行信令帧类型	24
表 14	HIMAC 首/尾以太网子帧分段标识定义	29
表 15	SSC_MAP 中的码字定义	36
表 A.1	下行信令帧首部	58
表 A.2	下行信令帧尾部	60
表 A.3	空帧 (EMPTY) 载荷	60
表 A.4	接纳响应帧 (ADM_RES) 载荷	61
表 A.5	拒绝帧 (REJ) 载荷	61
表 A.6	上行信道报告帧 (ULINK_REPORT) 载荷	61
表 A.7	确认帧 (ACK) 载荷	62
表 A.8	公共调制参数报告帧 (CMP_REPORT) 载荷	62
表 A.9	链路更新帧 (LINK_UPDATE) 载荷	62
表 A.10	退出确认帧 (QUIT_ACK) 载荷	62
表 A.11	功率控制帧 (POWER_CTRL) 载荷	62
表 A.12	参数单元 (PE)	63
表 A.13	信令帧首部/载荷扩展部分	64
表 A.14	TLV 编码格式	65
表 A.15	上行信令帧首部	66
表 A.16	上行信令帧尾部	67
表 A.17	空帧 (EMPTY) 载荷	67
表 A.18	接纳请求帧 (ADM_REQ) 载荷	67
表 A.19	接纳确认帧 (ADM_ACK) 载荷	67
表 A.20	拒绝确认帧 (REJ_ACK) 载荷	68
表 A.21	确认帧 (ACK) 载荷	68
表 A.22	下行信道报告帧 (DLINK_REPORT) 载荷	68
表 A.23	退出帧 (QUIT) 载荷	68
表 A.24	MAP 帧	69
表 A.25	R 帧	69
表 A.26	HIMAC 数据帧首部	70
表 A.27	HIMAC 数据帧载荷	70
表 A.28	HIMAC 数据帧尾部	71
表 A.29	EISF 格式	71
表 B.1	CS 常量	72

GY/T 297—2016

表 B.2	媒体接入控制与信道分配常量	72
表 B.3	节点接纳常量	73
表 B.4	链路维护常量	73
表 B.5	其他常量	73

前 言

本标准按照GB/T 1.1—2009给出的规则起草。

本标准由全国广播电影电视标准化技术委员会（SAC/TC 239）归口。

本标准起草单位：国家新闻出版广电总局广播科学研究院、北京大学、西安电子科技大学、上海交通大学、国家新闻出版广电总局广播电视规划院、北京瀚诺半导体科技有限公司、华为技术有限公司、北京海尔集成电路设计有限公司、江苏省广电有线信息网络股份有限公司、南京宇都通讯科技有限公司。

本标准主要起草人：崔竞飞、李红滨、张冰、秦龔龙、张诚、赵辉、赵翠、赵玉萍、邱智亮、何大治、张爽、朱里越、高晓俊、吴广生、戴书胜、李斗、欧阳峰、潘伟涛、杨川川、张宇、徐胤、孙艳宾、强辉、颜克洲、王俊峰、李培琳、万倩、杨家胜、张利。

引 言

0.1 本标准与 GY/T 265—2012 的差异

本标准作为第二代HINOC技术规范，能够向下兼容GY/T 265—2012《NGB宽带接入系统 HINOC传输和媒质接入控制技术规范》。

本标准与GY/T 265—2012的主要差异包括：

- a) 物理层单信道带宽提升到 128MHz；
- b) 增加支持 OFDMA 多址方式；
- c) 增加支持 2048QAM 和 4096QAM 星座映射；
- d) 增加支持 LDPC 纠错编码（可选）；
- e) 物理层增加下行控制帧和上行报告帧两种帧类型；
- f) 物理层数据帧中增加导频子载波，取消 GY/T 265—2012 物理层数据帧中的前导序列和帧间隔；
- g) 支持分组自适应调制；
- h) 信道分配采用报告/授权机制；
- i) 采用定长 MAP 周期和定长 MAP 帧；
- j) MAC 层增加数据帧分段机制；
- k) 增加测距与时延补偿机制；
- l) MAC 层增加多节点并行接纳/链路维护功能（可选）；
- m) MAC 层增加数据帧自动请求重传机制（可选）；
- n) 引入“基本子信道”和“扩展子信道”。

0.2 相关专利情况说明

本标准的发布机构提请注意，声明符合本标准时，可能使用涉及本标准有关内容的相关授权的和正在申请的专利如下：

序号	标准章条号	专利名称
1	4	数据传输方法与装置
2	4	广播电视业务数据处理方法及装置
3	5.1.3.3	译码装置以及对解析数据进行译码的方法
4	5.1.3.3	译码装置以及对解析数据进行译码的方法
5	5.1.3.3	基于准循环的中短码长LDPC及编解码器和编码方法
6	5.1.3.3	数据换序发送接收译码方法及装置
7	5.1.4.4	一种数字通信方法
8	5.1.4.5	一种QAM星座图标签的构建方法
9	5.1.6.1	OFDM系统中基于子信道划分实现双向通信的传输方法
10	5.2.7	一种TDMA系统中上行控制信道传输方法

11	6.2.3	信息上报方法、装置及系统
12	6.3.2	具有容错功能的数据帧聚合方法
13	6.3.3	具有自愈功能的自动请求重传方法
14	6.4.1	基于定长时隙的时分双工/时分多址信道动态分配方法
15	6.4.1	时分双工/时分多址信道规划帧编码方法
16	6.4.2	基于多通道的并行节点接纳方法
17	6.4.2、6.4.3	基于单向传输的广播参数更新方法

本标准的发布机构对于该专利的真实性、有效性和范围无任何立场。

该专利持有人已向本标准的发布机构保证，他愿意同任何申请人在合理且无歧视的条款和条件下，就专利授权许可进行谈判。该专利持有人的声明已在本标准的发布机构备案，相关信息可以通过以下联系方式获得：

专利权利人	联系地址	联系人	邮政编码	电话	电子邮件
国家新闻出版广电总局广播科学研究院	北京市西城区复兴门外大街2号	赵翠	100866	010-86098037	zhaocui@abs.ac.cn
北京大学	北京海淀区颐和园路5号北京大学理科2号楼	李斗	100871	010-62752842	lidou@pku.edu.cn
西安电子科技大学	西安市雁塔区太白南路2号西安电子科技大学ISN国家重点实验室	张冰	710071	029-88201551	bzhang@mail.xidian.edu.cn
北京瀚诺半导体科技有限公司	北京市海淀区信息路22号B座2层02-A262室	张诚	100085	010-62750138	zhang.cheng@pku.edu.cn
上海交通大学	上海市闵行区东川路800号电信群楼5号楼东303A	何大治	200240	13916583683	hedazhi@sjtu.edu.cn
华为技术有限公司	武汉市光谷软件园华为武汉研究所	孙艳宾	430074	18986076593	evan.sun@huawei.com

请注意除上述专利外，本标准的某些内容仍可能涉及专利。本标准的发布机构不承担识别这些专利的责任。

NGB 宽带接入系统

HINOC2.0 物理层和媒体接入控制层技术规范

1 范围

本标准规定了高性能同轴电缆宽带接入网络（HINOC2.0）的物理层传输模式以及媒体接入控制层协议。

本标准适用于利用有线电视同轴电缆实现高性能宽带接入的双向数字通信系统。

2 规范性引用文件

下列文件对于本标准的应用是必不可少的。凡是注日期的引用文件，仅所注日期的版本适用于本标准。凡是不注日期的引用文件，其最新版本（包括所有的修改单）适用于本标准。

GB/T 17786—1999 有线电视频率配置

GY/T 106—1999 有线电视广播系统技术规范

GY/T 221—2006 有线数字电视系统技术要求和测量方法

GY/T 265—2012 NGB宽带接入系统 HINOC传输和媒质接入控制技术规范

3 术语、定义和缩略语

3.1 术语和定义

GY/T 265—2012界定的以及下列术语和定义适用于本标准。

3.1.1

导频子载波 pilot sub-carrier

OFDM符号中用于传输特定符号的子载波。

3.1.2

星座扰码 constellation scrambling

利用二进制伪随机序列对星座符号进行4个象限内的相位旋转。

3.1.3

分段 segmentation

被分割的EMAC帧片段。

3.1.4

分片 fragmentation

被分割的信令帧片段。

3.2 缩略语

GY/T 265—2012界定的以及下列缩略语适用于本标准。

- ARQ 自动重传请求 (Automatic Repeat Request)
- Cd 下行控制 (Control down)
- EISF 扩展信息子帧 (Extended Information Sub-Frame)
- LDPC 低密度奇偶校验码 (Low Density Parity Check Code)
- PE 参数单元 (Parameter Element)
- Ru 上行报告 (Report up)
- SC 子信道 (Sub-Channel)
- SCG_Ru Ru帧子载波组 (Sub-Carrier Group for Ru frame)
- SSC 符号子块 (Symbol Sub-Cell)
- TLV 类型长度值 (Type-Length-Value)

4 概述

HINOC是一种利用有线电视网同轴电缆，实现高性能双向信息传输的宽带接入解决方案。HINOC2.0系统由HINOC网桥 (HB) 和HINOC调制解调器 (HM) 构成，典型网络覆盖距离不超过100米，逻辑拓扑采用点到多点结构，如图1所示。单信道带宽为128MHz，信道规划符合GB/T 17786—1999的要求，可提供吉比特每秒 (Gbps) 级别接入速率。单信道内支持的最大用户数为64个，支持多信道绑定。采用正交频分复用 (OFDM) 传输方式、时分双工 (TDD) 方式、时分多址接入 (TDMA) 方式，可选采用正交频分多址接入 (OFDMA) 方式。支持动态带宽分配 (DBA)、网络管理、VLAN和组播/过滤功能。

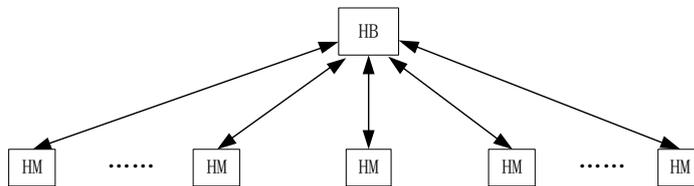


图1 HINOC 系统的逻辑拓扑结构

本标准定义了对应网络OSI模型的物理层 (PHY层) 传输模式和媒体接入控制层 (MAC层) 协议。系统协议栈模型如图2所示。

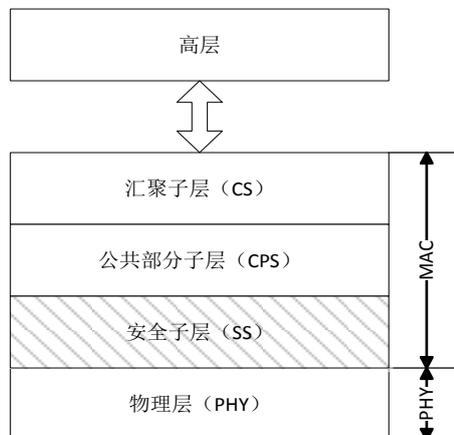


图2 HINOC 系统协议栈

PHY层定义的信号传输模式包括帧结构、信道编码以及调制技术。

MAC层实现HINOC2.0系统中的媒体接入控制和业务适配功能，分为汇聚子层（CS）和公共部分子层（CPS），可选包含安全子层（SS）。CS实现CPS功能与高层功能的适配，包括地址学习与转发表构建、优先级映射、数据帧组帧/解帧和数据帧重传；CPS实现媒体接入控制与信道分配、节点接纳/退出和链路维护功能；SS实现身份识别，数据加密/解密和密钥管理功能；SS不在本标准中作定义。

HINOC2.0系统的信号收发流程如图3所示。HINOC2.0节点设备由MAC层和PHY层模块构成，其中PHY层由发送单元和接收单元组成，发送单元将MAC帧转换为射频信号，接收单元将射频信号转换为MAC帧。

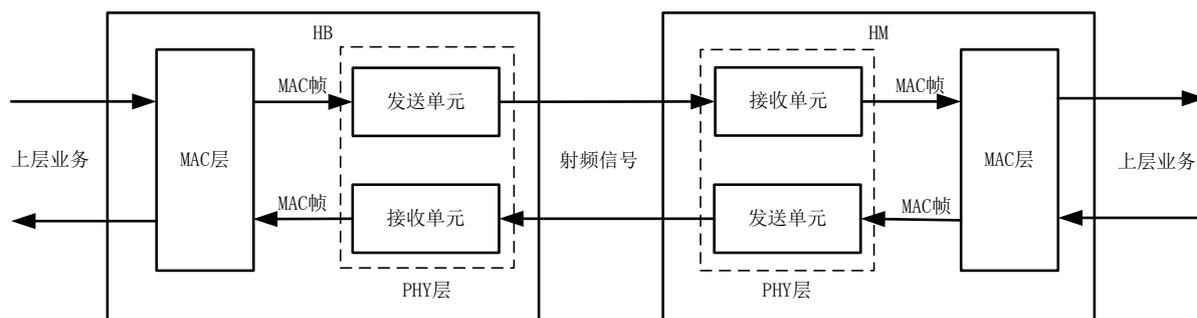


图3 HINOC2.0系统的信号收发流程

本标准给出了单信道内HINOC2.0系统的协议设计方案，对于有更大带宽需求的应用，通过多信道绑定的方式进行，在进行相邻信道绑定时增加信道间的时间同步机制，同步各信道的下行探测帧起始时刻。

HINOC2.0节点设备的射频最大输出电平不超过119dBuV，符合GY/T 106—1999和GY/T 221—2006的电气特性要求；输出电平可以调整，可调范围最小为40dB。

本标准规定了面向宽带接入的HINOC2.0协议，对于面向视频广播的应用，通过在HB与HM之间建立广播通道，实现相关业务的承载。

5 物理层（PHY层）传输模式

5.1 PHY层结构

5.1.1 概述

发送单元的功能模块包括扰码、前向纠错编码、星座映射、星座扰码、正交频分复用（OFDM）调制及插入循环前缀、组帧以及基带到射频变换。功能模块的先后顺序如图4所示，其中扰码、前向纠错编码、星座扰码以及组帧根据不同的数据流类型选择关闭或打开。



图4 发送单元功能框图

5.1.2 扰码

符合GY/T 265—2012中5.1.2的规定。

5.1.3 前向纠错编码

5.1.3.1 概述

前向纠错编码应采用BCH码，可选采用5.1.3.3指定的低密度奇偶校验码（LDPC）。

5.1.3.2 BCH 编码

5.1.3.2.1 概述

BCH编码采用参数分别为（392，248）、（1920，1040）和（1920，1744）的BCH截短码。

5.1.3.2.2 （392，248）BCH 截短码

（392，248）BCH截短码的原始码是参数为（511，367）的系统BCH码，其生成多项式的八进制表示形式为：

(1126657202505666323017001652245562614435511600655)₈。

5.1.3.2.3 （1920，1040）BCH 截短码

（1920，1040）BCH截短码的原始码是参数为（2047，1167）的系统BCH码，其生成多项式的八进制表示形式为：

(260721361722464540657702522073115210635721760241364265702305205632661365055560746124155122706374565474720414262325513114121607751671240010170277341021754016552312303425735775256072116343764367142103074345736165010273475542132124513630435143515626347123264462606121045647652066606334120024047475)₈。

5.1.3.2.4 （1920，1744）BCH 截短码

（1920，1744）BCH截短码的原始码是参数为（2047，1871）的系统BCH码，其生成多项式的八进制表示形式为：

(64372013435571223560747633451755373433074714007120505460007)₈。

5.1.3.2.5 编码过程

符合GY/T 265—2012中5.1.3.5的规定。

5.1.3.3 LDPC 编码

5.1.3.3.1 概述

LDPC编码采用参数分别为（1920，1728）、（3840，3456）的LDPC码。

5.1.3.3.2 （1920，1728）LDPC 码

（1920，1728）LDPC码的校验矩阵可分为信息位部分和校验位部分，信息位位于码字的前半部分，校验位位于码字的后半部分。

（1920，1728）码字的信息位部分可划分为 8×72 个 24×24 的子矩阵。每个子矩阵是零矩阵或者单位矩阵的循环移位。信息位部分码表如表1所示。其中I表示非零子矩阵在母矩阵中的横坐标，J表示非零

子矩阵在母矩阵中的纵坐标, R表示非零子矩阵相对于单位矩阵的循环右移量。例如, $(I, J, R) = (2, 1, 23)$, 表示母矩阵的第二行第一列有一个非零子矩阵, 这个非零子矩阵可由单位矩阵循环右移23位得到。

表1 (1920, 1728) LDPC 码信息位部分码表

I	J	R	I	J	R	I	J	R	I	J	R
2	1	23	1	17	4	7	33	3	2	52	19
1	1	5	3	17	10	6	33	7	8	53	4
8	1	8	8	17	16	1	33	17	3	53	10
4	1	19	6	17	20	5	33	19	5	53	18
5	2	0	6	18	3	4	34	9	6	54	6
3	2	5	3	18	5	7	34	11	4	54	11
6	2	18	2	18	19	8	34	18	1	54	20
4	2	21	4	18	22	2	34	20	1	55	2
4	3	2	8	19	23	1	35	3	3	55	19
6	3	4	7	19	3	6	35	6	2	55	22
8	3	10	2	19	13	5	35	11	6	56	3
7	3	22	3	19	15	8	35	17	3	56	9
5	4	3	4	20	3	8	36	8	1	56	14
3	4	6	3	20	5	2	36	9	7	57	6
2	4	17	6	20	7	4	36	11	5	57	10
7	4	21	8	20	21	3	36	12	6	57	11
3	5	0	4	21	3	7	37	8	6	58	2
2	5	1	5	21	8	6	37	10	7	58	5
4	5	15	1	21	10	2	37	16	4	58	18
1	5	19	6	21	14	4	37	17	5	59	0
1	6	23	2	22	2	7	38	23	2	59	7
8	6	1	6	22	3	2	38	3	7	59	19
5	6	2	8	22	5	1	38	4	4	60	3
3	6	15	7	22	12	8	39	3	7	60	7
4	7	3	8	23	23	7	39	14	5	60	22
8	7	5	7	23	2	6	39	22	1	61	4
3	7	6	6	23	14	7	40	3	5	61	5
2	7	21	2	23	18	8	40	7	3	61	11
6	8	23	8	24	0	5	40	12	4	62	4
5	8	1	3	24	3	8	41	7	3	62	14
2	8	4	5	24	7	1	41	14	1	62	17
4	8	14	2	24	8	7	41	22	4	63	23
5	9	11	6	25	2	5	42	23	5	63	19
8	9	14	4	25	3	7	42	0	1	63	22
1	9	17	3	25	19	2	42	3	5	64	5
4	9	19	8	25	20	8	43	5	7	64	10

变换规则为由双对角矩阵的第*i*行移动到第*i'*行，具体规则见式（1），其中“/”表示取商运算，“%”表示取余运算。

$$i' = \lfloor (i-1)/8 \rfloor + 1 + ((i-1)\%8) \times q \dots\dots\dots (1)$$

式中：

q——字块大小，对于（1920，1728）码字，*q*=24。

对于（1920，1728）码字，变化规则为双对角矩阵的第1、9、17、25、...、185、2、10、18、26、...、186、...、8、16、24、32、...、192行成为校验位部分的第1、2、3、4、5、6、...、190、191、192行。

5.1.3.3.3 （3840，3456）LDPC码

（3840，3456）LDPC码的校验矩阵可分为信息位部分和校验位部分，信息位位于码字的前半部分，校验位位于码字的后半部分。

（3840，3456）码字的信息位部分可划分为8×72个48×48的子矩阵，每个子矩阵是零矩阵或者单位矩阵的循环移位。信息位部分码表如表2所示，其中I、J、R的含义见5.1.3.3.2。

表2 （3840，3456）LDPC码信息位部分码表

I	J	R	I	J	R	I	J	R	I	J	R
1	1	37	1	17	46	1	33	37	7	52	16
2	1	1	2	17	31	6	33	19	4	53	27
5	1	43	5	17	8	7	33	0	5	53	20
6	1	4	8	17	18	8	33	1	8	53	33
1	2	23	1	18	12	3	34	40	6	54	0
2	2	29	2	18	47	4	34	33	7	54	40
4	2	37	5	18	26	6	34	10	8	54	16
6	2	2	7	18	24	8	34	37	4	55	41
3	3	27	1	19	39	3	35	19	6	55	31
6	3	28	3	19	33	5	35	47	8	55	40
7	3	30	7	19	0	6	35	13	2	56	17
8	3	9	8	19	21	7	35	39	3	56	23
1	4	45	1	20	33	3	36	7	5	56	47
3	4	11	3	20	31	5	36	18	5	57	34
5	4	20	6	20	21	6	36	39	6	57	36
6	4	32	8	20	39	7	36	4	7	57	23
1	5	17	1	21	21	2	37	7	1	58	29
2	5	34	4	21	15	3	37	19	7	58	12
4	5	12	5	21	4	4	37	38	8	58	10
5	5	30	8	21	12	7	37	8	1	59	21
1	6	29	1	22	28	1	38	6	4	59	13
2	6	27	2	22	14	4	38	16	8	59	20
5	6	46	4	22	11	6	38	30	2	60	41
6	6	36	7	22	6	4	39	9	3	60	14

表2 (续)

I	J	R	I	J	R	I	J	R	I	J	R
1	7	35	2	23	22	5	39	37	7	60	22
5	7	37	3	23	32	6	39	5	1	61	31
7	7	24	4	23	15	2	40	8	4	61	42
8	7	43	7	23	9	4	40	41	8	61	5
2	8	14	2	24	8	5	40	3	2	62	36
5	8	36	3	24	13	4	41	37	3	62	10
6	8	18	4	24	4	6	41	11	5	62	27
7	8	37	7	24	36	8	41	9	4	63	38
1	9	25	1	25	10	4	42	3	5	63	39
2	9	39	4	25	46	5	42	8	7	63	2
3	9	10	6	25	3	8	42	47	1	64	18
8	9	41	8	25	35	2	43	35	3	64	41
2	10	31	1	26	45	5	43	4	5	64	26
3	10	30	2	26	22	6	43	3	2	65	39
6	10	17	3	26	38	3	44	16	3	65	0
7	10	22	5	26	29	4	44	27	4	65	29
1	11	24	2	27	28	5	44	41	1	66	39
2	11	34	3	27	21	3	45	44	3	66	0
5	11	33	6	27	3	7	45	5	7	66	31
6	11	8	8	27	36	8	45	36	4	67	2
1	12	6	1	28	36	3	46	42	5	67	1
2	12	9	6	28	35	4	46	30	8	67	3
3	12	35	7	28	38	8	46	0	1	68	21
6	12	0	8	28	2	2	47	32	4	68	3
1	13	6	3	29	40	5	47	42	7	68	18
2	13	26	4	29	30	6	47	30	5	69	44
4	13	7	6	29	0	3	48	2	7	69	24
7	13	33	8	29	12	4	48	20	8	69	42
1	14	46	2	30	22	7	48	43	1	70	10
5	14	44	3	30	18	5	49	43	2	70	0
6	14	11	4	30	43	6	49	0	8	70	38
8	14	33	6	30	10	8	49	2	3	71	33
1	15	18	1	31	27	2	50	14	6	71	14
4	15	36	2	31	24	4	50	3	7	71	12
7	15	34	3	31	26	7	50	12	4	72	25
8	15	11	4	31	35	2	51	27	5	72	0
2	16	27	1	32	20	3	51	8	8	72	20
5	16	45	3	32	4	5	51	39			
6	16	8	7	32	34	2	52	40			

表2 (续)

I	J	R	I	J	R	I	J	R	I	J	R
7	16	47	8	32	47	3	52	15			

(3840, 3456) LDPC码字的校验位部分由双对角矩阵经过行变换得到, 双对角矩阵如图5所示。

变换规则为由双对角矩阵的第*i*行移动到第*i'*行, 具体规则见式(1)。对于(3840, 3456)码字, 式(1)中的字块大小 $q=48$ 。

5.1.4 星座映射

5.1.4.1 概述

星座映射可采用DQPSK、QPSK、8QAM、16QAM、32QAM、64QAM、128QAM、256QAM、512QAM、1024QAM、2048QAM以及4096QAM十二种映射方式。数据比特流进入映射单元的顺序如图6所示。

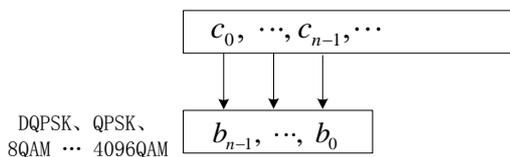


图6 星座映射的数据比特输入顺序

数据比特流按照 $c_0, \dots, c_{n-1}, \dots$ 的顺序进入映射单元, 映射单元根据当前数据的映射方式每次从数据比特流中取出长度为 n 的比特序列 $\{b_{n-1}, \dots, b_0\}$, 并将该比特序列映射为星座调制符号。其中, n 为每个星座调制符号可以携带的比特数目, b_{n-1} 为比特序列中最先进入映射单元的比特。

5.1.4.2 DQPSK

DQPSK映射方式及其初始参考值 s_0 的取值符合GY/T 265—2012中5.1.4.2的规定, 但 s_0 是否输出取决于本标准规定的PHY层帧类型。

5.1.4.3 QPSK

符合GY/T 265—2012中5.1.4.3的规定。

5.1.4.4 8QAM

符合GY/T 265—2012中5.1.4.4的规定。

5.1.4.5 2^n QAM 调制

当 $n = 4, 5, 6, \dots, 12$ 时, 2^n QAM调制通过低阶的QPSK或者8QAM翻转平移得到。设 2^n QAM调制的输入比特流为 $\{b_{n-1}, \dots, b_0\}$, 则 2^n QAM调制的输出符号的实部 (I 路) 与虚部 (Q 路) 分别见式(2)和式(3)。

$$I_{2^n} = \begin{cases} (1-2b_{n-1})(I_{2^{n-2}} + 3 \times 2^{(n-5)/2}) & n = 5, 7, 9, 11 \\ (1-2b_{n-1})(I_{2^{n-2}} + 2^{(n-2)/2}) & n = 4, 6, 8, 10, 12 \end{cases} \dots \dots \dots (2)$$

$$Q_{2^n} = \begin{cases} (1-2b_{n-2})(Q_{2^{n-2}} + 3 \times 2^{(n-5)/2}) & n = 5, 7, 9, 11 \\ (1-2b_{n-2})(Q_{2^{n-2}} + 2^{(n-2)/2}) & n = 4, 6, 8, 10, 12 \end{cases} \dots\dots\dots (3)$$

5.1.4.6 功率归一化因子

星座映射后的调制符号根据映射方式除以相应的功率归一化因子。DQPSK、QPSK、8QAM、16QAM、32QAM、64QAM、128QAM、256QAM、512QAM、1024QAM、2048QAM和4096QAM映射方式的功率归一化因子如表3所示。

表3 星座映射归一化因子

调制方式	功率归一化因子
DQPSK	1
QPSK	$\sqrt{2}$
8QAM	$\sqrt{6}$
16QAM	$\sqrt{10}$
32QAM	$\sqrt{24}$
64QAM	$\sqrt{42}$
128QAM	$\sqrt{96}$
256QAM	$\sqrt{170}$
512QAM	$\sqrt{384}$
1024QAM	$\sqrt{682}$
2048QAM	$\sqrt{1536}$
4096QAM	$\sqrt{2730}$

5.1.5 星座扰码

星座扰码根据GY/T 265—2012中5.1.2所述的扰码器结构产生的伪随机二进制序列对每一个子载波上承载的星座调制符号进行相位旋转。该扰码器在每个OFDM符号的起始时刻进行初始化，初始相位为“10010001 0110101”（由Bit15至Bit1）。相位旋转的角度值由扰码器低两位{Bit2, Bit1}计算，如表4所示。每处理一个星座调制符号后，扰码器的移位寄存器移位2个比特。

表4 旋转角度计算

{Bit2, Bit1}	旋转角度(rad)
00	0
01	$\pi / 2$
10	π
11	$3\pi / 2$

5.1.6 OFDM 调制

5.1.6.1 概述

在单信道128MHz带宽内，OFDM子载波数目为2048个，子载波间隔为62.5kHz。子载波分布如图7所示，单信道频带两侧及零频处的子载波为空闲子载波，共计66个，空闲子载波不传输信息；其他子载波为有效子载波，共计1982个，有效子载波可分为数据子载波和导频子载波，分别用于传输数据信息或传输导频符号。

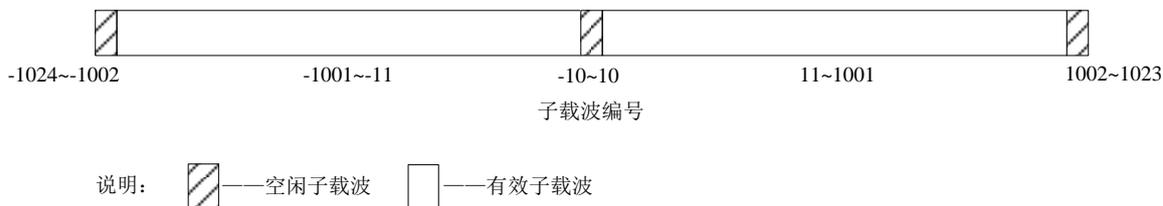


图7 OFDM 子载波分布

整个128MHz带宽可按照OFDM调制的子载波编号分为8个子信道(SC)。每个SC占用16MHz的带宽，共256个子载波，表5给出了每个SC对应的子载波分布。其中SC0为基本SC，SC1~SC7为扩展SC。基本SC的功能为PHY层同步、信令交互、数据信息传递；扩展SC主要用于数据信息传递，并可配置为关闭或打开。此外，系统可选支持将扩展SC配置为基本SC。

表5 SC 的子载波分布

SC 编号	子载波序号
0	-1024~-769
1	-768~-513
2	-512~-257
3	-256~-1
4	0~255
5	256~511
6	512~767
7	768~1023

5.1.6.2 OFDM 调制

按图7从左向右依次将不同的频域符号填充到所有子载波。其中，关闭的SC中所有子载波填充为‘0’；打开的SC中空闲子载波填充为‘0’，有效子载波填充星座映射后的调制符号或导频符号。填充后的频域符号 $X(k)$, $-N_s/2 \leq k \leq N_s/2-1$ ，通过快速傅立叶逆变换（IFFT）映射为时域信号 $x_s(t)$ ，映射方式见式（4）。

$$x_s(t) = \sum_{k=-N_s/2}^{N_s/2-1} X(k)e^{j2\pi k\Delta f_0(t-T_{cp})}, 0 \leq t \leq T_{OFDM} \dots\dots\dots (4)$$

式中：

- N_s ——OFDM子载波数目，取值为2048；
- Δf_0 ——OFDM子载波间隔，取值为62.5kHz；
- T_{cp} ——OFDM循环前缀长度，取值见5.1.6.3；

T_{OFDM} ——OFDM符号长度，取值为 $T_{CP} + T_U$ ，其中 T_U 为OFDM数据体长度， $16\mu s$ 。

5.1.6.3 循环前缀

OFDM符号由循环前缀（CP）和OFDM数据体构成。循环前缀长度 $T_{CP} = \alpha T_U$ ，根据信道质量，系数 α 可以选择为1/8、1/16或1/32，即循环前缀长度可以为 $2\mu s$ 、 $1\mu s$ 或 $0.5\mu s$ 。插入循环前缀的方法如图8所示。将OFDM数据体末端对应长度的数据样点拷贝至其前端，作为OFDM符号的循环前缀。

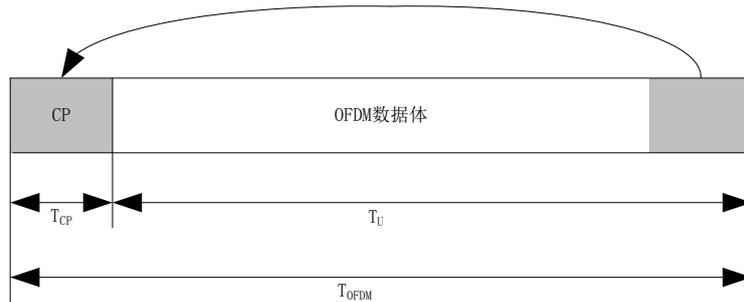


图8 OFDM 符号插入循环前缀

5.2 PHY 层帧结构

5.2.1 概述

HINOC 2.0 PHY层分为6种帧，下行帧包括：下行探测帧（Pd帧）、下行数据帧（Dd帧）、下行控制帧（Cd帧）；上行帧包括：上行探测帧（Pu帧）、上行数据帧（Du帧）和上行报告帧（Ru帧）。上下行探测帧用于承载MAC层信令帧，上下行数据帧用于承载MAC层数据帧，下行控制帧用于承载MAC层媒体接入规划（MAP）帧，上行报告帧用于承载MAC层报告（R）帧。

6种帧的时域构成如图9所示，包括前导序列和负载段两部分。其中，前导序列用于PHY层的帧同步以及频率同步等过程。各种帧的详细配置如表6所示。

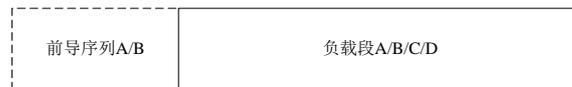


图9 PHY 层帧结构

表6 PHY 层帧构成

帧类型	前导序列	负载段
Pd 帧	前导序列 A	负载段 A
Dd 帧	[无]	负载段 B
Cd 帧	[无]	负载段 C
Pu 帧	前导序列 B	负载段 A
Du 帧	[无]	负载段 B
Ru 帧	[无]	负载段 D

5.2.2 前导序列A

前导序列A由同步信号 $S_A(t)$ 和预留信号 $R_A(t)$ 两部分组成，如图10所示。



图10 前导序列A结构

预留信号 $R_A(t)$ 的长度为 $0.125\mu\text{s}$ ，包含两个16MHz采样的时域样点 R_{A1} 和 R_{A2} ， R_{A1} 和 R_{A2} 的默认值均为 $(1+j)/\sqrt{2}$ 。同步信号 $S_A(t)$ 包含两段相同的伪随机信号 $S_{A,0}(t)$ ， $S_A(t)$ 长度为 T_A ，取值为 $3.875\mu\text{s}$ ，时域表达式为式（5）。

$$S_A(t) = \begin{cases} S_{A,0}(t) & 0 \leq t \leq \frac{T_A}{2} \\ S_{A,0}(t - \frac{T_A}{2}) & \frac{T_A}{2} < t \leq T_A \end{cases} \dots\dots\dots (5)$$

$S_{A,0}(t)$ 的表达式为式（6）。

$$S_{A,0}(t) = \frac{e^{j\pi(\Delta f)_A t}}{\sqrt{N_A}} \sum_{k=-N_A/2}^{N_A/2-1} X_A(k) e^{j2\pi k(\Delta f)_A t} \quad 0 \leq t \leq \frac{T_A}{2} \dots\dots\dots (6)$$

式中：

N_A ——前导序列A同步信号的子载波数目，取值为248；

$X_A(k)$ ——第 k 个子载波频点上承载的前导序列A的频域同步信号；

$(\Delta f)_A$ ——前导序列A同步信号的子载波间隔，取值为516.1290kHz。

各个子载波频点上承载的前导序列A的频域同步信号 $X_A(k)$ 的表达式为式（7）。

$$X_A(3li + m - 124) = Z(i)P_A(m), \quad i = 0, 1, \dots, 7, m = 0, 1, \dots, 30 \dots\dots\dots (7)$$

$P_A(m)$ 的定义为式（8）。

$$P_A(m) = \begin{cases} e^{j(\frac{16\pi}{N_A} n_{m,A} + \frac{\pi}{4})} & 2 \leq m \leq 14 \text{ 或 } 16 \leq m \leq 28 \dots\dots\dots (8) \\ 0 & m = 0, 1, 15, 29, 30 \end{cases}$$

式中：

$n_{m,A}$ ——取值为整数，如表7所示。

表7 $n_{m,A}$ 的取值表

m	n _{m,A}	m	n _{m,A}
2	7	16	3
3	6	17	4
4	9	18	16
5	1	19	6

表7 (续)

m	$n_{m,A}$	m	$n_{m,A}$
6	2	20	25
7	21	21	19
8	6	22	25
9	12	23	10
10	6	24	29
11	25	25	30
12	15	26	22
13	27	27	25
14	28	28	24

$Z(i)$ 的定义如表8所示。当 $i=0$ 时, $Z(i)=1$; 当 $i>0$ 时, $Z(i)=0$, 若第 i 个SC配置为基本SC, 则 $Z(i)$ 为非零值。

表8 $Z(i)$ 的取值表

i	$Z(i)$
0	1
1	0 或 $e^{j\pi/8}$ (可选)
2	0 或 $e^{j\pi/2}$ (可选)
3	0 或 $e^{-j7\pi/8}$ (可选)
4	0 或 1 (可选)
5	0 或 $e^{-j7\pi/8}$ (可选)
6	0 或 $e^{j\pi/2}$ (可选)
7	0 或 $e^{j\pi/8}$ (可选)

5.2.3 前导序列 B

前导序列B由同步信号 $S_B(t)$ 和预留信号 $R_B(t)$ 两部分组成, 如图11所示。



图11 前导序列 B 结构

预留信号 $R_B(t)$ 的长度为 $0.0625\mu\text{s}$, 包含一个 16MHz 采样的时域样点 R_B , R_B 的默认值为 $(1+j)/\sqrt{2}$ 。
同步信号 $S_B(t)$ 为伪随机信号, 长度为 T_B , 取值为 $3.9375\mu\text{s}$, 时域表达式为式 (9)。

$$S_B(t) = \frac{e^{j\pi(\Delta f)_B t}}{\sqrt{N_B}} \sum_{k=-N_B/2}^{N_B/2-1} X_B(k) e^{j2\pi k(\Delta f)_B t} \quad 0 \leq t \leq T_B \dots\dots\dots (9)$$

式中:

N_B ——前导序列B同步信号的子载波数目, 取值为504;

$X_B(k)$ ——第 k 个子载波频点上承载的前导序列B的频域同步信号;

$(\Delta f)_B$ ——前导序列B同步信号的子载波间隔, 取值为 253.9683kHz 。

各个子载波频点上承载的前导序列B的频域同步信号 $X_B(k)$ 的表达式为式 (10)。

$$X_B(k) = \begin{cases} e^{j(\frac{16\pi}{N_B}n_{k,B} + \frac{\pi}{4})} & -247 \leq k \leq -222 \text{ 或 } -220 \leq k \leq -195 \dots\dots\dots (10) \\ 0 & -252 \leq k \leq -248 \text{ 或 } k = -221 \text{ 或 } -194 \leq k \leq 251 \end{cases}$$

式中:

$n_{k,B}$ ——取值为整数, 如表9所示。

表9 $n_{k,B}$ 的取值表

k	$n_{k,B}$	k	$n_{k,B}$
-247	60	-220	59
-246	48	-219	5
-245	60	-218	3
-244	35	-217	23
-243	12	-216	35
-242	0	-215	30
-241	19	-214	0
-240	60	-213	59
-239	20	-212	25
-238	46	-211	17
-237	58	-210	15
-236	30	-209	21
-235	0	-208	12
-234	51	-207	0
-233	42	-206	33
-232	48	-205	5
-231	46	-204	17
-230	38	-203	43
-229	4	-202	3
-228	0	-201	44
-227	33	-200	0
-226	28	-199	51
-225	40	-198	28

表 9 (续)

k	$n_{k,B}$	k	$n_{k,B}$
-224	60	-197	3
-223	58	-196	15
-222	4	-195	3

5.2.4 负载段 A

5.2.4.1 概述

负载段A包含2个OFDM符号，用于Pd、Pu帧的信息传输。负载段A在基本SC承载MAC层信令帧，每个MAC层信令帧包含496比特；在打开的扩展SC中传送空信令帧，每段空信令帧包含496个比特‘0’；在关闭的扩展SC中不发送信息。图12给出了某个SC承载MAC层信令帧或空信令帧的处理流程，MAC层信令帧或空信令帧分别经过扰码、前向纠错编码、插入保护字段、DQPSK编码后调制映射到相应的SC中。

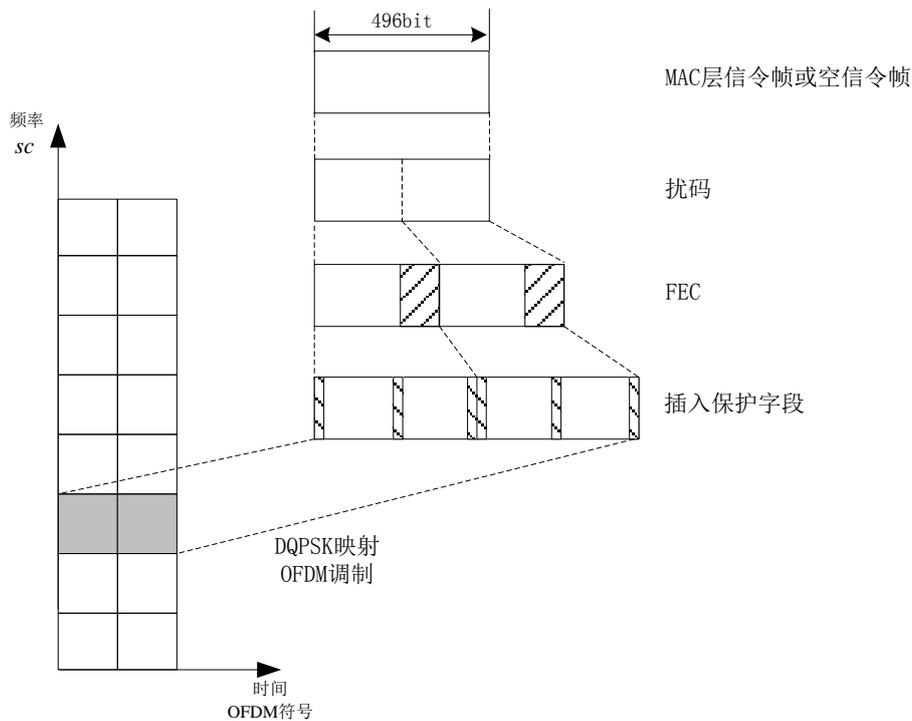


图12 负载段 A 产生流程

5.2.4.2 扰码

对MAC层信令帧数据或空信令帧进行扰码，扰码器在每个MAC层信令帧或空信令帧的起始时刻复位，扰码方式见5.1.2。

5.2.4.3 前向纠错编码

采用(392, 248)的截短BCH对扰码后的比特数据进行前向纠错编码，编码方式见5.1.3。

5.2.4.4 插入保护字段

将每一个编码块平均分为2段，如图13所示从左至右依次填入“信令数据”单元中，并插入保护字段。

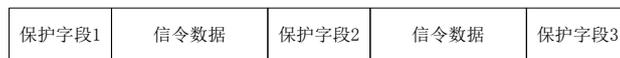


图13 插入保护字段

其中，根据编码块所对应的SC的不同，保护字段的定义不同，如表10所示。

表10 保护字段定义

SC 序号	保护字段 1	保护字段 2	保护字段 3
0	9 个 ‘1’ 和尾部 1 个 ‘0’	12 个 ‘1’	52 个 ‘1’
1, 2, 5, 6	55 个 ‘1’ 和尾部 1 个 ‘0’	12 个 ‘1’	52 个 ‘1’
3	55 个 ‘1’ 和尾部 1 个 ‘0’	12 个 ‘1’	32 个 ‘1’
4	33 个 ‘1’ 和尾部 1 个 ‘0’	12 个 ‘1’	52 个 ‘1’
7	55 个 ‘1’ 和尾部 1 个 ‘0’	12 个 ‘1’	8 个 ‘1’

5.2.4.5 DQPSK 映射

对插入保护字段后的比特数据进行DQPSK映射，映射方式见5.1.4.2，其中初始参考值 s_0 不输出。

5.2.4.6 OFDM 调制

在负载段A中，1982个有效子载波全部为数据子载波。将同一个MAC层信令帧中的DQPSK符号填充到相对应的SC中，并进行OFDM调制，生成两个OFDM符号。OFDM调制方式见5.1.6，其中CP长度固定为 $T_{cp}=1\mu s$ 。

5.2.5 负载段 B

5.2.5.1 概述

负载段B包含若干个OFDM符号，用于Dd、Du帧的信息传输，承载MAC层数据帧。图14给出了某个负载段B的产生流程，MAC层数据帧分别经过扰码、前向纠错编码、自适应调制以及OFDM调制过程。

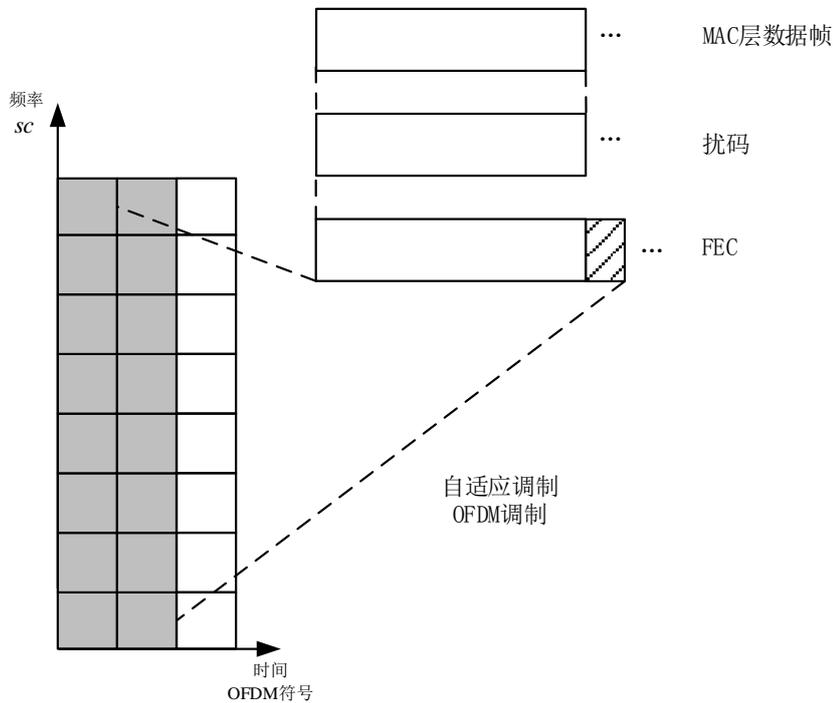


图14 负载段 B 产生流程

5.2.5.2 扰码

对MAC层数据帧数据进行扰码，扰码器在每帧的起始时刻复位，扰码方式见5.1.2。

5.2.5.3 前向纠错编码

扰码后的数据可以不同编码速率的BCH或LDPC进行前向纠错编码，编码方式见5.1.3。

5.2.5.4 自适应调制

在负载段B中，1982个OFDM有效子载波分为1920个数据子载波和62个导频子载波，数据子载波和导频子载波的分布见5.2.5.5。

负载段B采用分组自适应调制。2048个OFDM子载波从左侧起每16个连续子载波组成一个子载波组，共128个子载波组。各子载波组根据其所在频点的信道状况，自适应地采用QPSK、8QAM、16QAM、32QAM、64QAM、128QAM、256QAM、512QAM、1024QAM、2048QAM以及4096QAM十一种方式中的一种星座映射方式。数据子载波根据其所在子载波组的映射方式对输入比特数据流进行星座映射。各种映射方式见5.1.4。

5.2.5.5 OFDM 调制

在负载段B中，数据子载波和导频子载波的分布如图15所示。导频子载波的子载波编号为 $\{32k_p + 16, -31 \leq k_p \leq 30\}$ ，其余的有效子载波均为数据子载波。

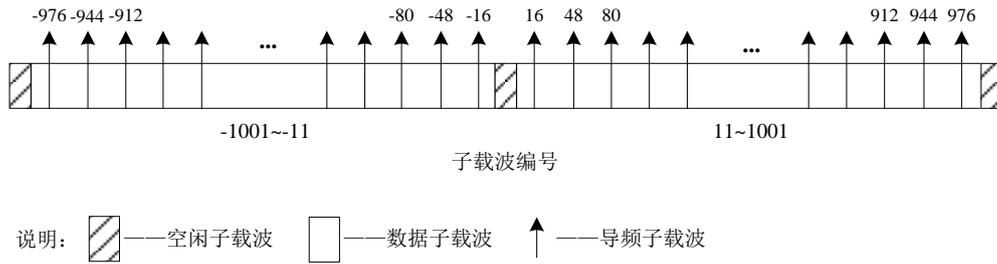


图15 OFDM 子载波分布

固定的导频符号填充到导频子载波。每个导频子载波对应的导频符号依次为:

{ +1, -1, -1, +1, +1, +1, -1, +1, -1, +1, +1, -1, -1, -1, -1, +1, -1, +1, +1, +1, -1, -1, -1, +1, +1, -1, +1, +1, -1, +1, -1, -1, +1, -1, -1, -1, +1, -1, -1, +1, +1, -1, -1, +1, -1, +1, -1, +1, -1, -1, -1, -1, -1, +1, +1, +1, +1, +1, -1, +1, +1, +1 }。

星座映射后的调制符号填充到数据子载波。根据多址方式的不同,星座调制符号填充子载波的方式可分为TDMA和OFDMA两种模式,其中TDMA模式为必须支持的基本选项,OFDMA模式为可选项:

- a) 在 TDMA 模式中,负载段 B 的星座调制符号可填充到任意整数个连续的 OFDM 符号,且每个 OFDM 符号不可被其他的负载段 B 占用。
- b) 在 OFDMA 模式中,数据填充的最小单元为一个符号子块(SSC)。SSC 由一个 OFDM 符号的 256 个连续子载波组成,子载波不互相交叠。每个 OFDM 符号共有 8 个 SSC,且每个 SSC 对应的子载波分布和 5.1.6.1 中 SC 的子载波分布相同。负载段 B 的星座调制符号按序填充到任意个连续的 SSC,若 SSC 没有被填满,也不可被其他的负载段 B 占用。SSC 使用时应符合先在频域从低到高排列,再在时域从前到后排列的连续规则。

图16为一个OFDMA模式中的SSC分配示例,图中,每个方格代表一个SSC,对应HM2的负载段B从对应HM1的负载段B结束的下一个SSC开始星座调制符号填充,在频域从低向高依次填充同一个OFDM符号中可用的SSC;若有剩余的调制符号,则填充下一个OFDM符号中的相应SSC,直到调制符号全部填充完毕。

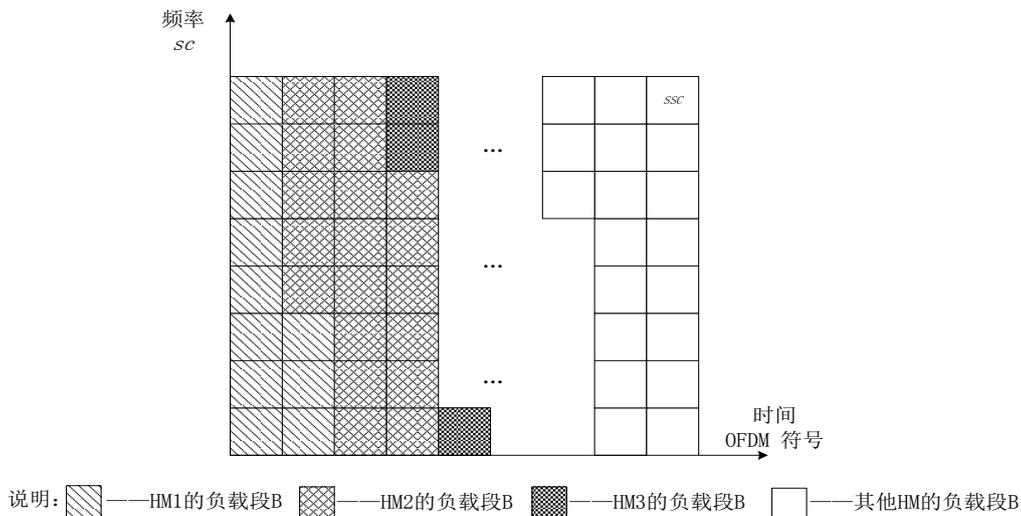


图16 子载波填充示意图

数据子载波和导频子载波填充完毕后进行OFDM调制，OFDM调制方式见5.1.6。

5.2.6 负载段 C

5.2.6.1 概述

负载段C包含若干个OFDM符号，用于Cd帧的信息传输。负载段C在基本SC和打开的扩展SC中分别承载独立的MAC层MAP帧。图17给出了某个SC承载MAC层MAP帧的处理流程，MAC层MAP帧分别经过扰码、前向纠错编码、DQPSK编码、星座扰码以及OFDM调制过程。

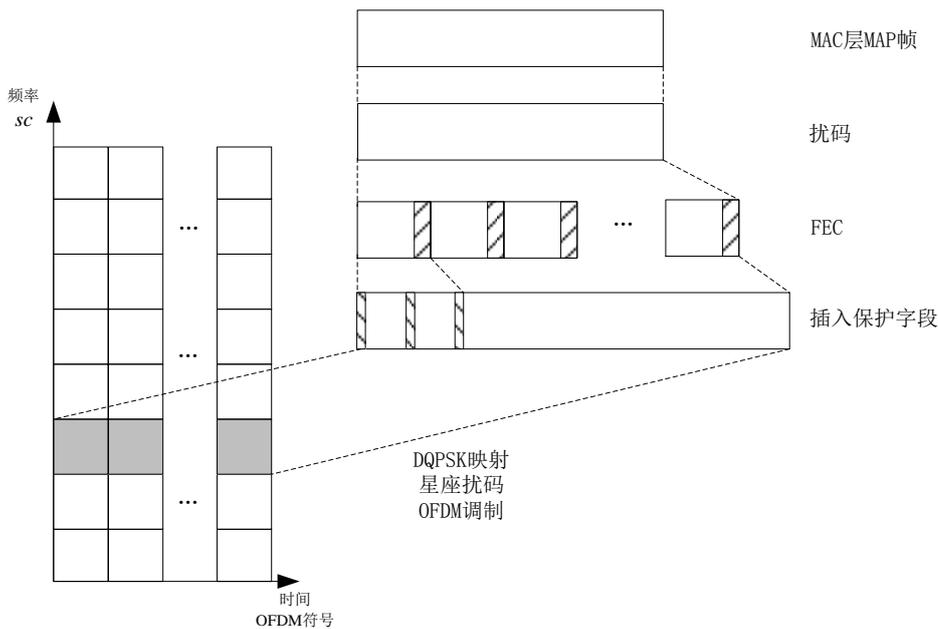


图17 负载段 C 产生流程

5.2.6.2 扰码

对每个MAC层MAP帧数据进行扰码，扰码器每个MAC层MAP帧的起始时刻复位，扰码方式见5.1.2。

5.2.6.3 前向纠错编码

采用(392, 248)的截短BCH对扰码后的比特数据进行前向纠错编码，编码方式见5.1.3。

5.2.6.4 插入保护字段

对前向纠错编码后的数据插入保护字段，见5.2.4.4。

5.2.6.5 DQPSK 映射

对插入保护字段后的数据进行DQPSK映射，映射方式见5.1.4.2，其中初始参考值 s_0 不输出。

5.2.6.6 星座扰码

对DQPSK调制后的符号进行星座扰码，星座扰码方式见5.1.5。

5.2.6.7 OFDM 调制

在负载段C中，1982个有效子载波全部为数据子载波。将同一个MAC层MAP帧中的DQPSK符号填充到相对应的SC中，并进行OFDM调制，OFDM调制方式见5.1.6。

5.2.7 负载段 D

5.2.7.1 概述

负载段D包含若干个OFDM符号，用于Ru帧的信息传输，承载MAC层报告帧，共计18比特。图18给出了某个负载段D的产生流程，MAC层报告帧分别经过DQPSK调制、重复编码、星座扰码以及OFDM调制过程。

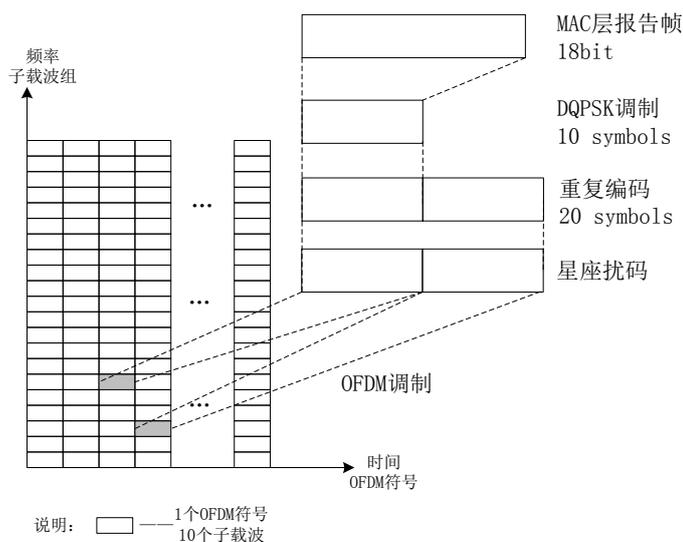


图18 负载段 D 产生流程

5.2.7.2 DQPSK 映射

将MAC层上行报告帧的18比特数据进行DQPSK映射得到10个符号，映射方式见5.1.4.2，其中初始参考值 s_0 输出。

5.2.7.3 重复编码

10个DQPSK符号为1组，重复1次，形成2组DQPSK符号。

5.2.7.4 星座扰码

对重复编码后的20个DQPSK符号进行星座扰码，星座扰码方式见5.1.5。

5.2.7.5 OFDM 调制

在负载段D中，每10个连续的子载波为一个Ru帧子载波组(SCG_Ru)。一个OFDM符号包含160个SCG_Ru，每个SCG_Ru被编号为 $SCG_Ru(m, n)$ ， $m=0,1,2,\dots,M$ ， $n=0,1,2,\dots,159$ ，其中， m 为负载段D的第 m 个OFDM符号； M 由MAC层进行配置，为负载段D占用的OFDM符号个数。由式(11)，可计算出 $SCG_Ru(m, n)$ 中第一个子载波在OFDM符号中的子载波编号 k 。

$$k=10n+56 \left\lfloor \frac{n}{20} \right\rfloor - \Delta, \text{ 其中 } \Delta = \begin{cases} 1001, & n-20 \left\lfloor \frac{n}{20} \right\rfloor < 10 \\ 990, & n-20 \left\lfloor \frac{n}{20} \right\rfloor \geq 10 \end{cases} \dots\dots\dots (11)$$

HM上基本SC的SCG_Ru必须可用，而扩展SC的SCG_Ru可选支持。PHY层将2组DQPSK符号映射到2个MAC层指定的SCG_Ru中的子载波。子载波映射之后，进行OFDM调制，OFDM调制方式见5.1.6。

5.3 频谱模板

发送信号的频谱模板如图19所示，频谱模板参数说明如表11所示。

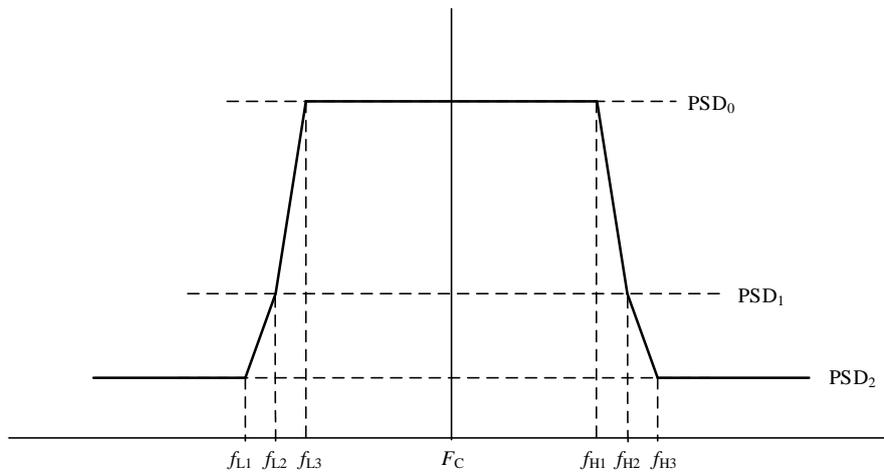


图19 频谱模板

表11 频谱模板参数说明

参数	频率 MHz	功率谱密度 dBm/Hz
$F_c - f_{L1}$	65.40625	$PSD_2 = PSD_0 - 60$
$F_c - f_{L2}$	64	$PSD_1 = PSD_0 - 50$
$F_c - f_{L3}$	62.59375	PSD_0
F_c	—	PSD_0
$f_{H1} - F_c$	62.59375	PSD_0
$f_{H2} - F_c$	64	$PSD_1 = PSD_0 - 50$
$f_{H3} - F_c$	65.40625	$PSD_2 = PSD_0 - 60$
注1: $PSD_0 \leq -71$ dBm/Hz。		
注2: F_c 为载波频率。		

6 媒体接入控制层（MAC层）协议

6.1 MAC层结构

HINOC MAC层（HIMAC）分为汇聚子层（CS）和公共部分子层（CPS），并可以包含安全子层（SS）。CS实现CPS功能与高层功能的适配，包括地址学习与转发表构建、优先级映射、数据帧组帧/解帧以及数据帧重传（可选）；CPS实现媒体接入控制和信道分配，以及节点接纳/退出和链路维护功能；SS实现身份识别，数据加密/解密和密钥管理功能。HINOC MAC层结构如图20所示。

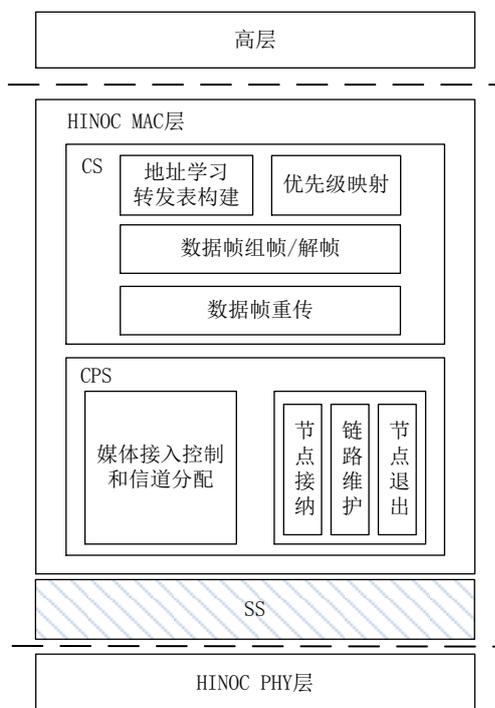


图20 HINOC MAC层结构

来自高层的PDU首先进入CS子层，进行优先级映射后进入相应的缓存队列；CPS采用基于报告/授权的媒体接入控制和信道分配机制，对数据帧进行转发，实现HB和HM之间的数据传输。

6.2 MAC层帧类型

6.2.1 概述

HIMAC帧分为信令帧、控制帧和数据帧三类。

6.2.2 信令帧

信令帧用于实现节点接纳、节点退出和链路维护过程中HB和HM之间的信令交互。

信令帧分为下行信令帧和上行信令帧：

a) 下行信令帧

下行信令帧结构如图21所示。帧结构包括首部、载荷、填充和尾部。其中，首部和载荷均包括固定部分和扩展部分（可选）；扩展部分在固定部分之后，由类型长度值（TLV）编码字段的数目和一个或多个TLV编码字段组成，留作功能扩展，其长度可变，具体结构见附录A中A.1.1。填充字段内容为比特‘0’，长度可变（ ≥ 0 ），以保证下行信令帧的总长度为固定值。尾部为32位CRC校验码，其取值根据信令帧的各字段生成。该CRC校验码的生成多项式见式（12）。

$$g_1(x) = x^{32} + x^{26} + x^{23} + x^{22} + x^{16} + x^{12} + x^{11} + x^{10} + x^8 + x^7 + x^5 + x^4 + x^2 + x + 1 \cdots \cdots (12)$$

下行信令帧结构的具体定义见A. 1. 1，其中给出了首部和载荷的固定部分、扩展部分以及扩展部分的TLV编码格式。



图21 下行信令帧结构

下行信令帧类型如表12所示。

表12 下行信令帧类型

帧类型	功能
空帧 (EMPTY)	用于下行信道训练与测距
接纳响应帧 (ADM_RES)	响应接纳请求
拒绝帧 (REJ)	表明 HB 拒绝 HM 的接纳请求或将对应的 HM 从网络中删除
上行信道报告帧 (ULINK_REPORT)	通告上行链路信道参数
确认帧 (ACK)	对 DLINK_REPORT 的确认
公共调制参数报告帧 (CMP_REPORT)	通告当前网络的下行广播/分组广播参数
链路更新帧 (LINK_UPDATE)	指示 HM 更新链路参数
退出确认帧 (QUIT_ACK)	对 QUIT 的确认
功率控制帧 (POWER_CTRL)	指示 HM 更新发送功率增益

b) 上行信令帧

上行信令帧结构如图 22 所示。帧结构包括首部、载荷、填充和尾部。其中，首部和载荷均包括固定部分和扩展部分（可选）；扩展部分在固定部分之后，由 TLV 编码字段的数目和一个或多个 TLV 编码字段组成，留作功能扩展，其长度可变，具体结构见 A. 1. 1。填充字段内容为比特 ‘0’，长度可变（≥ 0），以保证上行信令帧的总长度为固定值。尾部为 32 位 CRC 校验码，其取值根据信令帧的各字段生成。该 CRC 校验码的生成多项式见式（12）。上行信令帧结构的具体定义见 A. 1. 2，其中给出了首部和载荷的固定部分格式。



图22 上行信令帧结构

上行信令帧类型如表 13 所示。

表13 上行信令帧类型

帧类型	功能
空帧 (EMPTY)	用于上行信道训练与测距
接纳请求帧 (ADM_REQ)	新 HM 请求接纳
接纳确认帧 (ADM_ACK)	对 ADM_RES 帧的确认
拒绝确认帧 (REJ_ACK)	对 REJ 的确认
下行信道报告帧 (DLINK_REPORT)	通告下行链路信道参数
确认帧 (ACK)	对 ULINK_REPORT 的确认
退出帧 (QUIT)	退出网络

6.2.3 控制帧

控制帧用于实现信道分配和队列报告，包括MAP帧和R帧两种帧。两种帧的传输方式不同。

MAP帧由HB生成，主要用于HB向各SC内所有HM发布一个MAP周期内的信道规划，其帧结构的定义见A.2。MAP帧由PHY层Cd帧承载传输。

MAP帧格式如图23所示，包括：MAP周期编号（MAP_ID），起始下行节点ID（FIRST_D_ID），起始上行节点ID（FIRST_U_ID），SSC图样（SSC_MAP），填充域（Padding），显示在线状态的首个HM节点ID（FIRST_ID_OLI），HM节点在线状态（HM_STATE），数据帧重传确认信息（ARQ_FLAG）和CRC校验域，其中填充字段内容为比特‘0’，长度可变（ ≥ 0 ），以保证MAP帧的总长度为固定值；CRC校验码根据MAP帧的各字段生成，其生成多项式见式（12）。

8bit	8bit	8bit	8bit	564bit (SSC_MAP+Padding)	12bit	8bit	32bit	64bit	32bit	
MAP_ID	RSVD1	FIRST_D_ID	FIRST_U_ID	SSC_MAP	Padding	RSVD2	FIRST_ID_OLI	HM_STATE	ARQ_FLAG	CRC

图23 MAP帧格式

R帧由HM生成，主要用于各HM向HB报告本节点的当前队列情况以供HB进行信道分配。其帧结构的定义见附录A中A.2。R帧由PHY层Ru帧承载传输。

R帧格式如图24所示，包括：8个队列信息指示（Q_FLAG）、退出指示（QUIT_IND）、链路维护请求（LM_REQ）、数据帧重传确认信息（ARQ_FLAG）和CRC校验域，其中CRC校验码根据R帧各字段生成，其生成多项式见式（13）。

$$g_2(x) = x^4 + x + 1 \dots \dots \dots (13)$$

1bit	1bit	1bit	1bit	1bit	1bit	3bit	4bit	
Q_FLAG#7	Q_FLAG#6	...	Q_FLAG#0	QUIT_IND	LM_REQ	ARQ_FLAG	RVSD	CRC

图24 R帧格式

6.2.4 数据帧

数据帧（HIMAC数据帧）用于承载上层业务。帧结构包括首部、载荷、填充和尾部，其中载荷域包括子帧首部和各子帧。其帧结构的具体定义见A.3。具体格式如图25所示。

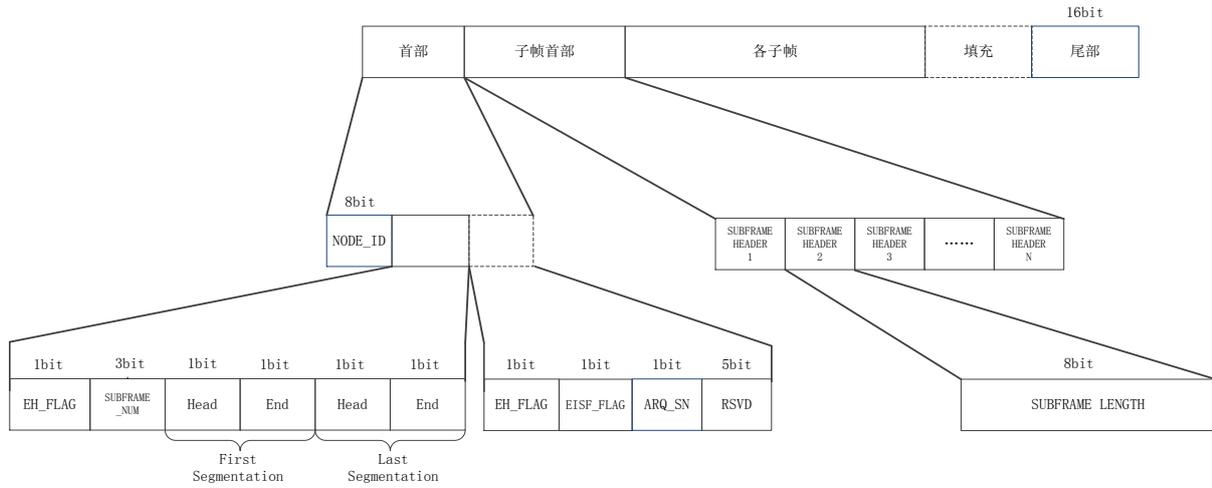


图25 HIMAC 数据帧格式

帧首部包括基本帧头和扩展帧头（可选）。基本帧头长度为2字节，包括收发该帧的节点标识（NODE_ID）、扩展帧头标志（EH_FLAG）、子帧数目（SUBFRAME_NUM）、用于标识第一个和最后一个EMAC帧分段的相关信息域。

若基本帧头的EH_FLAG域取值为1，表示帧首部包含至少一个字节的扩展帧头。扩展帧头第一个字节定义了扩展帧头标志（EH_FLAG）、扩展信息子帧标志（EISF_FLAG）、自动重传请求（ARQ）序号（ARQ_SN）。若当前扩展帧头字节EH_FLAG域取值为1，表示下一个字节仍为扩展帧头，其第一个比特定义为EH_FLAG，其他比特待定义；若当前扩展帧头字节的EH_FLAG域取值为0，表示当前字节为帧首部最后一个字节。

若帧首部扩展帧头第一个字节中的EISF_FLAG域为1，表示该HIMAC数据帧的第一个子帧为EISF，其余子帧为EMAC帧。EISF用于传送扩展信息，如详细队列报告等；其帧结构由承载扩展信息的一个或多个TLV编码域（具体定义见A.1.1）和CRC校验域组成，其中CRC校验码根据EISF的各字段生成，其生成多项式见式（12）。本标准规定，EISF不能分段，必须被完整包含在一个数据帧载荷内。EISF结构如图26所示。

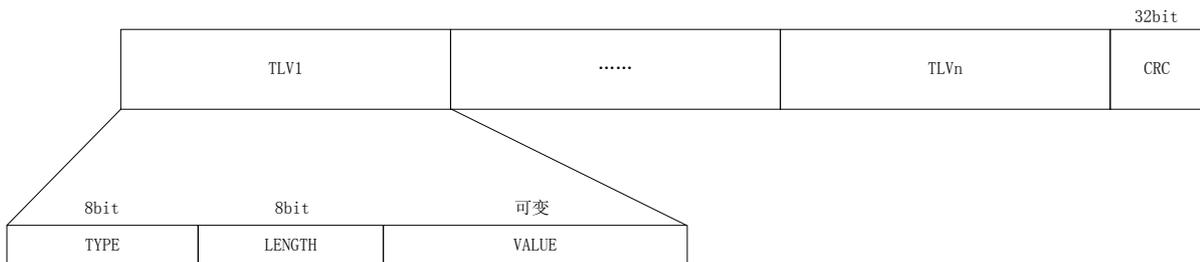


图26 EISF 结构

数据帧载荷域从前到后包括：N个子帧头（ $N \geq 0$ ），对应的N个子帧。子帧头表示对应子帧的长度，以字节为单位。若数据帧中包含EISF，则以以太网子帧从该EISF后的下一个子帧开始放置。

数据帧填充字段内容为比特‘0’，长度可变（ ≥ 0 ），以保证数据帧的总长度为固定值 L_{HIMAC} 比特。数据帧的尾部为CRC校验域，其取值根据数据帧的各字段生成，其生成多项式见式（14）。

$$g_3(x) = x^{16} + x^{12} + x^5 + 1 \dots\dots\dots (14)$$

6.2.5 HIMAC 帧的承载方式

6.2.5.1 信令帧的承载方式

若信令帧有效部分（包括首部、载荷和尾部）的长度小于 N_{SF} 比特，则通过比特0填充至该长度。信令帧的承载方式如图27所示。

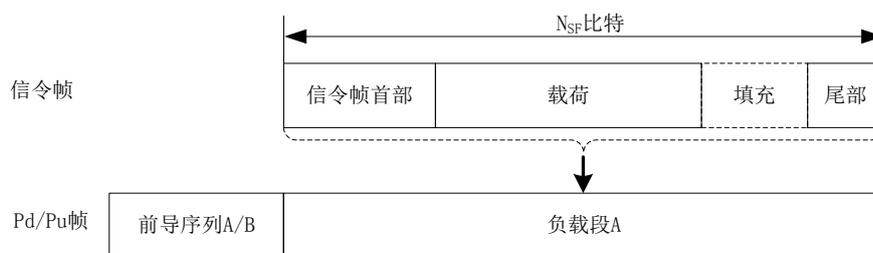


图27 信令帧的承载方式

若信令帧有效部分的长度超过 N_{SF} 比特，发送端通过分片机制将信令帧载荷按照6.2.2信令帧成帧规则分为多个分片后传送。分片机制如图28所示。接收端将属于同一信令帧的多个分片重新聚合后再处理。

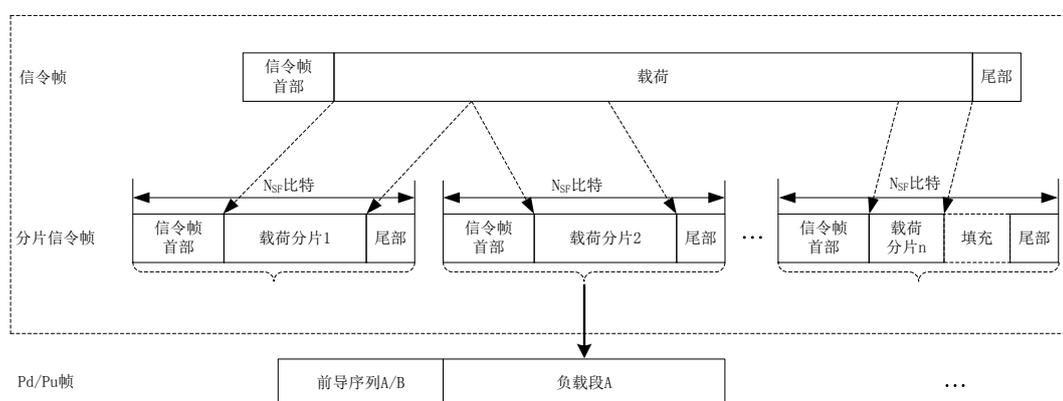


图28 信令帧的分片与承载

6.2.5.2 控制帧的承载方式

对于MAP帧，利用PHY层Cd帧传送，MAP帧不进行分片。

对于R帧，利用PHY层Ru帧传送。每个HM节点传输R帧时使用的Ru帧占用PHY层的2个SCG_Ru，其SCG_Ru编号由HB在节点接纳/链路维护时分配。

6.2.5.3 数据帧的承载方式

HIMAC数据帧被封装到PHY层Dd/Du帧中的负载段B中。

当PHY层进行前向纠错编码时，承载方式如图29所示。每个纠错码块中封装 N_{HIMAC} 个数据帧。此时HIMAC数据帧的长度 L_{HIMAC} 比特为纠错码块有效长度 L_{FEC}/N_{HIMAC} ，其中 N_{HIMAC} 、 L_{HIMAC} 、 L_{FEC} 的取值见附录B中表B.1。

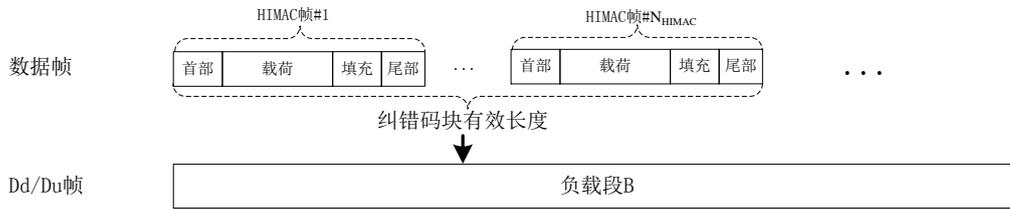


图29 数据帧承载方式

6.2.6 HINOC2.0 系统的比特/字节传送顺序

符合GY/T 265—2012中6.2.6的规定。

6.3 汇聚子层 (CS)

6.3.1 汇聚子层功能

CS负责接收高层的协议数据单元 (PDU)，并将高层PDU映射到CPS，以及进行相反方向的转换操作。高层PDU包括以太网MAC帧 (EMAC帧)，并可选支持其他类型业务 (不在本标准中作定义)。

CS实现的具体功能是：地址学习与转发表构建、优先级映射、数据帧组帧/解帧以及数据帧重传 (可选)。

地址学习与转发表构建就是建立高层PDU地址与HINOC网络节点地址的映射关系。地址学习与转发表构建只涉及HB与HM的内部实现，不在本标准的描述范围。

6.3.2 数据帧的组帧/解帧

上层EMAC数据帧被封装成HIMAC数据帧后，在HINOC系统中发送。此处进行组帧操作的EMAC帧包括从目的地址域到尾部FCS域的所有字段。HIMAC数据帧的组帧/解帧包括数据帧打包/拆包功能和数据帧分段/重组功能。

数据帧打包功能就是将发往同一个HINOC目的节点的一个或多个EMAC帧/EMAC帧分段或EISF组合后，封装到一个HIMAC数据帧中，在HINOC系统内发送。打包后的HIMAC数据帧结构如图30所示，图中每个HIMAC SDU称为一个子帧，对应一个EMAC帧/EMAC帧分段。若数据帧中包含EISF，则该子帧放置在第一个HIMAC子帧中。

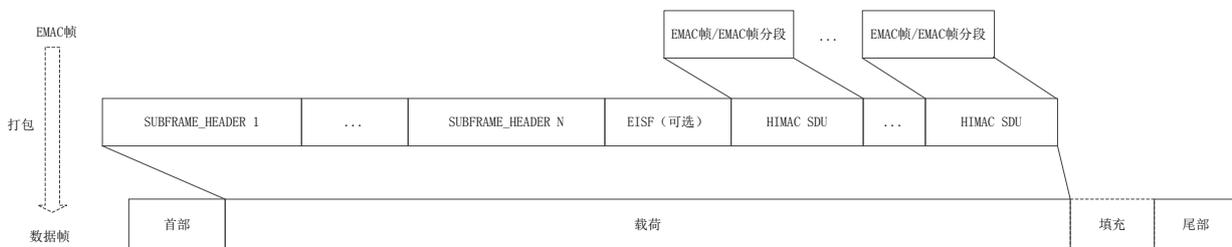


图30 HINOC 对 EMAC 帧的打包

数据帧分段功能就是将一个EMAC帧分割，放入不同的HIMAC数据帧内传送。图31给出了HINOC对EMAC帧的分段示例。

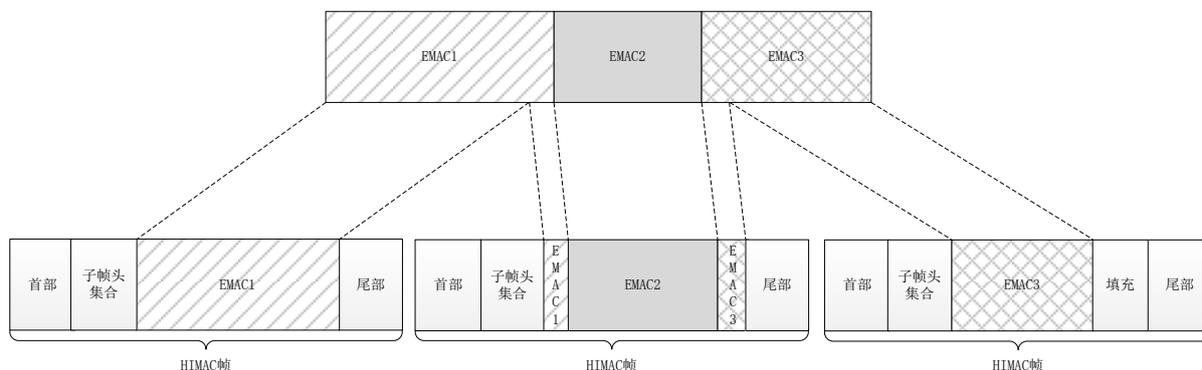


图31 HINOC 对 EMAC 帧的分段示例

为实现分段功能，在HIMAC数据帧首部对该HIMAC帧的首数据子帧分段和末数据子帧分段各定义了2比特进行标示，其定义如表14所示。

表14 HIMAC 首/尾以太网子帧分段标识定义

取值	功能
0b00	该子帧既不是 EMAC 帧的头分段也不是 EMAC 帧的尾分段
0b01	该子帧是一个 EMAC 帧的尾分段
0b10	该子帧是一个 EMAC 帧的头分段
0b11	该子帧是一个完整的 EMAC 帧

为保证分段/重组的正确性，一个未被传送的EMAC帧后续分段应优先于其他待传送的EMAC帧被组帧并传送。一个EMAC帧只能在一个MAP周期内分段传送，不能跨MAP周期分段传送。

若HIMAC帧中含有EISF，则首以太网子帧分段标识对应的子帧是EISF后的第一个以太网子帧。

组帧后的HIMAC数据帧的载荷域从前到后包括：合并后的N（ $N \geq 0$ ）个子帧首部（SUBFRAME_HEADER）及对应的N个子帧/子帧分段。一个子帧首部分别与其后的一个子帧/子帧分段相对应；各子帧首部合并后统一存放在载荷域的起始位置。

组帧之后传输的HIMAC数据帧在到达HINOC目的节点CS后，进行相应解帧（拆包和重组），还原出各个EMAC帧或EISF。

6.3.3 数据帧重传

6.3.3.1 概述

HIMAC2.0可选择启用数据帧重传功能。数据帧重传功能只能用于单播HIMAC数据帧的传送。

数据帧重传的主要机制如下：

- a) HM 进行节点接纳时，HB 可以通过下行信令帧向该 HM 指示是否开启数据帧重传功能。HB 可以独立地开启或关闭其与每一个 HM 的数据帧重传功能。
- b) 对于启动重传功能的 HIMAC 数据帧，传送流程如下：
 - 1) 发送节点向接收节点发送 HIMAC 数据帧，HIMAC 数据帧中携带 1 比特的发送序号，一个 MAP 周期内该发送节点向同一接收节点发送的所有 HIMAC 数据帧发送序号相同。发送后，发送节点保留当前所发送的数据帧。

- 2) 接收节点根据接收 HIMAC 数据帧的结果生成 1 比特确认信息,通过紧邻的下一个 MAP 帧或 R 帧反馈至发送节点,该确认信息针对发送节点整个 MAP 周期内启动重传功能的所有 HIMAC 数据帧进行反馈,表示下一次期望接收的 HIMAC 数据帧发送序号。
- 3) 发送节点根据反馈信息决定是否进行数据帧重传。
- 4) 数据帧的最大传送次数为 $N_{D,T}$,当数据帧的传送次数超过 $N_{D,T}$ 后,发送节点不再对该数据帧进行重传,转而更新当前发送序号并传送后续的新数据帧,其中 $N_{D,T}$ 的取值见表 B.1。

6.3.3.2 数据帧重传机制

启动重传功能的HIMAC数据帧发送流程由发送节点和接收节点共同配合完成。

a) 发送节点的处理流程:

如图 32 所示,发送节点执行如下操作:

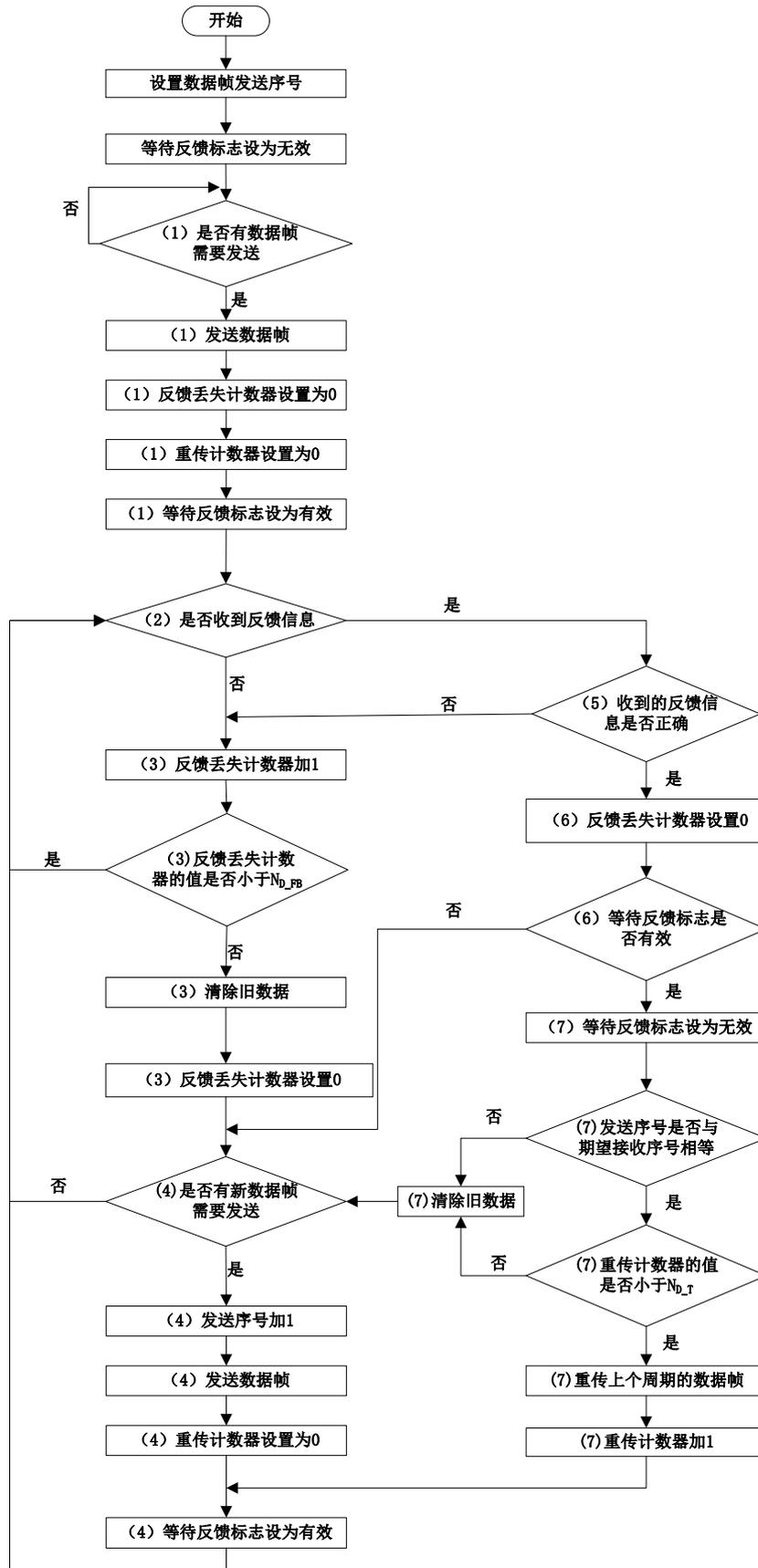


图32 发送节点流程图

设置数据帧的初始发送序号为 0，并将等待反馈标志设为无效。然后执行以下步骤：

- 1) 若发送节点有新数据需要发送，则向接收节点发送数据帧，并在数据帧中携带 1 比特的发送序号。一个 MAP 周期内该发送节点发送的所有 HIMAC 数据帧发送序号相同。数据帧发送完成后保留当前所发送的数据帧，并将反馈丢失计数器和重传计数器设置为 0，等待反馈标志设为有效。执行步骤 2)。
- 2) 发送节点等待来自接收节点的反馈信息，若发送节点一个 MAP 周期内未收到反馈信息，则执行步骤 3)；否则，执行步骤 5)。
- 3) 发送节点将反馈丢失计数器加 1，并检查反馈丢失计数器的值。若该值小于 ND_FB，则下一个 MAP 周期再次执行步骤 2)；否则，立即将旧数据清除，反馈丢失计数器设置为 0，执行步骤 4)。
- 4) 若有新数据需要发送，则发送序号模 2 加 1，发送新数据帧，并将重传计数器设置为 0，等待反馈标志设为有效，数据帧发送完成后保留当前所发送的数据帧，再次执行步骤 2)；若没有新数据发送，则下一个 MAP 周期再次执行步骤 2)。
- 5) 发送节点先对反馈信息进行差错校验。若差错校验显示反馈信息正确，则执行步骤 6)；否则执行步骤 3)。
- 6) 发送节点收到正确的反馈信息后，将反馈丢失计数器设置为 0。若等待反馈标志无效，则将收到的反馈信息丢弃，返回步骤 4)；否则执行步骤 7)。
- 7) 发送节点首先将等待反馈标志设为无效，然后将反馈信息中的期望接收序号与自身发送序号进行比较，判断上一 MAP 周期的帧是否被正确接收：
 - 若期望接收序号与发送序号相同，表明上一 MAP 周期的帧未被正确接收，则检查重传计数器的值。若该值小于 ND_T，则将上一 MAP 周期的数据帧再次发送，重传计数器加 1，并将等待反馈标志设为有效，下周期再次执行步骤 2)；否则发送节点不再继续重传，将旧数据清除，执行步骤 4)。
 - 若期望接收序号与发送序号不同，则发送节点将上一 MAP 周期的数据帧清除，并执行步骤 4)。

b) 接收节点的处理流程：

如图 33 所示，接收节点根据收到的数据帧执行如下操作：

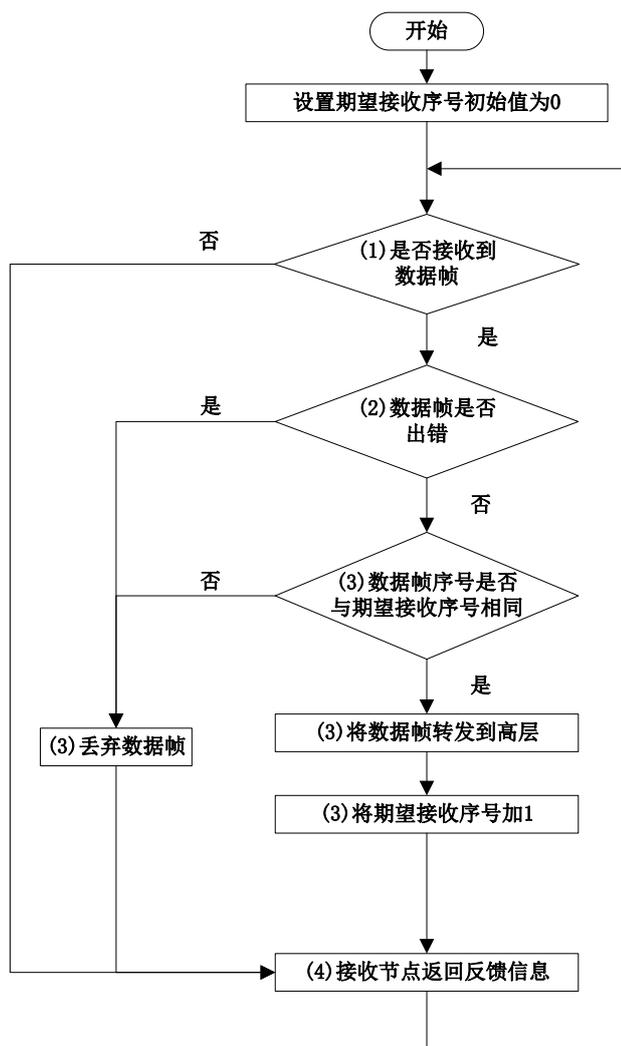


图33 接收节点流程图

设置期望接收的序号初始值为0。然后执行以下步骤：

- 1) 接收节点等待接收数据帧。若一个MAP周期内接收节点并未收到发送节点发送的任何数据帧，则保持期望接收序号不变，执行步骤4)；若收到数据帧，则执行步骤2)。
- 2) 接收节点收到一个MAP周期内发送节点发送的每一个数据帧后，对其进行差错校验。若差错校验显示该MAP周期中所有数据帧都正确无误，则执行步骤3)；若该MAP周期中任何一个数据帧校验出错，则将该周期中此发送节点发送的所有数据帧丢弃，保持期望接收序号不变，并执行步骤4)。
- 3) 接收节点维护1比特的期望接收序号，将收到的每一个数据帧中携带的发送序号与期望接收序号进行比较：若发送序号与期望接收序号相同，则将该MAP周期中此发送节点的所有数据帧转发到高层，并将期望接收序号模2加1，执行步骤4)；若任何一个数据帧的发送序号与期望接收序号不符，则将该MAP周期中此发送节点的所有数据帧丢弃，保持期望接收序号不变，执行步骤4)。
- 4) 接收节点通过紧邻的下一个MAP帧或R帧将反馈信息返回给发送节点，该反馈信息的内容是接收节点的期望接收序号。返回步骤1)。

附录C给出了数据帧正常收发及出错时重传的示例。

6.3.4 优先级映射

符合 GY/T 265—2012 中 6.3.3 的规定。

6.4 公共部分子层 (GPS)

6.4.1 媒体接入控制和信道分配

6.4.1.1 概述

接入控制和信道分配的主要机制如下：

- a) 各个 HM 必须先接纳到 HINOC 系统后，才能访问信道。
- b) HM 被接纳到系统后，其对信道的访问完全在 HB 的集中控制下进行。
- c) HB 将信道在频域上划分为若干个基本 SC 和扩展 SC, HM 可以利用 1 个基本 SC 和若干个扩展 SC 与 HB 进行通信。
- d) HB 将信道划分为在时间轴上连续且互不重叠的时间段，每个时间段称为一个 MAP 周期。在每个 MAP 周期中 HB 发送 MAP 帧，向各节点发布下一 MAP 周期的信道分配方案。
- e) HM 通过报告/授权机制实现信道访问。每个 MAP 周期中，HM 利用各自报告帧时隙向 HB 报告上行数据状态。HB 维护各 HM 下行数据状态，通过 MAP 帧向每个 HM 发布上下行信道分配方案。
- f) 在信道分配的过程中，本标准支持基于优先级的 QoS 保障。
- g) 支持测距和时延补偿功能。

6.4.1 中用到的常量如 T_{P_IFG} 等，其取值在表 B.2 中定义。

6.4.1.2 MAP 周期

在 HINOC 系统中，Pd 帧周期性发送，相邻两个 Pd 帧的起始时间间隔为 $65536\mu s$ ，称为 Pd 周期。Pu 帧的发送时隙是预留的，一个 Pd 周期中包含一个 Pu 帧组时隙。Pu 帧组时隙由 9 个连续放置的 Pu 帧时隙及其帧间隔构成。其中第 5 个 Pu 帧时隙起始时刻位于 Pd 周期的中心时刻，与相邻 Pd 帧的起始时刻间隔为 $32768\mu s$ 。每个 Pd/Pu 帧之后，应保留一定的帧间隔，其取值由 T_{P_IFG} 确定。MAC 层下行/上行信令帧利用 Pd/Pu 帧承载。

在每个 Pd 周期中，HINOC 系统以 PHY 层 Pd 帧的起始时刻作为系统时间起始点。除下行/上行信令帧周期发送外，整个信道被划分为在时间轴上连续且互不重叠的 MAP 周期。MAP 周期和 Pd 周期的关系如图 34 所示。每个 MAP 周期起止时刻均是相对于所属 Pd 周期中 Pd 帧起始时刻的偏移时间。MAP 周期不能跨越 Pd、Pu 帧。

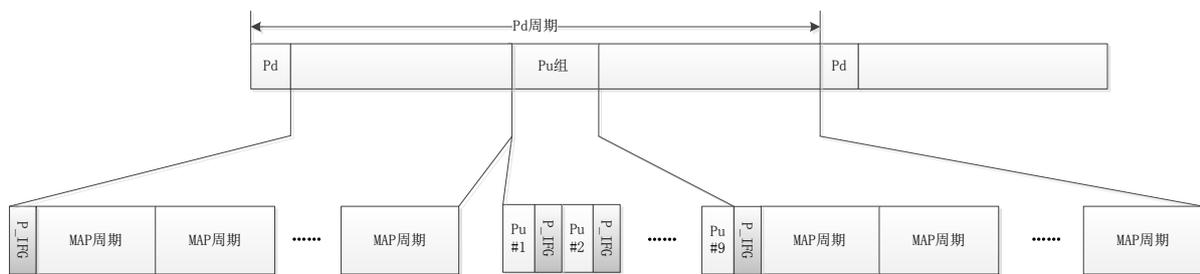


图34 MAP 周期与 Pd 周期的关系

如图 35 所示，128MHz 的信道被分成 8 个 16MHz 的 SC，其中 SC0 为基本 SC，SC1 至 SC7 为扩展 SC。系统可选支持将扩展 SC 配置为基本 SC。每个 HM 可以利用 1 个基本 SC 和 0~7 个扩展 SC 与 HB 进行通信。每个 MAP 周期

内的每个SC都有一个MAP帧。每个MAP周期内某个SC的分配方案，由上一MAP周期中该SC内的MAP帧进行规划。第N个MAP周期内的某个SC如何分配由第(N-1)个MAP周期内该SC中的MAP帧规定。

MAP周期长度固定，包括 $N_{\text{MAP_SYMBOL}}$ 个OFDM符号，其时长为 $T_{\text{MAP_CYCLE}}$ 。

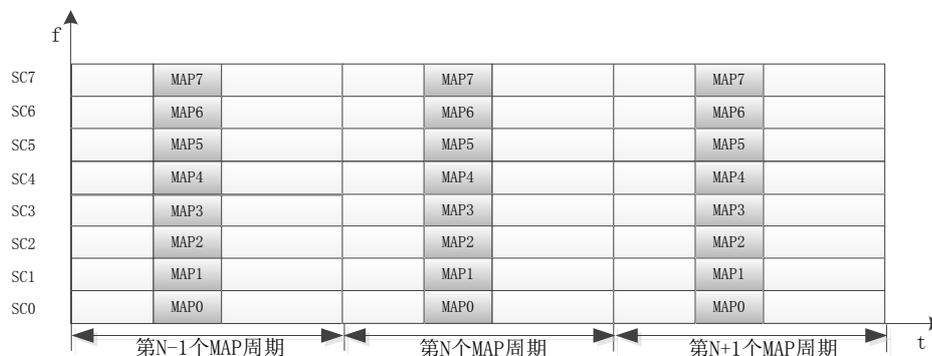


图35 信道上的 MAP 周期

每个 MAP 周期的结构如图 36 所示，MAP 周期由 $(N_{\text{MAP_SYMBOL}}-2)$ 个有效 OFDM 符号组成，其中 HB 利用 MAP 周期的第 5 个至第 7 个符号（共 3 个符号）传输 MAP 帧；各 HM 利用第 $(N_{\text{MAP_SYMBOL}}-11)$ 个至第 $(N_{\text{MAP_SYMBOL}}-5)$ 个符号中的 1 到 7 个符号传输 R 帧，每个 HM 用于传输 R 帧的符号的位置由 HB 在节点接纳/链路维护过程中设定；其余符号用于传输数据帧。同一 OFDM 符号不可同时用于传输控制帧和数据帧。

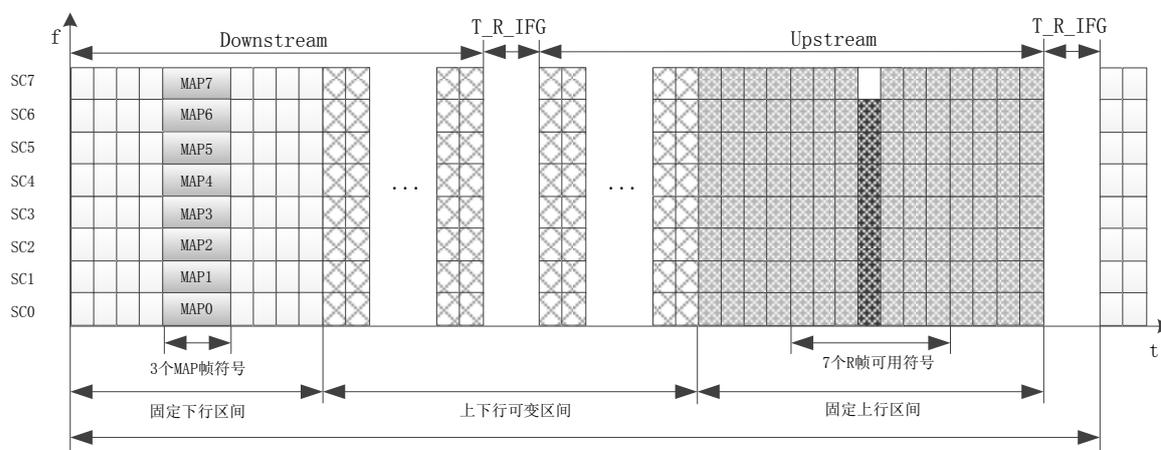


图36 MAP 周期的结构

MAP 周期的第 1 个至第 11 个符号是固定下行区间，区间内用于传输数据帧的 OFDM 符号只能传输下行数据帧；MAP 周期的第 $(N_{\text{MAP_SYMBOL}}-15)$ 个至第 $(N_{\text{MAP_SYMBOL}}-1)$ 个符号是固定上行区间，区间内用于传输数据帧的 OFDM 符号只能传输上行数据帧；MAP 周期的第 12 个至 $(N_{\text{MAP_SYMBOL}}-16)$ 个符号是上下行可变区间，区间内的 $(N_{\text{MAP_SYMBOL}}-28)$ 个 OFDM 符号既可用于传输上行数据帧也可用于传输下行数据帧，但同一 OFDM 符号不得同时用于传输上行数据帧和下行数据帧。

MAP 周期内下（上）行符号和相邻上（下）行符号之间的倒换帧间隔为 R_IFG ，其取值为 T_{R_IFG} 。

6.4.1.3 MAP 周期的分配

HINOC2.0 协议采用报告/授权机制实现 MAP 周期的分配。

各 HM 使用 R 帧向 HB 报告当前队列信息。HB 根据 HM 提供的信息以及本地下行队列信息生成信道规划方案，并通过 MAP 帧向各 HM 发布下一个 MAP 周期的信道规划方案。HB 和各 HM 按照 MAP 帧中的规定传送数据。

不同 HM 利用 PHY 层 Ru 帧向 HB 发送 R 帧，每个 R 帧长度为 L_{R_FRAME} 比特，其中 8 个比特的 Q_FLAG 域分别用于指示 8 个队列的信息，Q_FLAG 域的设置方法不在本标准的定义范围。

HB 同时每个 SC 上各发送一个 MAP 帧，每个 MAP 帧长度固定为 L_{MAP_FRAME} 比特，包含 MAP 周期编号 (MAP_ID)，起始下行节点 ID (FIRST_D_ID)，起始上行节点 ID (FIRST_U_ID)，SSC 图样 (SSC_MAP)，填充 (Padding)，节点在线状态域的起始 HM 节点 ID (FIRST_ID_OLI)，HM 节点在线状态 (HM_STATE)，数据帧重传确认信息 (ARQ_FLAG) 和 CRC 校验域。具体定义如下：

- MAP_ID (8bit)：指示该 MAP 帧规划的下一个 MAP 周期在 Pd 周期中的编号(编号从 1 开始)，该编号表示该 MAP 周期是所在 Pd 周期的第几个 MAP 周期。各节点通过 MAP_ID 可以获得该 MAP 周期的起始时间。
- FIRST_D_ID (8bit)：指示该 MAP 周期下行区起始的 NODE_ID (取值范围为 1~72)。
- FIRST_U_ID (8bit)：指示该 MAP 周期上行区起始的 NODE_ID (取值范围为 1~64)。
- SSC_MAP ($(2 \times N_{MAP_SYMBOL} + 272)$ bit)：指示当前 SC 内 MAP 帧规划的下一个 MAP 周期中各 SSC 的分配方式，包括 SSC 的功能及使用该 SSC 的节点。

SSC_MAP 由 $(N_{MAP_SYMBOL} + 136)$ 个连续码字组成。每个码字长度为 2bit。码字定义如表 15 所示。

表15 SSC_MAP 中的码字定义

取值	功能
0b00	空闲的 SSC
0b01	传输数据帧的 SSC
0b10	传输 MAP 帧/R 帧或用于收发倒换间隔的 SSC
0b11	NODE_ID 分隔码字

根据作用不同，码字分为功能码字 (取值为 0b00、0b01、0b10) 和 NODE_ID 分隔码字 (取值为 0b11) 两类。SSC_MAP 域中的每一个功能码字与该 SC 内 MAP 周期中的 SSC 按顺序一一对应，其取值表示对应 SSC 的用途。SSC_MAP 中各个码字的详细功能定义如下：

- a) 码字取值为 0b00，表示该码字对应的 SSC 空闲。
- b) 码字取值为 0b01，表示该码字对应的 SSC 用于传输数据帧，占用该数据帧 SSC 的节点的 NODE_ID 取值由 NODE_ID 分隔符的位置和下/上行起始的 NODE_ID 决定。
- c) 码字取值为 0b10，表示该码字对应的 SSC 可以用于传输 MAP 帧、R 帧或用于收发倒换间隔，其具体功能由该码字在功能码字组的位置决定。若该码字处于第 5 个至第 7 个功能码字的位置，则表示该码字对应的 SSC 用于传输 MAP 帧；若该码字处于第 12 个与第 $(N_{MAP_SYMBOL} - 16)$ 个功能码字之间，则表示该码字对应的 SSC 用于收发倒换间隔 (第一次)；若该码字位于第 $(N_{MAP_SYMBOL} - 11)$ 个到第 $(N_{MAP_SYMBOL} - 5)$ 个功能码字之间，则表示该码字对应的 SSC 用于传输 R 帧；若该码字处于第 N_{MAP_SYMBOL} 个功能码字的位置，则表示该码字对应的 SSC 用于收发倒换间隔 (第二次)。
- d) 码字取值为 0b11，表示该码字为 NODE_ID 分隔码字 (简称分隔码字)，用于指示使用数据帧 SSC 的节点的 NODE_ID 取值。SSC_MAP 域中的每一个分隔码字，对应于一个 NODE_ID。SSC_MAP 域中包含的分隔码字数目为 136，其中前 72 个分隔码字与下行 72 个 NODE_ID 按顺序一一对应 (第一个分隔码字对应 FIRST_D_ID 指定的 NODE_ID。NODE_ID 65-72 为分组 NODE_ID，与分组

0~7 按顺序一一对应)，最后的 64 个分隔符码字与上行 64 个 NODE_ID 按顺序一一对应(第一个分隔码字对应 FIRST_U_ID 指定的 NODE_ID)。

本标准规定，构成 SSC_MAP 时，功能码字和分隔码字组合排列，以确定当前 SC 下一 MAP 周期的规划方案，即各 SSC 的用途以及使用该 SSC 的 NODE_ID。

设一个数据帧 SSC 对应的码字位于第 n 个和第 $n+1$ 个分隔码字之间，且下行起始 NODE_ID (FIRST_D_ID) 为 x ，上行起始 NODE_ID (FIRST_U_ID) 为 y 。若 $n < 73$ 且 $(n+x-1) \bmod 72 \neq 0$ ，则该数据帧 SSC 用于向 NODE_ID 为 $(n+x-1) \bmod 72$ 的节点传输下行数据帧；若 $n < 73$ 且 $(n+x-1) \bmod 72 = 0$ ，则该数据帧 SSC 用于向 NODE_ID 为 72 的节点传输下行数据帧；若 $n \geq 73$ 且 $(n+y-73) \bmod 64 \neq 0$ ，则该数据帧 SSC 由 NODE_ID 为 $(n+y-73) \bmod 64$ 的节点向 HB 传输上行数据帧；若 $n \geq 73$ 且 $(n+y-73) \bmod 64 = 0$ ，则该数据帧 SSC 由 NODE_ID 为 64 的节点向 HB 传输上行数据帧。

为保证 SSC_MAP 编码的唯一性，本标准规定，除上行和下行最后一个 NODE_ID 分隔码字外，其余 NODE_ID 分隔码字后的下一个码字，其取值只能为 0b01 或 0b11；上行和下行最后一个 NODE_ID 分隔码字后的下一个码字，其取值只能为 0b10 或 0b01。

图 37 为一个 MAP 帧的示例，设该示例中 FIRST_D_ID 和 FIRST_U_ID 值分别为 3 和 5。如图 37 所示，MAP 帧中第 1 个和第 2 个 NODE_ID 分隔码字之间有 4 个数据帧 SSC 码字 (0b01) 和 3 个特殊用途 SSC 码字 (0b10)，表示 MAP 周期的第 1 个至第 4 个 SSC 被分配给 HM3 传输下行数据帧，第 5 个至第 7 个 SSC 用于传输 MAP 帧。类似地，第 8 个到第 9 个 SSC 被分配给 HM6 传输下行数据帧；在上行区间内，第 1 个到第 3 个 SSC 被分配给 HM5 传输上行数据帧。

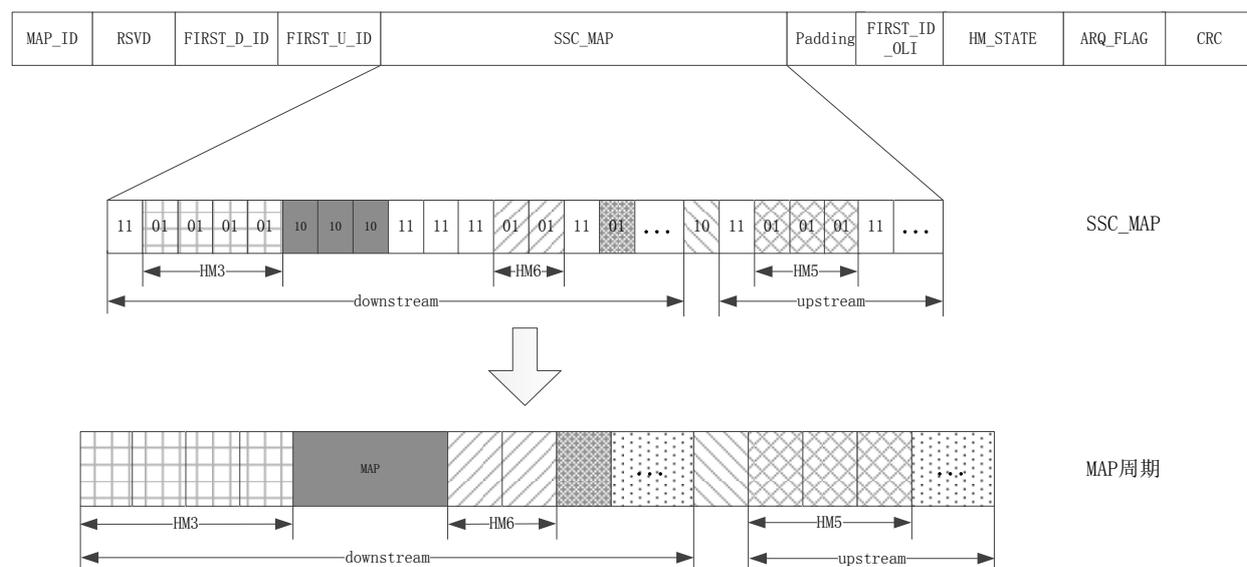


图37 SSC_MAP 与 MAP 周期的映射关系示例

- FIRST_ID_OLI (8bit)：指示后续的 32 比特，从哪个 NODE_ID 开始显示各 HM 的在线状态。
- HM_STATE (32bit)：指示从 FIRST_ID_OLI 对应的 HM 开始，连续 32 个 HM 节点是否在线。当 FIRST_ID_OLI 取值为 i 时，该域显示从 NODE_ID 为 i 按照递增的顺序到 $(i+31) \bmod 64$ 的各 HM 的在线状态（当 $(i+31) \bmod 64 = 0$ 时例外，此时 NODE_ID 取值为 64）。
- ARQ_FLAG (64bit)：数据帧重传确认信息，仅在启动 ARQ 机制时有效。
- CRC (32bit)：CRC 校验。

各 HM 根据各个 SC 中的 MAP 帧得到该 SC 下一 MAP 周期信道分配方案，将其收到的所有 SC 的 MAP 帧组合起来，即可得到该 HM 所占用 SC 的下一 MAP 周期分配方案。

信道分配的方式可分为 TDMA 和 OFDMA 两种，图 38 分别给出了在 TDMA 和 OFDMA 方式下，MAP 周期分配方案的示例。

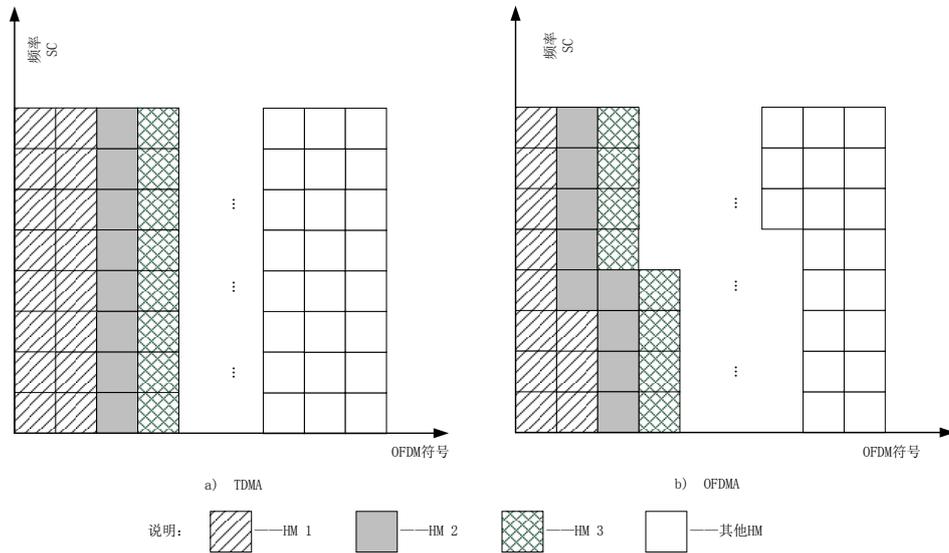


图38 MAP 周期的分配方案示例

HB 在节点接纳完成后将该新接纳节点对应的在线指示位置 1；若 HM 在收到的 MAP 帧中发现其对应的节点在线指示位为 0，则立即退出网络。如果 HB 在连续 N_{NO_R} 个 R 帧发送时隙中都没有收到某个 HM 发送的 R 帧，则 HB 将其从网络中删除，不再为其分配信道资源。如果 HM 在 T_{KA} 内都没有收到 HB 发送的 MAP 帧中该 HM 节点在线的指示，则认为已被 HB 从网络中删除。此后，该 HM 只能通过节点接纳流程再次加入这个 HINOC 系统。

6.4.2 节点接纳

6.4.2.1 概述

节点接纳过程是指一个新的 HM，简称 NHM，上电初始化（或复位）后，通过 MAC 层信令交互，加入到现有 HINOC 系统的过程。

a) MAC 层信令通道

HINOC 系统利用 MAC 层信令通道进行信令交互，信令通道如图 39 所示。

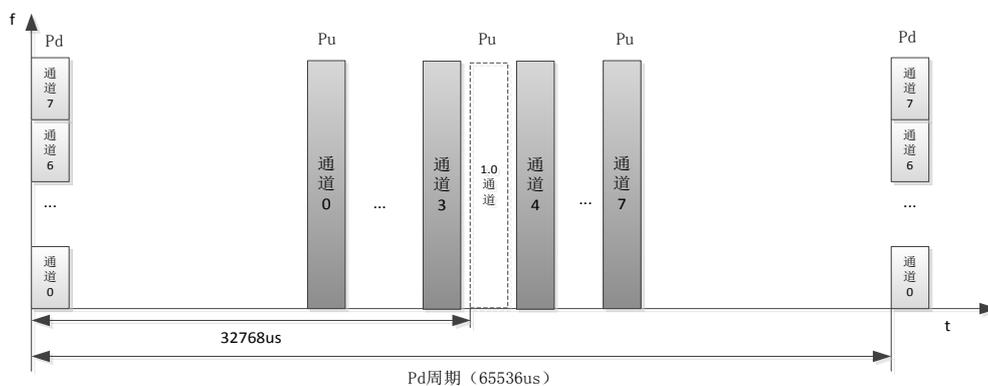


图39 MAC 层信令通道结构

信令通道与 Pd、Pu 帧时隙的对应关系以及信令通道的特性如下：

- 1) 一个 Pd 周期包括 1 个 Pd 帧时隙和 9 个 Pu 帧时隙。
- 2) Pd 帧时隙和每个 Pu 帧时隙在 Pd 周期中的位置固定。其中，Pu 帧时隙连续放置，第 5 个 Pu 帧时隙起始位置位于 Pd 周期的正中，即 32768 μ s 处。
- 3) 上行的 9 个 Pu 帧时隙中，第 5 个 Pu 帧时隙专用于 HINOC 1.0 HM 传送上行信令帧，HINOC 2.0 HM 不得使用。其余 8 个 Pu 帧时隙用于 HINOC 2.0 HM 传送上行信令帧。
- 4) 在 Pd 帧时隙中，每个 SC 分别承载 1 个下行信令通道。下行信令通道编号为通道 0~通道 7。
- 5) 对于 HINOC 2.0 使用的 8 个 Pu 帧时隙，每个 Pu 帧时隙承载 1 个上行信令通道。上行信令通道编号为通道 0~通道 7。
- 6) 8 个下行信令通道与 8 个上行信令通道按编号一一对应。
- 7) 信令通道包括使能信令通道和非使能信令通道，本标准规定，只有使能信令通道可以用于传输上/下行信令帧。
- 8) 在 Pd 帧时隙中，由基本 SC 承载的下行信令通道为使能下行信令通道，与使能下行信令通道对应的上行信令通道为使能上行信令通道。
- 9) 若系统存在 n ($n>1$) 对使能信令信道（可选），则在一个 Pd 周期内，HB 可以利用这 n 对使能信令通道分别与 n 个 HM 独立并行地进行上/下行信令帧交互，从而可支持多通道并行的节点接纳/链路维护。

b) 节点接纳过程

接纳过程的信令交互流程如图40所示。接纳过程包括如下六个步骤：

- 1) 步骤 1：进行网络搜索，同时完成下行功率控制和下行信道训练；
- 2) 步骤 2：交互接纳请求/响应/确认帧；
- 3) 步骤 3：交互下行信道报告；
- 4) 步骤 4：进行上行功率控制、上行信道训练与测距；
- 5) 步骤 5：交互上行信道报告；
- 6) 步骤 6：通告分组广播参数并指示更新信道参数。

HB 与 HM/NHM 可以通过节点接纳/链路维护过程进行测距和功率控制，具体操作见 6.4.5 和 6.4.6。

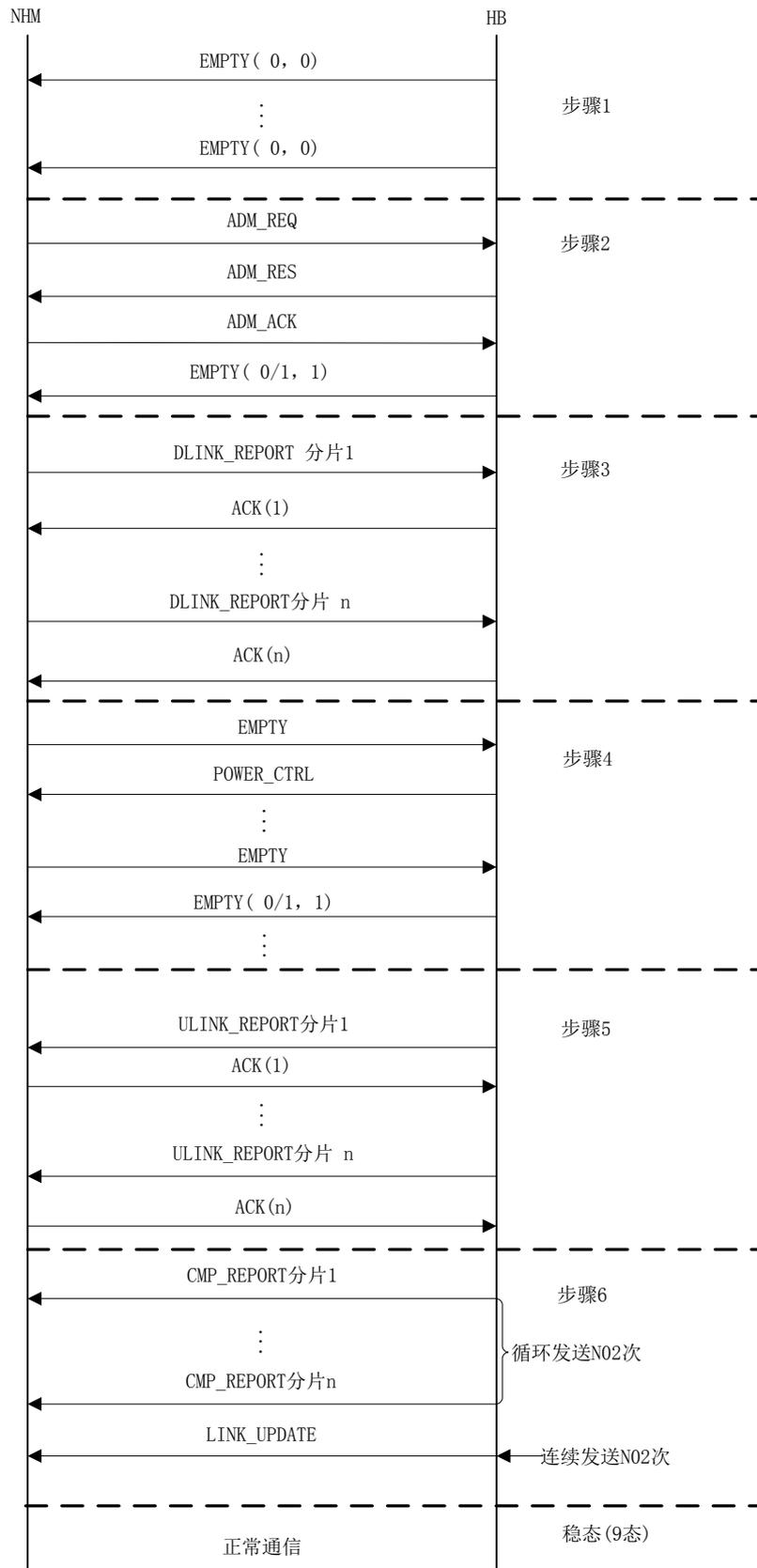


图40 接纳过程信令交互流程图

图40中EMPTY (x, y) 的参数含义：x代表下行EMPTY帧首部中ADM_FLAG字段的值，y代表下行EMPTY帧首部中HINOC_STATE字段的值。EMPTY (0/1, 1) 中的“0/1”，表示ADM_FLAG字段由HB根据当前网络是否允许接纳新节点决定取值为0或1。

ACK (n) 的参数含义：n 代表上/下行 ACK 帧载荷中 ACK_SN 字段的值。

接纳过程涉及如下十个状态：

- 1) 0 态 (S0)：网络搜索；
- 2) 1 态 (S1)：下行功率控制与下行信道训练；
- 3) 2 态 (S2)：接纳请求/响应帧的交互；
- 4) 3 态 (S3)：接纳确认帧的交互；
- 5) 4 态 (S4)：DLINK_REPORT 分片的交互；
- 6) 5 态 (S5)：上行功率控制；
- 7) 6 态 (S6)：上行信道训练与测距；
- 8) 7 态 (S7)：ULINK_REPORT 分片的交互；
- 9) 8 态 (S8)：分组广播参数通告与信道参数更新指示；
- 10) 9 态 (S9)：稳态。

HB 与 NHM 的正常接纳过程状态转移图示例分别如图 41 和图 42 所示。接纳过程的详细 SDL 图可参见 GY/T 265—2012 的附录 D。

HINOC2.0 HB 兼容 HINOC1.0 HM 加入网络。当 HINOC1.0 HM 收到下行信令帧时，根据下行信令帧相关字段指示确定是否可加入网络，若可以则发送接纳请求帧；当 HB 收到 HINOC1.0 HM 发送的接纳请求帧时，决定是否允许其加入网络，若允许则按照 HINOC1.0 协议执行节点接纳过程，在此过程中 HB 与 HM 之间交互 HINOC1.0 信令帧，具体的节点接纳过程可参见 GY/T 265—2012。

接纳过程结束后，NHM 和 HB 进入稳态（9 态），开始收、发 MAC 层数据，进行正常通信。

在节点接纳过程中，HB/NHM 可以通过节点退出流程终止节点接纳，具体操作见 6.4.4。

6.4.2 中用到的常量如 TL1 等，其取值在表 B.3 和表 B.5 中定义。

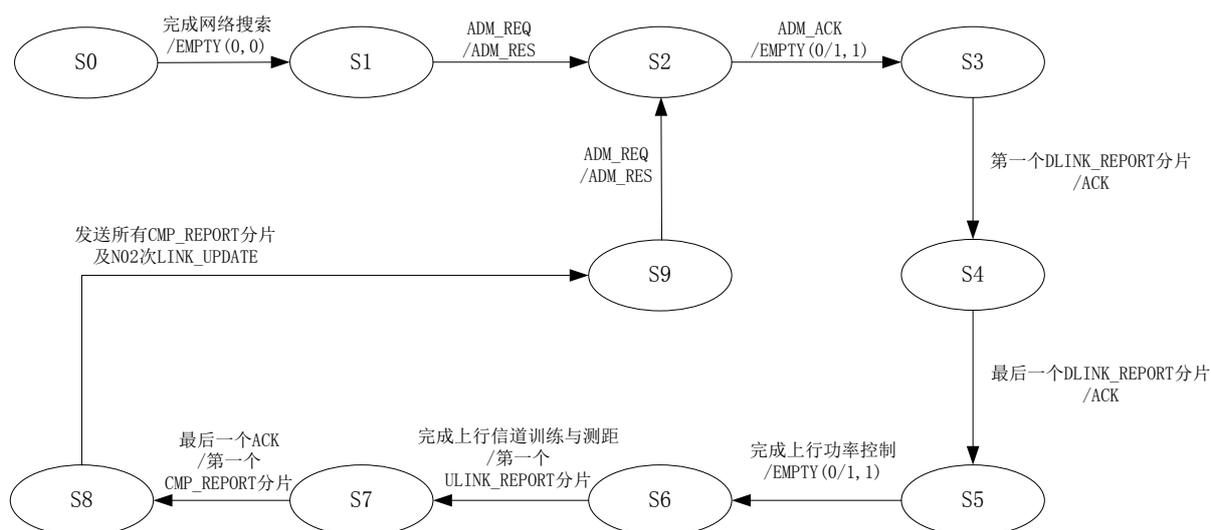


图41 HB 正常接纳过程状态转移图示例

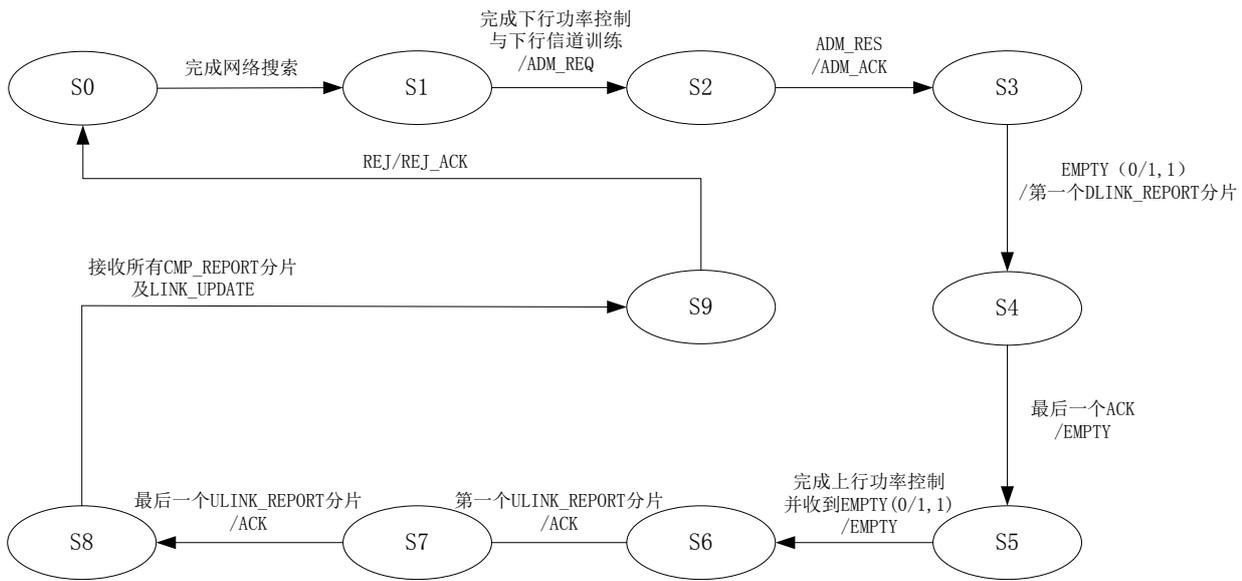


图42 HM 正常接纳过程状态转移图示例

6.4.2.2 步骤 1

步骤1包括网络搜索（0态）和下行功率控制与下行信道训练（1态）两个状态。上电初始化（或复位）后，HB和NHM节点处于0态，首先进行网络搜索，然后NHM根据收到的下行信令帧先后进行下行功率控制与下行信道训练。

网络搜索（0态）包括指定频率网络搜索和切换频率网络搜索两种方式：

a) 指定频率网络搜索

指定频率搜索允许HB和NHM在指定的信道上构建网络。

NHM的操作：NHM加电之后工作在系统配置的频率，并设置定时器TL1，设置NHM的初始接收功率增益为最大值：

- 1) 如果在一个 Pd 周期时长内收到 CRC 校验错误的下行信令帧或未收到下行信令帧，则减小接收功率增益，继续在下一个 Pd 周期时长内等待接收下行信令帧。
- 2) 如果在一个 Pd 周期时长内收到 CRC 校验正确的下行信令帧，但是网络参数不符或者 HB 不可接纳，则终止网络搜索，退出本次接纳过程。
- 3) 如果在一个 Pd 周期时长内收到 CRC 校验正确的下行信令帧，并且网络参数相符同时 HB 可接纳，则取消定时器 TL1，NHM 网络搜索完成；设置定时器 TL2，转入 1 态，开始进行下行功率控制和下行信道训练。
- 4) 如果 TL1 超时，则终止网络搜索，退出本次接纳过程。

HB的操作：HB加电之后工作在系统配置的频率上，首先设置定时器TL1并监听下行信令帧：

- 1) 如果收到下行信令帧，说明该信道已经被占用，则取消 TL1，并终止网络搜索过程，退出本次接纳过程；
- 2) 如果 TL1 超时，则该信道可用，转入 1 态，开始周期性发送 EMPTY(0,0)帧，该帧的 HINOC_ID 字段指示自己的网络 ID。

b) 切换频率网络搜索

切换频率搜索允许HB和NHM自动搜索可用信道并构建网络。

NHM的操作：NHM加电之后工作在预先设置的频率上，并设置定时器TL1，设置NHM的初始接收功率增益为最大值：

- 1) 如果在一个 Pd 周期时长内收到 CRC 校验错误的下行信令帧或未收到下行信令帧，则减小接收功率增益，继续在下一个 Pd 周期时长内等待接收下行信令帧。
- 2) 如果在一个 Pd 周期时长内收到 CRC 校验正确的下行信令帧，但是网络参数不符或者 HB 不可接纳，则 NHM 切换到另一频率，重新进行网络搜索过程并重置 TL1。如果无可用信道，则终止网络搜索，退出本次接纳过程。
- 3) 如果在一个 Pd 周期时长内收到 CRC 校验正确的下行信令帧，并且网络参数相符，HB 可接纳，则取消定时器 TL1，NHM 网络搜索完成；设置定时器 TL2，转入 1 态，开始进行下行功率控制与下行信道训练。
- 4) 如果 TL1 超时，则 NHM 切换到另一频率，重新进行网络搜索过程并重置 TL1。如果无可用信道，则终止网络搜索，退出本次接纳过程。

HB的操作：HB加电之后工作在预先设置的频率上，设置定时器TL1，并监听下行信令帧：

- 1) 如果 HB 收到下行信令帧，则取消 TL1，HB 切换到另一频率重新进行网络搜索过程，并重置 TL1。如果无可用信道，则终止网络搜索，退出本次接纳过程。
- 2) 如果 TL1 超时，则该信道可用，转入 1 态，开始在此频率周期性发送 EMPTY (0, 0) 帧。网络搜索完成后，NHM/HB 进入下行功率控制与下行信道训练状态（1 态）。

NHM的操作：

- a) NHM 持续接收下行信令帧，进行下行功率控制，即根据接收到的下行信令帧调整接收功率增益，调整的最大次数为 N03 次；
 - 1) 如果在 N03 次内已完成下行功率控制，则继续接收下行信令帧进行下行信道训练；
 - 2) 如果调整次数达到 N03 次后仍未完成下行功率控制，则停止功率调整，转而继续接收下行信令帧进行下行信道训练。
- b) NHM 在完成下行功率控制与下行信道训练之后，待 HB 处于可接纳稳态（9 态）时，取消定时器 TL2，发送 ADM_REQ 帧，设置定时器 TA1 和 T01，转入 2 态；
- c) 如果定时器 TL2 超时，则转入 0 态，退出本次接纳过程。

HB的操作：

- a) 持续发送 EMPTY (0, 0) 帧，该帧 HINOC_ID 字段指示自己的网络 ID；
- b) 当收到 ADM_REQ 帧，若同意接纳，则发送 ADM_RES 帧，为 NHM 分配节点 ID 与分组编号，设置定时器 TA1 和 T01，转入 2 态；若不同意接纳，则发送 REJ 帧（REASON 字段给出拒绝原因），退出本次接纳过程，并转入 9 态。

6.4.2.3 步骤 2

步骤2进行接纳请求/响应/确认帧的交互。该步骤包括接纳请求/响应帧的交互（2态）和接纳确认帧的交互（3态）两个状态。当网络处于接纳过程时，HB要保证同一时刻同一基本SC只能有一个新节点进行接纳。

NHM的操作：

- a) 当 NHM 发送 ADM_REQ 后，处于 2 态。
 - 1) 如果在 T01 超时前 NHM 收到了 ADM_RES 帧，则发送 ADM_ACK 帧，转入 3 态。
 - 2) 如果收到 REJ 帧，则发送 REJ_ACK，取消 TA1 和 T01，转入 0 态，并退出本次接纳过程。
 - 3) 如果收到 EMPTY (0, 0) 或 T01 超时，则认为 ADM_REQ 帧发生碰撞，执行截断的二进制指数退避。节点设置退避次数 K，K 表示再次发送 ADM_REQ 帧之前需要等待的 Pd 周期数（再次发送 ADM_REQ 帧后，应重置 TA1）。K 的取值是一个 $[0, 2^m - 1]$ 之间的随机数；这里 m 为先前尝试发送 ADM_REQ 帧的次数， $0 < m < NA1$ 。在退避过程中，如果 NHM 收到接纳本节点

的 ADM_RES 帧，则发送 ADM_ACK 帧；如果收到 HB 接纳/维护其他 NHM/HM 的下行信令帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程。

- 4) 如果发送 ADM_REQ 帧 NA1 次后，仍未收到 ADM_RES 帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程。
- 5) 如果收到 EMPTY (1, 0) 帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程。
- b) 当 NHM 发送 ADM_ACK 后，处于 3 态。
 - 1) 如果收到 EMPTY (0/1, 1) 帧，则发送 DLINK_REPORT 第一个分片，设置 T01，转入 4 态；
 - 2) 如果收到 ADM_RES 帧，则发送 ADM_ACK 帧；
 - 3) 如果收到 EMPTY (0/1, 0) 帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程；
 - 4) 其他情况下，NHM 不发送任何上行信令帧。
- c) 在 2 态和 3 态，如果 TA1 超时，则转入 0 态，退出本次接纳过程。

HB的操作：

- a) 当 HB 发送 ADM_RES 帧后，处于 2 态。
 - 1) 如果在 T01 超时前收到 ADM_ACK 帧，则发送 EMPTY (0/1, 1) 帧，重置定时器 T01，转入 3 态；
 - 2) 如果在 T01 超时前收到 ADM_REQ 帧，则发送 ADM_RES 帧，并重置 T01；
 - 3) 如果 T01 超时，则重发 ADM_RES 帧，并设置 T01；
 - 4) 如果发送 ADM_RES 帧 N01 次后，仍没有收到 ADM_ACK 帧，则 HB 放弃对该节点的接纳，发送 EMPTY (0/1, 0) 帧，转入 9 态，退出本次接纳过程。
- b) 当 HB 发送 EMPTY (0/1, 1) 帧后，处于 3 态。
 - 1) 如果在 T01 超时前收到来自 HM 的第一个 DLINK_REPORT 分片，则发送 ACK (1) 帧，重置定时器 T01，设置定时器 TA2，转入 4 态；
 - 2) 如果 T01 超时，则发送 EMPTY(0/1,1)帧，并重置定时器 T01，继续等待第一个 DLINK_REPORT 分片。
- c) 在 2 态和 3 态，如果 TA1 超时，则转入 9 态，退出本次接纳过程。

6.4.2.4 步骤 3

步骤3完成下行信道报告的交互。该步骤包括DLINK_REPORT分片的交互（4态）一个状态。

NHM的操作：当NHM发送DLINK_REPORT分片后，处于4态。

- a) 如果 T01 超时之前收到 ACK (n) 帧，其中 n 为 HB 已正确收到的序号连续的各分片的最大序号，则发送第 n+1 个 DLINK_REPORT 分片，并重置 T01；
- b) 如果 T01 超时之前收到对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧，则发送 EMPTY 帧，重置 T01，并设置定时器 TA3，转入 5 态；
- c) 如果 T01 超时，则重发当前 DLINK_REPORT 分片，并设置 T01，最多发送次数为 N01 次；
- d) 如果发送当前 DLINK_REPORT 分片次数达到 N01 次仍未收到相应的 ACK 帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程；
- e) 在本态（4 态），如果收到 EMPTY (0/1, 0) 帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程；
- f) 在本态（4 态），如果 TA1 超时，则转入 0 态，退出本次接纳过程。

HB 的操作：当 HB 发送 ACK (1) 帧后，处于 4 态。

- a) 如果 T01 超时之前收到一个 DLINK_REPORT 分片，无论该分片为正确接收分片、错误接收分片或者重发分片，都发送 ACK (n) 帧，其中 n 为已正确收到的序号连续的各分片的最大序号，并重置 T01；
- b) 如果 T01 超时，则重发 ACK (n) 帧，其中 n 为已正确收到的序号连续的各分片的最大序号，并重置 T01；

- c) 如果 T01 超时之前收到最后一个 DLINK_REPORT 分片, 则取消定时器 TA2 和 T01, 发送相应的 ACK 帧, 并设置定时器 TA3 和 T01, 转入 5 态;
- d) 在本态 (4 态), 如果 TA2 超时, 则转入 9 态, 退出本次接纳过程;
- e) 在本态 (4 态), 如果 TA1 超时, 则转入 9 态, 退出本次接纳过程。

6.4.2.5 步骤 4

步骤4完成上行功率控制、上行信道训练与测距。该步骤包括上行功率控制 (5态) 和上行信道训练与测距 (6态) 两个状态。

NHM的操作:

- a) 在上行功率控制过程中, NHM 处于 5 态。
 - 1) 如果 T01 超时前收到功率控制帧, 则根据该帧内容调整自身的发送功率, 发送 EMPTY 帧, 并重置 T01;
 - 2) 如果 T01 超时前收到 EMPTY (0/1, 1) 帧, 则发送 EMPTY 帧, 并重置 T01, 转入 6 态, 开始利用 HB 指定的 P_u 帧时隙发送 P_u 帧, 进行上行信道训练与测距;
 - 3) 如果 T01 超时前收到对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧, 则发送 EMPTY 帧, 并重置 T01;
 - 4) 如果 T01 超时, 则继续发送 EMPTY 帧, 并设置 T01。
- b) 在上行信道训练与测距过程中, NHM 处于 6 态。
 - 1) 如果 T01 超时前收到 EMPTY (0/1, 1) 帧, 则发送 EMPTY 帧, 并重置 T01;
 - 2) 如果 T01 超时前收到第一个 ULINK_REPORT 分片, 则取消定时器 TA3, 发送 ACK (1) 帧, 设置定时器 TA4, 转入 7 态;
 - 3) 如果 T01 超时, 则继续发送 EMPTY 帧, 并设置 T01。
- c) 在 5 态和 6 态, 如果收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 则转入 0 态, 退出本次接纳过程。
- d) 在 5 态和 6 态, 如果 TA3 超时, 则转入 0 态, 退出本次接纳过程。
- e) 在 5 态和 6 态, 如果 TA1 超时, 则转入 0 态, 退出本次接纳过程。

HB的操作:

- a) 在上行功率控制过程中, HB 处于 5 态。
HB 发送对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧后:
 - 1) 如果 T01 超时之前收到 EMPTY 帧, 则发送相应的功率控制帧, 重置 T01, 开始进行上行功率控制;
 - 2) 如果 T01 超时之前收到最后一个 DLINK_REPORT 分片, 则发送相应的 ACK 帧, 并重置 T01;
 - 3) 如果 T01 超时, 则发送对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧, 并重置 T01。
 HB 开始进行上行功率控制后, 持续接收 EMPTY 帧, 发送相应的功率控制帧, 发送功率控制帧的最大次数为 N03 次。
 - 1) 如果 T01 超时之前收到 EMPTY 帧, 则发送相应的功率控制帧, 并重置 T01;
 - 2) 如果 T01 超时, 则重发功率控制帧, 并重置 T01, 最大发送次数为 N01 次, 若 N01 次后仍未收到 EMPTY 帧, 则转入 9 态, 退出本次接纳过程;
 - 3) 如果在 N03 次内已完成上行功率控制, 则发送 EMPTY (0/1, 1) 帧, 重置 T01, 转入 6 态, 开始进行上行信道训练与测距;
 - 4) 如果功率控制帧的发送次数达到 N03 次后仍未完成上行功率控制, 则终止上行功率控制过程, 发送 EMPTY (0/1, 1) 帧, 重置 T01, 转入 6 态, 开始进行上行信道训练与测距。
- b) 在上行信道训练与测距过程中, HB 处于 6 态。
 - 1) 如果 T01 超时之前收到 EMPTY 帧, 则发送 EMPTY (0/1, 1) 帧, 并重置 T01;

- 2) 如果 T01 超时，则发送 EMPTY (0/1, 1) 帧，并重置 T01；
- 3) 当上行信道训练与测距完成后，取消定时器 TA3，发送 ULINK_REPORT 第一个分片，设置定时器 T01，转入 7 态。
- c) 在 5 态和 6 态，如果定时器 TA3 超时，则转入 9 态，退出本次接纳过程。
- d) 在 5 态和 6 态，如果定时器 TA1 超时，则转入 9 态，退出本次接纳过程。

6.4.2.6 步骤 5

步骤5发送测距报告并完成上行信道报告的交互。该步骤包括ULINK_REPORT分片的交互（7态）一个状态。

NHM的操作：当NHM发送ACK（1）帧后，处于7态。

- a) 如果收到一个 ULINK_REPORT 分片，无论该分片为正确接收分片、错误接收分片或者重发分片，都发送 ACK (n) 帧，其中 n 为已正确收到的序号连续的各分片的最大序号；
- b) 如果收到最后一个 ULINK_REPORT 分片，则取消定时器 TA4，发送相应的 ACK 帧，并设置定时器 TC1，转入 8 态；
- c) 其他情况下，NHM 不发送任何上行信令帧；
- d) 在本态（7 态），如果收到 EMPTY (0/1, 0) 帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程；
- e) 在本态（7 态），如果 TA4 超时，则转入 0 态，退出本次接纳过程；
- f) 在本态（7 态），如果 TA1 超时，则转入 0 态，退出本次接纳过程。

HB 的操作：当 HB 发送 ULINK_REPORT 分片后，处于 7 态。

- a) 如果 T01 超时之前收到 ACK (n) 帧，其中 n 为 NHM 已正确收到的序号连续的各分片的最大序号，则发送第 n+1 个 ULINK_REPORT 分片，并重置 T01；
- b) 如果 T01 超时之前收到对最后一个 ULINK_REPORT 分片的 ACK 帧，则取消 T01，发送第一个 CMP_REPORT 分片，并转入 8 态；
- c) 如果 T01 超时，则重发当前 ULINK_REPORT 分片，最多发送次数为 N01 次；
- d) 如果发送当前 ULINK_REPORT 分片次数达到 N01 次仍未收到相应的 ACK 帧，则转入 9 态，退出本次接纳过程；
- e) 在本态（7 态），如果 TA1 超时，则转入 9 态，退出本次接纳过程。

6.4.2.7 步骤 6

在步骤6，HB向NHM和该NHM所在分组内其他所有已接纳的HM通告新的分组广播参数并指示信道参数更新时刻。该步骤包括分组广播参数通告与信道参数更新指示（8态）一个状态。

NHM和各HM的操作：

- a) 在本态（8 态），NHM 连续接收 CMP_REPORT 分片。收齐各分片后，取消定时器 TC1，设置定时器 T02，等待 LINK_UPDATE 帧；已接纳的 HM 在收到第一个 CMP_REPORT 分片后，由 9 态转入本态（8 态），并设置定时器 TC1，收齐连续的 CMP_REPORT 分片后，取消定时器 TC1，设置定时器 T02，等待 LINK_UPDATE 帧。
 - 1) 如果 T02 超时前收到 LINK_UPDATE 帧，则取消 T02，取消 TA1（对 NHM），转入 9 态。从最后一个 LINK_UPDATE 帧之后的第一个 MAP 周期开始，使用新的参数传输控制帧和数据帧。
 - 2) 如果 T02 超时前 NHM/HM 收到 EMPTY (0/1, 0) 帧，转入 9 态，使用新的参数传输控制帧和数据帧。
 - 3) 如果 T02 超时，取消 TA1（对 NHM），转入 9 态，使用新的参数传输控制帧和数据帧。
- b) 在本态（8 态），如果 TC1 超时前 NHM 收到 EMPTY (0/1, 0) 帧，则转入 0 态，退出本次接纳过程；如果 TC1 超时前已接纳的 HM 收到 EMPTY (0/1, 0) 帧，则转入 9 态。

- c) 在本态（8态），如果 TC1 超时，仍没有收齐 CMP_REPORT 分片，则 NHM 取消 TA1，转入 0 态，退出本次接纳过程，已接纳的 HM 转入 9 态。
- d) 在本态（8态），如果 NHM 在 TC1 超时之前收到最后一个 ULINK_REPORT 分片，则发送相应的 ACK 帧，并重置 TC1。
- e) 在本态（8态），如果 TA1 超时，则 NHM 转入 0 态，退出本次接纳过程。
- f) 其他情况下，NHM 不发送任何上行信令帧。

HB的操作：

- a) HB 向该 NHM 所在分组内的所有节点（NHM 和已接纳的各 HM），通过分组广播方式依次发送各个 CMP_REPORT 分片，重复该过程 N02 次。
- b) 之后，HB 通过分组广播方式向该分组内所有节点连续发送 LINK_UPDATE 帧 N02 次。从最后一个 LINK_UPDATE 帧之后的第一个 MAP 周期开始，使用新的参数传输控制帧和数据帧。
- c) 发送完以上各帧后，取消 TA1，设置 TM0（当 HB 完成对第一个 NHM 的接纳时），转入 9 态。
- d) 在本态（8态），如果 TA1 超时，则转入 9 态，退出本次接纳过程。

6.4.2.8 稳态（9态）

9态为稳态，在本态（9态），NHM成为已接纳节点（HM）。HB和HM使用新约定的信道参数进行通信。

HM的操作：

- a) 如果 HM 收到目的节点 ID 与自身 ID 匹配的 EMPTY（0/1，2）帧，则设置定时器 TM2 和 TM5，转入 10 态，开始进行下行功率控制与下行信道训练。
- b) 如果 HM 收到 CMP_REPORT 分片，若其 HINOC_STATE 字段取值为 1，则设置定时器 TC1，转入 8 态；若其 HINOC_STATE 字段取值为 2，则设置定时器 TC1，转入 16 态。
- c) 如果 HM 执行节点退出，则具体操作见 6.4.4。
- d) 其他情况下，HM 不发送任何上行信令帧。

HB的操作：

- a) 如果 HB 收到 ADM_REQ 帧且同意接纳，则发送 ADM_RES 帧，为 NHM 分配节点 ID，设置定时器 TA1 和 T01，转入 2 态；
- b) 如果 HB 收到 ADM_REQ 帧且不同意接纳，则发送 REJ 帧（REASON 字段给出拒绝原因），仍处于本态（9态）；
- c) 如果定时器 TM0 或 TM1 超时，则发送 EMPTY（0/1，2）帧，设置定时器 TM2 和 TM5，转入 10 态；
- d) 如果定时器 TM3 超时，则发送第一个 CMP_REPORT 分片，转入 16 态；
- e) 如果 HB 执行节点退出，则具体操作见 6.4.4；
- f) 其他情况下，HB 持续发送 EMPTY（0/1，0）帧。

6.4.3 链路维护

6.4.3.1 概述

在HINOC系统工作过程中，HB和各HM之间链路的信道特性有可能发生变化。链路维护的目的，是对信道的各种参数进行估计和交互，以适应信道特性的变化，维持系统的稳定工作。

链路维护过程利用MAC层信令通道进行信令交互，信令通道的概念和结构见6.4.2.1中a）。

HINOC的链路维护在两种情况下进行。

- a) 周期性维护 HB 与各个分组内所有 HM 之间的信道

周期性链路维护的维护周期为 TM_0 。在上一次链路维护结束 TM_0 后，HB将选择一个HM开始下一次周期性链路维护过程。HB通过`DESTINATION_NODE_ID`字段告知当前与哪个HM之间进行链路维护，并将`EMPTY`帧的`HINOC_STATE`字段置为2来告知该节点开始链路维护过程。当HB完成对前一个HM的链路维护后，进入稳态（9态）并停留 TM_1 时长，然后选择下一个HM进行链路维护。当HB完成对最后一个HM的链路维护后，进入稳态（9态）并停留 TM_3 时长，然后将新的分组广播参数和链路更新时刻通告给当前分组内所有的HM。当网络内所有HM处于同一个分组时，HB也可以使用广播方式（目的节点ID取值为`0xFF`）将新的广播/分组广播参数和链路更新时刻通告给所有HM。至此，当前分组的一次周期性链路维护结束。每个分组独立地采用相同的流程进行周期性链路维护。

HB完成对前一个HM的链路维护后转入稳态（9态），其间若有NHM请求接纳，则先完成该NHM的接纳过程；接纳完成后，继续执行对下一个HM的链路维护。

b) 单独维护 HB 与某个 HM 之间的信道

HB可根据当前链路状况的变化启动链路维护过程；同样，当HM发现链路状况发生变化时，通过把预约帧内的`LM_REQ`字段置为1向HB请求链路维护，由HB启动链路维护过程。当HB与该HM之间更新单播参数完成后，在稳态（9态）停留 TM_3 ，然后将新的分组广播参数和链路更新时刻通告给网络中该HM所在分组内所有的HM。

链路维护过程的信令交互流程如图43所示。链路维护过程包括如下五个步骤：

- 1) 步骤 1：进行下行功率控制与下行信道训练；
- 2) 步骤 2：交互下行信道报告；
- 3) 步骤 3：进行上行功率控制、上行信道训练与测距；
- 4) 步骤 4：交互上行信道报告，指示更新单播参数；
- 5) 步骤 5：通告分组广播参数并指示更新信道参数。

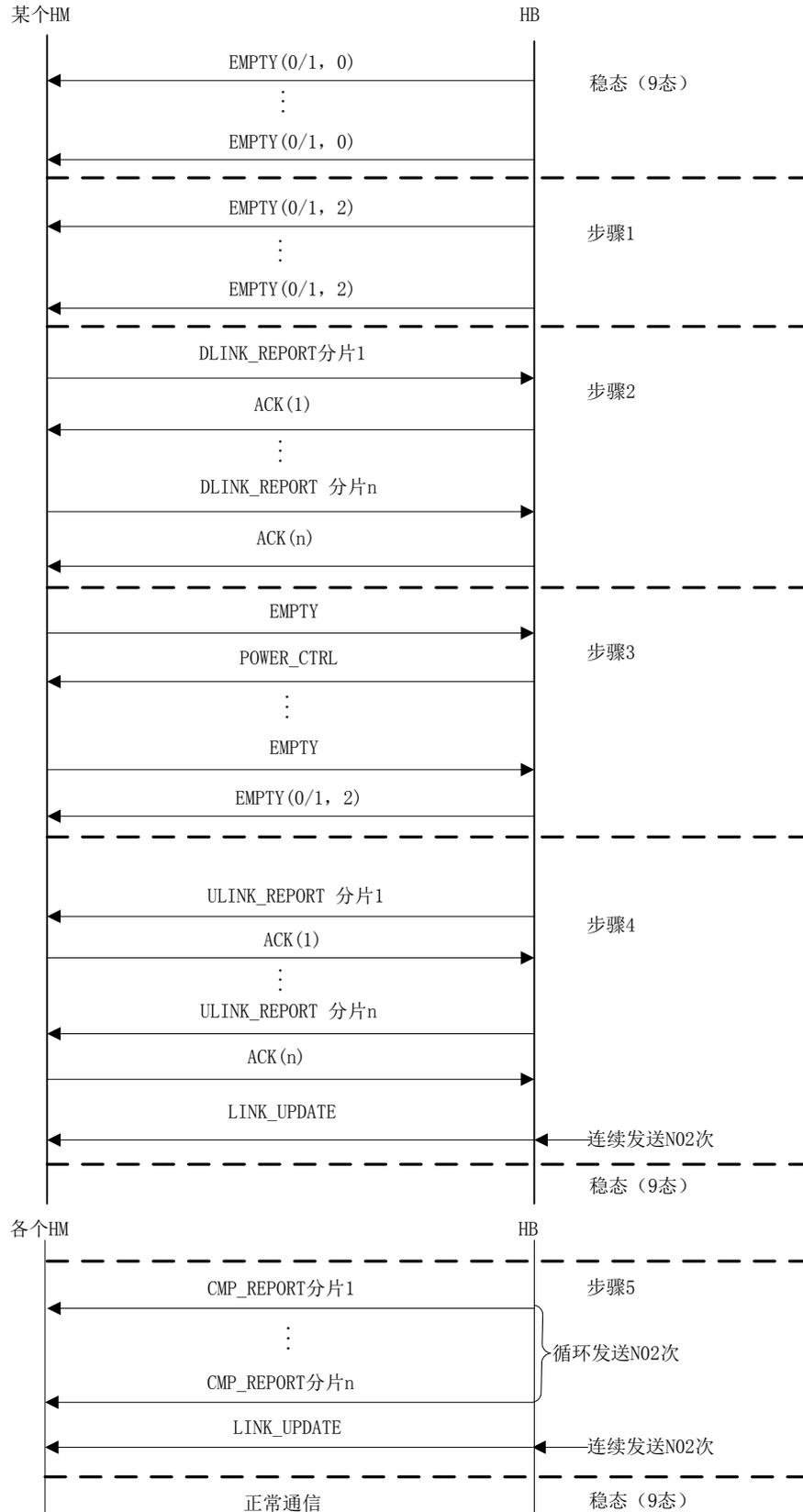


图43 链路维护过程的信令交互流程图

图43中EMPTY (x, y) 的参数含义：x代表下行EMPTY帧首部中ADM_FLAG字段的值，y代表下行EMPTY帧首部中HINOC_STATE字段的值。EMPTY (0/1, 0) 和EMPTY (0/1, 2) 中的“0/1”，表示ADM_FLAG字段由HB根据当前网络是否允许接纳新节点决定取值为0或1。

ACK (n) 的参数含义：n代表上/下行ACK帧载荷中ACK_SN字段的值。

链路维护过程涉及如下八个状态：

- 1) 9 态(S9)： 稳态；
- 2) 10 态(S10)： 下行功率控制与下行信道训练；
- 3) 11 态(S11)： DLINK_REPORT 分片的交互；
- 4) 12 态(S12)： 上行功率控制；
- 5) 13 态(S13)： 上行信道训练与测距；
- 6) 14 态(S14)： ULINK_REPORT 分片的交互；
- 7) 15 态(S15)： 单播参数更新指示；
- 8) 16 态(S16)： 分组广播参数通告与信道参数更新指示。

HB 与 HM 的正常链路维护过程状态转移图示例分别如图 44 和图 45 所示。链路维护过程的详细 SDL 图可参见 GY/T 265—2012 的附录 D。

对于HINOC1.0 HM,其链路维护过程按照HINOC1.0协议执行,在此过程中HB与HM之间交互HINOC1.0信令帧,具体的链路过程可参见GY/T 265—2012。

对某个HM或所有HM完成链路维护过程后,进入稳态(9态),使用新的单播参数或者新的分组广播参数收、发MAC层数据,进行正常通信。

在链路维护过程中,HB/HM可以通过节点退出流程实现HM退出网络,具体操作见6.4.4。

6.4.3中用到的常量如TMO等,其取值在表B.4和B.5中定义。

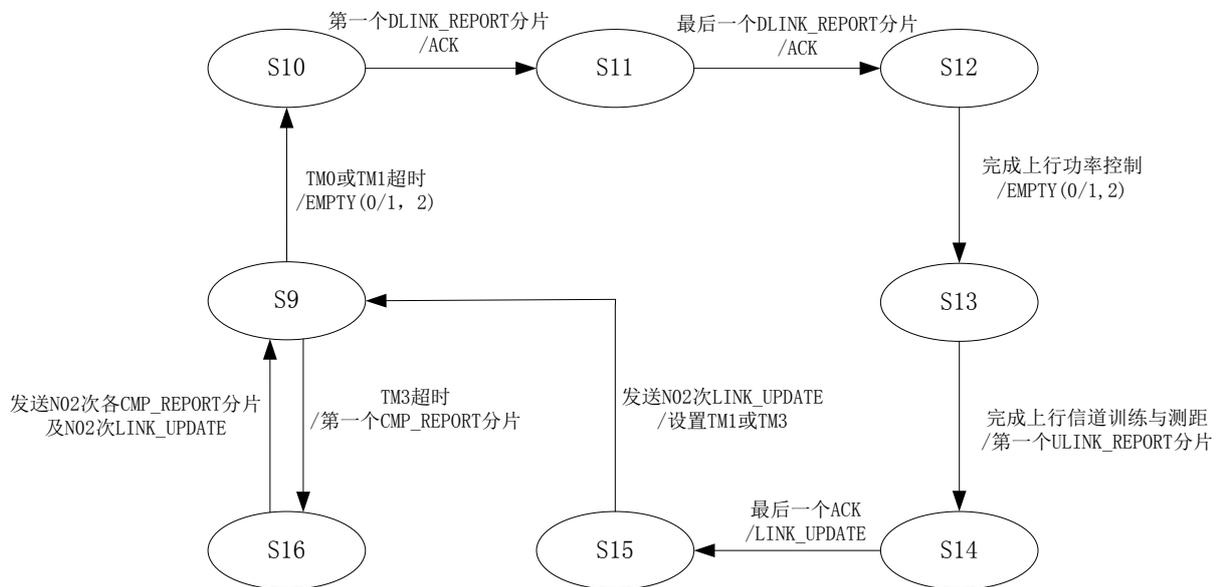


图44 HB 正常链路维护过程状态转移图示例

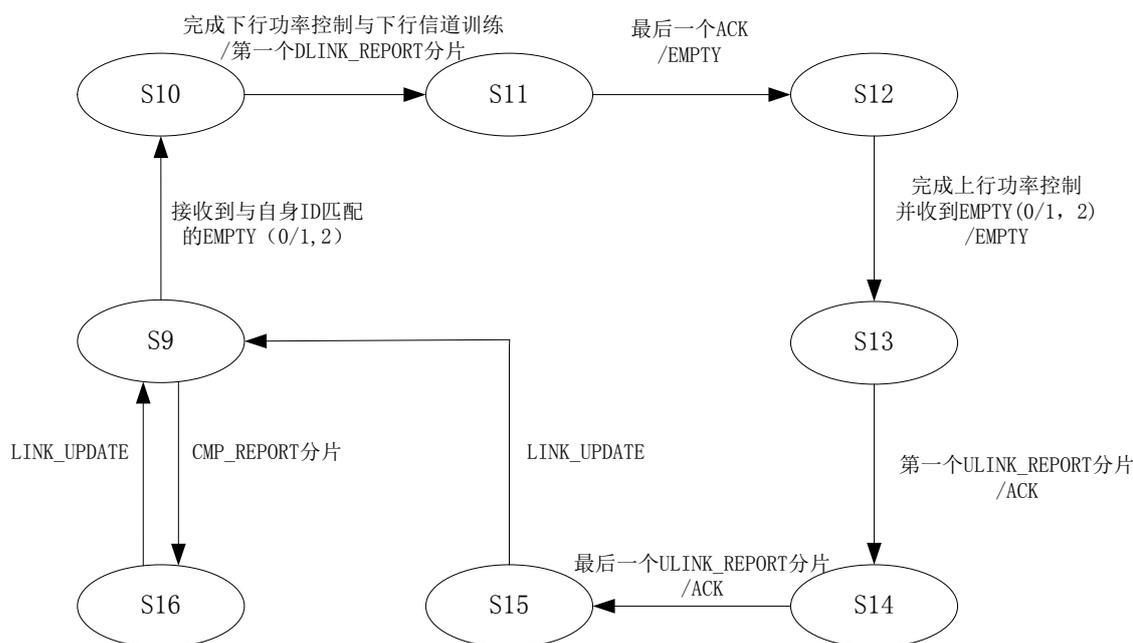


图45 HM 正常链路维护过程状态转移图示例

6.4.3.2 步骤 1

步骤1完成下行功率控制和下行信道训练。该步骤包括下行功率控制与下行信道训练（10态）一个状态。

HM的操作：

- a) HM 持续接收 EMPTY (0/1, 2) 帧，进行下行功率控制，调整接收功率增益，调整的最大次数为 N03 次。
 - 1) 如果在 N03 次内已完成下行功率控制，则继续接收 EMPTY (0/1, 2) 帧进行下行信道训练；
 - 2) 如果调整次数达到 N03 次后仍未完成下行功率控制，则停止功率调整，转而继续接收 EMPTY (0/1, 2) 帧进行下行信道训练。
- b) HM 在完成下行功率控制和下行信道训练之后，取消定时器 TM5，发送第一个 DLINK_REPORT 分片，设置 T01，转入 11 态。
- c) 在本态（10 态），如果 HM 收到 EMPTY (0/1, 0) 帧，则转入 9 态，退出该节点链路维护过程。
- d) 在本态（10 态），如果定时器 TM5 超时，则转入 9 态，退出该节点链路维护过程。

HB的操作：

在本态（10 态），持续发送 EMPTY (0/1, 2) 帧。

- a) 如果 TM5 超时前收到来自 HM 的第一个 DLINK_REPORT 分片，则发送 ACK (1) 帧，取消定时器 TM5，设置定时器 TM6 和 T01，转入 11 态；
- b) 如果 TM5 超时，则发送 EMPTY (0/1, 0) 帧，转入 9 态，退出对该 HM 链路维护过程。

6.4.3.3 步骤 2

步骤2完成下行信道报告的交互。该步骤包括DLINK_REPORT分片的交互（11态）一个状态。

HM的操作：当HM发送DLINK_REPORT分片后，处于11态。

- a) 如果 T01 超时之前收到 ACK (n) 帧，其中 n 为 HB 已正确收到的序号连续的各分片的最大序号，则发送第 n+1 个 DLINK_REPORT 分片，并重置 T01；

- b) 如果 T01 超时之前收到对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧, 则发送 EMPTY 帧, 重置 T01, 设置定时器 TM7, 转入 12 态;
- c) 如果 T01 超时, 则重发当前 DLINK_REPORT 分片, 最多发送次数为 N01 次;
- d) 如果发送当前 DLINK_REPORT 分片次数达到 N01 次仍未收到相应的 ACK 帧, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程;
- e) 在本态 (11 态), 如果收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程;
- f) 在本态 (11 态), 如果 TM2 超时, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程。

HB的操作: 当HB发送ACK (1) 帧后, 处于11态。

- a) 如果 T01 超时之前收到一个 DLINK_REPORT 分片, 无论该分片为正确接收分片、错误接收分片或者重发分片, 都发送 ACK (n) 帧, 其中 n 为已正确收到的序号连续的各分片的最大序号, 并重置 T01;
- b) 如果 T01 超时, 则重发 ACK (n) 帧, 其中 n 为已正确收到的序号连续的各分片的最大序号, 并重置 T01;
- c) 如果 T01 超时之前收到最后一个 DLINK_REPORT 分片, 则取消 TM6, 发送相应的 ACK 帧, 设置定时器 TM7 和 T01, 转入 12 态;
- d) 在本态 (11 态), 如果 TM6 超时, 则转入 9 态, 退出对该 HM 链路维护过程;
- e) 在本态 (11 态), 如果 TM2 超时, 则转入 9 态, 退出对该 HM 链路维护过程。

6.4.3.4 步骤3

步骤3完成上行功率控制、上行信道训练与测距。该步骤包括上行功率控制 (12态) 与上行信道训练与测距 (13态) 两个状态。

HM的操作:

- a) 在上行功率控制过程中, HM 处于 12 态。
 - 1) 如果 T01 超时前收到功率控制帧, 则根据该帧内容调整自身的发送功率, 发送 EMPTY 帧, 并重置 T01;
 - 2) 如果 T01 超时前收到 EMPTY (0/1, 2) 帧, 则发送 EMPTY 帧, 并重置 T01, 转入 13 态, 开始开始利用 HB 指定的 Pu 帧时隙发送 Pu 帧, 进行上行信道训练与测距;
 - 3) 如果 T01 超时前收到对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧, 则发送 EMPTY 帧, 并重置 T01;
 - 4) 如果 T01 超时, 则继续发送 EMPTY 帧, 并重置 T01。
- b) 在上行信道训练与测距过程中, HM 处于 13 态。
 - 1) 如果 T01 超时前收到 EMPTY (0/1, 2) 帧, 则发送 EMPTY 帧, 并重置 T01;
 - 2) 如果 T01 超时前收到第一个 ULINK_REPORT 分片, 则取消 TM7, 发送 ACK (1) 帧, 设置定时器 TM8, 转入 14 态;
 - 3) 如果 T01 超时, 则继续发送 EMPTY 帧, 并重置 T01。
- c) 在 12 态和 13 态, 如果收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程。
- d) 在 12 态和 13 态, 如果 TM7 超时, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程。
- e) 在 12 态和 13 态, 如果 TM2 超时, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程。

HB的操作:

- a) 在上行功率控制过程中, HB 处于 12 态。

HB 发送对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧后:

 - 1) 如果 T01 超时之前收到 EMPTY 帧, 则发送相应的功率控制帧, 并重置 T01, 开始进行上行功率控制;

- 2) 如果 T01 超时之前收到最后一个 DLINK_REPORT 分片, 则发送相应的 ACK 帧, 并重置 T01;
- 3) 如果 T01 超时, 则发送对最后一个 DLINK_REPORT 分片的 ACK 帧, 并重置 T01。

HB 开始进行上行功率控制之后, 持续接收 EMPTY 帧, 发送相应的功率控制帧, 发送功率控制帧的最大次数为 N03 次。

- 1) 如果 T01 超时之前收到 EMPTY 帧, 则发送相应的功率控制帧, 并重置 T01;
 - 2) 如果 T01 超时, 则重发功率控制帧, 并重置 T01, 最大发送次数为 N01 次, 若 N01 次后仍未收到 EMPTY 帧, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程;
 - 3) 如果在 N03 次内已完成上行功率控制, 则发送 EMPTY (0/1, 2) 帧, 重置 T01, 转入 13 态, 开始进行上行信道训练与测距;
 - 4) 如果功率控制帧的发送次数达到 N03 次后仍未完成上行功率控制, 则终止上行功率控制过程, 发送 EMPTY (0/1, 2) 帧, 重置 T01, 转入 13 态, 开始进行上行信道训练与测距。
- b) 在上行信道训练与测距过程中, HB 处于 13 态。
- 1) 如果 T01 超时之前收到 EMPTY 帧, 则发送 EMPTY (0/1, 2) 帧, 之后重置 T01;
 - 2) 如果 T01 超时, 则发送 EMPTY (0/1, 2) 帧, 并重置 T01;
 - 3) 当上行信道训练与测距完成后, 取消定时器 TM7, 发送 ULINK_REPORT 第一个分片, 设置定时器 T01, 转入 14 态。
- c) 在 12 态和 13 态, 如果定时器 TM7 超时, 则转入 9 态, 退出对该 HM 链路维护过程。
- d) 在 12 态和 13 态, 如果定时器 TM2 超时, 则转入 9 态, 退出对该 HM 链路维护过程。

6.4.3.5 步骤 4

步骤4进行ULINK_REPORT分片的交互并指示单播参数的更新。该步骤包括ULINK_REPORT分片的交互(14态)和单播参数更新指示(15态)两个状态。

HM的操作:

- a) 当 HM 发送 ACK (1) 帧后, 处于 14 态。
 - 1) 如果收到一个 ULINK_REPORT 分片, 无论该分片为正确接收分片、错误接收分片或者重发分片, 都发送 ACK (n) 帧, 其中 n 为已正确收到的序号连续的各分片的最大序号;
 - 2) 如果收到最后一个 ULINK_REPORT 分片, 则发送 ACK 帧, 取消 TM8, 设置 TM4, 转入 15 态, 等待接收 LINK_UPDATE 帧;
 - 3) 如果收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程;
 - 4) 如果 TM8 超时, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程;
 - 5) 其他情况下, HM 不发送任何上行信令帧。
- b) 当 HM 发送对最后一个 ULINK_REPORT 分片的 ACK 帧后, 处于 15 态。
 - 1) 如果 TM4 超时之前收到 LINK_UPDATE 帧, 则取消 TM2 和 TM4, 转入 9 态, 从最后一个 LINK_UPDATE 帧之后的第一个 MAP 周期开始, 使用新的单播参数传输控制帧和数据帧;
 - 2) 如果 TM4 超时之前收到最后一个 ULINK_REPORT 分片, 则发送相应的 ACK 帧, 并重置 TM4;
 - 3) 如果 TM4 超时, 则取消 TM2, 转入 9 态, 并使用新的单播参数传输控制帧和数据帧;
 - 4) 如果 TM4 超时之前收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 则转入 9 态, 使用新的参数传输控制帧和数据帧;
- c) 在 14 态和 15 态, 如果 TM2 超时, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程。

HB 的操作:

- a) 当 HB 发送 ULINK_REPORT 分片后, 处于 14 态。
 - 1) 如果 T01 超时之前收到 ACK (n) 帧, 其中 n 为 HM 已正确收到的序号连续的各分片的最大序号, 则发送第 n+1 个 ULINK_REPORT 分片, 并重置 T01;

- 2) 如果 T01 超时之前收到对最后一个 ULINK_REPORT 分片的 ACK 帧, 则向该 HM 发送一个 LINK_UPDATE 帧, 转入 15 态;
 - 3) 如果 T01 超时, 则重发当前 ULINK_REPORT 分片, 最多发送次数为 N01 次;
 - 4) 如果发送当前 ULINK_REPORT 分片次数达到 N01 次仍未收到相应的 ACK 帧, 则转入 9 态, 退出该节点链路维护过程;
 - 5) 在本态 (14 态), 如果 TM2 超时, 则转入 9 态, 退出对该 HM 链路维护过程。
- b) 在 15 态, HB 连续发送 LINK_UPDATE 帧 N02 次, 之后, 取消 TM2, 设置 TM1 或 TM3, 转入 9 态。从最后一个 LINK_UPDATE 帧之后的第一个 MAP 周期开始, HB 和 HM 使用新的单播参数传输控制帧和数据帧。

6.4.3.6 步骤 5

在步骤5, HB向所有已接纳的HM通告新的分组广播参数并指示信道参数更新时刻。该步骤包括分组广播参数通告与信道参数更新指示 (16态) 一个状态。

各HM的操作:

- a) HM 在收到第一个 CMP_REPORT 分片后, 由 9 态转入本态 (16 态), 并设置定时器 TC1, 收齐连续的 CMP_REPORT 分片后, 取消定时器 TC1, 设置定时器 T02, 等待 LINK_UPDATE 帧。
 - 1) 如果 T02 超时前收到 LINK_UPDATE 帧, 则取消 T02, 转入 9 态。从最后一个 LINK_UPDATE 帧之后的第一个 MAP 周期开始, 使用新的参数传输控制帧和数据帧。
 - 2) 如果 T02 超时前 HM 收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 转入 9 态, 使用新的参数传输控制帧和数据帧。
 - 3) 如果 T02 超时, 转入 9 态, 使用新的参数传输控制帧和数据帧。
- b) 在本态 (16 态), 如果 TC1 超时前 HM 收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 则转入 9 态。
- c) 在本态 (16 态), 如果 TC1 超时, 仍没有收齐 CMP_REPORT 分片, 则转入 9 态。

HB的操作:

- a) HB 向分组内的所有 HM, 通过分组广播方式依次发送各个 CMP_REPORT 分片, 重复该过程 N02 次。
- b) 之后, HB 通过分组广播方式向分组内的所有 HM 连续发送 LINK_UPDATE 帧 N02 次。从最后一个 LINK_UPDATE 帧之后的第一个 MAP 周期开始, 使用新的参数传输控制帧和数据帧。
- c) 发送完以上各帧后, 设置 TM0 (当本态 (16 态) 服务于周期性链路维护过程时), 转入 9 态。

6.4.3.7 稳态 (9 态)

在本态 (9态), HB和HM的操作见6.4.2.8。

6.4.4 节点退出

6.4.4.1 概述

节点退出分为NHM/HM主动退出和NHM/HM被动退出两种情况,在使能信令通道进行。节点退出利用MAC层信令通道进行信令交互。

6.4.4.2 NHM/HM 主动退出

NHM/HM的操作:

- a) 当 NHM/HM 自身处于节点接纳或链路维护状态时,向 HB 发送 QUIT 帧通告其要退出,并设置 T01, 转入节点退出状态 (17 态), 如图 46 所示。

- 1) 如果 T01 超时前收到 QUIT_ACK 帧, 则取消 T01, 转入 0 态, 退出网络;
 - 2) 在本态 (17 态), 如果 T01 超时, 则重发 QUIT 帧, 最多发送次数为 N01 次;
 - 3) 在本态 (17 态), 如果发送 QUIT 帧次数达到 N01 次仍未收到 QUIT_ACK 帧, 则转入 0 态, 退出网络;
 - 4) 在本态 (17 态), 如果 T01 超时前收到 EMPTY (0/1, 0) 帧, 则取消 T01, 转入 0 态, 退出网络。
- b) 当 HM 自身处于稳态 (9 态) 时, 不发送 QUIT 帧, 而通过将预约帧中的 QUIT_IND 字段置为 1 向 HB 通告其要退出, 之后转入 0 态, 退出网络。

HB的操作:

- a) 如果 HB 收到来自 NHM/HM 的 QUIT 帧, 则发送 QUIT_ACK 帧, 将该 NHM/HM 从网络中删除, 并转入 9 态;
- b) 如果 HB 收到某个 HM 的预约帧, 且该帧中 QUIT_IND 字段取值为 1, 则将该 HM 从网络中删除。

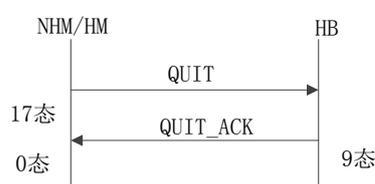


图46 NHM/HM 主动退出网络

6.4.4.3 NHM/HM 被动退出

NHM/HM的操作:

- b) 如果 NHM/HM 收到目的节点 ID 与其单播 ID 匹配的 REJ 帧, 则发送 REJ_ACK 帧, 转入 0 态, 退出网络;
- c) 如果 NHM/HM 收到目的节点 ID 与其分组 ID 匹配的 REJ 帧, 则发送 REJ_ACK 帧, 转入 0 态, 退出网络;
- d) 如果 NHM/HM 收到来自 HB 以广播方式发送的 REJ 帧, 则转入 0 态, 退出网络。

HB的操作:

- a) 对单个 NHM/HM 执行被动退出。

当 HB 处于节点接纳或链路维护状态时, 只能对正在接纳或维护的 NHM/HM 执行被动退出流程, 向该 NHM/HM 发送 REJ 帧, 并设置 T01, 转入节点退出状态 (17 态), 如图 47 所示。

- 1) 在本态 (17 态), 如果 T01 超时前收到来自该 NHM/HM 的 REJ_ACK 帧, 则取消 T01, 将其从网络中删除, 并转入 9 态;
- 2) 在本态 (17 态), 如果 T01 超时, 则重发 REJ 帧, 最多发送次数为 N01 次;
- 3) 在本态 (17 态), 如果发送 REJ 帧次数达到 N01 次仍未收到来自该 NHM/HM 的 REJ_ACK 帧, 则将其从网络中删除, 并转入 9 态。

当 HB 处于稳态 (9 态) 时, 可对网络中的任一 HM 执行上述被动退出流程, 将其从网络中删除。

- b) 对单个分组所有 NHM/HM 同时执行被动退出。

当 HB 处于任意状态时, 可采用分组广播方式发送 REJ 帧, 将一个分组内所有 HM 同时从网络中删除; HB 发送第一个 REJ 帧后转入 17 态, 连续发送 REJ 帧 N02 次后转入 9 态。

- c) 对网络中所有 NHM/HM 同时执行被动退出。

当HB处于任意状态时，可采用广播方式发送REJ帧，将所有HM同时从网络中删除；HB发送第一个REJ帧后转入17态，连续发送REJ帧N02次后转入9态。

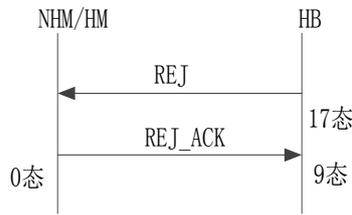


图47 NHM/HM 被动退出网络

6.4.5 全网时间同步与测距

在HINOC2.0系统中，所有HM以HB的时钟为参考进行全网时间同步。在每个Pd周期中，HB和HM均以PHY层Pd帧的起始时刻作为系统时间起始点。HB周期性发送Pd帧，HM在每次收到Pd帧以后记录收到Pd帧的起始时刻，以之作为本系统的时间起始点。

对于HB，下行数据帧或控制帧的发送起始时间为HB规划的时间；对于HM，Pu帧的发送起始时间为系统时间起始点加上固定偏移值 T_{WAIT} （ T_{WAIT} 的取值为该HM从收到Pd帧的起始时刻到HB为其指定的Pu帧时隙起始时刻的时间间隔，其值根据不同Pu帧时隙的位置确定），上行数据帧或报告帧的发送起始时间为HB规划的时间减去时延补偿值。

时延补偿值在测距过程中进行计算。本标准利用接纳/维护过程中的Pd帧和Pu帧的交互进行测距。HB利用上行的Pu帧测量往返时延，并在上行信道训练的同时完成测距，得到最终补偿时延值（即 T_{RTT} ）。之后，在交互上行信道报告时，HB通过ULINK_REPORT中的PE向HM发送测距的结果，即HM需要的时延补偿值。

测距步骤如图48所示（各时刻以HB侧的时间为基准）：

- 1) HB在Pd周期起始时刻 T_0 发送Pd帧。
- 2) HM在 T_1 时刻（ T_0 时刻加下行帧传播时延 $T_{DOWNSTREAM}$ ）接收Pd帧，在规定的Pu帧发送时刻 T_2 （ T_1 时刻加固定偏移值 T_{WAIT} ）发送Pu帧。
- 3) HB在 T_3 时刻（ T_2 时刻加上行帧传播时延 $T_{UPSTREAM}$ ）接收Pu帧，并根据式（15）计算该HM对应的时延补偿值 T_{RTT} ：

$$T_{RTT} = T_{DOWNSTREAM} + T_{UPSTREAM} = (T_3 - T_0) - (T_2 - T_1) = T_{RESPONSE} - T_{WAIT} \dots\dots\dots (15)$$

- 4) HB通过ULINK_REPORT将时延补偿值 T_{RTT} 发送给该HM。

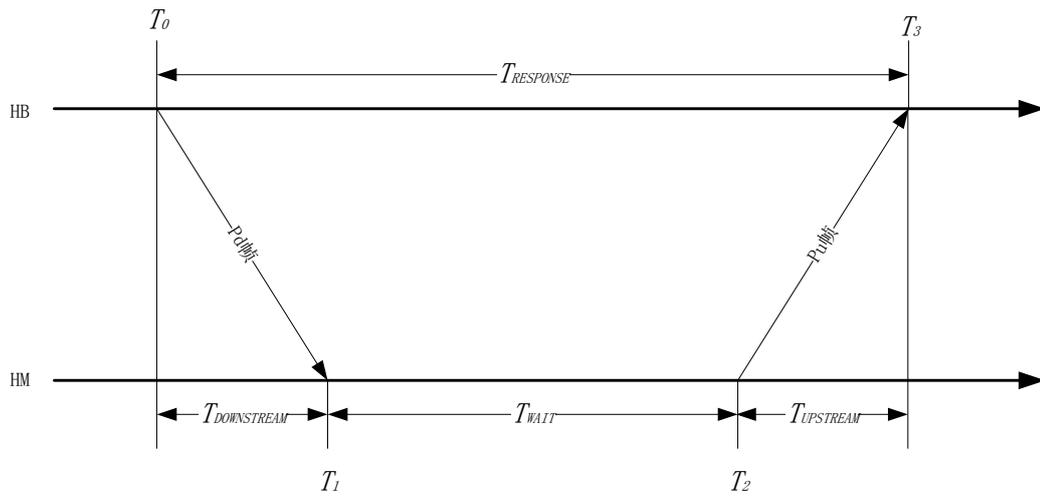


图48 测距方法

6.4.6 功率控制

功率控制功能在节点接纳/链路维护流程的支持下完成。本标准规定，HB的发送功率和接收功率增益保持固定。HM根据接收到的Pd帧调整自身接收功率增益；HM根据HB反馈的功率控制信息，调整自身发送功率。功率控制的具体操作流程见6.4.2和6.4.3。

附录 A
(规范性附录)
MAC 层帧结构

A.1 信令帧结构

A.1.1 下行信令帧结构

下行信令帧首部固定部分结构如表A.1所示。

表A.1 下行信令帧首部

字段	长度 比特	功能
DESTINATION_NODE_ID	8	目的节点 ID: 0x01~0x40: 代表指定 HM 节点的 NODE_ID 0x41~0x48: 代表指定分组地址的 NODE_ID 0xFF: 表示广播地址的 NODE_ID 其他值保留
SOURCE_NODE_ID	8	源节点 ID (HB 节点 ID): 0x0
FRAME_LENGTH	8	帧长度 (包括首部和载荷), 以字节为单位
FRAME_TYPE	4	下行信令帧类型: 0x1: EMPTY 帧 0x2: ADM_RES 帧 0x3: REJ 帧 0x4: ULINK_REPORT 帧 0x5: ACK 帧 0x6: CMP_REPORT 帧 0x7: LINK_UPDATE 帧 0x8: QUIT_ACK 帧 0x9: POWER_CTRL 帧 其他值保留
VERSION	4	支持的 HINOC 协议版本类型, 1 个比特位对应一个协议版本。 Bit 0: 对应 HINOC1.0, 取值为 1 表明支持 HINOC1.0, 为 0 表明不支持 HINOC1.0 Bit 1: 对应 HINOC2.0, 取值为 1 表明支持 HINOC2.0, 为 0 表明不支持 HINOC2.0 Bit 3~2: 保留
FF	1	分片标志 (FRAGMENT FLAG): 0x0: 不分片 0x1: 分片

表A.1 (续)

字段	长度 比特	功能
LFF	1	最后分片标志 (LAST FRAGMENT FLAG): 0x0: 不是最后一个分片 0x1: 最后一个分片
FSN	6	当前分片的序号 (FRAGMENT SEQUENCE NUMBER), 序号从 1 开始
HINOC_ID	8	当前 HB 创建的 HINOC 系统的标识
HM_NUM	8	当前 HB 创建的 HINOC 系统中的 HM 节点个数
ADM_FLAG	1	该网络是否可以接纳新节点: 0x0: 可接纳 0x1: 不可接纳
HINOC_STATE	3	当前网络工作状态: 0x0: 稳态 (9 态) 0x1: 接纳过程 0x2: 维护过程
PREEQ_EN	2	预均衡支持标志位: 0x0: 强制不支持预均衡 0x1: 强制支持预均衡 0x2: 是否预均衡由 HM 决定 0x3: 保留
EXT_HEADER_INFO	1	表示在首部的固定部分之后, 是否含有扩展部分: 0x0: 否 0x1: 是
EXT_PAYLOAD_INFO	1	表示在载荷域的固定部分之后, 是否含有扩展部分: 0x0: 否 0x1: 是
ARQ_SPTD	1	是否支持数据帧采用 ARQ 协议 0x0: 不支持 ARQ 协议 0x1: 支持 ARQ 协议
EISF_SPTD	1	是否支持扩展信息子帧 0x0: 不支持扩展信息子帧 0x1: 支持扩展信息子帧
TERMINAL_SPTD	3	该基本 SC 可支持 HM 的最大带宽: 0x7: 最大支持 128MHz 的 HM 其他: 待研究
CP_MODE	2	表示传输数据帧所使用的 CP 长度: 0x0: CP 长度为 0.5 μ s 0x1: CP 长度为 1 μ s 0x2: CP 长度为 2 μ s 其他值保留

表A.1(续)

字段	长度 比特	功能
RSVD	5	保留
FEC_SPTD	4	HB 支持的前向纠错编码格式：取值为 1 表明支持对应的前向纠错编码格式；取值为 0 表示不支持。 Bit 0: (1920, 1744) BCH 截短码 Bit 1: (1920, 1040) BCH 截短码 Bit 2: (1920, 1728) LDPC 码 Bit 3: (3840, 3456) LDPC 码
MAP_OFDM_NUM	8	传输 MAP 帧所用的 OFDM 符号的个数
MAP_MAX_MODU_MODE	8	传输 MAP 帧使用的子载波最大调制模式
MAP_FRAME_OFFSET	24	从这个 Pd 帧开始的第一个 MAP 帧的发送起始时刻，以 TICK_TIME 为单位。若此字段为 0，表示在此 Pd 周期中没有 MAP 帧的传输
OFDMA_SPTD	1	是否支持以 OFDMA 方式进行数据帧传送 0x0: 不支持 OFDMA 0x1: 支持 OFDMA
CHANNEL_NUM	3	表示传输该下行信令帧的下行信令通道号
FEC_MODE	4	Dd/Du 帧承载的数据帧采用的前向纠错编码格式： 0x0: 未采用纠错编码 0x1: (508, 472) BCH 截短码 0x2: (504, 432) BCH 截短码 其他: 保留

下行信令帧尾部结构如表A.2所示。

表A.2 下行信令帧尾部

字段	长度 比特	功能
CRC	32	循环冗余校验

下行信令帧载荷域固定部分结构分别如表 A.3~表 A.12 所示。

表A.3 空帧 (EMPTY) 载荷

字段	长度 比特	功能
注：该帧载荷无固定部分。		

表A.4 接纳响应帧 (ADM_RES) 载荷

字段	长度 比特	功能
ASSIGNED_HM_NODE_ID	8	分配给该 HM 的节点标识
HM_GUID	48	HM 的 48 位硬件地址
ULINK_TRAIN_CHANNEL	8	表示该 HM 进行上行信道训练时可用的 Pu 帧时隙。 Bit 7~0: 每一位分别对应通道 7~通道 0, 取值为 1 表明该通道可用于该 HM 进行上行信道训练, 为 0 表明该通道不可用于该 HM 进行上行信道训练
RSVD	1	保留
GROUP_NUM	3	该 HM 的分组编号, 取值为 0~7, 分别对应 NODE_ID 为 0x41~0x48。
FEC_MODE_2	4	Dd/Du 帧承载的数据帧采用的前向纠错编码格式: 0x0: 未采用纠错编码 0x1: (1920, 1744) BCH 截短码 0x2: (1920, 1040) BCH 截短码 0x3: (1920, 1728) LDPC 码 0x4: (3840, 3456) LDPC 码 其他: 保留

表A.5 拒绝帧 (REJ) 载荷

字段	长度 比特	功能
REASON	8	HB 拒绝 HM 的原因: 0x1: 密码错误 0x2: 信道容量已满 0x3: 信道条件恶劣 其他值保留
HM_GUID	48	HM 的 48 位硬件地址 当首部中 DESTINATION_NODE_ID 字段为 0xFF 或 0x41~0x48 时, 取值为全 1

表A.6 上行信道报告帧 (ULINK_REPORT) 载荷

字段	长度 比特	功能
PE_NUM	8	参数单元 (Parameter Element) 个数
for (i=0; i<PE_NUM; i++) {		
PE	可变	参数单元
}		

表A.7 确认帧 (ACK) 载荷

字段	长度 比特	功能
RSVD	2	保留
ACK_SN	6	ACK 帧的序号

表A.8 公共调制参数报告帧 (CMP_REPORT) 载荷

字段	长度 比特	功能
PE_NUM	8	参数单元 (Parameter Element) 个数
for(i=0; i<PE_NUM; i++) {		
PE	可变	参数单元
}		

表A.9 链路更新帧 (LINK_UPDATE) 载荷

字段	长度 比特	功能
LINK_UPDATE_SN	8	LINK_UPDATE 帧的发送序号, 最大取值为 3: 0x3: 表示第一个 LINK_UPDATE 0x2: 表示第二个 LINK_UPDATE 0x1: 表示第三个 LINK_UPDATE 其他值保留
RSVD	48	保留

表A.10 退出确认帧 (QUIT_ACK) 载荷

字段	长度 比特	功能
注: 该帧载荷无固定部分。		

表A.11 功率控制帧 (POWER_CTRL) 载荷

字段	长度 比特	功能
动作	2	指示功率调整方式, 指示调整的幅度由幅度 A 和幅度 B 的取值确定: 0x2: 增大功率 0x3: 减小功率 其他值保留
幅度 A	3	调整幅度 (大尺度) (建议: 以 3dB 为基本单位)
幅度 B	3	调整幅度 (小尺度) (建议: 以 0.5dB 为基本单位)

表A.12 参数单元 (PE)

字段	长度 比特	功能
CODE	8	所传输的 PHY 层参数类型： 0x1: OFDM 参数 0x2: 功率控制参数及时频偏 0x3: 时延补偿值 0x4: R 帧使用的 SCG_Ru 编号 0x5: 数据帧重传使能标志 其他值保留
LENGTH	16	本参数单元的总长，以字节为单位
CONTENT	可变	具体参数内容，其内容与 CODE 字段的取值有关
CODE=1 时		
CONTENT	480	Bit 3~0: 子载波组 1 0x2: QPSK 0x3: 8QAM 0x4: 16QAM 0x5: 32QAM 0x6: 64QAM 0x7: 128QAM 0x8: 256QAM 0x9: 512QAM 0xa: 1024QAM 0xb: 2048QAM 0xc: 4096QAM 其他值保留 Bit 479~476: 子载波组 120 0x2: QPSK 0x3: 8QAM 0x4: 16QAM 0x5: 32QAM 0x6: 64QAM 0x7: 128QAM 0x8: 256QAM 0x9: 512QAM 0xa: 1024QAM 0xb: 2048QAM 0xc: 4096QAM 其他值保留

表 A.12 (续)

字段	长度 比特	功能
CODE=2 时		
CONTENT	32	Bit 7~0: 功率 Bit 15~8: 时偏 Bit 31~16: 频偏
CODE=3 时		
CONTENT	16	HM 需要的时延补偿值 (以 TICK_TIME 为单位, 1/128 μ s)
CODE=4 时		
CONTENT	32	HM 所传输 R 帧所使用的 SCG_Ru 编号 Bit 7~0: 指定 Ru 帧使用的第一个 SCG_Ru (m, n) 中的 m 的取值 Bit 15~8: 指定 Ru 帧使用的第一个 SCG_Ru (m, n) 中的 n 的取值 Bit 23~16: 指定 Ru 帧使用的第二个 SCG_Ru (m, n) 中的 m 的取值 Bit 31~24: 指定 Ru 帧使用的第二个 SCG_Ru (m, n) 中的 n 的取值
CODE=5 时		
RSVD	7	保留
ARQ_ENABLED	1	数据帧重传使能标志位: 0x0: 关闭数据帧重传功能 0x1: 开启数据帧重传功能

下行/上行信令帧首部/载荷扩展部分结构如表 A.13 所示。

表A.13 信令帧首部/载荷扩展部分

字段	长度 比特	功能
TLV_NUM	8	TLV 编码字段的个数
for (i=1; i \leq TLV_NUM; i++) {		
TYPE	8	类型
LENGTH	8	长度
VALUE	可变	取值
}		

下行/上行信令帧以及数据帧涉及的 TLV 编码格式如表 A. 14 所示。

表A. 14 TLV 编码格式

字段	长度 比特	功能
TYPE	8	信息类型： 系统定义类型：0x00~0xBF 0x00~0x0F：保留 0x10：发送功率与接收增益 0x11：Pu 帧时隙指示 0x12：HM 支持的前向纠错编码格式 0x20：详细队列报告 其他：待定义 用户自定义类型：0xC0~0xFF
LENGTH	8	VALUE 字段的长度，以字节为单位
VALUE	可变	具体参数内容，其内容与 TYPE 字段的取值有关
TYPE=0x10 时		
VALUE	32	Bit 31~16：HB 发送功率 Bit 15~0：HB 接收增益
TYPE=0x11 时		
VALUE	8	表示该 HM 进行上行信道训练时可用的 Pu 帧时隙。 Bit 7~0：每一位分别对应通道 7~通道 0，取值为 1 表明该通道可用于该 HM 进行上行信道训练，为 0 表明该通道不可用于该 HM 进行上行信道训练
TYPE=0x12 时		
VALUE	8	HM 支持的前向纠错编码格式：取值为 1 表明支持对应的前向纠错编码格式；取值为 0 表示不支持。 Bit 0：(1920, 1744) BCH 截短码 Bit 1：(1920, 1040) BCH 截短码 Bit 2：(1920, 1728) LDPC 码 Bit 3：(3840, 3456) LDPC 码 其他：保留
TYPE=0x20 时		
VALUE	128	指示本节点内 8 个优先级队列的长度信息，具体定义如下
for(i=7; i≥0; i--) {		
QUEUE_LENGTH	16	指示队列 i 的长度，粒度为 16 字节（向上取整）
}		

A. 1.2 上行信令帧结构

上行信令帧首部固定部分结构如表A. 15所示。

表A.15 上行信令帧首部

字段	长度 比特	功能
DESTINATION_NODE_ID	8	目的节点 ID: 0x0: HB 节点 ID
SOURCE_NODE_ID	8	源节点 ID (HM 节点 ID)
FRAME_LENGTH	8	帧长度(包括首部和载荷), 以字节为单位
FRAME_TYPE	4	上行信令帧类型: 0x1: EMPTY 帧 0x2: ADM_REQ 帧 0x3: ADM_ACK 帧 0x4: REJ_ACK 帧 0x5: ACK 帧 0x6: DLINK_REPORT 帧 0x7: QUIT 帧 其他值保留
VERSION	4	支持的 HINOC 协议版本类型, 1 个比特位对应一个协议版本。 Bit 0: 对应 HINOC1.0, 取值为 1 表明支持 HINOC1.0, 为 0 表明不支持 HINOC1.0 Bit 1: 对应 HINOC2.0, 取值为 1 表明支持 HINOC2.0 终端, 为 0 表明不支持 HINOC2.0 Bit 3~2: 保留
FF	1	分片标志(FRAGMENT FLAG): 0x0: 不分片 0x1: 分片
LFF	1	最后分片标志位 (LAST FRAGMENT FLAG): 0x0: 不是最后一个分片 0x1: 最后一个分片
FSN	6	分片序号 (FRAGMENT SEQUENCE NUMBER)
PREEQ_EN	2	预均衡标志: 0x0: 不支持预均衡 0x1: 支持预均衡 其他值预留
CHANNEL_NUM	3	表示传输该上行信令帧的通道号
RSVD	1	保留
EXT_HEADER_INFO	1	表示在首部的固定部分之后, 是否含有扩展部分: 0x0: 否 0x1: 是
EXT_PAYLOAD_INFO	1	表示在载荷域的固定部分之后, 是否含有扩展部分: 0x0: 否 0x1: 是

上行信令帧尾部结构如表 A. 16 所示。

表A. 16 上行信令帧尾部

字段	长度 比特	功能
CRC	32	循环冗余校验

上行信令帧载荷域固定部分结构分别如表 A. 17~表 A. 23 所示。

表A. 17 空帧 (EMPTY) 载荷

字段	长度 比特	功能
注：该帧载荷无固定部分。		

表A. 18 接纳请求帧 (ADM_REQ) 载荷

字段	长度 比特	功能
USER_ID	96	用户身份标识
PASSWORD	96	用户密码
ARQ_SPTD	1	HM 是否支持数据帧采用 ARQ 协议 0x0: 不支持 ARQ 协议 0x1: 支持 ARQ 协议
EISF_SPTD	1	HM 是否支持扩展信息子帧 0x0: 不支持扩展信息子帧 0x1: 支持扩展信息子帧
OFDMA_SPTD	1	HM 是否支持以 OFDMA 方式进行数据帧传送 0x0: 不支持 OFDMA 0x1: 支持 OFDMA
TERMINAL_TYPE	3	HM 类型: 0x7: 128MHz 带宽的 HM 其他: 待研究
RSVD	2	保留
NODE_PROTOCOL_SUPPORT	8	本节点所支持的高层协议: Bit 0: 0x1, 表示支持以太网协议 Bit 7~1: 保留
HM_GUID	48	HM 的 48 位硬件地址

表A. 19 接纳确认帧 (ADM_ACK) 载荷

字段	长度 比特	功能
注：该帧载荷无固定部分。		

表A.20 拒绝确认帧 (REJ_ACK) 载荷

字段	长度 比特	功能
注：该帧载荷无固定部分。		

表A.21 确认帧 (ACK) 载荷

字段	长度 比特	功能
RSVD	2	保留
ACK_SN	6	ACK 帧的序号

表A.22 下行信道报告帧 (DLINK_REPORT) 载荷

字段	长度 比特	功能
PE_NUM	8	参数单元 (Parameter Element) 个数
for(i=0; i<PE_NUM; i++) {		
PE	可变	参数单元，其定义与下行信令帧中 PE 定义相同
}		

表A.23 退出帧 (QUIT) 载荷

字段	长度 比特	功能
REASON	8	HM 退出 HINOC 系统的原因： 0x1：正常退出 0x2：信道条件恶劣 其他值保留
HM_GUID	48	本 HM 的 48 位硬件地址

A.2 控制帧结构

控制帧结构分别如表A.24和表A.25所示。

表A.24 MAP 帧

字段	长度 比特	功能
MAP_ID	8	MAP 周期在 Pd 周期中的编号(每个 Pd 周期编号从 1 开始)
RSVD1	8	保留
FIRST_D_ID	8	指示 MAP 周期下行区起始的 NODE_ID (取值范围为 1~72)
FIRST_U_ID	8	指示 MAP 周期上行区起始的 NODE_ID (取值范围为 1~64)
for(i=0; i<N _{MAP_SYMBOL} +136; i++) {		
SSC_MAP	2	SSC 使用图样, 由若干 2 比特长的码字组成。码字定义: 0x00: 空闲的 SSC 0x01: 传输数据帧的 SSC 0x02: 传输 MAP 帧/R 帧或用于收发倒换间隔的 SSC 0x03: NODE_ID 分隔符
}		
Padding	可变	填充
RSVD2	12	保留
FIRST_ID_OLI	8	指示后续显示在线状态的 HM 从哪个 NODE_ID 开始。
for(i=0; i<32; i++){		
HM_STATE	1	用于指示从 FIRST_ID_OLI 开始的第 i+1 个 HM 的在线状态: 0x0: 不在线(未完成接纳或已删除) 0x1: 在线(已接纳)
}		
for(i=0; i<64; i++){		
ARQ_FLAG	1	数据帧重传确认信息, 当启动数据帧重传时用于指示期望第(i+1)个 HM (NODE_ID 取值为 i+1) 发送的数据帧序号
}		
CRC	32	循环冗余校验

表A.25 R 帧

字段	长度 比特	功能
for(i=7; i≥0; i--){		
Q_FLAG#i	1	用于指示队列 i 的队列信息
}		
QUIT_IND	1	HM 指示退出网络
LM_REQ	1	请求链路维护
ARQ_FLAG	1	数据帧重传确认信息, 当启动数据帧重传时用于指示期望 HB 发送的数据帧序号
RSVD	3	保留
CRC	4	循环冗余校验

A.3 数据帧结构

数据帧结构分别如表A.26~表A.29所示。

表A.26 HIMAC 数据帧首部

字段	长度 比特	功能
NODE_ID	8	传输该 HIMAC 帧节点的 NODE_ID: 对于上行数据帧, 该字段表示发送此数据帧的 NODE_ID 对于下行数据帧, 该字段表示接收此数据帧的 NODE_ID 取值: 0x01~0x40: 代表指定 HM 节点的 NODE_ID 0x41~0x48: 代表指定分组地址的 NODE_ID 其他值保留
EH_FLAG	1	帧头扩展标志: 0x0: 其后的一个字节不是扩展帧头字节 0x1: 其后的一个字节是扩展帧头字节
SUBFRAME_NUM	3	子帧个数: 取值为 n (n≥0), 表明封装的 HIMAC SDU 数目。
F_SEGMENTATION_H_FLAG	1	首个以太网子帧分段标志(头), 取值为 1 表示第一个以太网子帧包含 EMAC 帧头。(排除 EISF)
F_SEGMENTATION_E_FLAG	1	首个以太网子帧分段标志(尾), 取值为 1 表示第一个以太网子帧包含 EMAC 帧尾。(排除 EISF)
L_SEGMENTATION_H_FLAG	1	末个以太网子帧分段标志(头), 取值为 1 表示最后一个以太网子帧包含 EMAC 帧头。(排除 EISF)
L_SEGMENTATION_E_FLAG	1	末个以太网子帧分段标志(尾), 取值为 1 表示最后一个以太网子帧包含 EMAC 帧尾。(排除 EISF)
EH_FLAG (可选)	1	帧头扩展标志: 0x0: 其后的一个字节不是扩展帧头字节 0x1: 其后的一个字节是扩展帧头字节
EISF_FLAG (可选)	1	表示第一个子帧是否为扩展信息帧
ARQ_SN (可选)	1	ARQ 协议中帧序号
RSVD (可选)	5	保留

表A.27 HIMAC 数据帧载荷

字段	长度 比特	功能
for(i=0; i<N; i++) {		N 为子帧个数
SUBFRAME_LENGTH	8	对应子帧的长度, 以字节为单位
}		
for(i=0; i<N; i++) {		N 为子帧个数

表 A. 27 (续)

字段	长度 比特	功能
SUBFRAME	可变	子帧内容
}		
PADDING	≥ 0	填充字段, 内容为 0

表A. 28 HIMAC 数据帧尾部

字段	长度 比特	功能
CRC	16	循环冗余校验

表A. 29 EISF 格式

字段	长度 比特	功能
for(i=1; i \leq N; i++) {		N 为 TLV 编码块个数 (N \geq 1)
TYPE	8	类型
LENGTH	8	长度
VALUE	可变	取值
}		
CRC	32	循环冗余校验

附录 B
(规范性附录)
MAC 层常量定义

本附录定义了MAC层用到的常量及其取值，其中CS层中用到的常量如表B. 1所示，媒体接入控制与信道分配部分用到的常量如表B. 2所示，节点接纳部分用到的常量如表B. 3和表B. 5所示，链路维护部分用到的常量如表B. 4和表B. 5所示。

表B. 1 CS 常量

常量	取值	说明
N_{HIMAC}	建议值为： 采用(1920, 1040)BCH 时：1 采用(1920, 1744)BCH 时：1 采用(1920, 1728)LDPC 时：1 采用(3840, 3456)LDPC 时：2	单个纠错码块中包含的 HIMAC 数据帧个数
L_{FEC}	采用(1920, 1040)BCH 时：1040 采用(1920, 1744)BCH 时：1744 采用(1920, 1728)LDPC 时：1728 采用(3840, 3456)LDPC 时：3456	纠错码块有效长度（以比特为单位）
L_{HIMAC}	L_{FEC}/N_{HIMAC}	HIMAC 数据帧的长度（以比特为单位）
$N_{D,T}$	建议值为 3	数据帧传输的最大次数

表B. 2 媒体接入控制与信道分配常量

常量	取值	说明
T_{MAP_CYCLE}	CP=0.5 μ s 时：139 个 OFDM 符号长度 CP=1 μ s 时：146 个 OFDM 符号长度 CP=2 μ s 时：138 个 OFDM 符号长度	MAP 周期长度（含帧间隔）
N_{MAP_SYMBOL}	CP=0.5 μ s 时：139 CP=1 μ s 时：146 CP=2 μ s 时：138	MAP 周期中的 OFDM 符号数（含帧间隔）
T_{R_IFG}	1 个 OFDM 符号长度(以数据帧 CP 长度计算符号长度)	MAP 周期内下（上）行帧和其相邻上（下）行帧之间的帧间隔
T_{P_IFG}	3 个 OFDM 符号长度(以 Pd/Pu 帧 CP 长度计算符号长度)	Pd/Pu 帧后保留的帧间隔
N_{NO_R}	建议值为 1000	HB 连续未收到某 HM 的 R 帧的最大次数
T_{KA}	建议值为 2s	HM 从 HB 发送的 MAP 帧中没有收到指示 HM 节点在线的最长时间
L_{MAP_FRAME}	744	MAP 帧长度（以比特为单位）
L_{R_FRAME}	18	R 帧长度（以比特为单位）
$N_{D,T}$	3	发送一个数据帧的最大次数

表 B.2 (续)

常量	取值	说明
N_{D_FB}	3	发送节点等待数据帧反馈信息的最大 MAP 周期个数
N_{SF}	496	Pd/Pu 帧负载段 A 可承载信令帧 (含尾部) 的比特数

表B.3 节点接纳常量

常量	取值	说明
TL1	3s	网络搜索阶段, HB 和 NHM 在每个信道监听下行信令帧的最长时间
TL2	12s	NHM 完成下行功率控制和下行信道训练所用的最长时间
NA1	6	NHM 发送 ADM_REQ 的最大次数
TA1	8s	HB/NHM 完成下行信道训练后, 接纳一个新节点所用的最长时间
TA2	2s	HB 收齐 DLINK_REPORT 分片等待的最长时间
TA3	5s	HB/NHM 完成上行功率控制、上行信道训练与测距所用的最长时间
TA4	2s	NHM 收齐 ULINK_REPORT 分片等待的最长时间

表B.4 链路维护常量

常量	取值	说明
TM0	建议值为 600s	一个分组的周期性链路维护中, 上一次链路维护结束到下一次链路维护开始的时间间隔
TM1	1s	一个分组的周期性链路维护中, 对一个 HM 单播参数更新完成后在稳态 (9 态) 等待的时间 (最后一个 HM 除外)
TM2	12s	从 HB 对某 HM 启动链路维护过程到该 HM 单播参数更新完成所用的最长时间
TM3	1s	一个分组的周期性链路维护中, HB 对最后一个 HM 完成单播参数更新后在稳态 (9 态) 等待的时间; 对某 HM 的单独维护过程中, HB 对该 HM 完成单播参数更新后, 在稳态 (9 态) 等待的时间
TM4	300ms	HM 对最后一个 ULINK_REPORT 分片确认后, 等待 LINK_UPDATE 的最长时间
TM5	5s	HB/HM 进行下行功率控制和下行信道训练的最长时间
TM6	2s	HB 收齐 DLINK_REPORT 分片的最长时间
TM7	5s	HB/HM 进行上行功率控制、上行信道训练与测距的最长时间
TM8	2s	HM 收齐 ULINK_REPORT 的最长时间

表B.5 其他常量

常量	取值	说明
N01	3	发送一个信令帧的最大次数
N02	3	HB 以广播或分组广播方式发送 LINK_UPDATE/CMP_REPORT/REJ 帧的次数
N03	30	HB/NHM/HM 进行上行/下行功率控制时的最大调整次数
TC1	600ms	收齐 CMP_REPORT 分片等待的最长时间
T01	40ms	HB/NHM/HM 发送下行信令帧/上行信令帧后, 等待接收下一个上行信令帧/下行信令帧的建议时间
T02	600ms	HM 收齐 CMP_REPORT 后, 等待 LINK_UPDATE 的最长时间

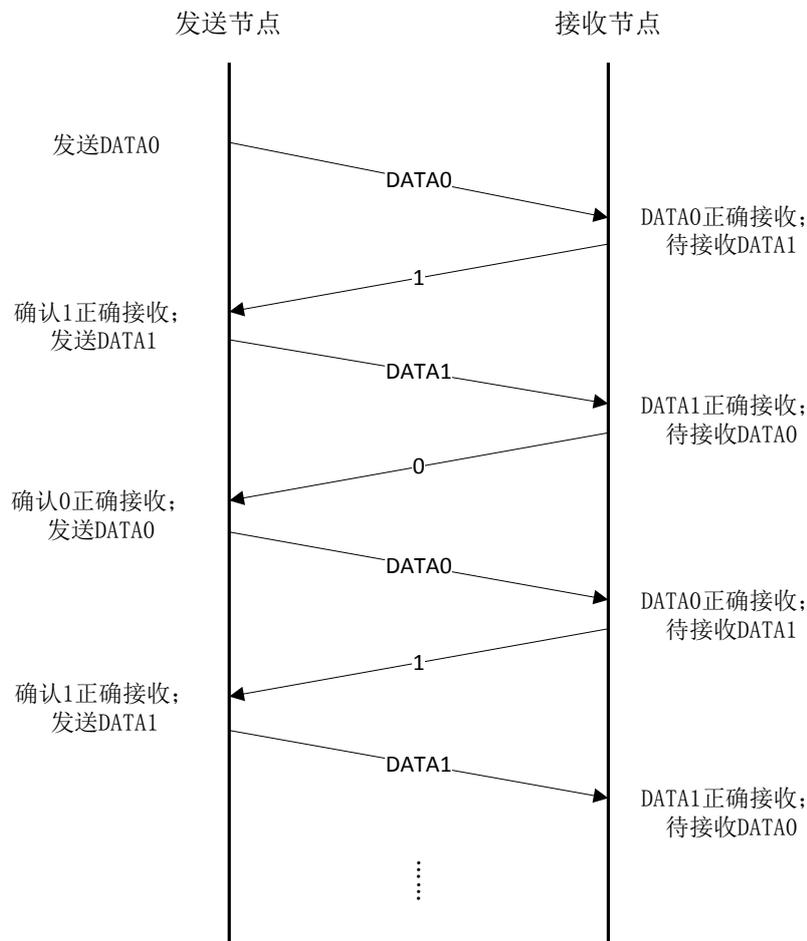
附录 C
(资料性附录)
数据帧重传机制示例

下面分别给出数据帧正常收发及出错时重传的示例。示例中，一个MAP周期内发送节点向接收节点发送的所有HIMAC数据帧（其发送序号相同），用DATA0或DATA1表示；接收节点反馈的包含期望接收的数据帧序号的确认信息，用0或1表示。

a) 正常收发

正常情况下，假设数据帧及其确认信息传输无误。

接收节点收到正确的数据帧后，将期望接收序号加1并反馈确认信息给发送节点；发送节点收到正确的确认信息后，清除已发送的数据帧，并将发送序号更新，发送新的数据帧，其发送序号与期望接收序号一致。如图C.1所示。

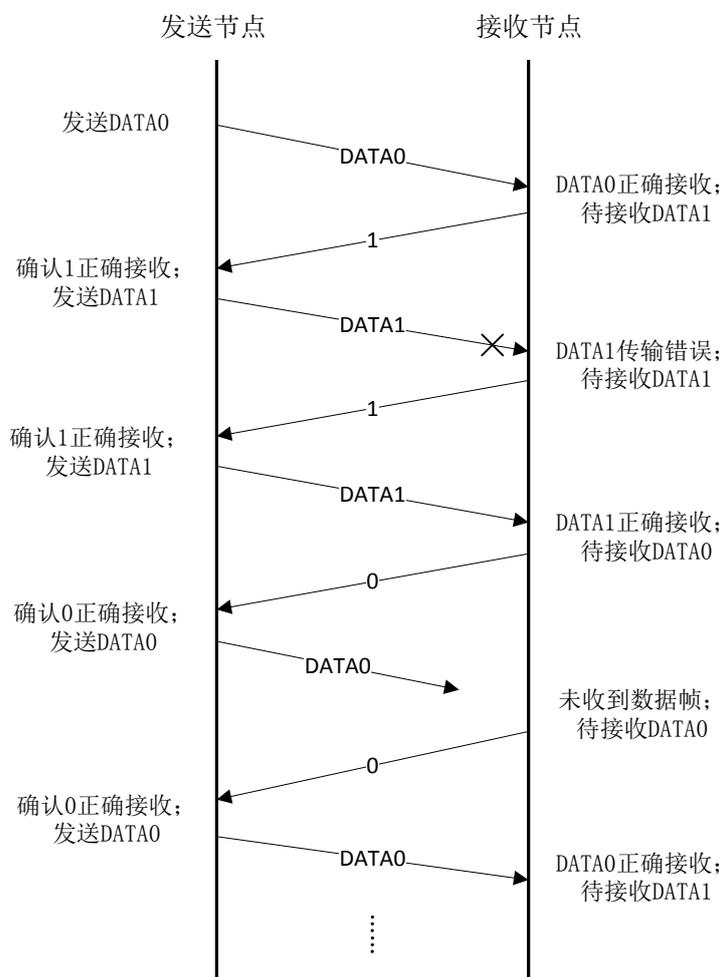


图C.1 数据帧正常收发流程图

b) 数据帧传输错误或丢失

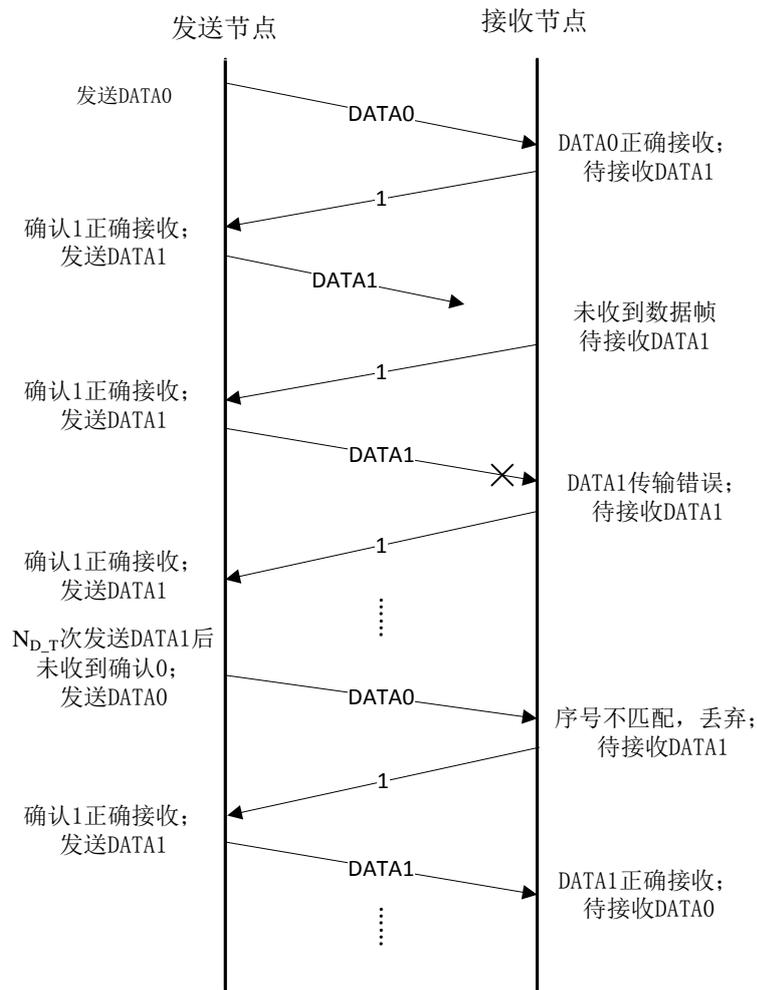
这种情况下，假设确认信息传输无误。

如果数据帧传输出错或者丢失，接收节点保持期望接收序号不变并反馈确认信息给发送节点；发送节点收到确认后，在其下一个发送时机到来时重传已发送的数据，并保持发送序号不变。如图C. 2所示。



图C. 2 数据帧传输错误或丢失

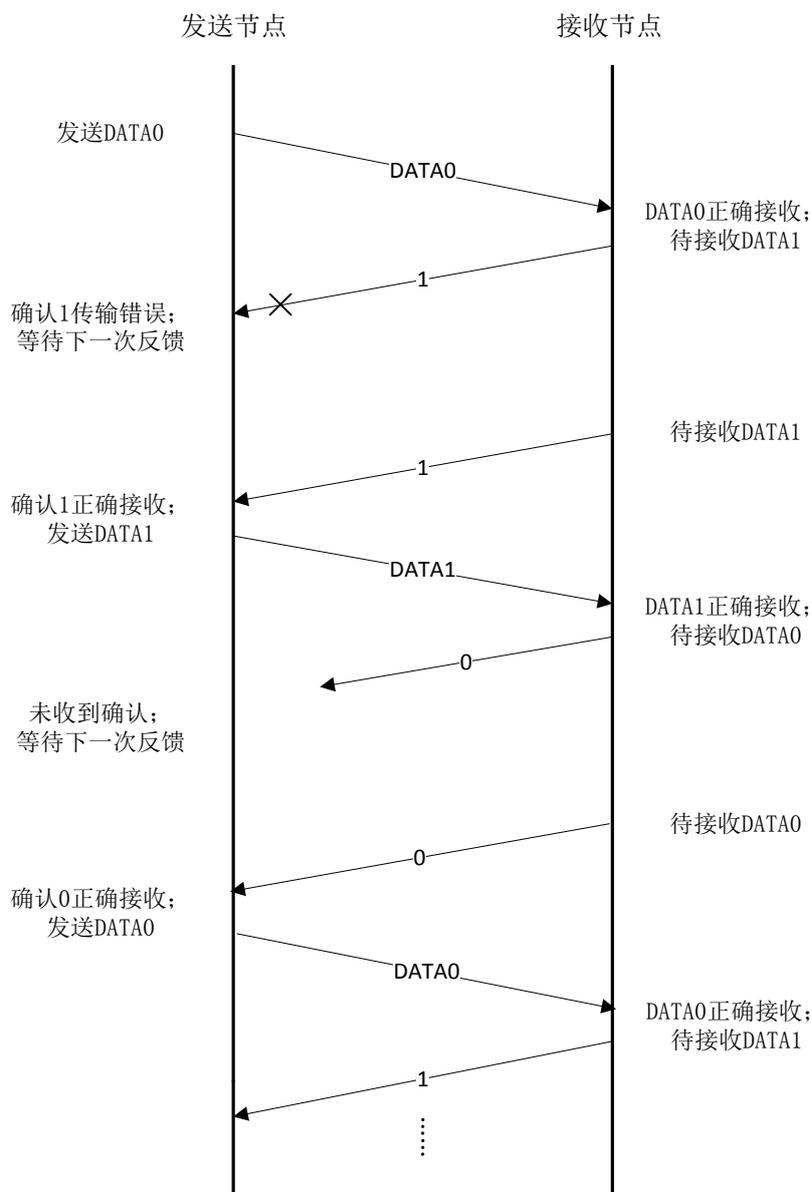
当连续发送了 N_{0+1} 次后仍未收到数据帧被正确接收的确认信息，则发送节点放弃继续重传该数据，转而更新发送序号，发送后续的新数据；此时接收节点收到发送序号和期望接收序号不匹配的数据帧后，直接丢弃并保持期望接收序号不变反馈给发送节点。发送节点认为收到了正确的确认信息，更新发送序号发送新的数据帧。这样，收发双方实现了序号的自同步。如图C. 3所示。



图C.3 数据帧连续传输错误或丢失

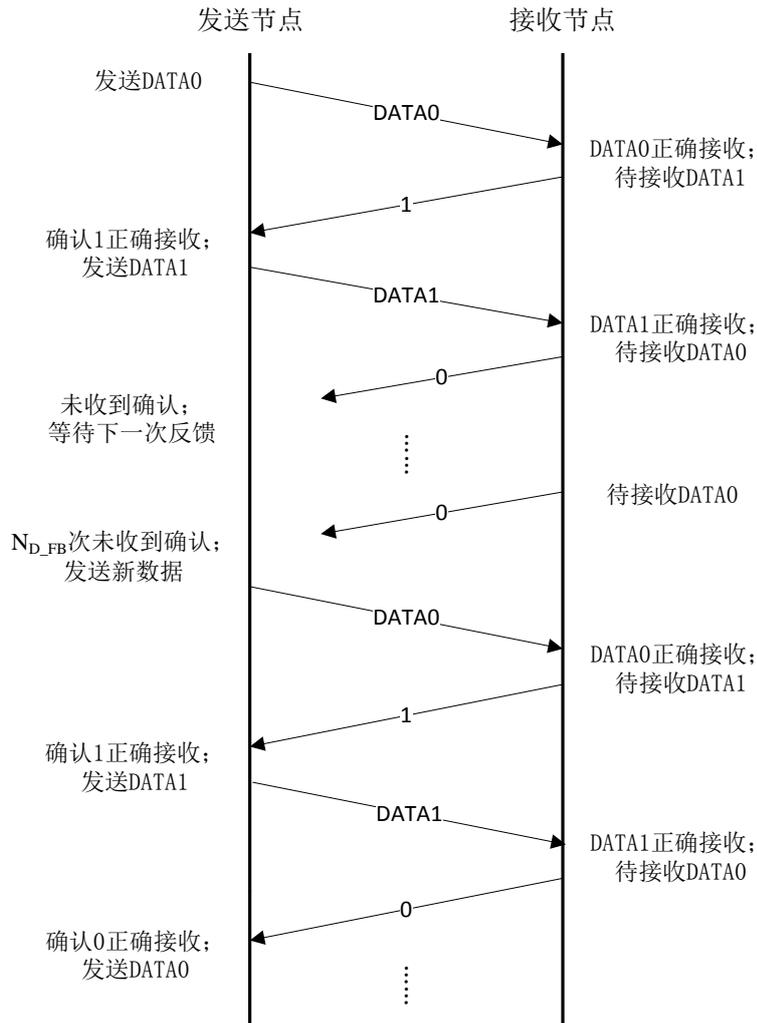
c) 确认信息传输错误或丢失

当确认信息丢失时，发送节点针对该接收节点不进行任何操作，而是继续等待下一次确认信息。接收节点继续发送确认信息，其期望接收序号保持不变。确认信息错误时的处理与丢失情况下相同。如图C.4所示。



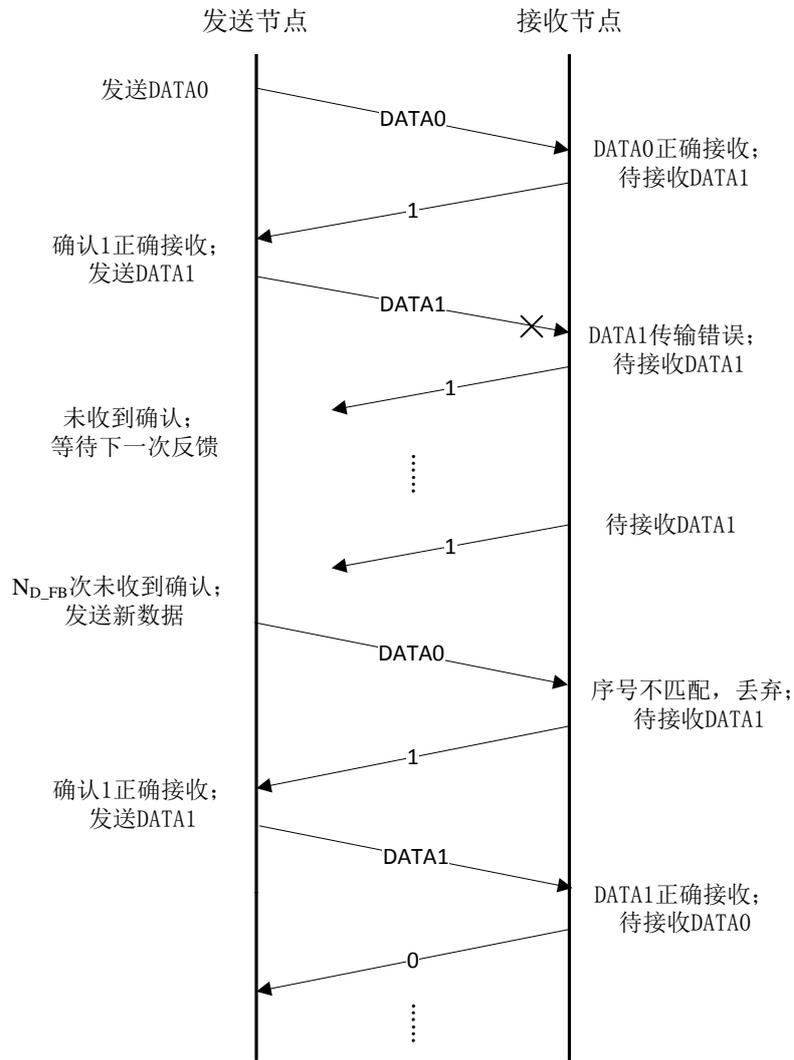
图C.4 确认信息传输错误或丢失

若发送节点在上一次发送数据帧且被接收节点正确接收后，连续 N_{D_FB} 次都没有收到确认信息，则发送节点更新发送序号，发送后续的新数据。此时，接收节点收到发送序号和期望接收序号匹配的数据帧，更新期望接收序号反馈给发送节点。这样，收发双方实现了自同步且没有数据帧丢弃。如图C.5所示。



图C.5 确认信息连续传输错误或丢失（场景1）

若发送节点在上一次发送数据帧且该数据帧传输错误后，连续 N_{D_FB} 次都没有收到确认信息，则发送节点更新发送序号，发送后续的新数据。此时，接收节点收到发送序号和期望接收序号不匹配的数据帧后，直接丢弃并保持期望接收序号不变反馈给发送节点。发送节点认为收到了正确确认信息，更新发送序号发送新的数据帧。这样，收发双方实现了自同步且有数据帧丢弃。如图C.6所示。



图C.6 确认信息连续传输错误或丢失（场景 2）

中 华 人 民 共 和 国
广 播 电 影 电 视 行 业 标 准
NGB 宽带接入系统 HINOC2.0
物理层和媒体接入控制层技术规范
GY/T 297—2016

*

国家新闻出版广电总局广播电视规划院出版发行

责任编辑：王佳梅

查询网址：www.abp2003.cn

北京复兴门外大街二号

联系电话：(010) 86093424 86092923

邮政编码：100866

版权专有 不得翻印