

链路通讯协议说明

1. 本协议说明

本协议围绕主-从结构的半双工通信方式进行设计得出，通过设定特定帧地址信息及功能码组合也可用作终端系统的智能网关作内部通讯。

所有的从站方应有各自的地址编码，且除从站的主动事件帧外，通信链路的建立与解除均由主站方发出的信息帧来控制或交换数据，每个协议帧由帧起始符、逻辑地址、帧配置码、帧序列号、帧控制码、数据长度、数据单元、帧信息纵向校验码及帧结束符 8 个域组成，每个域由若干字节组成。

主站：集中式或分布式控制终端

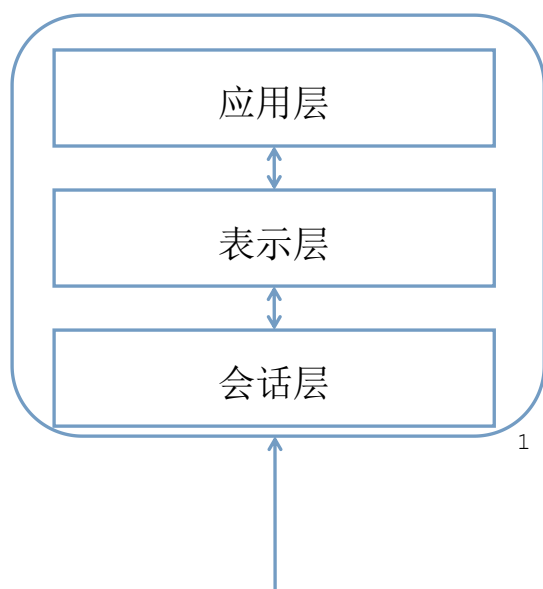
从站：智能电器设备、信息采集点或控制点

本地群组：由多个主站及从站组合的控制管理节点子域，任何一个本地群组与其它本地群组相对独立，本地群组中的主站管理范围仅限于隶属于该本地群组的从站，本地群组中的多个主站可进行数据同步与协调工作。

客户 APP 端：每个客户 APP 端通过本地群组号经过权限验证登录后，可以远程对该本地群组的主站进行查询管理与远程指令下发动作。

2. 协议栈结构

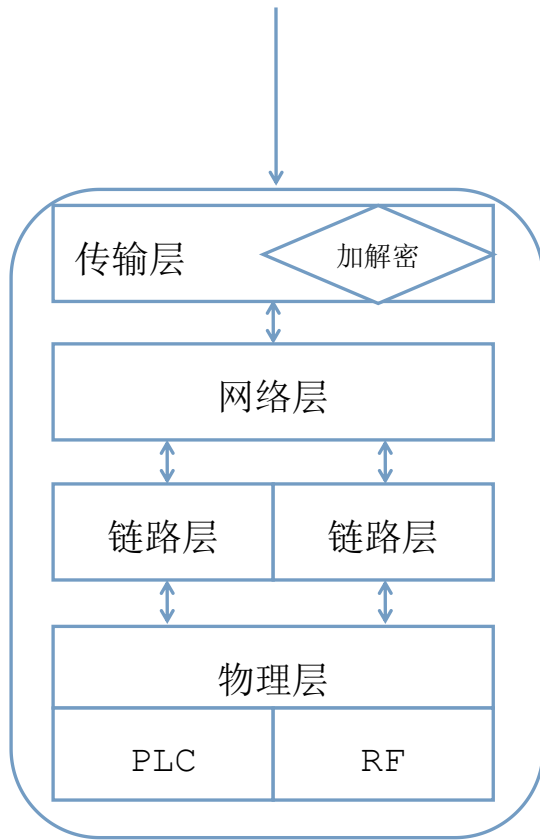
本协议栈结构基于标准的开放式系统互联（OSI）七层模型，定义了物理层（PHY）、链路层（DLK）、网络层（NWK）、传输层（TSL）、会话层（SSL）、表示层（PSL）和应用层（APP）。协议栈结构如下图所示：



应用层为哈酷智能家居终端应用程序，实现用户界面与所有功能。

表示层负责对数据按要求进行整理与转换。

会话层负责组织基本通讯帧（对象地址、数据标识、内容）、控制码、FSQ，处理超时与重试。

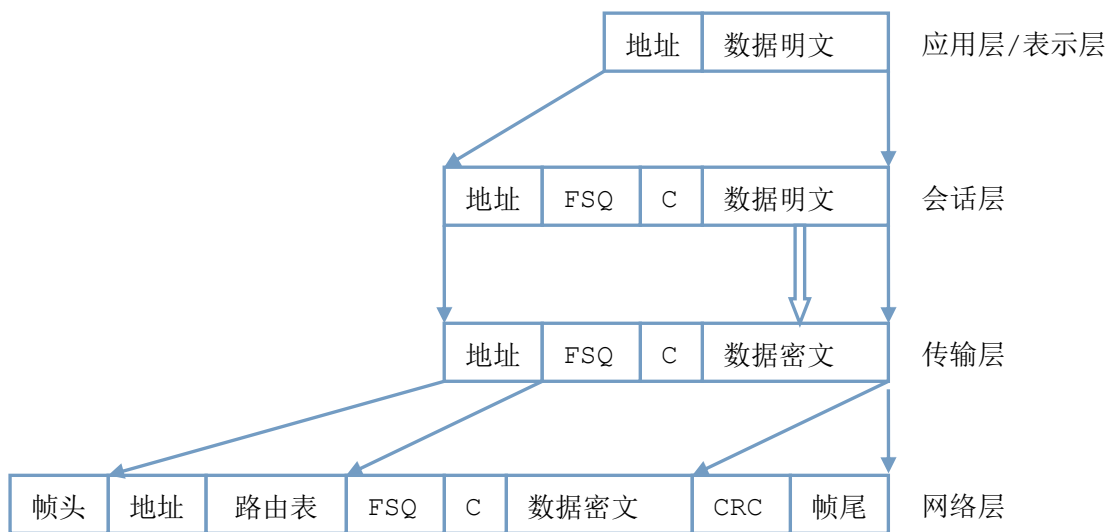


传输层负责与会话层进行数据收发，并对数据区进行加密与解密处理。

网络层负责对通讯帧进行路由链路选择与组装，帧头、CRC 与帧尾组装。网络层确认与重传。

链路层负责对通讯信道的侦听、冲突碰撞检测与避让。

物理层负责数据通信提供传输媒体及互连设备，为传输提供通道。



3. 链路帧格式

3.1. 字节格式

每字节含 8 位二进制码，在应用层中通过 IO 直接传输，D0 是字节最低有效位，D7 是字节最高有效位，所有超过 8 位有效位的数据，先传高字节再传低字节（高 8 位在首字节）。如图 1

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
----	----	----	----	----	----	----	----

3.2. 帧格式

帧是传送信息的基本单元，帧格式如图 2 所示。

说明	代码	↑
帧起始符	AC (H)	固定长度
地址信息 [逻辑地址+群组地址]	A0	
	A1	
	A2	
	A3	
帧配置码	FSQ	↓
帧控制码	C	
数据 [长度]	L	用户数据区
单元 [数据]	DATA	
帧校验码	CRC16	↑ 固定
帧结束符	53 (H)	↓ 长度

图 2

3.2.1. 帧起始符 AC (H)

标识一帧信息的开始，其二进制值为 AC (H) = 10101100 (B)。

3.2.2. 通讯地址信息 A0-A3 (H)

说明	代码
逻辑地址 DA	A0
群组地址 GA	A1 - A3

通讯地址信息由 4 字节组成，A0 字节为逻辑地址 DA，DA 为 0xFF 时表示本地广播

A1-A3 字节用于表示本地群组地址 GA，可描述十进制的地址长度 (00000001-16777214)。

当地址信息 DA 及 GA 全为 0xFF 时表示空地址信息，即此帧的作用范围为终端内部控制系统，否则此协议作用于目标地址的外部通讯装置，在协议的有效范围内，从站的地址编号应是唯一的。且地址信息在传输时，高字节在前，低字节在后。

3.2.2.1. 逻辑地址 DA

当 DA 为 0xFF 时表示本地广播，否则该帧指向特定装置，考虑到终端将来会配套一些内部工作模块（如当前的智能球灯），所以将 1-30 保留为该部分使用，其它外部通讯节点可分配地址为 31-254。

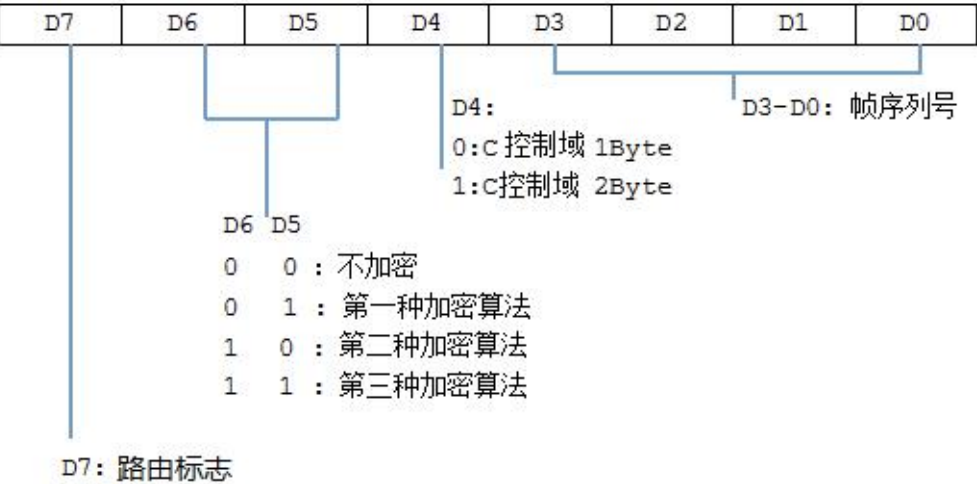
区间	描述
0	备用
1~30	(空地址)内部节点
31~254	(带地址)设备节点
255	链路广播

3.2.2.2. 群组地址 GA

表示本地群组唯一编号，与物理层 MAC 地址无关，为系统为用户分配的唯一编号。用来区分不同家庭或使用区域。当使用的地址码长度不足 3 字节时，其高位用 0 补位。

3.2.3. 帧配置码 FSQ

帧配置码包含加密信息及序列信息，格式如下所示：



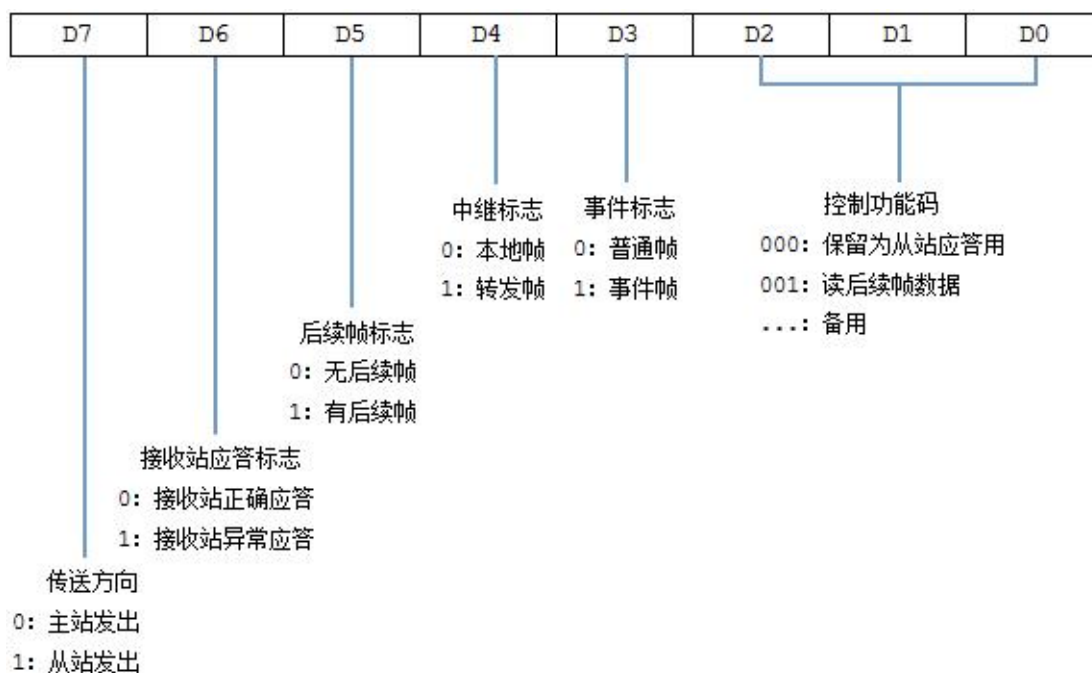
配置码信息 (bit7-bit4) 仅起始帧可为 0，而后续的所有帧要与传输层上行的相对称。序列号为低 4 位 (bit3-bit0)，仅记录当前启动帧的序号的计数 (范围为 0~15)。启动站每发送 1 帧报文，该计数加 1，从 0~15 循环加 1 递增。从站回复帧序列号应以启动站的为准，上行不可改变下行的帧序列号。

3.2.3.1. 关于报文帧的重发:

- 1) 启动站发送报文后, 当一个期待的响应在超时规定的时间内没有被收到, 启动站重发, 重发次数最多 3 次, 重发帧序列号则不加 1。
- 2) 如果从动站连续收到两个具有相同启动帧序号 SEQ 的启动报文, 通常意味着报文的响应未被对方站收到。在这种情况下, 则重发响应 (不必重新处理该报文)。
- 3) 如果启动站连续收到两个具有相同响应帧序号 SEQ 的响应帧, 则不处理第二个响应。

3.2.4. 帧控制码 C

控制码格式如下所示:



3.2.5. 数据单元 DATA

数据单元格式定义如下:

L	数据长度 L	1 字节
DATA	数据功能码 AFN	1 字节
	数据标识	3 字节
	链路数据	n 字节

数据单元包括 **数据长度 L**、**数据功能码 AFN**、**数据标识** 及 **链路数据**, 其中 DATA 部分的结构随控制码及数据标识的改变而改变, 但不管如何, **数据功能码**与**数据标识**的 3 个字节数据是以组合的形式出现的, 例如:

主站下发命令帧通常会包含以上 4 部分完整数据 ($L = 1+3$)。

中继 (接收) 站仅回复确认应答 (无命令) 帧时将不带数据 ($L = 0$)。

接收站监听到主站命令，回传指定数据标识的链路数据 ($L = 1+3+n$)。

从站发生高优先事件，立即上报事件数据到主站 ($L = 1+3+n$)。

主站接收并处理事件数据，下发清除从站该事件的数据标识 ($L = 1+3$)。

3.2.5.1. 数据长度 L

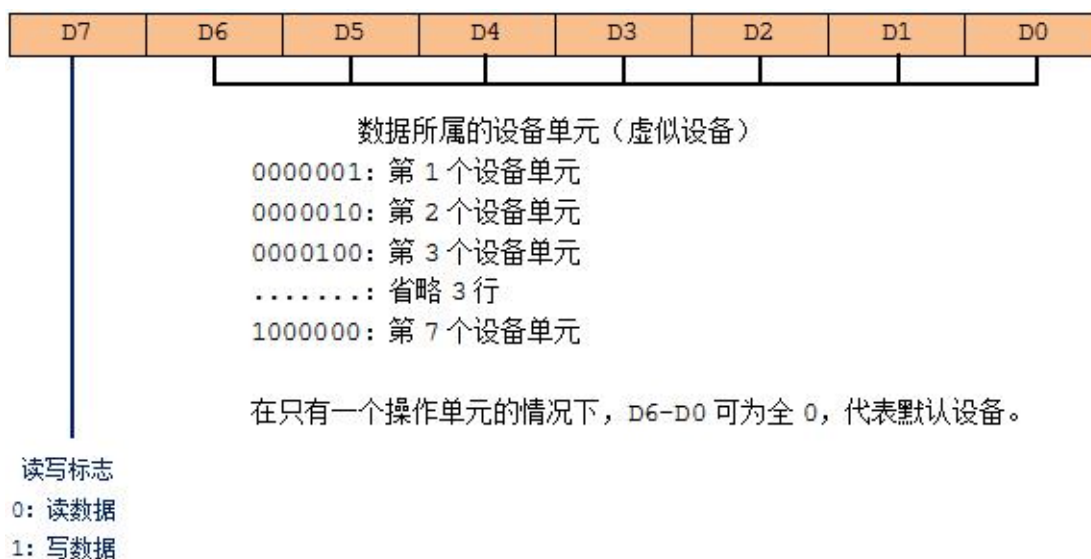
L 为用户数据区的字节数，用于描述该帧数据单元所包含的用户数据字节长度，便于接收站解释数据。整帧报文长度不得超过 250 字节，即数据单元长度 L 不得超过 $(250-11=239)$ 字节， $L = 0$ 表示无数据单元。

3.2.5.2. 数据功能码 AFN

当一个设备（MAC 地址或逻辑地址）具有多个可独立操作的部分时，我们称其为“设备单元”或“虚拟设备”。（例如：智能开关有 3 个位，每个位均可独立控制“开”或“关”的状态；或智能插座有 5 个位，每个位均可控制“开”或“关”的状态。）

对设备单元的数据读写可以对单独、部分或全部单元进行，对多单元时只能对相同的数据类型与数据内容（如：“开”或“关”）进行操作。

数据功能码实质是作为数据标识码的前导码，数据单元中的数据均先传送低位字节，后传送高位字节。



3.2.5.3. 数据标识

“数据标识”编码用 3 个字节区分不同数据项，三字节分别用 DI_2 、 DI_1 和 DI_0 代表，每字节采用十六进制编码。“数据类型”具体定义见[#数据标识编码表](#)，用于唯一地标识单个数据项或数据项集合。格式如下：

DI_2	DI_1	DI_0
--------	--------	--------

DI_2 为数据类型大类， DI_1 与 DI_0 组成该大类数据下的数据项类型。

注：数据标识及链路数据中的所有数据块都须先传高字节，再传低字节。

数据项 除特殊说明外，数据项均采用字节码表示。

数据块 针对从站的数据项读写功能，必要时将一次读写多项数据，称之为数据块操作。

3.2.5.4. 传感器数据块的上报规则

传感器数据定义为第 4 类数据（即 DI₂=0x03），该类数据下的所有数据项都须以事件形式上报，并且为统一数据交互时的装拆过程，现规定除检出传感器外的各项数据都以数据块的形式以上报（以“通讯地址”为块单位），对于检出传感器数据则以单项上报。

传感器节点设备在与上位机注册设备地址时须报备传感器的功能列表，后续上报传感器有效数据时，需以该功能列表标明的数据项为准，且数据项的顺序应以功能列表对应。

附：传感器的功能列表

23 bit	22 bit	21 bit	20 bit	19 bit	18 bit	17 bit	16 bit
15 bit	14 bit	13 bit	12 bit	11 bit	10 bit	09 bit	08 bit
							人体感应
07 bit	06 bit	05 bit	04 bit	03 bit	02 bit	01 bit	00 bit
降水量	风力	温度	湿度	TVOC	二氧化碳	甲醛	PM 2.5

3.2.6. 校验码 CRC

从第一个起始符开始到校验码之前的所有各字节 CRC16 的校验值 (16 Bit)。

3.2.7. 结束符 53 (H)

标识一帧数据的结束，其值 53 (H)=01010011 (B)，即起始符 AC (H) 取反。

3.2.8. 通讯速率

会话层与传输层间默认速率 38400bps，无奇偶校验位，数据位 8，停止位 1。

3.3. 终端内部节点模块通信协议示例帧

3.3.1. 球灯位置状态

主控请求帧：

功能描述：提供上位机主动采集球灯浮子当前状态，仅作用于中控机内部控制系统。

地址信息： 无 (0xFFFFFFFF)

帧控制码： C = 0x00 / (00000000)B

数据长度: $L = 0x04$

* 数据功能码: $AFN = 0x00 / (00000000)B$

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x00	0x04	0x00	0x000002	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	------

设备正常应答帧:

帧控制码: $C = 0x80 / (10000000)B$

数据长度: $L = 0x05$

* 数据功能码: $AFN = 0x00 / (00000000)B$

数据单元: DATA (参考#[附录 A.2](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x80	0x05	0x00	0x000002	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

设备异常应答帧:

帧控制码: $C = 0xC0 / (11000000)B$

数据长度: $L = 0x05$

* 数据功能码: $AFN = 0x00 / (00000000)B$

错误信息: ERR (参考#[附录 A.1](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0xC0	0x05	0x00	0x000002	ERR	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	-----	------

注: 无法执行等异常则回复异常应答。

3.3.1.1. 球灯事件上报

设备事件上报帧:

帧控制码: $C = 0x88 / (10001000)B$

数据长度: $L = 0x05$

* 数据功能码: $AFN = 0x00 / (00000000)B$

数据单元: DATA = (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x05	0x00	0x000002	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

主站正常应答帧:

帧控制码: $C = 0x08 / (00001000)B$

数据长度: $L = 0x00$

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

3.3.2. 控制磁悬浮升降

主控请求帧:

功能描述: 提供上位机触发磁悬浮板升降来控制浮子灯的位置, 仅作用于中控机内部控制系统。

地址信息: 无 (0xFFFFFFFF)

帧控制码: $C = 0x00 / (00000000)B$

数据长度: $L = 0x05$

* 数据功能码: $AFN = 0x80 / (10000000)B$

数据单元: DATA = (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x00	0x05	0x00	0x010000	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

设备正常应答帧：

帧控制码：C = 0x80/(10000010)B

数据长度：L = 0x05

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x80	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

设备异常应答帧：

帧控制码：C = 0xC0/(11000000)B

数据长度：L = 0x05

* 数据功能码：AFN = 0x00/(00000000)B

错误信息：ERR (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0xC0	0x05	0x00	0x010000	ERR	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	-----	------

3.3.3. 磁悬浮位置状态

主控请求帧：

功能描述：上位机读取磁悬浮板的当前状态，仅作用于中控机内部控制系统。

地址信息：无(0xFFFFFFFF)

帧控制码：C = 0x00/(00000000)B

数据长度：L = 0x04

* 数据功能码：AFN = 0x00/(00000000)B

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x00	0x04	0x00	0x010000	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	------

设备正常应答帧：

帧控制码：C = 0x80/(10000000)B

数据长度：L = 0x05

* 数据功能码：AFN = 0x00/(00000000)B

数据单元：DATA (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x80	0x05	0x00	0x010000	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

设备异常应答帧：

帧控制码：C = 0xC0/(11000000)B

数据长度：L = 0x05

* 数据功能码：AFN = 0x00/(00000000)B

错误信息：ERR (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0xC0	0x05	0x00	0x010000	ERR	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	-----	------

注：无法执行等异常则回复异常应答（如：磁悬浮板不在最高位也不在最低位时）。

3.3.3.1. 磁悬浮事件上报

设备事件上报帧：

帧控制码：C = 0x88/(10001000)B

数据长度：L = 0x05

* 数据功能码：AFN = 0x00/(00000000)B

数据单元: DATA = (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x05	0x00	0x010000	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

主站正常应答帧:

帧控制码: C = 0x08/(00001000)B

数据长度: L = 0x00

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

3.3.4. 控制无线充电模块

主控请求帧:

功能描述: 提供上位机对无线充电电路进行控制, 仅作用于中控机内部控制系统。

地址信息: 无(0xFFFFFFFF)

帧控制码: C = 0x00/(00000000)B

数据长度: L = 0x05

* 数据功能码: AFN = 0x80/(10000000)B

数据单元: DATA = (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x00	0x05	0x00	0x010002	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

设备正常应答帧:

帧控制码: C = 0x80/(10000000)B

数据长度: L = 0x05

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x80	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

设备异常应答帧:

帧控制码: C = 0xC0/(11000000)B

数据长度: L = 0x05

* 数据功能码: AFN = 0x00/(00000000)B

错误信息: ERR (参考#[附录 A](#))

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0xC0	0x05	0x00	0x010002	ERR	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	-----	------

3.3.5. (人体) 感应传感器状态

主控请求帧:

功能描述: 上位机读取设备人体感应是否处于已、未检出状态。

地址信息: 无(0xFFFFFFFF)

帧控制码: C = 0x00/(00000000)B

数据长度: L = 0x04

* 数据功能码: AFN = 0x00/(00000000)B

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x00	0x04	0x00	0x000011	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	------

帧控制码: C = 0x80/(10000000)B

数据长度: L = 0x05

* 数据功能码: AFN = 0x00/(00000000)B

数据单元: DATA (参考#附录 A)

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x80	0x05	0x00	0x000011	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

3.3.5.1. 人体感应事件上报

设备事件上报帧:

功能描述: 在设备本体人体感应被检出时通知上位机。

帧控制码: C = 0x88/(10001000)B

数据长度: L = 0x05

* 数据功能码: AFN = 0x00/(00000000)B

数据单元: DATA = (参考#附录 A)

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x05	0x80	0x000011	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

主站正常应答帧:

帧控制码: C = 0x08/(00001000)B

数据长度: L = 0x00

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

3.3.6. 控制 LED 灯模块

主控请求帧:

功能描述: 提供上位机实时控制 LED 灯模块, 该模块需要根据不同数据单元实现以下列出的四种组合状态, 该帧仅作用于中控机内部控制系统。

地址信息: 无(0xFFFFFFFF)

帧控制码: C = 0x00/(00000000)B

数据长度: L = 0x05

* 数据功能码: AFN = 0x80/(10000000)B

数据单元: DATA = 高 4 位指定组合; 低 4 位指定颜色 (参考#附录 A)

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x00	0x05	0x80	0x010021	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

主站正常应答帧:

帧控制码: C = 0x80/(10000000)B

数据长度: L = 0x00

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x80	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

设备异常应答帧:

帧控制码: C = 0xC0/(11000000)B

数据长度: L = 0x05

* 数据功能码: AFN = 0x80/(10000000)B

错误信息: ERR (参考#附录 A)

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0xC0	0x05	0x80	0x010021	ERR	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	-----	-----	------

3.3.7. 按键事件上报

设备事件上报帧：

功能描述：在目标设备某按键被检出时通知上位机。

帧控制码： $C = 0x88 / (10001000)B$

数据长度： $L = 0x05$

* 数据功能码： $AFN = 0x01 / (00000001)B$

数据单元： $DATA =$ 长按 $0x01$ ，其它为短按

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x05	0x01	0x000020	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	------	----------	------	-----	------

主站正常应答帧：

帧控制码： $C = 0x08 / (00001000)B$

数据长度： $L = 0x00$

0xAC	0xFFFFFFFF	FSQ	0x88	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

3.4. 主站（终端）与从站（外部设备）通信示例帧

3.4.1. 数据转发

3.4.1.1. 主站请求数据(会话层->传输层)

功能描述：使上位机能通过特定通道与智能插座、开关、传感器等智能电器实时通讯的能力。

地址信息： $DA = 0x31$ ； $GA = 0x123456$

帧控制码： $C = 0x10 / (00010000)B$ ；读后续帧： $0x11 / (00010001)B$

数据长度： $L = L$

* 数据功能码： $AFN = AFN$

数据单元： $DATA =$ 数据单元 (参考#[数据单元](#))

通讯帧格式：

0xAC	0x12345631	FSQ	0x10	L	AFN	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	---	-----	------	-----	------

3.4.1.2. 传输层应答帧

上位机发出数据转发通讯帧时，会话层向传输层传递数据帧，传输层对数据区进行加密操作后发送给网络层进行路由链路选择与组装。当传输层与网络层均无异常错误时，网络层应通过传输层向会话层发送确认或否认应答。

确认帧帧格式：该帧可被传输层与网络层执行转发，回复确认帧

帧控制码： $C = 0x90 / (10010000)B$

数据长度: $L = 0 \times 00$

0xAC	0x12345631	FSQ	0x90	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

否认帧格式: 该帧在传输层或网络层出现错误, 回复否认帧

帧控制码: $C = 0 \times D0 / (11010000)B$

数据单元: $DATA = \text{数据标识} + \text{ERR}$ (参考#[附录 A](#))

0xAC	0x12345631	FSQ	0xD0	L	0x80	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	---	------	------	-----	------

3.4.1.3. 从站（外部设备）应答帧

从站（外部设备）回复数据时, 传输层对数据区进行解密操作, 然后传输层向会话层传递数据帧。

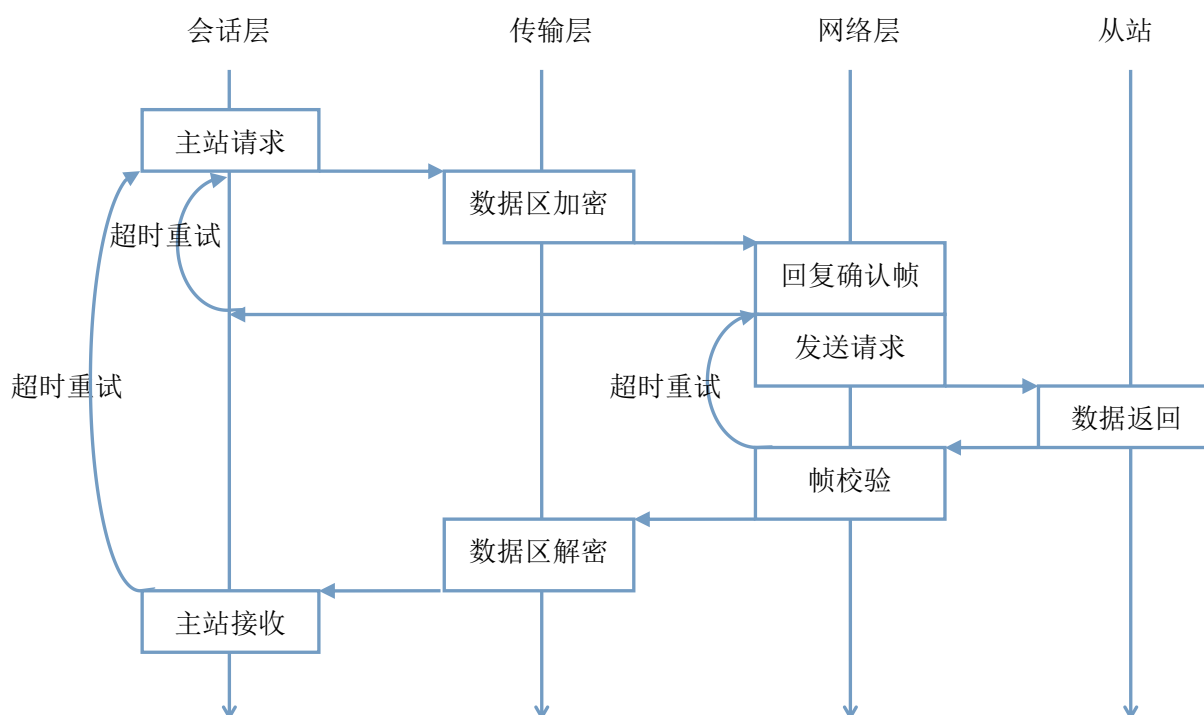
帧控制码: $C = 0 \times 90 / (10010000)B$; 有后续帧: $0 \times B0 / (10110000)B$

数据长度: $L = L$

* 数据功能码: $AFN = AFN$

数据单元: $DATA = \text{数据标识} + \text{链路数据}$

0xAC	0x12345631	FSQ	0x90	L	AFN	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	---	-----	------	-----	------



3.4.2. 事件数据主动上报

3.4.2.1. 从站上报数据

功能描述：当从站（设备）有事件发生时，向主站（终端）主动发起事件上报数据通讯。
多个从站间通讯的冲突检测与避让机制由链路层实现。

地址信息： DA = 0x31; GA = 0x123456

帧控制码： C = 0x98/(10011000)B; 有后续帧： 0xB8/(10111000)B

数据长度： L = L

* 数据功能码： AFN = AFN

数据单元： DATA = 数据标识 + 链路数据

0xAC	0x12345631	FSQ	0x98	L	AFN	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	---	-----	------	-----	------

3.4.2.2. 网络层应答帧（网络层->从站）

从站（外部设备）发出数据通讯帧，网络层收到数据帧后对帧进行校验，如果是事件主动上报帧，则由网络层立即向从站（外部设备）改善确认或否认回复。然后网络层通过传输层向会话层进行数据转发。

确认帧帧格式：该帧通过帧校验，已发送给传输层，回复确认帧

帧控制码： C = 18(H) (00011000)B

数据长度： L = 0x00

0xAC	0x12345631	FSQ	0x18	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------

3.4.2.3. 传输层转发（传输层->会话层）

正确帧

当传输层对数据区解密正确时，传输层向会话层转发解密后的数据帧。

0xAC	0x12345631	FSQ	0x98	L	AFN	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	---	-----	------	-----	------

异常帧

当传输层发现数据区解密异常错误时，传输层丢弃该数据帧并向会话层发送一个异常帧。通常主站不需理会该异常帧，但是在需要进行密钥攻击检测时，需在同一从站一定时间内发出的密钥错误数进行统计，并对从站进行阶段性屏蔽通讯。

帧控制码： C = 0xD8/(11011000)B

数据单元： DATA = 数据标识 + ERR(参考#[附录 A](#))

0xAC	0x12345631	FSQ	0xD8	L	AFN	DATA	CRC	0x53
------	------------	-----	------	---	-----	------	-----	------

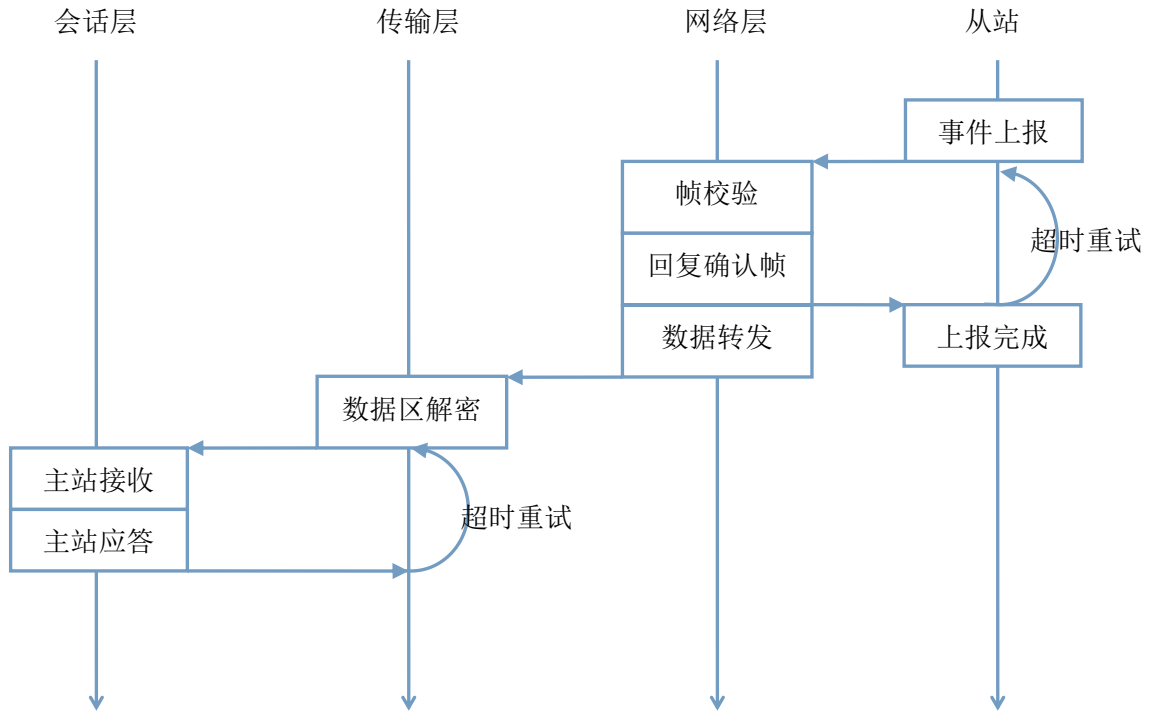
3.4.2.4. 主站应答（会话层->传输层）

主站正常应答帧：

帧控制码：C = 18 (H) (00011000) B

数据长度：L = 0x00

0xAC	0x12345631	FSQ	0x18	0x00	CRC	0x53
------	------------	-----	------	------	-----	------



4. 数据标识编码表

4.1. 数据格式说明

xxxxxx.xx 代表计量值或存储值的整数位小数位；nnnnnn.nn 代表设定的值的整数位和小数位；YY 代表年份末两位，MM 代表月份，DD 代表日，WW 代表星期（星期日=7）；hh 代表时，mm 代表分，ss 代表秒；未特殊说明均以两位十进制数表示，否则以指定的格式为准。

4.2. 数据标识说明

注：以下编码表中的所有数据标识在实际使用时需要结合功能码使用（见#[数据功能码](#)）

4.2.1. 初始化数据标识编码表

数据标识 HEX			数据 格式与描述	数据 字节	单位	数据项名称（备注）
DI ₂	DI ₁	DI ₀				
FF	FF	FF	入网设备的 MAC + 密钥	8+16	无	新设备入网（明文）
FF	FF	FE	设备的逻辑地址 DA 列表	n	无	长度 n = 下发逻辑地址个数
FF	FF	FD	0x00 开始，0x01 完成	1	无	MCU 的编程信号 (BOOT0=1)
FF	FF	FC	0x00 开始，0x01 完成	1	无	MCU 的复位信号 (BOOT0=0)
FF	FF	FB	HEX 文件的编程数据	n	无	长度 n 遵循 3.2.5.1，可分包
FF	FF	00	群组地址 + 密文	16+3	无	群组地址与 RSA 密文
FF	00	01	Major + Minor	1+1	无	软件的版本信息
FF	00	00	见附录 A.4 (YYMMDDhhmmss)	6	无	报时、校时信号

4.2.2. 状态量数据标识编码表

数据标识 HEX			数据 格式与说明	数据 字节	单位	数据项名称（备注）
DI ₂	DI ₁	DI ₀				
00	00	00	设备的 MAC 地址	8	无	设备的 MAC 地址信息（只读）
00	00	01	确认应答在线，否则离线	1	无	设备在线状态
00	00	02	见附录 A.2	1	无	设备工作状态
00	00	20	长按 0x01，其它为短按	1	无	设备的按键状态
00	00	21	见附录 A.2	1	无	设备的电源状态
00	01	00	见附录 A.2	1	无	电池充电状态
00	01	01	见附录 A.3	1	%	电池剩余电量

4.2.3. 控制量数据标识编码表

数据标识 HEX			数据 格式与说明	数据 字节	单位	数据项名称（备注）
DI ₂	DI ₁	DI ₀				
01	00	00	见附录 A.2	1	无	磁悬浮上升、下降变化量
01	00	01	见附录 A.2	1	无	定位发声器停、开机量
01	00	02	见附录 A.2	1	无	无线充电模块停、开机量
01	00	10	见附录 A.3	1	%	设备亮度等级变化量
01	00	11	3*8 Bit	3*1	无	设备 RGB 颜色变化量
01	00	21	见附录 A.1	1	无	(LED) 灯具模式变化量

4.2.4. 电器功能控制标识编码表

数据标识 HEX			数据 格式与说明	数据 字节	单位	数据项名称（备注）
DI ₂	DI ₁	DI ₀				
02	00	01	见附录 A.2	1	无	窗帘、门锁控制(开、闭)
02	01	01	见附录 A.2	1	无	摇头控制(开、关)
02	02	01	见附录 A.2	1	无	速热模式(开、关)
02	02	02	见附录 A.2	1	无	温度升降(高、低)
02	02	03	见附录 A.3	1	无	温度设置(30~70)
02	F0	01	见附录 A.2	1	无	风量控制(高、中、低、关)
02	F0	02	见附录 A.2	1	无	智能模式(开、关)

4.2.5. 传感器类数据标识编码表

数据标识 HEX			数据 格式与说明	数据 字节	单位	数据项名称（备注）
DI ₂	DI ₁	DI ₀				
03	00	01	见附录 A.5	3	无	PM 2.5 检测数据
03	00	02	见附录 A.5	3	无	甲醛浓度数据
03	00	03	见附录 A.5	3	无	二氧化碳浓度数据
03	00	04	见附录 A.5	3	无	可挥发性有机物(TVOC)数据
03	01	01	见附录 A.5	3	无	湿度数据
03	01	02	见附录 A.5	3	无	温度数据
03	01	03	见附录 A.5	3	无	风力数据
03	01	04	见附录 A.5	3	无	雨量数据
03	FE	01	见附录 A.2	1	无	检出传感器数据
03	FF	FF	见附录 A.6	3	无	目标传感器的所有数据块

4.2.6. 门禁类数据标识编码表

数据标识 HEX			数据 格式与说明	数据 字节	单位	数据项名称（备注）
DI ₂	DI ₁	DI ₀				
04	00	01	见附录 A.7	3	无	用户操作数据

5. 附录 A

a) 错误代码信息表

编号	信息	编号	信息	编号	信息
00	其它错误	01	无请求数据	02	设备未就绪
03	链路故障	04	密码错误	05	参数错误
..	其余备用				

b) 数据格式 01

D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0

1) 指定组合

0000: 外围灯熄灭
 0001: 外围灯呼吸
 0010: 外围灯常亮
 0011: 外围灯流水
 0100: 中间灯模式
 0101: 外围灯按个高亮
: 备用

2) 指定颜色 [标准/时尚]

0000: 无
 0001: 蓝色/蓝色
 0010: 红色/橙色
 0011: 绿色/紫色
 0100: 白色/白色
: 备用

注: 外围灯按个高亮时, 高亮颜色为橙色, 持续时间为 500ms, 结束后回到高亮前的状态, 具体显示如下:

(00) H: OB7
 (02) H: OB7、OB8
 (04) H: OB7、OB8、OB9
 (06) H: OB7、OB8、OB9、OB1
 (08) H: OB7、OB8、OB9、OB1、OB2
 (0A) H: OB7、OB8、OB9、OB1、OB2、OB3
 (0C) H: OB7、OB8、OB9、OB1、OB2、OB3、OB4
 (0E) H: OB7、OB8、OB9、OB1、OB2、OB3、OB4、OB6

c) 数据格式 02

状态量	信息	状态量	信息	状态量	信息
0x00	关闭/断开	0x01	打开/闭合	0x02	正常
0x03	充电	0x04	检出	0x05	未检出
0x0A	低位	0x0B	中位	0x0C	高位
0x0D	降低	0x0E	升高	..	其余备用
				0xFF	异常

d) 数据格式 03

字节名称	字节格式							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BYTE1	BCD 码十位				BCD 码个位			

e) 数据格式 04

字节名称	字节格式							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BYTE1(秒)	BCD 码十位				BCD 码个位			
BYTE2(分)	BCD 码十位				BCD 码个位			
BYTE3(时)	BCD 码十位				BCD 码个位			
BYTE4(日)	BCD 码十位				BCD 码个位			
BYTE5 (星期-月)	星期 BCD 码个位			月 BCD 码 十位	月 BCD 码个位			
BYTE6(年)	BCD 码十位				BCD 码个位			

f) 数据格式 05

字节名称	字节格式							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BYTE1	千位数				百位数			
BYTE2	十位数				个位数			
BYTE3	十分位				百分位			

g) 数据格式 06

数据项名称	数据格式	字节数
数据标识个数	BIN	1
第 1 个数据标识	参考 3.2.5.3	3
第 1 个链路数据内容	见附录 A. 5	3
.....		
第 n 个数据标识	参考 3.2.5.3	3
第 n 个链路数据内容	见附录 A. 5	3

6. 各通讯节点的组网管理

6.1. 设备 MAC 地址编码说明

所有的从站节点通讯模块具备一组 MAC 作为唯一标识，以二维码的形式出现在产品面板或铭牌等易见位置，扫描(解密)后得到 8 个字节的十六进制 HEX 码，包含以下五类信息：

字节区间	区间信息
BYTE0	目标设备类型
BYTE1	设备支持的通信通道
BYTE2, BYTE3	中控厂商代码
BYTE4, BYTE5, BYTE6	设备厂商代码
BYTE7	(低 4 位) 已虚拟的位数

其中首字节 (BYTE0) 为 0x00 时, 表示该 MAC 属于智能网关 (例如 “哈酷小 i”) [1], 此时末字节 (BYTE7) 可用于表示智能网关的特定类型 (作用在 “哈酷小 i” 上时, 0x01 为标准版智能网关, 0x02 为时尚版智能网关), 在非以上特定情况则表示如下:

字节名称	字节格式							
	D7	D6	D5	D4	D3	D2	D1	D0
BYTE0	见附录 Z A.A MAC 地址首字节代表类型说明							
BYTE1	备用	备用	备用	备用	备用	Zigbee	微功无线	PLC
BYTE2	0x0001~0xffff, 由中控厂商分配							
BYTE3								
BYTE4	0x000001~0xffffffff, 由设备厂商分配							
BYTE5								
BYTE6								
BYTE7	备用		工作模式字 [2]		设备中可单独控制的单元数量			

[1]. “哈酷小 i” 作为一款由哈酷智能科技有限责任公司生产的智能网关的名称。

[2]. 指示该设备工作在特定的模式 (支持 3 种): 1, 低功耗; 2, 备用; 3, 备用。

6.2. 智能电器组网示例

6.2.1. 设备 MAC 示例

以下用 “哈酷小 i” 标准版智能网关和与其配套的智能球灯及一个智能插座来进一步展示其 MAC 地址的具体格式, 在示例中 MAC 的 BYTE2 - BYTE3 及 BYTE4 - BYTE6 均与智能网关保持一致。

标准版智能网关 MAC: 0x0100000100010300

BYTE0	BYTE1	BYTE2 - BYTE3	BYTE4 - BYTE6	BYTE7
0x00	0x03	0x0001	0x000001	0x01
智能网关	微功率无线 + PLC	厂商代码(哈酷智能)	哈酷小 i 序列号	属于标准版

配套的智能球灯 MAC: 0x0100000100010201

BYTE0	BYTE1	BYTE2 - BYTE3	BYTE4 - BYTE6	BYTE7
0x01	0x02	0x0001	0x000001	0x01
智能球灯	仅为微功率无线	厂商代码(哈酷智能)	球灯序列号	1 个控制单元

3 控制位智能插座 MAC: 0x0300000100010104

BYTE0	BYTE1	BYTE2 - BYTE3	BYTE4 - BYTE6	BYTE7
0x04	0x01	0x0001	0x000001	0x03
智能插座	仅为 PLC	厂商代码(哈酷智能)	插座序列号	3 个控制单元

6.2.2. 设备组网过程

6.2.2.1. 为设备建立包含相关属性的映射表

由于通讯地址包含 DA 及 GA 两部分, GA 是在新的群组管理员创建新的群组号时, 管理系统为其分配的唯一 ID (0x000001~0xfffffe), DA 由本地的智能网关分配及管理, 所以当智能网关在每次创建新设备时, 必须为每个设备单独分配唯一的 DA (0x31~0xfe) 并保存到设备属性映射表, 以完成后续组网及功能性通讯等, 映射表中至少包含以下属性:

设备 (从站) MAC 地址: 设备组网时, 赋值到链路数据

设备 (从站) 逻辑地址: 通讯帧中通讯地址的动态属性

设备 (从站) 群组地址: 通讯帧中通讯地址的动态属性

设备 (从站) 在线状态: 用于定时维护设备状态, 0 在线, 1-999 离线

6.2.2.2. 获得 MAC 地址

主站 (终端) 通过手机 APP 扫描从站 (设备) 二维码方式获得从站 (设备) MAC 地址。在每次添加群组新设备时, 只有群组管理员才具备相应的分配权限。

6.2.2.3. 分配逻辑地址与同步

主站 (终端) 查找可用空闲逻辑地址并将空闲逻辑地址分配给该设备, 在修改本地逻辑地址映射表后将逻辑地址映射表同步给其它主站 (终端), 这涉及终端本地数据同步的过程, 此处不作描述。

6.2.2.4. 主站端发送组网指令

本主站 (终端) 向入网设备发送新设备入网指令帧, 数据区内容为该从站 (设备) MAC 地址。若超时未收到从站 (设备) 回应的组网确认帧时, 重试 2 次。如仍超时则记录该从站 (设备) 为离线状态。收到组网确认帧后, 主站端 (终端) 记录该设备状态 (在线)。

6.2.2.5. 从站端的入网说明

从站端设备上电后，未收到组网指令或未主动注册成功前，设备上的在线状态指示为离线，当第一次收到组网指令或主动注册成功后，设备自身在线指示 LED 切换为在线状态。

在设备没有收到从站对自身的组网指令或该设备主动注册未成功前，智能电器仅监听通讯信道，即使收到有效通讯帧，只要不是对该电器的组网指令或主动注册回复帧，都不能切换为在线状态。

从站端设备在线后，监听通讯信道上的通讯帧，如超过 1 分钟未监听到任何有效的通讯帧（不限定地址对象）时，将在线状态指示切换为离线。离线状态下继续监听通讯信道，当监听到有效的通讯帧（不限定地址对象）时，将在线状态指示切换为“在线”。

智能电器的在线状态指示方式：

- (1)、对于有单独在线指示灯的电器设备：“亮”表示在线，“暗”表示离线
- (2)、对于没有单独在线指示灯的电器设备，采用与通讯状态灯共用的方法：
 - “在线”状态下，通讯状态灯常态为常亮，通讯时闪动。
 - “离线”状态下，通讯状态灯常态为常灭，通讯时闪动。

目前哈酷智能推出的智能开关与智能插座为（2）方案。

在正常工作状态中，已经注册的从站（设备）对任何组网指令帧不需理会。

6.2.2.6. 主站端对从站端设备的状态维护

主站（终端）每隔 5 分钟（视实际情况）向所有 5 分钟（视实际情况）内没有进行过成功通讯的“在线”从站（设备）轮询一遍在线状态，如出现通讯链路异常，进行 2 次重试，重试失败则将该设备为离线状态值 + 1。并通过 UDP 广播向其它主站通知更新该设备离线状态。主站（终端）每次轮询前将所有从站（设备）状态为“离线”的状态值 + 1。

6.2.2.7. 逻辑地址 DA 的回收说明

主站（终端）为新设备分配逻辑地址时，优先分配 31-254 之间未被占用的空闲地址，由于可分配地址有限，若当前可分配的地址编号达到极限，将暂时不可添加新的从站设备，若群组网络中存在长期离线的设备，用户应该及时清理掉并让出该地址，这样，该地址编号将可再次被分配到新从站设备中使用。

6.2.2.8. 从站端设备重新入网

已分配过逻辑地址的从站（设备）重新上电，经过信道空闲检测后，发送注册帧。

已分配过逻辑地址的从站（设备）处于，“组网监听”状态时，每隔 5 分钟发送注册帧，尝试重新入网。

已分配过逻辑地址的从站（设备）处于，“组网监听”状态时，如监听到有主站访问该从站（设备）的通讯帧，则关闭“组网监听”功能，进入正常工作监听模式。

6.2.2.9. 重新入网成功

如在规定延期内收到主站（终端）回复的注册确认帧，则注册成功，进入正常工作监听模式。

6.2.2.10. 注重新入网失败

如在规定延期内未收到主站（终端）回复的注册确认帧，重试两次仍未成功，则注册失败，开启“组网监听”功能。重新组网成功前，从站（设备）的逻辑地址不应被清除或覆盖，以便和主站端重新建立组网。

6.2.2.11. 注册成功但确认失败

为解决“因通讯信道原因可能存在：从站（设备）向主站（终端）发注册帧成功，但从站（设备）没有收到主站（终端）发送的注册确认帧，而导致从站（设备）处于注册失败的状态”的情况，从站（设备）按本协议开启“组网监听”功能，同时应对正常通讯帧进行监听及响应。如监听到访问该从站（设备）的通讯帧，即视为注册成功，关闭“组网监听”功能，进入正常工作监听模式。

6.2.2.12. 从站（设备）更换使用群组地址

已分配过逻辑地址的从站（设备）更换使用群组地址后，将以添加新设备的方式在新群组地址中重新组网并使用。

6.2.3. 从站（设备）事件主动上报

已分配过逻辑地址的从站（设备）运行中如有需要立即上报的事件或状态数据，经过信道空闲检测后，发送主动上报帧。

6.2.3.1. 主动上报成功

如在规定延期内收到主站（终端）回复的上报确认帧，则主动上报成功，从站清除主动上报事件状态与数据，进入正常工作监听模式。

6.2.3.2. 主动上报失败

如在规定延期内未收到主站（终端）回复的上报确认帧，立即重试 3 次仍未成功，则上报失败。从站需要每隔 30 秒进行一次“延时重试”，每次延时重试中都包含 3 次立即重试的机会。经过 3 次“延时重试”如果仍未成功，则判定为从站与主站通讯链路失效，开启“组网监听”功能等待重新组网，在组网成功前从站（设备）的逻辑地址不应被清除或覆盖。

从站如在每一次延时重试的延时周期中监听到有主站访问该从站（设备）的通讯帧，则从站在正常回复的通讯帧中置“有后续帧状态”（控制码 C 中 D5 = 1：有后续帧），将主动上报帧作为后续帧，重新上报。

同一个上报帧在每次从站重试的主动上报帧中，SEQ 不应被修改。

6.2.3.3. 上报成功但确认失败

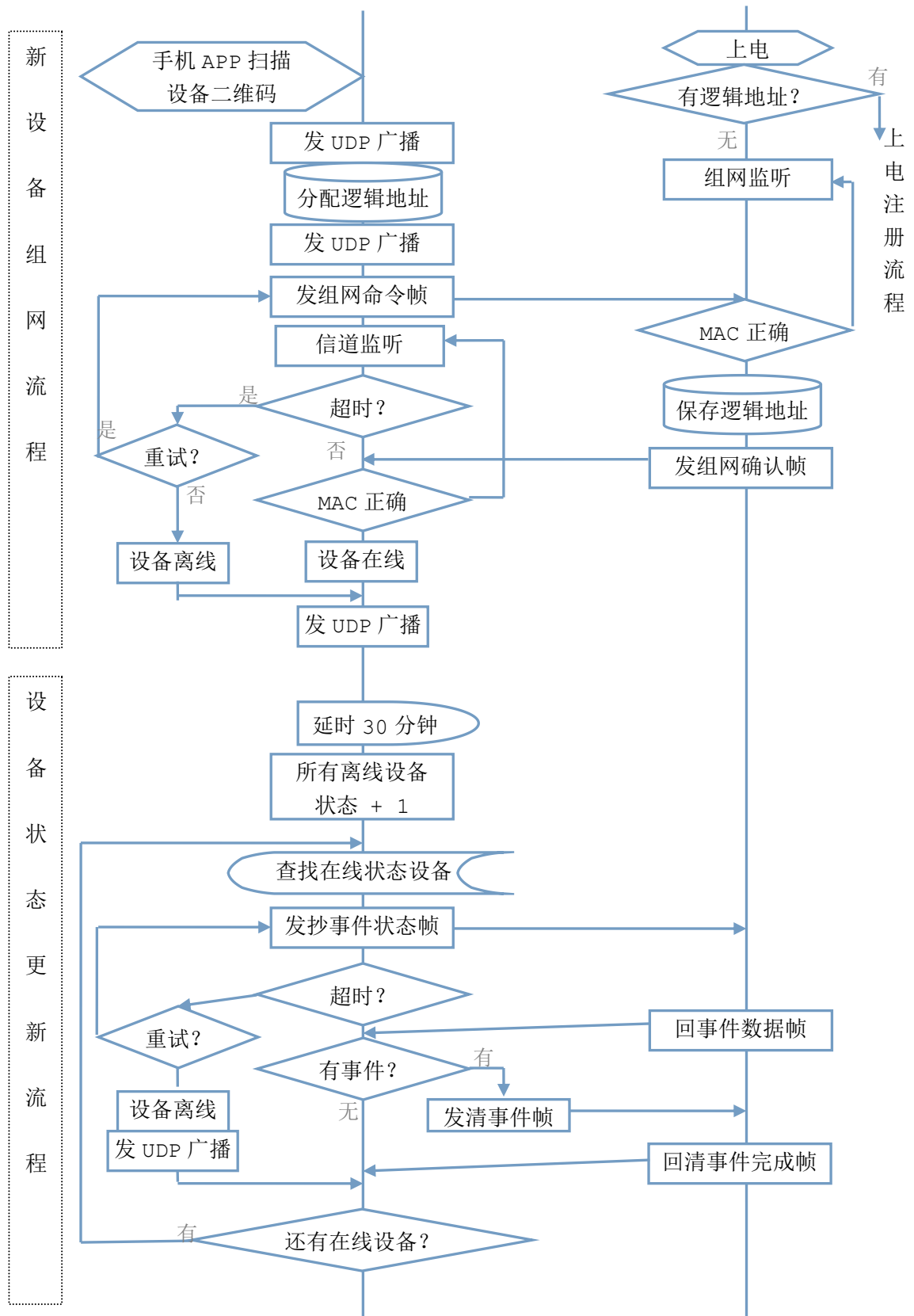
为解决“因通讯信道原因可能存在：从站（设备）向主站（终端）发上报帧成功，但从站（设备）没有收到主站（终端）发送的上报确认帧，而导致从站（设备）处于上报失败的状态”的情况，从站（设备）按本协议开启“组网监听”功能，同时应对正常通讯帧进行监听及响应。如果从站定时发送注册帧入网成功或是监听到有主站访问该从站（设备）的通讯帧（#[从站端设备重新入网](#)），即关闭“组网监听”功能，重新进入主动上报模式（同一个主动上报帧在每次从站重试的主动上报帧中，SEQ 不应被修改）。

7. 附录 Z

a) MAC地址首字节代表类型说明

0x01	0x02	0x03	0x04	0x05	0x06	0x07	0x08
智能球灯	智能开关	电动窗帘	智能插座	空气净化器	智能热水器	智能风扇	智能门锁
0x09	0x0A	0x0B	0x0C	0x0D	0x0E	0x0F	0x10
数据监测仪							

b) 关于通讯节点组网时序图



设备重新上电注册流程

主动上报工作流程

