

Q/GDW

国家电网有限公司企业标准

Q/XXX XXXXX—XXXX

输变电设备物联网节点设备无线组网协议

Node device wireless networking protocol for the internet of

power transmission and transformation equipment

报批稿

XXXX - XX - XX 发布

XXXX - XX - XX 实施

国家电网有限公司 发布

目 次

前 言..... II

1 范围..... 1

2 规范性引用文件..... 1

3 术语和定义..... 1

4 缩略语..... 2

5 总体架构..... 3

 5.1 概述..... 3

 5.2 网络拓扑..... 3

 5.3 协议栈结构..... 4

 5.4 地址定义..... 6

6 物理层协议规范..... 6

 6.1 物理层选型..... 6

 6.2 物理层帧结构..... 7

 6.3 物理层参数..... 7

7 MAC 层协议规范..... 10

 7.1 资源映射..... 10

 7.2 MAC 帧结构..... 10

 7.3 信道定义..... 12

 7.4 MAC 层过程..... 20

8 网络层协议规范..... 24

 8.1 概述..... 24

 8.2 网络层帧结构..... 24

 8.3 网络层指令..... 25

 8.4 拓扑建立..... 34

 8.5 路由过程..... 34

附录 A（资料性附录） CSS 物理层..... 36

附录 B（资料性附录） IEEE802.15.4 物理层..... 40

附录 C（资料性附录） BLE5.0 物理层..... 43

附录 D（资料性附录） 循环冗余校验（CRC）..... 45

附录 E（资料性附录） 默认配置参数..... 47

附录 F（资料性附录） 输变电物联网传感器数据格式..... 46

编制说明..... 50

前 言

为规范输变电设备物联网感知层节点设备在组网通信时的通信协议，实现节点设备的标准化组网和数据传输，制定本标准。

本标准由国家电网有限公司设备管理部提出并解释。

本标准由国家电网有限公司科技部归口。

本标准起草单位：国网江苏省电力有限公司电力科学研究院、国网江苏省电力有限公司、中国科学院上海微系统与信息技术研究所、国网天津电力有限公司、国网河北电力有限公司、国网浙江电力有限公司、国网安徽电力有限公司、国网四川电力有限公司、北京国网富达科技发展有限责任公司、中盈优创资讯科技有限公司、南京南瑞信息通信科技有限公司、南京英锐祺科技有限公司、深圳友讯达科技股份有限公司、江苏大烨物联科技有限公司。

本标准主要起草人：徐玲玲、胡成博、张国江、张军、黄强、刘洋、陶风波、邵进、郑敏、徐江涛、贾骏、杨霄、路永玲、王真、刘洪、李勇、陈挺、满玉岩、岳国良、赵铮、甄超、李旭旭、张鑫、张克谦、成敬周、丁兆硕、罗磊、王威、蔡光柱、张昕、李智、邵启明、吴斌、陈志辉、王国华。

本标准首次发布。

本标准在执行过程中的意见或建议反馈至国家电网有限公司科技部。

输变电设备物联网节点设备无线组网协议

1 范围

本标准规定了输变电设备物联网的无线组网协议，规定了总体架构、物理层协议规范、MAC层协议规范和网络层协议规范。

本标准适用于输变电设备物联网的节点设备间组网通信和低功耗传感器接入通信。

2 规范性引用文件

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

- LoRaWAN™ 1.1 Specification LoRaWAN™ 1.1规范
- IEEE Std 802.15.4TM-2015 LoRa 低速率无线网络标准(Standard for Low-Rate Wireless Networks)
- Bluetooth Core Specification v5.0 蓝牙V5.0协议

3 术语和定义

下列术语和定义适用于本文件。

3.1

输变电设备物联网 Internet of power transmission and transformation equipment
以实现输变电设备状态信息感知、互联互通及智能化应用的物联网。

3.2

接入节点 access node
输变电设备物联网的感知层中的通信主设备，具备边缘计算、自组网和终端接入的功能。

3.3

汇聚节点 sink node
输变电设备物联网的感知层中的通信中继设备，具备自组网和终端接入的功能。

3.4

传感终端 sensor terminal
输变电设备物联网感知层中的终端设备，可实现对输变电设备运行状态感知，并通过无线或者有线方式接入汇聚节点或接入节点，以下简称传感器。

3.5

时分多址（TDMA） time division multiple access
把时间分割成周期性的帧，每一个帧再分割成若干个时隙向基站发送信号，在满足定时和同步的条件下，基站可以分别在各时隙中接收到各移动终端的信号而不混扰。同时，基站发向多个移动终端的信

号都按顺序安排在预定的时隙中传输，各移动终端只要在指定的时隙内接收，就能在混合的信号中把发给它的信号区分并接收下来。

3.6

随机接入 random access

从用户发送前导码并开始尝试接入网络到与网络间建立起基本的信令连接之前的过程。

3.7

通信主设备 communication master device

在点对多点通信中，处于主控的通信设备，以下简称主设备。

3.8

通信从设备 communication slave device

在点对多点通信中，处于被控的通信设备，以下简称从设备。

3.9

MAC 帧 media access control frame

MAC层实体送出的一组比特的格式，一个帧内的比特在同一时间发射出去。

3.10

非连续接收 discontinuous reception

从设备无需一直保持接收主设备的广播信息，可以在一段时间内处于休眠状态，当定时唤醒后，可以再接收主设备的信息。

3.11

微功率传感器 micro power sensor

输变电设备物联网中的单向上报传感器，由传感器发起通信，仅支持短报文传输，需容忍业务数据的随机丢包

3.12

低功耗传感器 low power sensor

输变电设备物联网中的双向可控传感器，由节点设备发起通信，支持长报文传输、业务数据分片重传、传感器定时唤醒等功能。

4 缩略语

下列缩略语适用于本文件。

ACK: 确认 (Acknowledgement)

BCH: 广播信道 (Broadcast Channel)

BLE: 蓝牙低功耗 (Bluetooth Low Energy)

BW: 带宽 (Bandwidth)

CID: 通信地址 (Communication Identification)

CR: 编码率 (Coding Rate)

CRC: 循环冗余校验 (Cyclic Redundancy Check)
 CSS: 线性调频扩频 (Chirp Spread Spectrum)
 DCCH: 下行控制信道 (Downlink Control Channel)
 DRX: 非连续接收 (Discontinuous Reception)
 DSCH: 下行共享信道 (Downlink Shared Channel)
 EID: 设备标识 (Equipment Identification)
 FEC: 前向纠错 (Forward Error Correction)
 MAC: 媒体接入控制层 (Media Access Control)
 MACPayload: 媒体接入控制层负载 (Media Access Control Payload)
 MCH: 多播信道 (Multicast Channel)
 MIC: 信息完整性校验 (Message Integrity Check)
 NWK: 网络层 (Network Layer)
 O-QPSK: 偏移四进制相移键控 (Offset-Quadrature-Phase-Shift-Keying)
 PDU: 协议数据单元 (Protocol Data Unit)
 PHR: 物理层头 (PHY Header)
 PHY: 物理层 (Physical Layer)
 PSD: 功率谱密度 (Power Spectral Density)
 RF: 无线电频率 (Radio Frequency)
 SF: 扩频因子 (Spreading Factor)
 URCH: 上行随机竞争信道 (Uplink Random Channel)
 USCH: 上行共享信道 (Uplink Shared Channel)

5 总体架构

5.1 概述

输变电设备物联网由感知层、网络层、平台层和应用层四部分组成,本标准规范了感知层中的无线通信协议,涵盖的通信设备包括接入节点、汇聚节点和传感器。本标准定义了输变电设备物联网节点组网协议的物理层、媒体接入控制层和网络层,以及相关的通信处理过程,从而实现输变电设备物联网中数据传输的有效管理和分配。

5.2 网络拓扑

5.2.1 树状网络

输变电设备物联网感知层网络支持树状网络拓扑和多跳网络拓扑。

采用树状网络拓扑时,传感器、汇聚节点和接入节点通过给定信道的上行链路和下行链路进行连接,如图1所示。

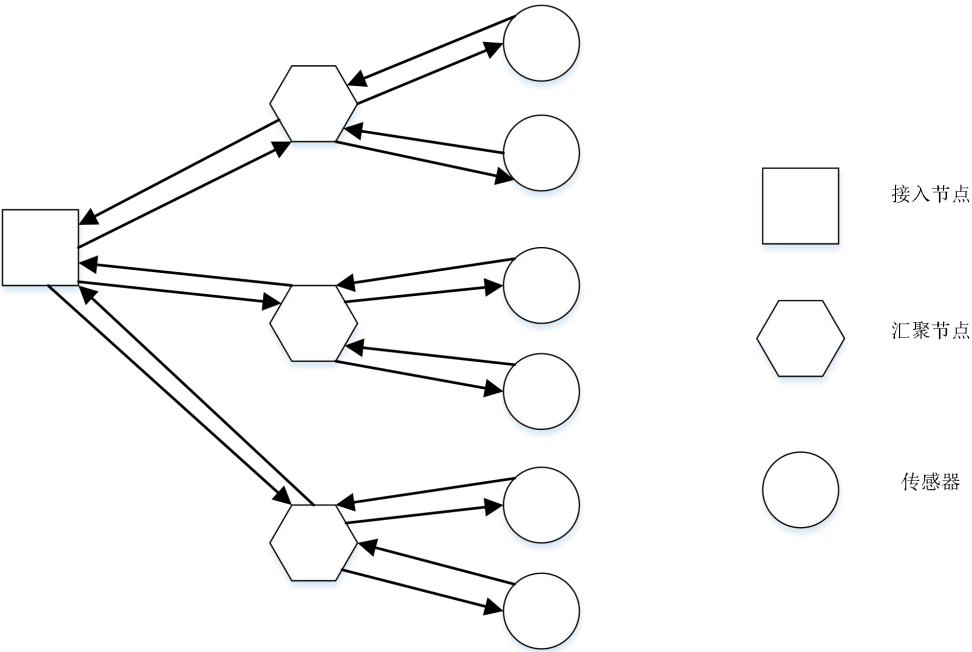


图 1 树状网络拓扑结构

5.2.2 多跳网络

采用多跳网络拓扑时，网络中部分汇聚节点作为中继节点，有效的将相距较远的接入节点和汇聚节点或者是接入节点和传感器相连，完成可靠的通信传输；多跳网络结构如图2所示。

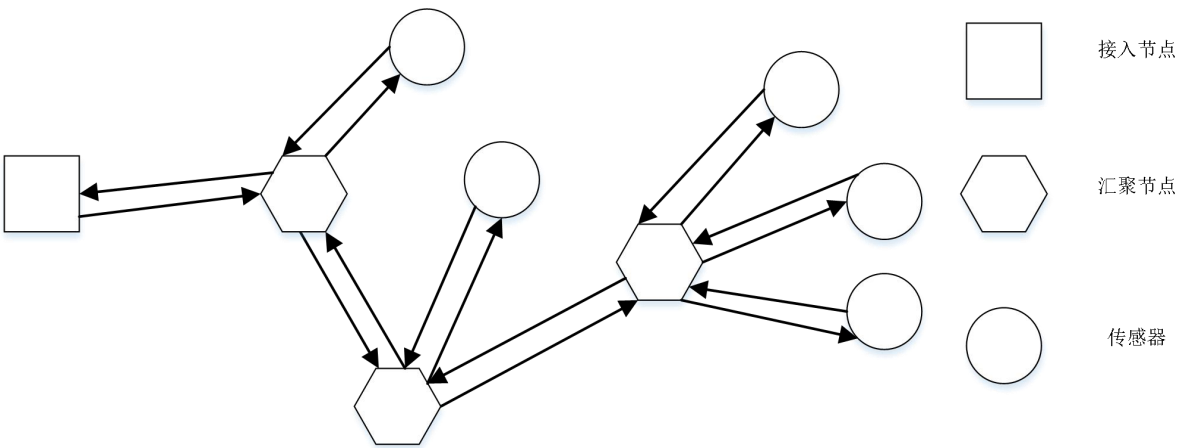


图 2 多跳网络拓扑结构

5.3 协议栈结构

5.3.1 协议分层

本标准遵循通用分层结构，此标准定义的分层结构为3层模型，如图3所示。分层结构如下：

- a) 最顶层为网络层（NWK）用于端到端的包传输；

- b) 中间层为媒体接入控制层（MAC），支持从设备的接入和调度；
- c) 最底层为物理层（PHY），可支持多种物理层形态。

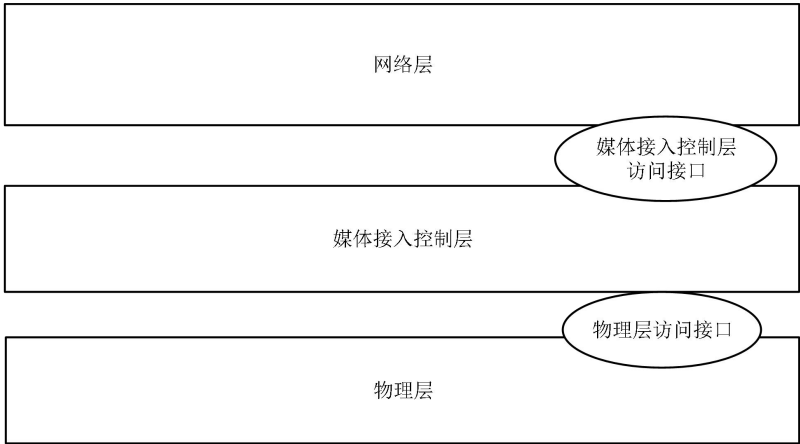


图 3 输变电设备物联网节点设备无线组网协议栈

5.3.2 帧结构关系

物理层（PHY）、媒体接入控制层（MAC）和网络层（NWK）的帧结构映射关系如图 4 所示。

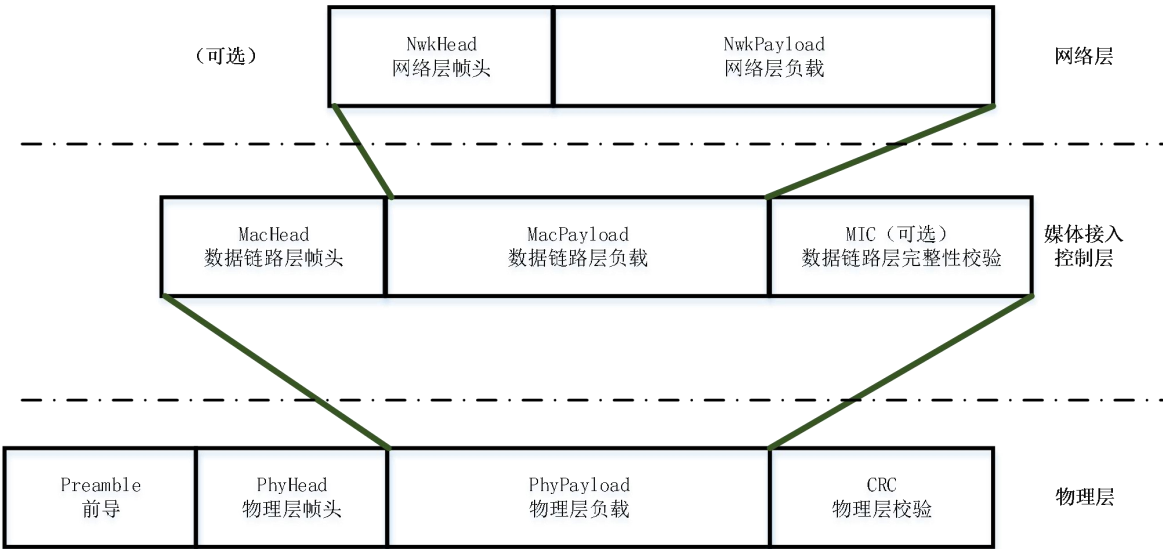


图 4 各层的数据帧结构映射关系

5.3.3 物理层（PHY）

物理层（PHY）负责处理比特流的物理传输，包括发送和接收。物理层通过无线物理信道发送和接收物理层协议数据单元，并对物理层数据信息和物理层控制信息进行管理。物理层的配置见第6章。

5.3.4 媒体接入控制层（MAC）

媒体接入控制层（MAC）在物理层提供服务的基础上向网络层提供服务，基于时分多址技术体制规定了MAC帧格式和对应的信道定义、主设备广播过程、随机接入过程、上行调度过程等。媒体接入控制层的协议规范见第7章。

5.3.5 网络层（NWK）

网络层（NWK）定义了端到端的数据传输格式，拓扑建立过程，以及路由过程。网络层的协议规范见第8章。

5.4 地址定义

5.4.1 设备标识（EID）

节点设备和传感器对应的设备标识，在业务平台管辖的整个网络范围中编号唯一，采用6字节定义。设备标识的定义与结构在附录F中确定。主设备的设备标识简称为主设备标识，从设备的设备标识简称为从设备标识。

5.4.2 通信地址（CID）

节点设备和传感器的通信地址，在节点覆盖范围内编号唯一。主设备的通信地址以下简称为主地址，从设备的通信地址以下简称为从地址。通信地址采用2字节编号，具体划分见表1。

表 1 通信地址定义

地址高位（1字节）	地址低位（1字节）	定义
0xFF	0xFF	节点通信DSCH广播地址
0xFF	0x00~0xFE	节点通信地址
0xFE	0x00~0xFF	多播通信地址
0x00~0xFD	0x00~0xFF	传感器通信地址

6 物理层协议规范

6.1 物理层选型

物理层通过无线物理信道发送和接收物理层协议数据单元，并对物理层数据信息和控制信息进行管理，物理层应在以下类型中选择其一：

- a) CSS物理层：工作在470-510MHz或者2400-2483.5MHz频段，采用线性调频扩频（CSS）调制。线性调频扩频（CSS）调制应符合LoRaWAN™ 1.1 Specification 中第3章对物理层的规定。
- b) IEEE 802.15.4物理层：工作在2400-2483.5MHz频段，采用偏移四进制相移键控（O-QPSK）调制。偏移四进制相移键控（O-QPSK）调制应符合IEEE Std 802.15.4™-2015中第12章对物理层的规定。
- c) BLE 5.0物理层：工作在2400-2483.5MHz频段，采用高斯频移键控（GFSK）调制。高斯频移键控（GFSK）调制应符合Bluetooth Core Specification v5.0中的partA第3章对物理层的规定。

6.2 物理层帧结构

CSS物理层帧结构参见附录A，物理层头（PHR）、物理层头校验、以及物理层负载校验字段为必选；IEEE 802.15.4物理层帧结构参见附录B，不需要物理层头校验字段和物理层负载校验字段，物理层头为必选；BLE5.0物理层帧结构参见附录C，不需要物理层头校验字段，物理层头和物理层负载校验字段为必选。

6.3 物理层参数

6.3.1 2.4GHz 的 CSS 物理层参数

本标准采用的2.4GHz CSS物理层参数配置见表2，CSS物理层在2400-2483.5MHz频段信道分配见表3，发送功率编号见表4，CSS物理层的调制和传输及RF参数要求参见附录A。

表 2 2400-2483.5MHz 频段 CSS 物理层配置表

物理层配置编号	扩频因子	带宽（kHz）	编码率	前导长度	发射功率	备注
1	8	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	默认配置
2	7	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	
3	6	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	
4	5	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	
5	9	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	
6	10	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	
7	11	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	
8	12	812.5	CR4/5	8 字节	<10mW	
9	6	1625	CR4/5	8 字节	<10mW	
10	7	1625	CR4/5	8 字节	<10mW	
11	8	1625	CR4/5	8 字节	<10mW	
12	9	1625	CR4/5	8 字节	<10mW	
13	10	1625	CR4/5	8 字节	<10mW	
14	11	1625	CR4/5	8 字节	<10mW	
其它	保留					

表 3 CSS 物理层 2400-2483.5MHz 频段信道分配表

信道编号	中心频率
1	2400.5MHz
2	2401.5MHz
.....	
n	(2400.5+(n-1))MHz
.....	
83	2482.5MHz
注：n=1、2、…、83。	

表 4 CSS 物理层 2400-2483.5MHz 发送功率

发送功率编号	发送功率
80	-20dBm
81	-19dBm
.....	
n	(n-100) dBm
.....	
109	9dBm
110	10dBm
注：n=80、81、…、110。	

6.3.2 470MHz 的 CSS 物理层参数

本标准采用的470MHz CSS物理层参数配置见表5，CSS物理层在470-510MHz频段信道分配如表6所示，发送功率编号见表7，CSS物理层的调制和传输及RF参数要求参见附录A。

表 5 470-510MHz 频段 CSS 物理层配置表

物理层配置编号	扩频因子	带宽（kHz）	编码率	前导长度	发射功率	备注
1	5	500	CR4/5	8 字节	<50mW	默认配置
2	6	500	CR4/5	8 字节	<50mW	
3	7	500	CR4/5	8 字节	<50mW	
4	8	500	CR4/5	8 字节	<50mW	
5	9	500	CR4/5	8 字节	<50mW	
6	10	500	CR4/5	8 字节	<50mW	
7	11	500	CR4/5	8 字节	<50mW	
8	12	500	CR4/5	8 字节	<50mW	
9	5	250	CR4/5	8 字节	<50mW	
10	6	250	CR4/5	8 字节	<50mW	
11	7	250	CR4/5	8 字节	<50mW	
12	8	250	CR4/5	8 字节	<50mW	
13	9	250	CR4/5	8 字节	<50mW	
14	7	125	CR4/5	8 字节	<50mW	
15	8	125	CR4/5	8 字节	<50mW	
16	9	125	CR4/5	8 字节	<50mW	
17	10	125	CR4/5	8 字节	<50mW	
18	11	125	CR4/5	8 字节	<50mW	
19	12	125	CR4/5	8 字节	<50mW	
其它	保留					

表 6 CSS 物理层 470-510MHz 频段信道分配表

信道编号	中心频率
1	470.5MHz
2	471.0MHz
.....	
n	(470.5+(n-1)/2) MHz
.....	
80	509.5MHz
注：n=1、2、…、80。	

表 7 CSS 物理层 470-510MHz 发送功率

发送功率编号	发送功率
80	-20dBm
81	-19dBm
.....	
n	(n-100) dBm
.....	
116	16dBm
117	17dBm
注：n=80、81、…、117。	

6.3.3 IEEE 802.15.4 物理层参数

本标准采用的IEEE 802.15.4物理层在2400-2483.5MHz频段信道分配见表6，IEEE 802.15.4物理层的调制和传输及RF参数要求参见附录B。

表 8 IEEE 802.15.4 物理层 2400-2483.5MHz 频段信道分配表

信道编号	中心频率
1	2400.5 MHz
2	2401.5MHz
.....	
n	(2400.5+(n-1)) MHz
.....	
83	2482.5MHz
注：n=1、2、…、83。	

6.3.4 BLE 5.0 物理层

本标准采用的 BLE 5.0 物理层参数配置见表,9,BLE 5.0 物理层的调制和传输及 RF 参数要求见附录

C。

表 9 BLE 物理层参数

频点	2.402GHz（CH37）、2.426GHz（CH38）、2.450GHz（CH22）、2.480GHz（CH39）
信道类型	辅助广播指示（AUX_ADV_IND）或数据信道
数据速率	125kbit/s
发射功率	<10mW
注：CH表示BLE 5.0物理层通信信道。	

7 媒体接入控制层（MAC）协议规范

7.1 资源映射

系统的时域通信资源，按图 5 所示进行划分。1 个超帧（Super Frame）包含若干（M）个帧（Frame），1 个帧又包括下行帧（DL-Frame）和上行帧（UL-Frame），其中下行帧和上行帧的时隙比例可配置，整个帧内包括若干（N）个时隙（Slot）。时隙为系统调度的最小时间单元，下行帧占用的时隙个数为 N_{DL} ，上行帧占用的时隙个数为 N_{UL} ， $N=N_{DL}+N_{UL}$ 。

全网的帧长和上下帧的配置比例是统一的，并作为网络参数在业务平台管辖的整个网络范围内广播。单个 MAC 帧至少占用 1 个时隙，也可以根据节点配置占用多个连续的时隙。

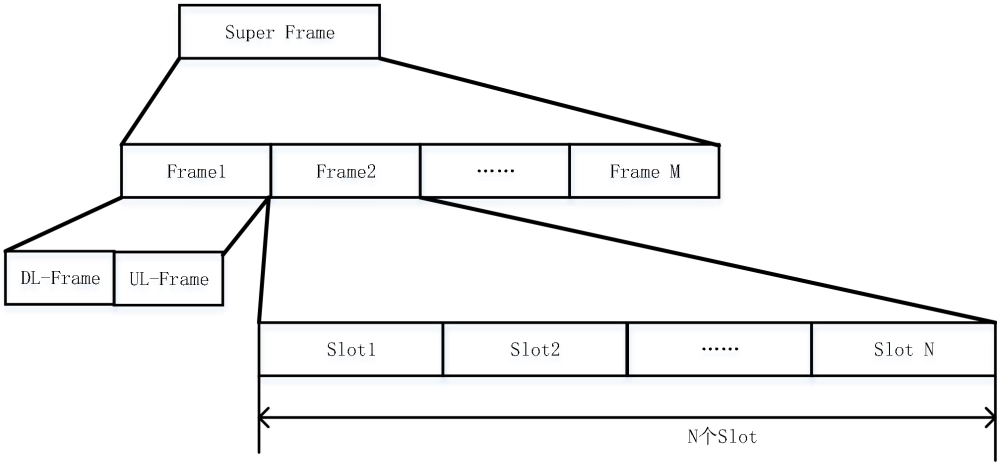


图 5 MAC 层资源映射关系

7.2 媒体接入控制层（MAC）帧结构

7.2.1 通用帧结构

MAC 帧结构如表 10 所示，包括 MAC 层帧头、MAC 负载和信息完整度。

表 10 MAC 层帧结构

MAC层帧头		MAC负载 (MacPayload)	信息完整度 (MIC) (可选)
MAC类型(MacType)	负载长度(LEN)		
1字节	1字节	0-255字节	2字节

7.2.2 MAC 层帧头

7.2.2.1 MAC 类型

MAC 类型的定义见表 11，包括信道类型、网络层指示、应答指示、信息完整性校验（MIC）指示和加密指示。信道类型定义见表 12，指示定义见表 13。

表 11 MAC 类型的定义

信道类型	指示			
	网络层指示	应答指示	MIC指示	加密指示
4比特	1比特	1比特	1比特	1比特

表 12 信道类型定义

信道类型（b7~b4）	定义	备注
0b0000	广播信道（BCH）	用于系统消息广播和时间同步
0b0001	下行控制信道（DCCH）	用于各类调度信息和应答
0b0010	多播信道（MCH）	用于需要同步工作的从设备通信
0b0011	下行共享信道（DSCH）	用于下行点对点的数据或信令传输
0b0100	上行随机竞争信道（URCH）	用于上行随机接入、资源请求等
0b0101	上行共享信道（USCH）	用于上行点对点的数据或信令传输
其他	保留	
注：0b表示二进制数字。		

表 13 指示定义

位	定义	取值	
		0	1
b3	网络层指示	MAC层数据	网络层数据
b2	应答指示	无需应答	需应答
b1	MIC指示	无MIC	有MIC
b0	加密指示	未加密	已加密
注：网络层指示，用于说明数据帧负载内容是否为网络层数据；应答指示中广播信道和多播信道无需应答；加密是对负载部分进行加密。			

7.2.2.2 负载长度

MAC 负载部分的字节数。

7.2.3 MAC 负载

用于承载相关控制、数据内容。

7.2.4 信息完整度校验

对 MAC 帧头和 MAC 负载的 CRC 校验，采用的 CRC16 算法见附录 D。

7.3 信道定义

7.3.1 信道映射

1个信道可占用单个时隙或者多个连续的时隙，每个信道的起始位置与时隙（slot）起始对齐，信道在帧内的排列顺序如图6所示。下行帧中，依次为广播信道（BCH）、下行控制信道（DCCH）、多播信道（MCH）、下行共享信道（DSCH）信道，其中BCH每个帧都有；上行帧中，依次为USCH、URCH。不同的信道，类型部分在MAC头部分进行区分，内容部分在MAC负载部分进行定义和承载。信道映射关系如图6所示。

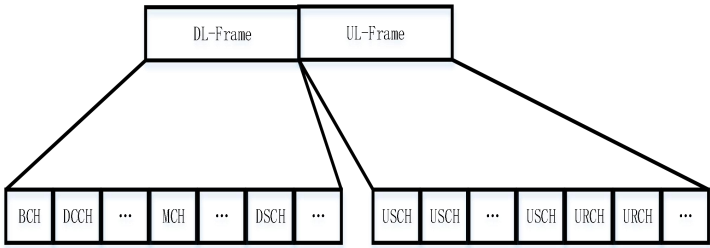


图 6 信道映射关系示意图

7.3.2 广播信道（BCH）

7.3.2.1 BCH 的帧结构

置于下行帧的起始位置，BCH信道定义见表14所示。

表 14 BCH 信道定义

MAC层帧头		MAC层负载		MIC	补零
MAC类型	负载长度	主地址	消息内容	完整性校验	-
1字节	1字节	2字节	20字节	2字节	默认29字节
BCH长度（字节数）					

7.3.2.2 BCH 的消息内容定义

MAC负载长度固定为22字节，具体字段定义见表15，其中：

- a) 网络 ID：局域网内的唯一标识，用于区分不同的节点网络；
- b) 版本号：从时间维度区分不同的网络；
- c) 跳数：当前节点距离接入节点的通信跳数，如果本节点为接入节点，则跳数为 0；
- d) 时隙长度：表示时隙的时间长度，单位是 ms；
- e) 超帧配置：一个超帧中存在的帧的个数；
- f) 帧序号：当前帧处于超帧的位置序号；
- g) 广播周期：每隔多少个帧，进行一次广播；
- h) 下行帧时隙数：下行帧占用的时隙个数；
- i) 上行帧时隙数：上行帧占用的时隙个数；
- j) GP-Dphy：下行帧中相邻物理帧的发送时间保护域，位于时隙的尾部，单位：100μs；
- k) GP-Uslot：上行帧中时隙的时间保护域，位于时隙的尾部，单位：100μs；
- l) GP-DL/UL：下行帧切换到上行帧的时间保护域，位于下行帧的尾部，单位：100μs；
- m) GP-Frame：帧与帧之间切换的时间保护域，位于上行帧的尾部，单位：100μs；
- n) BCH 长度：表示 BCH 物理负载的字节数；在 BCH 含消息内容后面进行补零，便于从设备定时，默认配置是 55 字节（物理负载 55 字节），具体配置见 BCH 长度配置参见附录 E；
- o) 频点号：用于表示当前主设备的工作频点序号。

表 15 BCH 的消息内容定义

序号	字节0	字节1	字节2	字节3
1	网络ID	版本号	跳数	时隙长度
2	超帧配置		帧序号	
3	广播周期		下行帧时隙数	上行帧时隙数
4	GP-Dphy	GP-Uslot	GP-DL/UL	GP-FRAME
5	BCH长度	频点编号	保留	
注1：GP-Dphy、GP-Uslot、GP-DL/UL、GP-FRAME的默认取值均为10（代表1ms）。				
注2：广播信道可以用于从设备同步到主设备，本协议中要求主、从设备的同步精度（节点间的超帧起始对准精度）控制在0~+30μs内。				

7.3.3 下行控制信道（DCCH）

7.3.3.1 DCCH 的帧结构

下行控制信道主要用于上行数据的应答、上行时隙资源的调度、非连续接收（DRX）休眠指令下发以及随机接入应答等。同一子类型的消息，必须落在同一个DCCH信道内；不同子类型的信息，可以在同一个或者不同的DCCH信道内。下行控制信道MAC负载的具体定义见表16。

表 16 下行控制信道的 MAC 负载定义

主地址	消息类型1	调度表1	消息类型2	调度表2	.....
2字节	1字节	变长	1字节	变长	.....

7.3.3.2 DCCH 的消息类型

消息类型定义见表17。

表 17 消息类型定义

消息类型(b7b6b5)	定义	备注
0b000	USCH调度	
0b001	DRX调度	
0b010	注册成功应答	
0b011	上行接收应答	
其它	保留	
注1：消息类型(b7b6b5)，前三比特位用于表示调度或者响应数据的类型。		
注2：消息类型(b4b3b2b1b0)用于表示后续调度从设备的个数，最大支持31个从设备；当用于ACK响应时，表示占用的字节数，最大支持上行时隙数量为8*32=256个。		
注3：0b表示二进制数字。		
注4：当整帧不存在上行USCH调度时，可发送该消息类型，设备个数为0且无调度表。		

7.3.3.3 USCH 调度表

USCH调度见表18。

表 18 USCH 调度表

序号	字节0	字节1	字节2	字节3
1	从地址1		起始时隙1	结束时隙1
2	从地址2		起始时隙2	结束时隙2
3	从地址3		起始时隙3	结束时隙3
4	.....			
注：默认的USCH调度是对下一个帧的USCH调度，即采用(N+1)的调度方式。				

7.3.3.4 DRX 调度表

DRX调度见表19。

表 19 DRX 调度表

序号	字节0	字节1	字节2	字节3	字节4	字节5
1	从地址1		DRX 帧数1			
2	从地址2		DRX 帧数2			
3	从地址3		DRX 帧数3			
4			.....			
注 1：DRX 帧数，表示从本帧开始计算，多少帧后自唤醒。						
注 2：DRX 调度的从设备须被主设备调度 USCH，从设备可以在该 USCH 中进行 DRX 的应答反馈。						

7.3.3.5 注册成功应答表

注册成功应答见表20。

表 20 注册成功应答

序号	字节0	字节1	字节2	字节3
1	设备标识1（高位）		设备标识1（中位）	
2	设备标识1（低位）		分配的通信地址1	
3	设备标识2（高位）		设备标识2（中位）	
4	设备标识2（低位）		分配的通信地址2	
5	.....			

7.3.3.6 上行接收应答表

上行接收应答见表21。

表 21 上行接收应答

序号	字节0	字节1	字节2	字节3
1	上行时隙数据应答(前32b)			
2	上行时隙数据应答(后32b)			
3	.....			
注 1：用于上行时隙应答，其中每一比特位用于标记在上次上行传输过程中，主设备是否正确接收到数据，0b1 表示正确接收且需要应答的上行数据，0b0 表示未正确接收或无需应答。				
注 2：上行接收应答所占用的字节数，为上行时隙总个数除以 8 后上取整。				

7.3.4 多播信道（MCH）

用于给多个传感器的组播下发指令或数据，MAC负载的定义见表22。

表 22 多播信道的 MAC 负载定义

主地址	多播地址	内容
2字节	2字节	变长

7.3.5 下行共享信道（DSCH）

7.3.5.1 负载定义

置于下行帧内，下行共享信道的MAC负载定义见表23。

表 23 下行共享信道的 MAC 负载定义

主地址	从地址1	数据长度1	数据内容1	从地址2	数据长度2	数据内容2	.....
2字节	2字节	1字节	变长	2字节	1字节	变长	.....

7.3.5.2 数据内容定义

数据内容定义见表24。

表 24 数据内容定义

信息类型	通信指令（可选）	通信数据（可选）
1字节	变长	变长

7.3.5.3 信息类型定义

下行共享信道DSCH的信息类型定义见表25。

表 25 下行共享信道 DSCH 的信息类型定义

位	定义	取值	含义
b7~b3	通信指令长度	0~31	0表示无通信指令，最大长度31字节
b2	通信数据组包分片指示	0b1	有组包分片
		0b0	无组包分片
b1b0	保留		

注：通信数据长度=数据长度-通信指令长度-1。

7.3.5.4 下行通信指令

通信指令定义见表 26，参数查询的指令内容定义见表 27。

表 26 通信指令定义

下行指令类型		指令内容		备注
取值	定义	长度（字节）	单位	
0x00	从设备通信参数查询	变长	-	
0x01	从设备工作信道（频点）配置	1	-	配置序号
0x02	从设备物理层参数配置	1	-	配置序号
0x03	从设备发送功率配置	1	-	配置序号
0x04	从设备业务上报周期配置	4	帧	
0x05~0x7F	保留			
0x80~0xFF	用户自定义			

注：0x表示十六进制数字。

表 27 参数查询的指令内容定义

参数个数	参数类型1	参数类型2	.....
1字节	1字节	1字节	.....

7.3.5.5 下行通信数据

通信数据（PDU），用以承载网络层数据或业务数据（SDU）。SDU的长度最大为1400字节。如果SDU无需组包或分片，则标记通信数据中的组包分片指示b2=0，那么PDU=SDU。如果SDU需要组包或者分片，则标记通信数据中的组包分片指示b2=1，并且在PDU中加入组包分片头，具体PDU的定义见表28，其中：

- a) FLAG 定义：
 - 1) 0b00：没有进行分片（FLAG_UNFRAG）；
 - 2) 0b01：第一个分片（FLAG_FRAG_START）；
 - 3) 0b10：后续还有分片（FLAG_FRAG_NEXT）；
 - 4) 0b11：最后一个分片（FLAG_FRAG_STOP）。
- b) SSEQ 定义：业务数据（SDU）的序号。
- c) Priority 定义：通信数据（PDU）的优先级，0 表示低，1 表示高。
- d) PSEQ 定义：PDU 的序号。
- e) SIZE 定义：包数据的长度（字节数）。
- f) 包数据 DATA 定义：组包或分片后的 PDU 数据内容。

表 28 带组包分片的 PDU 格式定义

组包分片头					包数据 DATA
FLAG	SSEQ	Priority	PSEQ	SIZE	
2比特	6比特	1比特	7比特	8比特	变长

7.3.6 上行随机竞争信道（URCH）

7.3.6.1 MAC 负载内容

本帧内未调度的时隙，可用于多个从设备来竞争发送，上行随机竞争信道MAC负载内容定义见表29。

表 29 上行随机竞争信道的 MAC 负载内容

主地址	信息类型	数据内容
2字节	1字节	变长

7.3.6.2 信息类型定义

信息类型定义见表30。

表 30 信息类型定义

位	值	定义	备注
b7~b0	0x00	上行资源请求	
	0x01	随机接入请求	
	0x02	突发短数据	
	其它	保留	
注：0x表示十六进制数字。			

7.3.6.3 上行资源请求

数据内容定义见表31。

表 31 数据内容定义

从地址	资源请求
2字节	1字节
注：资源请求表示待上传数据上传需要的时隙数，若值为0xFF，则待上传数据上传需要超过1帧。	

7.3.6.4 随机接入请求

随机接入的数据内容定义见表32。

表 32 随机接入的数据内容定义

从设备标识	设备类型	资源请求	业务上报周期
6字节	1字节	1字节	3字节
注1：资源请求，表示待上传数据上传需要的时隙数；若值为0xFF，则剩余数据上传需要超过1帧。 注2：业务上报周期，单位秒，支持的周期范围是1秒~194天；当取值为0时，表示传感器自身无业务上报周期的参数。 注3：设备类型，‘0x00’表示微功率传感器，‘0x01’表示汇聚节点，‘0x02’表示低功耗传感器。			

7.3.6.5 突发短数据

随机接入的数据内容定义见表33。

表 33 突发短数据定义

从地址	数据
2字节	变长
注：突发短数据应在一个时隙内传输完。	

7.3.7 上行共享信道（USCH）

7.3.7.1 MAC 负载内容

上行共享信道的MAC负载内容见表34。

表 34 上行共享信道的 MAC 负载内容

主地址	从地址	信息格式	通信指令 (可选)	资源请求 (可选)	通信数据 (可选)
2字节	2字节	1字节	变长	1字节	变长
注：资源请求表示待上传数据上传需要的时隙数；若值为0xFF，则待上传数据上传需要超过1帧。					

7.3.7.2 信息格式定义

信息格式字段见表35。

表 35 信息格式字段

位	定义	取值	含义
b7~b3	通信指令长度	0~31	0表示没有指令，指令最大长度31字节
b2	通信数据组包分片指示	0b1	有组包分片
		0b0	无组包分片
b1	资源请求标识位	0b1	存在请求
		0b0	无请求
b0	保留		

7.3.7.3 上行通信指令

上行通信指令定义见表36。ACK反馈的指令内容见表37，通信参数上报的指令内容见表38。

表 36 上行通信指令定义

指令类型（1字节）		指令内容		备注
取值	定义	长度（字节）	单位	
0x00	ACK反馈	1		
0x01	通信参数上报	变长	-	
0x02~0x7F	保留			
0x80~0xFF	用户自定义			

表 37 ACK 反馈的指令内容定义

位	定义	备注
b7	DSCH的ACK反馈	
b6	DRX的反馈	
b5	注册成功的反馈	
其他	保留	

表 38 通信参数上报的指令内容定义

参数个数	参数类型1	参数内容1	.....
1字节	1字节	变长	.....

7.3.7.4 上行通信数据

通信数据（PDU），用以承载网络层数据或业务数据（SDU）。SDU的长度最大为1400字节。如果SDU无需组包或分片，则标记通信数据中的组包分片指示b2=0，那么PDU=SDU；如果SDU需要组包或

者分片，则标记通信数据中的组包分片指示b2=1，并且在PDU中加入组包分片头，具体PDU的定义见表39，其中：

- a) FLAG 定义如下：
 - 1) 0b00：没有进行分片（FLAG_UNFRAG）；
 - 2) 0b01：第一个分片（FLAG_FRAG_START）；
 - 3) 0b10：后续还有分片（FLAG_FRAG_NEXT）；
 - 4) 0b11：最后一个分片（FLAG_FRAG_STOP）。
- b) SSEQ 定义：SDU 的序号。
- c) Priority 定义：PDU 的优先级，0 表示低，1 表示高。
- d) PSEQ 定义：PDU 的序号。
- e) SIZE 定义：包数据的长度（字节数）。
- f) 包数据 DATA 定义：组包或分片后的 PDU 数据内容。

表 39 带组包分片的 PDU 格式定义

组包分片头					包数据 DATA
FLAG	SSEQ	Priority	PSEQ	SIZE	
2比特	6比特	1比特	7比特	8比特	变长

7.4 媒体接入控制层（MAC）过程

7.4.1 节点广播过程

广播是周期性，定时的，由主设备（节点）向从设备（节点或传感器）发送广播信息。利用BCH信道进行传输，广播的周期是多个帧一次，处于DL帧的起始位置。从设备可以通过广播信道，获取与主设备的时间同步。节点广播过程如图7所示。

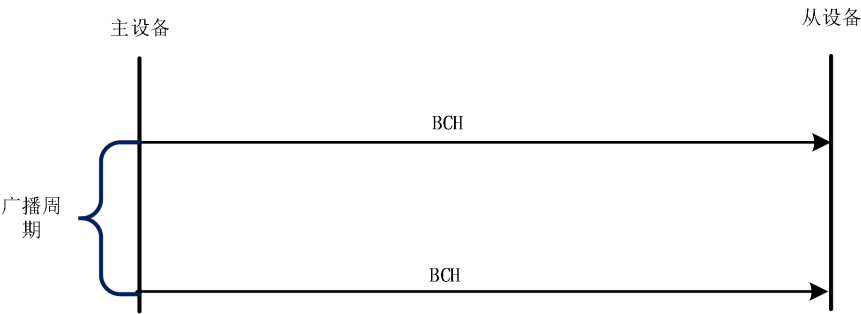


图 7 节点广播过程

7.4.2 随机接入过程

随机接入过程如图8所示，具体过程如下：

- a) 从设备接收主设备的 BCH，解析上行调度信息；
- b) 从设备选择剩余的时隙，随机退避选择后，发送 URCH 进行随机接入；
- c) 如果主设备成功接收到 URCH，那么尝试进行从设备注册；

- d) 如果主设备成功注册从设备，那么在后续 BCH 内发布该从设备的通信地址；
- e) 主设备通过 BCH 调度从设备的上行信道或者 DRX 休眠。

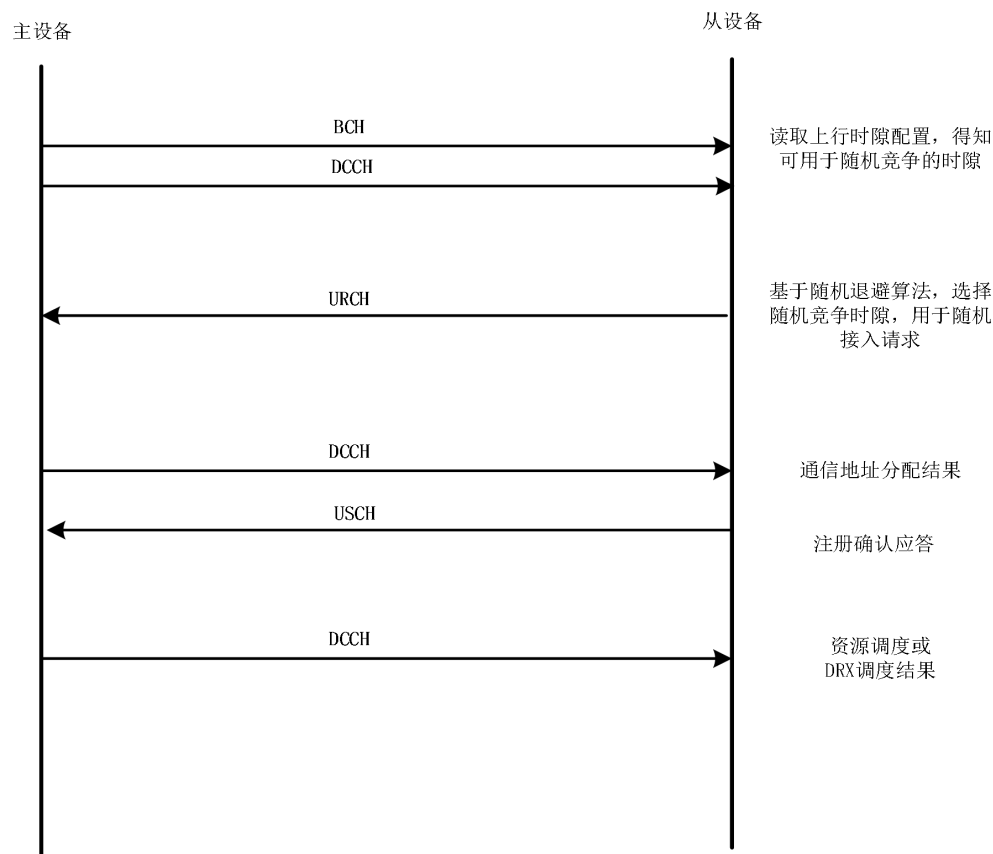


图 8 随机接入过程

7.4.3 预分配注册过程

主设备具备从设备的设备标识和通信地址的映射关系，并已经在接入节点完成注册。未接入网络从设备可以采用预分配注册。预分配注册只用于起始组网过程中，当从设备完成接入后，即不用再发送。预分配注册过程如图9所示。

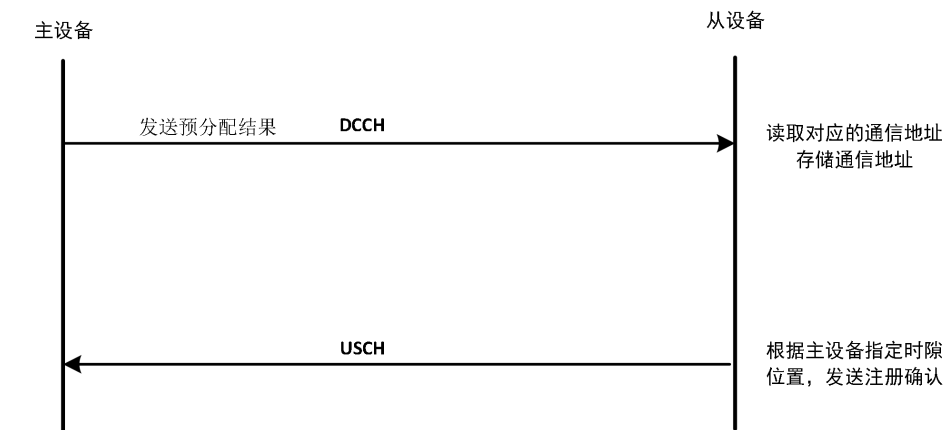


图 9 预分配注册过程

7.4.4 上行共享控制信道（USCH）的调度通信过程

主设备本地维护对从设备的上行调度表。
调度表主要根据从设备的上传周期、上传数据长度等进行配置，也可以通过随机信道请求增加临时的调度通信。USCH的通信过程如图10所示。

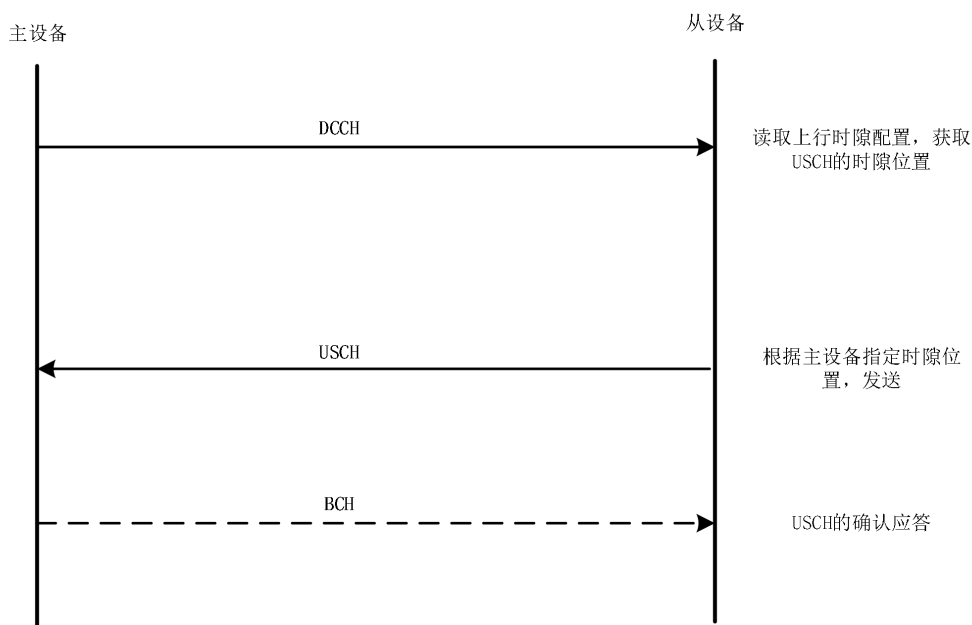


图 10 USCH 的通信过程

7.4.5 DRX 调度通信过程

- DRX过程如图11所示，具体过程如下：
- a) 从设备接收主设备发送的 DRX 休眠指令，并开始唤醒时间计时；
 - b) 从设备根据本地工作状态，决定是否休眠；
 - c) 若要休眠，那么等本次数据收发处理完毕后，自动进入休眠状态；

d) 当唤醒计时结束后，从设备自动唤醒，并进入对主设备的接收状态。

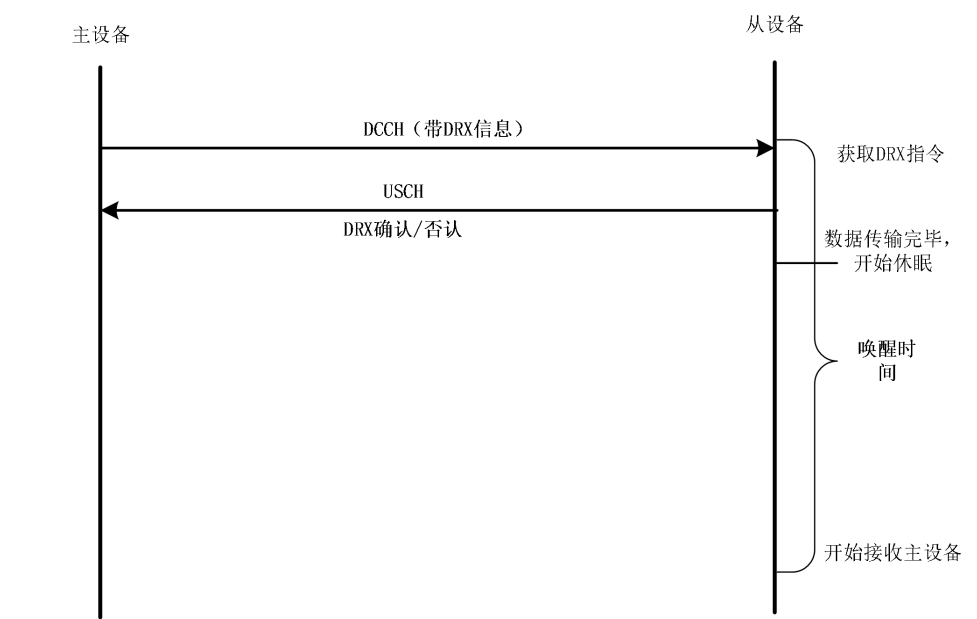


图 11 DRX 过程

7.4.6 下行共享控制信道（DSCH）的通信过程

主设备本地维护对从设备的下行调度表。DSCH通信过程见图12。

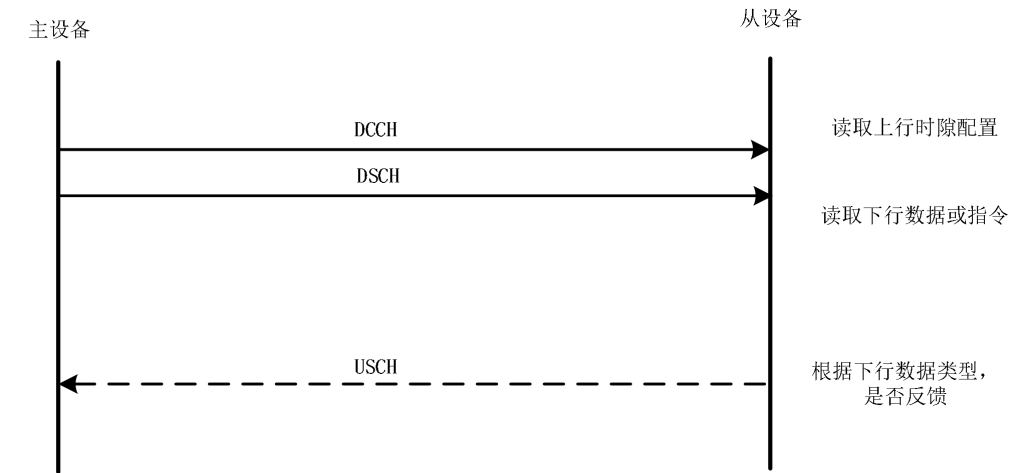


图 12 DSCH 的通信过程

7.4.7 组包分片过程

组包分片功能只用于下行共享信道或者上行共享信道，具体过程如下：

- a) 数据包队列根据调度资源的大小，进行数据组包分片，其长度需小于等于可用的资源。
- b) 分片传输数据的帧格式，参见下行共享信道和上行共享信道的帧格式。
- c) 所有组包分片的数据包，有应答确认（本步骤为可选项）。
- d) 当存在丢包时，可以重传，或者多次重传失败后可整包丢弃（本步骤为可选项）。
- e) 当收到所有数据包后，复原网络层数据（SDU）。

8 网络层协议规范

8.1 网络层定义

网络层定义了端到端的数据传输格式，拓扑建立过程，以及路由过程。

8.2 网络层帧结构

8.2.1 通用网络层帧结构

网络层帧承载在DSCH和USCH信道上，对应为通信数据字段。网络层帧结构见表40。

表 40 网络层帧结构

网络层帧头				网络层负载 (NwkPayload)
网络帧类型 (NwkType)	接入节点端口号 (可选) (AcNdPort)	末端汇聚节点EID (可选) (SinEID)	末端传感器EID (可选) (SenEID)	
1字节	1字节	6字节	6字节	0-1400字节

8.2.2 网络层帧类型

网络帧类型定义见表41，典型配置见表42。

表 41 网络帧类型定义

位	定义	取值	含义
b7	全网广播指示	0b1	表示全网广播的信息
		0b0	表示端到端的信息
b6	上下行指示	0b1	表示上行传输
		0b0	表示下行传输
b5	指令/数据指示	0b1	表示负载为网络层指令
		0b0	表示负载为数据
b4	末端汇聚节点EID指示	0b1	表示有汇聚节点EID
		0b0	表示无汇聚节点EID
b3b2	末端传感器EID指示	0b00	表示无传感器EID
		0b01	表示微功率传感器EID
b3b2		0b10	表示低功耗传感器EID
		0b11	保留
b1	接入节点端口号指示	0b1	有端口号
		0b0	无端口号
其它	保留		
注1：全网广播在网络层，只广播到汇聚节点，无需给传感终端广播。			
注2：端口号，用于区分下行数据的来源，比如默认的数据端口、不同的业务虚拟端口、管理后台端口等。			
注3：传感器与节点间通信宜只采用MAC层报文而不采用网络层报文。			

表 42 典型配置

位								含义
b7	b6	b5	b4	b3	b2	b1	b0	
0b0	0b1	-	0b1	0b0	0b0	-	-	上行：末端汇聚节点发送，源设备是汇聚节点
0b0	0b1	-	0b0	0b0	0b1	-	-	上行：末端汇聚节点发送，源设备是传感器
0b0	0b1	-	0b0	0b1	0b0	-	-	
0b0	0b0	-	0b1	0b0	0b0	-	-	下行：发送给末端汇聚节点，目的设备是汇聚节点
0b0	0b0	-	0b1	0b0	0b1	-	-	下行：发送给末端汇聚节点，目的设备是传感器
0b0	0b0	-	0b1	0b1	0b0	-	-	

8.3 网络层指令

8.3.1 网络层指令定义

8.3.1.1 网络层指令负载定义

网络层指令对应的网络层负载见表43。

表 43 网络层负载定义

网络层负载(NwkPayload)	
网络层指令类型	指令内容
1字节	变长

8.3.1.2 网络层指令类型

网络层指令类型的定义见表44。

表 44 网络层指令类型定义

取值	定义
0x01	下属拓扑变化上报
0x02	下属设备注册请求
0x03	节点通道状态上报
0x04	节点设备状态上报
0x05	网络层应答（上行）
0x06	下属传感器的通信参数上报
0x41	下属节点路由表下发
0x42	下属传感器路由表下发
0x43	下属设备注册应答
0x44	节点通道状态查询
0x45	节点通道工作配置
0x46	节点设备状态查询

表 44 （续）

取值	定义
0x47	网络层应答（下行）
0x48	下属传感器的通信参数配置
0x49	下属传感器的通信参数查询
0x81	传感器黑白名单下发
0x82	传感器同步采集指令下发
0xC0~0xFF	用户自定义
其它	保留

8.3.2 拓扑路由指令

8.3.2.1 节点下属拓扑变化上报

指令内容见表45，指示定义见表46。

表 45 指令内容定义

主设备EID	指示	数量	从设备EID1	从设备EID2	.....
6字节	1字节	1字节	6字节	6字节	.....

表 46 下属拓扑变化上报的指示定义

位	定义	取值	含义
b7b6	从设备类型	0b00	微功率传感器
		0b01	汇聚节点设备
		0b10	低功耗传感器
		0b11	保留
b5b4	增减	0b00	重置整表
		0b01	从设备增加
		0b10	从设备减少
		0b11	保留
b3~b0	通道编号	0~15	设备上如果具备多通道，进行对应的编号。

8.3.2.2 节点下属节点路由表下发

指令内容定义见表47，指示定义见表48。

表 47 指令内容定义

主设备EID	指示	数量	从设备EID	从设备EID	.....
6字节	1字节	1字节	6字节	6字节	.....

表 48 节点下属节点路由表的指示定义

位	定义	取值	含义
b7b6	从设备类型	0b00	微功率传感器
		0b01	汇聚节点设备
		0b10	低功耗传感器
		0b11	保留
b5b4	增减	0b00	重置整表
		0b01	从设备增加
		0b10	从设备减少
		0b11	保留
b3~b0	通道编号	0~15	设备上如果具备多通道，进行对应的编号。

8.3.2.3 节点下属传感器路由表下发

指令内容定义见表49，指示定义见表50。

表 49 指令内容定义

主设备EID	指示	数量	传感器EID	传感器EID	.....
6字节	1字节	1字节	6字节	6字节	.....

表 50 节点下属传感器路由表的指示定义

位	定义	取值	含义
b7b6	从设备类型	0b00	微功率传感器
		0b01	汇聚节点设备
		0b10	低功耗传感器
		0b11	保留
b5b4	增减	0b00	重置整表
		0b01	从设备增加
		0b10	从设备减少
		0b11	保留
b3~b0	通道编号	0b0000~0b1111	设备上如果具备多通道，进行对应的编号。

8.3.3 设备注册指令

8.3.3.1 下属设备注册请求

指令内容定义见表51，指示定义见表52。

表 51 指令内容定义

指示	从设备个数	从设备EID1	从设备EID2	.....
1字节	1字节	6字节	6字节	.....

表 52 下属设备注册请求的指示定义

位	定义	取值	含义
b7b6	从设备类型	0b00	微功率传感器
		0b01	汇聚节点设备
		0b10	低功耗传感器
		0b11	保留
b5b4	保留		
b3~b0	通道编号	0~15	设备上如果具备多通道，进行对应的编号。

8.3.3.2 下属设备注册应答

指令内容定义见表53，设备注册应答的指示定义见表54。

表 53 指令内容定义

指示	从设备个数	从设备EID1	从设备EID2	.....
1字节	1字节	6字节	6字节	.....

表 54 设备注册应答的指示定义

位	定义	取值	含义
b7b6	从设备类型	0b00	微功率传感器
		0b01	汇聚节点设备
		0b10	低功耗传感器
		0b11	保留
b5	注册结果	0b0	不通过注册
		0b1	通过注册
b4	保留		
b3~b0	通道编号	0~15	设备上如果具备多通道，进行对应的编号。

8.3.4 节点通道状态

8.3.4.1 节点通道状态查询

指令内容：查询序列（1字节，保留）。

8.3.4.2 节点通道状态上报

指令内容定义见表55，通道类型的定义见表56。

表 55 指令内容定义

通道个数	通道1类型	通道2类型	.....
1字节	1字节	1字节	.....

表 56 通道类型的定义

位	定义	取值	含义
b7b6b5	物理层类型	0b001	LORA 470MHz
		0b010	LORA 2.4GHz
		0b011	BLE 5.0
		0b100	ZIGBEE 2.4GHz
		其它	保留
b4b3	保留		
b2b1b0	从设备类型	0b000	未配置
		0b001	微功率传感器（控制）
		0b010	微功率传感器（业务）
		0b011	低功耗传感器
		0b100	汇聚节点设备
		0b101	低功耗传感器+汇聚节点混合设备
		其它	保留

8.3.4.3 节点通道工作配置下发

指令内容定义见表57，通道配置定义见表58，通道编号定义见表59，通道配置指示定义见表60。

表 57 指令内容定义

通道个数	通道1配置	通道2配置	.....
1字节	变长	变长	.....

表 58 通道配置定义

通道编号	指示	信道编号	物理层配置编号	起始工作帧编号	广播周期
1字节	1字节	1字节	1字节	2字节	2字节

表 59 下发通道配置的通道编号定义

位	定义	取值	含义
b7~b4	保留		
b3~b0	通道编号	0~15	设备上如果具备多通道，进行对应的编号。

表 60 下发通道配置的指示定义

位	定义	取值	含义
b7	独立频点指示	0b0	该频点是时分复用的
		0b1	该频点可以给该节点独立使用
b6	信道编号指示	0b0	无编号
		0b1	有编号
b5	物理层配置编号指示	0b0	无编号
		0b1	有编号
b4	工作帧起始编号指示	0b0	无编号
		0b1	有编号
b3	广播周期指示	0b0	无周期更新配置
		0b1	有周期更新配置
b2b1	保留		
b0	自定义指示	0b1	自定义字段
		0b0	标准字段
注：若为自定义字段，则后续数据格式全为自定义格式。			

8.3.5 节点设备工作状态

8.3.5.1 节点设备状态上报

指令内容定义见表61，状态索引和节点设备状态定义见表62。

状态索引：每比特的序列位置对应了节点设备状态表中的编号，取值0b1表示表格中含有相关状态内容，取值0b0表示表格中不含相关状态内容。

表 61 指令内容定义

状态索引	节点设备状态
2字节	变长

表 62 节点设备状态表

状态索引（2字节）		节点设备状态		
位	编号	配置信息	数据类型	字节数
b0	1	设备出厂地址	HEX	6
b1	2	节点类型	BIN	1
b3	3	通信地址	HEX	2
b4	4	厂家标识	ASCII	2
b5	5	硬件版本	BIN	2
b6	6	软件版本	BIN	3

表 62 （续）

状态索引（2字节）	节点设备状态			
位	编号	配置信息	数据类型	字节数
b7	7	设备温度	BIN	1
b8	8	通道数量	BIN	1
其它	其它	保留		
注：状态索引的比特位，0b1表示存在此编号，0b0表示不存在此编号				

8.3.5.2 节点设备状态查询

指令内容：状态索引（2字节）。
其中状态索引的定义见8.3.5.1节。

8.3.6 网络层应答

8.3.6.1 网络层应答（上行）

指令内容定义见表63。

表 63 指令内容定义

应答类型	应答结果	应答内容
1字节	1字节	变长
注1：应答类型对应所有上行网络层指令，默认对数据应答取值0x00。 注2：‘0xAA’表示接收正确，‘0x00’表示接收错误。 注3：应答内容保留。		

8.3.6.2 网络层应答（下行）

指令内容定义见表64。

表 64 指令内容定义

应答类型	应答结果	应答内容
1字节	1字节	变长
注1：应答类型对应所有下行网络层指令，默认对数据应答取值0x00。 注2：‘0xAA’表示接收正确，‘0x00’表示接收错误。 注3：应答内容保留。		

8.3.7 传感器黑白名单下发

指令内容定义见表65，传感器黑白名单的指示定义见表66。

表 65 指令内容定义

指示	数量	传感器EID1	传感器EID2	.....
1字节	1字节	6字节	6字节	.....

表 66 传感器黑白名单的指示定义

位	定义	取值	含义
b7	黑白名单类型	0b1	黑名单
		0b0	白名单
b6	重置指示	0b1	重置节点之前保留的黑/白名单表
		0b0	保留黑/白名单表
b5	增减指示	0b1	增加名单
		0b0	删减名单
b4	通信地址类型	0b1	微功率传感器通信地址
		0b0	低功耗传感器通信地址
b3~b0	保留		

8.3.8 传感器同步采集指令下发

指令内容定义见表67。

表 67 指令内容定义

采集指令类型	传感器数量	传感器EID1	传感器EID2	.....
1字节	1字节	6字节	6字节	.....

8.3.9 下属传感器通信参数

8.3.9.1 下属传感器通信参数配置

指令内容定义见表68，传感器通信的参数类型和参数内容定义见表69。

表 68 指令内容定义

通道号	参数个数	参数类型1	参数内容1	.....
1字节	1字节	1字节	变长	.....

表 69 传感器通信参数表

参数类型		参数内容		备注
取值	定义	内容长度	单位	
低功耗传感器				
0x01	信道（频点）	1	-	编号
0x02	物理层配置编号	1	-	编号
0x03	发送功率	1	-	编号
0x04	业务上报周期	4	帧	
0x05	单周期业务平均数据长度	4	字节	
0x06	节能指示	1		0x00表示不用节能， 0x01表示需要节能
0x07	DRX周期	4	帧	
0x08~0x3F	保留	.....		
0x40~0x7F	用户自定义			
微功率传感器				
0x80	业务周期	4	ms	
0x81	控制周期	2	/业务周期	
0x82	延迟	4	ms	
0x83	最大随机扰动时长	1	/5ms	
0x84	业务信道（频点）	1	-	编号
0x85	物理层参数配置	1	-	编号
0x86	REQ帧等待回复周期	1	ms	
0x87	BURST帧等待回复周期	1	ms	
0x88	组合：业务周期+控制周期+延迟+随机退避时长	11	-	
0x89	发送功率	1		编号
0x8A~0xBF	保留	.....		
0xC0~0xFF	用户自定义			
注：低功耗传感器通信参数类型的取值范围是0x01~0x7F；微功率传感器通信参数类型的取值范围是0x81~0xFF。				

8.3.9.2 下属传感器通信参数查询

指令内容定义见表70，其中，传感器通信的参数类型定义见表69。

表 70 指令内容定义

通道号	参数个数	参数类型1	参数类型2	.....
1字节	1字节	1字节	变长	.....

8.3.9.3 下属传感器通信参数上报

指令内容定义见表71，其中，传感器通信的参数类型和参数内容定义见表69。

表 71 指令内容定义

通道号	参数个数	参数类型1	参数内容1	……
1字节	1字节	1字节	变长	……

8.4 拓扑建立

8.4.1 节点组网的拓扑建立

节点组网采用的拓扑结构为树状拓扑（或多跳拓扑），由接入节点发起，逐步扩散到所有节点，具体过程如下：

- a) 接入节点进行广播，邻居汇聚节点根据广播信号的强度，选择进行随机接入。
- b) 随机接入成功时，在接入节点完成注册；若随机接入失败，则重新进行随机接入。
- c) 接入节点调度下属的汇聚节点进行广播。
- d) 迭代循环，直到所有节点设备完成局域组网。
- e) 对于多个接入节点（输电多跳）的网络，汇聚节点可根据与不同接入节点的通信跳数等相关指标，选择连接到哪个接入节点的局域网络。

8.4.2 传感器接入

节点（汇聚或接入节点），根据接入节点的调度结果，在指定帧序号，进行低功耗传感器接入的广播。低功耗传感器可以是预先调度（无需随机接入，在指定帧序号和时隙位置可上行通信），也可以通过随机接入（完成随机竞争、注册的过程）。

8.5 路由过程

8.5.1 上行路由

由于网络拓扑是树状拓扑，所以每个设备（除接入节点）都可以找到其归属的主设备，按主从关系，可以逐级完成上行数据传递。

8.5.2 下行路由

接入节点具备其下属的所有汇聚节点和传感器的连接关系，即下行树状路由表。每个汇聚节点存储节点之间的节点路由表，以及与其从属的传感器路由表，接入节点发送的下行数据，首先通过节点路由表寻址到（与目的传感器对应的）最后一级汇聚节点；然后汇聚节点在通过其本地的传感器路由表，下发给对应的传感器。如果是给汇聚节点的数据，那么可以省略传感器通信部分。

8.5.3 路由更新

8.5.3.1 静态路由地址更新

静态路由地址更新由接入节点发起，根据更新内容可分为以下两类：

- a) 接入节点发起通信，将其本地存储的节点路由表（节点组网）发送给对应的汇聚节点。
- b) 接入节点发起通信，将其本地存储的传感器路由表（可以是增量更新）发送给对应的汇聚节点。

8.5.3.2 动态路由地址更新

动态路由地址更新由汇聚节点发起，根据更新内容可分为以下两类：

- a) 汇聚节点发起通信，将其下属节点拓扑信息（或拓扑变更信息）发送给接入节点。
- b) 汇聚节点发起通信，将其下属传感器拓扑信息（或拓扑变更信息）发送给接入节点。

附 录 A
(资料性附录)
CSS 物理层

A. 1 帧结构

CSS物理层的帧结构如表A.1所示。

表 A.1 CSS 物理层帧结构

前导	物理层头	物理层头校验	物理层负载	物理层负载校验
----	------	--------	-------	---------

A. 2 总体参数

A. 2.1 扩频因子SF

CSS物理层使用扩频技术发送数据，可有效对抗多普勒频移，对于扩频设备，CSS调制通过多个信息码片表示有效负载信息的每个位，扩频因子、码片速率和符号速率之间的关系如式（A.1）所示：

$$R_c = SF \cdot R_s \tag{A.1}$$

式中：

- R_c —— 码片速率；
- SF —— 扩频因子；
- R_s —— 符号速率。

A. 2.2 编码率CR

编码率是指数据流中有效数据（非冗余）所占的比例。对每k位有用信息，编码器总共产生n位的数据，其中n-k是冗余的，那么编码率为k/n。CSS物理层采用循环纠错编码进行前向错误检测与纠错。

A. 2.3 带宽BW

在本协议中，带宽指设置双边调制带宽。符号速率关系如式（A.2）所示，增加信号带宽相当于提高有效数据速率。码片速率定义如式（A.3）所示。

$$R_s = \frac{BW}{SF} \tag{A.2}$$

$$R_c = \frac{SF}{T_s} \tag{A.3}$$

式(A.2)~(A.3)中：

- R_s —— 符号速率；
- BW —— 带宽；

- SF —— 扩频因子;
- R_c —— 码片速率;
- T_s —— 符号时间。

A. 3 调制和传输

A. 3.1 调制原理

CSS物理层使用CSS技术并结合8进制双正交编码，并且提供子啁啾序列划分以及频分策略。在具有不同啁啾方向的不同频率子带中，CSS物理层使用交替时间间隙进行啁啾信号（子啁啾）序列的结合。

A. 3.2 波形和子啁啾序列

CSS物理层定义了四种不同的子啁啾序列。每个子啁啾使用时域中的升余弦窗加权。四个单独的啁啾信号（即子啁啾），应连接起来形成一个完整的啁啾符号（子啁啾序列），它占据两个相邻的频率子带。子啁啾共有4种组合，啁啾符号的图形表示如图A.1所示，显然，这四个子啁啾具有线性下啁啾特性或线性上啁啾特性，并且在中心频率处连续。后续啁啾之间的频率不连续性不会影响频谱，因为在这些点处信号幅度将为零。

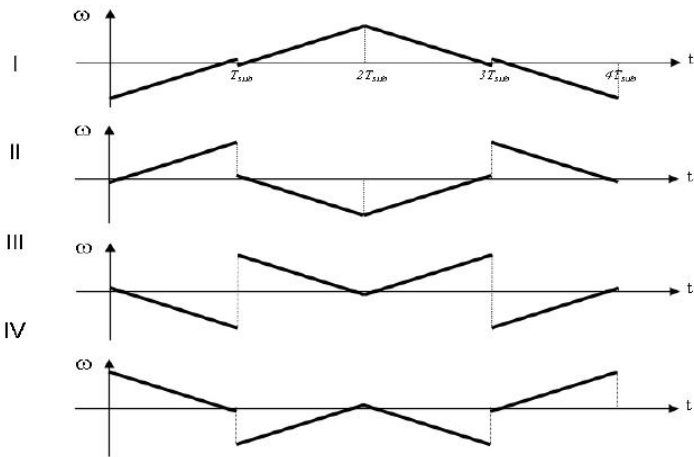


图 A. 1 子啁啾的四种不同组合

A. 3.3 时隙使用

CSS物理层定义了不同的时间间隙对。如图A.2所示，通过选择时间间隙可以使四个子啁啾序列更接近正交，时间间隔应在后续的啁啾符号之间交替应用。

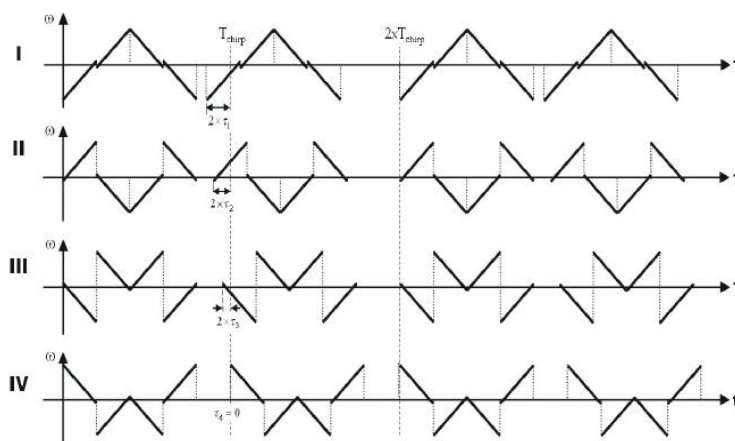


图 A. 2 四种不同子啁啾序列的不同时隙对

A. 3. 4 用于啁啾脉冲整形的升余弦窗口

子啁啾信号应使用此处描述的升余弦时间窗口形成，如图A.3所示，升余弦窗口应用于时域中的每个子啁啾信号。

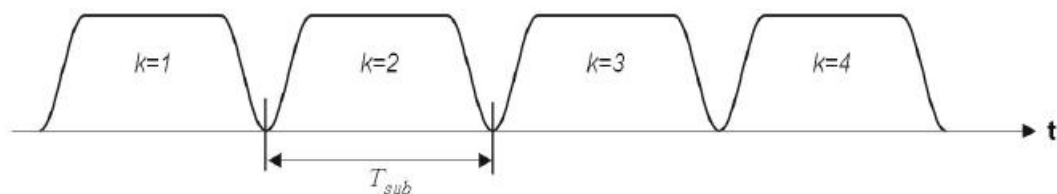


图 A. 3 子啁啾时域脉冲整形

升余弦窗口函数定义如式（A.4）所示：

$$P_{RC}(t) = \begin{cases} 1 & |t| \leq \frac{(1-\alpha) T_{sub}}{2} \\ \frac{1}{2} \left[1 + \cos \left(\frac{(1+\alpha)\pi}{\alpha T_{sub}} \left(|t| - \frac{(1-\alpha) T_{sub}}{2} \right) \right) \right] & \frac{(1-\alpha) T_{sub}}{2} \leq |t| \leq \frac{T_{sub}}{2} \\ 0 & |t| \geq \frac{T_{sub}}{2} \end{cases} \quad (A.4)$$

式中：

P_{RC} ——子啁啾信号函数；

α ——滚降因子，取值为0.25；

T_{sub} ——子啁啾信号的持续时间。

A. 3. 5 子啁啾传输顺序

在每个啁啾符号周期期间，首先发送子啁啾1（ $k=1$ ），然后依次发送子啁啾2（ $k=2$ ）和子啁啾3（ $k=3$ ），最后发送子啁啾4（ $k=4$ ）。

A. 4 CSS物理层RF要求

A. 4. 1 发射功率谱密度（PSD）掩模

CSS信号的发射功率谱密度应在图A.4所示规定的相对限制范围内。

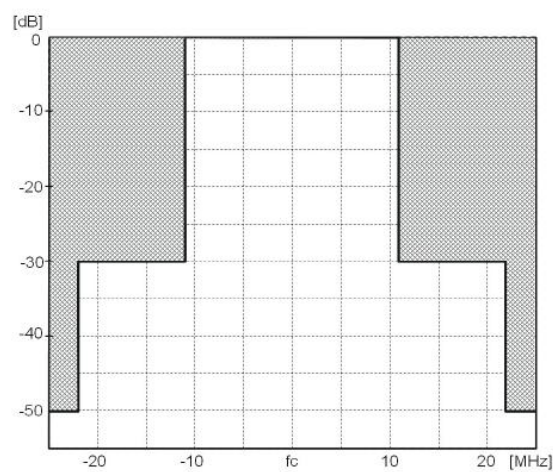


图 A. 4 发射功率谱密度掩模

A. 4. 2 接收机灵敏度

本协议定义的接收机应能够在相应速率下实现-91 dBm或更好的接收机灵敏度。

A. 4. 3 中心频率误差

CSS物理层发射中心频率误差最大为 $\pm 40 \times 10^{-6}$ 。

附 录 B
(资料性附录)
IEEE802.15.4 物理层

B. 1 帧结构

IEEE 802.15.4物理层的帧结构参见表B.1。

表 B.1 物理层帧结构

同步头	物理层头	物理层负载
-----	------	-------

B. 2 调制和传输

B. 2.1 调制原理

IEEE 802.15.4物理层采用16进制准正交调制技术。在每个数据符号周期，选择要发送的16个几乎正交的伪随机噪声（PN）序列的其中一个，并且使用四比特表示。连接连续数据符号的PN序列并使用偏移正交相移键控（O-QPSK）将聚合码片序列调制到载波上。

B. 2.2 数据速率

IEEE 802.15.4物理层的数据速率应为250kbps。

B. 2.3 参考调制器

图B.1功能框图可以作为IEEE 802.15.4物理层的调制和扩展功能的参考。

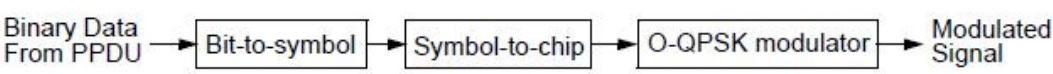


图 B. 1 IEEE 802.15.4 物理层的调制和扩展功能

B. 2.4 位到符号（Bit-to-symbol）映射

PPDU中包含的所有二进制数据都应使用图中的调制和扩展功能进行编码。其中每个八位字节的4个LSB（b0，b1，b2，b3）应映射成一个数据符号，4个MSB（b4，b5，b6，b7）应映射到下一个数据符号。PPDU的每个8比特通过调制和扩展功能进行处理，从Preamble字段开始，以PSDU的最后一个8比特结束。在每个8比特内，首先处理最低有效符号（b0，b1，b2，b3），然后处理最高有效符号（b4，b5，b6，b7）。

B. 2.5 符号到芯片（Symbol-to-chip）映射

在2.4GHz频段，每个数据符号应映射到表B.2中规定的32码片PN序列。PN序列通过循环移位和/或共轭彼此相互正交。

表 B.2 符号到芯片映射关系

Data symbol	Chip values (c ₀ c ₁ ... c ₃₀ c ₃₁)
0	1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0
1	1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0
2	0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0
3	0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1
4	0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1
5	0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1 1 1 0 0
6	1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1 1 0 0 1
7	1 0 0 1 1 1 0 0 0 0 1 1 0 1 0 1 0 0 1 0 0 0 1 0 1 1 1 0 1 1 0 1
8	1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1
9	1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1
10	0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1
11	0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0
12	0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0
13	0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0 1 0 0 1
14	1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0 1 1 0 0
15	1 1 0 0 1 0 0 1 0 1 1 0 0 0 0 0 0 1 1 1 0 1 1 1 1 0 1 1 1 0 0 0

B. 2. 6 O-QPSK调制

通过使用具有半正弦脉冲整形的O-QPSK将表示每个数据符号的码片序列调制到载波上。将奇数索引的码片调制到正交相位（Q）载波上，并将偶数索引的码片调制到同相（I）载波上。在2.4GHz频段中，码片速率是符号率的32倍，这是因为每个数据符号由32码片序列表示。如图B.2所示，为了形成I相和Q相芯片调制之间的偏移，Q相芯片应相对于I相芯片延迟T_c，其中T_c是芯片的反转率。

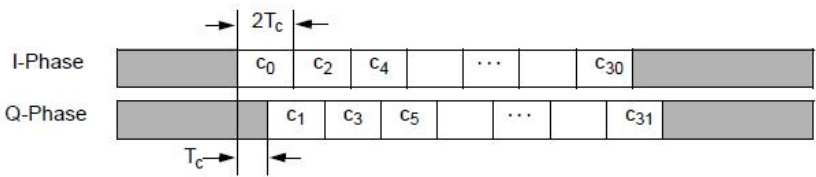


图 B. 2 O-QPSK 芯片偏移

B. 2. 7 脉冲形状

在2.4GHz频段，每个基带芯片表示为半正弦脉冲形状，正弦脉冲生成的函数定义如式（B.1）所示：

$$p(t)=\begin{cases}\sin\left(\pi\frac{t}{2T_c}\right),0\leq t\leq 2T_c\\0,otherwise\end{cases}\tag{B.1}$$

式中：

附 录 C
(资料性附录)
BLE5.0 物理层

C.1 BLE5.0 物理层帧结构

本标准BLE5.0物理层采用编码型物理层，物理层数据包做了FEC编码处理，对应的物理层帧结构如表C.1所示，包含前导码、访问地址、编码指示、TERM1、物理层负载和循环冗余校验、TERM2。各字段含义如下：

- a) 前导码字段：前导码内容为重复的0/1或1/0序列，用于频率同步、符号时序计算和自动增益控制。本标准中的BLE5.0物理层采用编码型物理层，前导码长度为1字节。
- b) 访问地址字段：用于区分不同的数据类型。对于主要广播信道的数据包，其访问地址是一个固定值，对于其他信道的数据包，其访问地址是一个随机值。
- c) 其中访问地址字段、编码指示字段和TERM1属于FEC block 1，物理层负载、循环冗余校验和TERM2属于FEC block 2。FEC block 1采用S=8编码算法，FEC block 2根据编码指示字段值采用相应的编码算法。
- d) 编码指示字段：编码指示器，设置该字段为0，FE block 2执行S=88编码。编码型物理层的符号传输速率是1M Sym/s，当采用S=8编码，数据传输速率为125bit/s。
- e) TERM1和TERM2字段：FEC算法终止符。
- f) 物理层负载字段：包含了有效数据。
- g) 循环冗余校验字段：针对物理层负载字段进行校验。假如物理层负载经过加密，则校验加密后的物理层负载。

表 C.1 BLE 5.0 物理层帧结构

前导码	访问地址	编码指示	TERM1	物理层负载	循环冗余校验	TERM2
1字节	4字节	2比特	3比特	2-257字节	3字节	3比特

C.2 调制方式

本标准BLE5.0物理层采用高斯频移键控GFSK， 8符号编码，比特率为125kb/s。
中心频率正向偏移大于等于185kHz视为比特1， 负向偏移大于等于185kHz视为比特0。本标准BLE5.0物理层工作在2400MHz至2483.5MHz频段。

C.3 发射机

C.3.1 发射机参数

C.3.1.1 发射功率

发射功率要求如表C.2所示。

表 C.2 发射功率要求

最小输出功率	最大输出功率
0.01mW (-20dBm)	10mW (+10dBm)

C.3.1.2 调制参数

调制参数如下：

- a) 调制方式：GFSK；
- b) 带宽时间积BT：0.5；
- c) 调制因子：0.45-0.55；
- d) 有效频率偏移为：±185kHz；
- e) 时钟精度：±50ppm。

C.3.1.3 杂散波

使用某个频率发射随机数据，在相邻±2MHz的频点位置，杂散波功率应小于-20dBm，在相邻±3MHz以上的频点位置，杂散波功率应小于-30dBm。

C.3.1.4 射频容限

射频频率允许容限如下：

- a) 中心频率偏移小于等于±150kHz；
- b) 最大频率漂移小于等于±50kHz；
- c) 最大频率漂移速率小于等于400Hz/us。

C.4 接收机

S=8编码型物理层接收灵敏度要求如表C.3所示。

表 C.3 接收机灵敏度参数

物理层类型	接收灵敏度（dBm）
LE Coded PHY with S=8 coding	≤ -82

附录 D
(资料性附录)
循环冗余校验 (CRC)

D.1 校验算法

循环冗余校验对MAC帧头及MAC负载内容进行数据准确性判断，本协议中采用CRC16校验算法，校验结果放在MAC帧的MIC字段中，并使用高位在前的大端模式传输。

D.2 实现方法

为提高运算校率, CRC 校验采用查表法:

```
// -----  
// DESCRIPTION: RTU CRC 校验的高位字节表  
// -----  
  
static const unsigned char auchCRCHi[] = {  
    0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1,  
0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,  
0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,  
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80,  
0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1,  
0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01,  
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,  
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81,  
0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1,  
0x81,    0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,  
0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40,  
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80,  
0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1,  
0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01,  
0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41,  
0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80,  
0x41, 0x00, 0xC1, 0x81, 0x40, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x01, 0xC0, 0x80, 0x41, 0x00, 0xC1,  
0x81, 0x40};  
  
// -----  
// DESCRIPTION: RTU CRC 校验的低位字节表  
// -----  
  
static const unsigned char auchCRCLo[] = {  
    0x00, 0xC0, 0xC1, 0x01, 0xC3, 0x03, 0x02, 0xC2, 0xC6, 0x06, 0x07, 0xC7, 0x05, 0xC5,  
0xC4, 0x04, 0xCC, 0x0C, 0x0D, 0xCD, 0x0F, 0xCF, 0xCE, 0x0E, 0x0A, 0xCA, 0xCB, 0x0B,  
0xC9, 0x09, 0x08, 0xC8, 0xD8, 0x18, 0x19, 0xD9, 0x1B, 0xDB, 0xDA, 0x1A, 0x1E, 0xDE,
```



```

0xDF, 0x1F, 0xDD, 0x1D, 0x1C, 0xDC, 0x14, 0xD4, 0xD5, 0x15, 0xD7, 0x17, 0x16, 0xD6,
0xD2, 0x12, 0x13, 0xD3, 0x11, 0xD1, 0xD0, 0x10, 0xF0, 0x30, 0x31, 0xF1, 0x33, 0xF3, 0xF2,
0x32, 0x36, 0xF6, 0xF7, 0x37, 0xF5, 0x35, 0x34, 0xF4, 0x3C, 0xFC, 0xFD, 0x3D, 0xFF, 0x3F,
0x3E, 0xFE, 0xFA, 0x3A, 0x3B, 0xFB, 0x39, 0xF9, 0xF8, 0x38, 0x28, 0xE8, 0xE9, 0x29, 0xEB,
0x2B, 0x2A, 0xEA, 0xEE, 0x2E, 0x2F, 0xEF, 0x2D, 0xED, 0xEC, 0x2C, 0xE4, 0x24, 0x25,
0xE5, 0x27, 0xE7, 0xE6, 0x26, 0x22, 0xE2, 0xE3, 0x23, 0xE1, 0x21, 0x20, 0xE0, 0xA0, 0x60,
0x61, 0xA1, 0x63, 0xA3, 0xA2, 0x62, 0x66, 0xA6, 0xA7, 0x67, 0xA5, 0x65, 0x64, 0xA4, 0x6C,
0xAC, 0xAD, 0x6D, 0xAF, 0x6F, 0x6E, 0xAE, 0xAA, 0x6A, 0x6B, 0xAB, 0x69, 0xA9, 0xA8,
0x68, 0x78, 0xB8, 0xB9, 0x79, 0xBB, 0x7B, 0x7A, 0xBA, 0xBE, 0x7E, 0x7F, 0xBF, 0x7D,
0xBD, 0xBC, 0x7C, 0xB4, 0x74, 0x75, 0xB5, 0x77, 0xB7, 0xB6, 0x76, 0x72, 0xB2, 0xB3, 0x73,
0xB1, 0x71, 0x70, 0xB0, 0x50, 0x90, 0x91, 0x51, 0x93, 0x53, 0x52, 0x92, 0x96, 0x56, 0x57,
0x97, 0x55, 0x95, 0x94, 0x54, 0x9C, 0x5C, 0x5D, 0x9D, 0x5F, 0x9F, 0x9E, 0x5E, 0x5A, 0x9A,
0x9B, 0x5B, 0x99, 0x59, 0x58, 0x98, 0x88, 0x48, 0x49, 0x89, 0x4B, 0x8B, 0x8A, 0x4A, 0x4E,
0x8E, 0x8F, 0x4F, 0x8D, 0x4D, 0x4C, 0x8C, 0x44, 0x84, 0x85, 0x45, 0x87, 0x47, 0x46, 0x86,
0x82, 0x42, 0x43, 0x83, 0x41, 0x81, 0x80, 0x40};

```

//校验函数:

```

nodebug unsigned short RTU_CRC( unsigned char * puchMsg, unsigned short  usDataLen )
{
    unsigned char uchCRCHi;           // high 字节 of CRC initialized
    unsigned char uchCRCLo;          // low 字节 of CRC initialized
    unsigned uIndex;                 // will index into CRC lookup table

    uchCRCHi = 0xFF;
    uchCRCLo = 0xFF;

    while ( usDataLen-- )
    {
        // calculate the CRC
        uIndex = uchCRCLo ^ (unsigned char)( *puchMsg++ );
        uchCRCLo = uchCRCHi ^ auchCRCHi[uIndex];
        uchCRCHi = auchCRCLo[uIndex];
    }

    return ( uchCRCHi << 8 | uchCRCLo );
}

```

附 录 E
(资料性附录)
默认配置参数

E.1 物理层配置

物理层默认的配置参数参见表E.1。

表 E.1 默认物理层参数

参数	取值	备注
物理层模式	LoRa	
工作频点	480MHz	
工作带宽	500kHz	
Preamble	8	单位：符号
扩频因子SF	5	
编码CR	4/5	
header mode	Enabled	
CRC	Enabled	

E.2 帧结构配置

MAC层默认的帧配置参数参见表E.2。

表 E.2 默认帧配置

类型	时长	备注
帧	1000ms	
UL 帧	500ms	
DL 帧	500ms	
时隙	5ms	
保护间隔	1ms	
节点同步精度	30μs	主从设备的超帧同步精度
BCH 长度	55 字节	26 字节为 BCH 的内容长度；剩余的部分采用补零。

E.3 BCH长度配置

MAC层BCH长度的配置映射参见表E.3。

表 E.3 BCH 长度配置

符号（Symbol）时间 T_{sym}	BCH 长度	备注
$T_{\text{sym}} \leq 64\mu\text{s}$	55 字节	
$64\mu\text{s} < T_{\text{sym}} \leq 128\mu\text{s}$	49 字节	
$128\mu\text{s} < T_{\text{sym}} \leq 256\mu\text{s}$	33 字节	
$T_{\text{sym}} \geq 512\mu\text{s}$	26 字节	

E.4 通道号配置

节点设备对应的通道号默认配置参见表E.4。

表 E.4 通道号默认配置表

通道号	定义	备注
0	节点从设备通道	
1	节点主设备通道	
2	低功耗主设备通道	
3	微功耗主设备通道	
4~7	保留	
8~15	厂商自定义	

附录 F
(资料性附录)
输变电物联网传感器数据格式

F.1 数据帧定义

输变电物联网传感器数据报文使用数据帧模式，一个完整的报文包括传感器ID、参量个数、分片指示、报文类型、报文内容、校验位，数据帧定义参见表F.1，传感器ID定义参见表F.2。其中：

- a) 传感器ID即为EID，是传感器唯一标识，传感器ID由厂商代码、版本标签、版本号、产品序列号组成。
- b) 参量个数用于标识传感器所采集的参量个数。
- c) 分片指示用于标识传感器数据是否采用分片方式传输。
- d) 报文类型用于标识数据帧的功能类型，分为监测数据报文、监测数据响应报文、告警数据报文、告警数据响应报文、控制报文、控制响应报文、分片数据应答报文、预留8类。
- e) 报文内容用于标识传感器采集的数据及相关控制参数，支持多参量或分片数据。
- f) 校验位用于校验数据传输过程中是否产生错误。

表 F.1 报文结构定义

序号	名称	代码	数据长度	备注
1	传感器ID	EID	6byte	
2	参量个数	DataLen	4bit	下文以m表示。
3	分片指示	FragInd	1bit	报文内容是否分片： 0：未分片 1：分片
4	报文类型	PacketType	3bit	000：监测数据报文 001：监测数据响应报文 010：告警数据报文 011：告警数据响应报文 100：控制报文 101：控制响应报文 110：分片数据应答报文 111：预留
5	报文内容	Data	($n_1+\cdots+n_m$) byte	n byte(可变长)
6	校验	Check	2byte	CRC16校验

表 F.2 传感器 ID 构成

名称	代码	数据长度 (bit)	数据类型	备注
厂商代码	ManufacturerID	16	无符号整数	取值范围为[0-65535] (十进制)。
版本标签	VersionLetter	5	无符号整数	取值范围为[1-26] (十进制)，分别依次代表字符[a-z]，即 1 代表 a，26 代表 z。
版本号	VersionNumber	6	无符号整数	取值范围为[0-63] (十进制)。
产品序列号	SerialNumber	21	无符号整数	取值范围为[0-2097151]。
注：传感器 ID 采用高字节在前传输。				

F.2 数据传输方式

数据传输采用数据帧模式，传输序列为二进制字节流。

F.3 报文数据排列格式

除特殊说明，整型（占2 Byte）、长整型（占4 Byte）、浮点数（占4byte）均采用低位字节在前方式存储：即字节由低B1到高Bn 上下排列，字节位由高b7到b0左右排列，格式如表F.3所示。

表 F.3 报文数据排列格式

b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0	B1 字节
b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0	B2 字节
b7 b6 b5 b4 b3 b2 b1 b0	B3 字节
.....	
注：bit字段依照连续多个bit字段组成的数据类型，依其在报文中的先后次序，由高位到低位依次排列。	

输变电设备物联网节点设备无线组网协议

编 制 说 明

目 次

1 编制背景..... 1

2 编制主要原则..... 1

3 与其他标准文件的关系..... 1

4 主要工作过程..... 1

5 标准结构和内容..... 2

6 条文说明..... 2

1 编制背景

本标准依据《国家电网公司关于下达 2019 年度国家电网公司第一批技术标准制修订计划通知》（国家电网科（2019）119 号文）的要求编写。

输变电设备无线传感网络是保障输变电设备物联网感知层数据传输的核心网络，应满足网络自组、灵活可靠的组网要求，支持多类型、异频率和不同数据量的传感器接入，并将数据可靠的进行传输。网络节点之间能够通过多跳传输、组包分片传输、时间自同步和自动重传等机制，确保网络的稳定可靠。经过3年的输变电设备物联网技术应用实践，验证了多种传感器在不同地区、类型的变电站和输电线路场景中应用对传感网的设计要求，兼顾效率和可靠性设计了输变电设备物联网节点设备的组网协议，并在大量的工程实践中应用，为加快输变电物联网技术的应用制定本标准。

本标准编制的主要目的是指导公司输变电设备无线传感器网络节点组网和传感器接入的规划建设。

2 编制主要原则

本标准主要根据以下原则编制：

- a) 贯彻“统一标准、统筹规划、协调推进”方针，遵循全面性、适用性、合理性和前瞻性的原则。
- b) 参考现有输变电设备无线传感网络相关国家标准和行业标准；
- c) 本标准规范了输变电设备无线传感器网络节点的组网规则，包括总体架构、物理层协议规范、MAC 层协议规范和网络层协议规范。

3 与其他标准文件的关系

本标准与相关技术领域的国家现行法律、法规和政策保持一致。

本标准不涉及专利、软件著作权等知识产权使用问题。

4 主要工作过程

2019 年 2 月，按照公司制修订计划，项目启动，召开标准编制启动会。

2019 年 3 月，成立编写组，制定编制计划。

2019 年 4 月，完成标准大纲编写，组织召开大纲研讨会，确定标准主要内容。

2019 年 6 月，完成标准初稿编制，组织召开标准讨论会。

2019 年 7 月，完成标准验证工作，根据标准要求完成通信代码开发并进行应用测试。

2019 年 8 月，完成标准征求意见稿编写，采用研讨会、邮件等方式广泛、多次在全国范围内征求意见。

2019 年 9 月，修改形成标准送审稿。

2019 年 9 月，公司设备管理技术标准专业工作组（TC04）组织召开了标准审查会，审查组的审查结论为：修改后以技术标准形式报批。

2019 年 11 月，修改形成标准报批稿。

5 标准结构和内容

本标准按照《国家电网公司技术标准管理办法》（国家电网企管〔2018〕222号文）的要求编写。
本标准的主要结构和内容如下：

本标准主题章分为4章，由总体架构、物理层协议规范、MAC层协议规范和网络层协议规范组成。本部分兼顾了数据接入与节点设备组网要求，本着通信功耗低、扩展灵活、自组网等原则，给出了MAC层和网络层的协议规范，最后提出了输变电设备物联网节点组网协议，以指导输变电物联网中大数据量的传感器接入与节点设备组网传输的协议规范，实现传感网的规范化。第5章说明输变电设备无线传感网络的总体架构。第6章、第7章和第8章按照网络结构分层的原则，从下往上依次介绍物理层协议规范、MAC层协议规范以及网络层协议规范。

6 条文说明

本标准第7.3.2条中，规定了广播信道的帧结构，定义了广播信道的消息内容。
本标准第7.3.5条中，规定了下行共享信道的数据内容定义和信息类型定义。
本标准第8.4条中，规定了节点组网的拓扑建立和传感器接入过程。
