**nRF24l01无线网络文档**

V1.2

## 文档控制页

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **文档历史记录** | | | |
| 版本 | 日期 | 姓名 | 变更说明 |
| V1.0 | 2016-11-15 | chinesebear | 建立文档 |
| V1.1 | 2016-12-07 | chinesebear | 添加控制字章节，添加S/I/R块结构 |
| V1.2 | 2017-01-24 | chinesebear | 数据链路层协议、Node固件、上位机协议 |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |
|  |  |  |  |

目录

[文档控制页 2](#_Toc472969454)

[1 协议简介 4](#_Toc472969455)

[1.1芯片简介 4](#_Toc472969456)

[1.2无线协议 4](#_Toc472969457)

[2 物理层 5](#_Toc472969458)

[2.1 无线收发信道 5](#_Toc472969459)

[2.2通信地址分配规则 5](#_Toc472969460)

[2.3频率分配规则 6](#_Toc472969461)

[3 数据链路层 7](#_Toc472969462)

[3.1协议块结构 7](#_Toc472969463)

[3.2系统块 8](#_Toc472969464)

[3.3信息块 11](#_Toc472969465)

[3.4 应答块 12](#_Toc472969466)

[4网络层 13](#_Toc472969467)

[4.1网络节点定义 13](#_Toc472969468)

[4.2网络拓扑 13](#_Toc472969469)

[5应用层 14](#_Toc472969470)

[附录I 上位机软件NodeTool与Node通信协议 15](#_Toc472969471)

## 1 协议简介

### 1.1芯片简介

nRF24L01是一款工作在 2.4~2.5GHz 世界通用ISM频段的单片无线收发器芯片，输出功率、频道选择和协议的设置可以通过SPI接口进行设置。有极低的电流消耗，当工作在发射模式下发射功率为-6dBm时电流消耗为9.0mA，接收模式时为12.3mA。掉电模式和待机模式下电流消耗更低。

nRF24L01参考数据：供电电压：1.9 V~3.6V；最大发射功率：0 dBm；最大数据传输率：2000 kbps；发射模式下电流消耗(0dBm时)：11.3 mA；接收模式下电流消耗(2000kbps)：12.3 mA；接收模式数据传输率为1000kbps下的灵敏度：-85 dBm；掉电模式下电流消耗：900 nA。

nRF24L01有6个接收通道pipe，每个通道有自己的地址（5个字节），最大接收32字节。

### 1.2无线协议

协议主要是针对低功耗的无线网络而设计。协议遵循OSI标准分为物理层、数据链路层、网络层以及应用层四个层次。该协议网络使用于农业物联网和野外科考。网络中的节点分为顶节点、主节点和基节点。该网络属于scale-free网络，具有高鲁棒性。



## 2 物理层

### 2.1 无线收发信道

nRF24L01有6个接收通道pipe。PRX0和PRX1有完整的5个字节的地址。PRX2、PRX3、PRX4 和PRX5的地址前四个字节与PRX1相同，即PRX 1、PRX 2、PRX 3、 PRX4和PRX5公用前四个地址字节。



无线协议空中的传输速率为2Mbps，物理层数据校验采用CRC8，即一个字节的CRC。频段范围：2.4Ghz到2.525Ghz。PRX0用于广播信道。每个节点一直监听广播信道。

### 2.2通信地址分配规则

广播地址：00-00-00-00-00 ，FF-FF-FF-FF-FF（RFU）

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| Byte4 | 节点属性 | 40-顶节点  20-主节点  10-基节点 |
| Byte3 | RFU | 00 |
| Byte2 | 顶节点号 | 所在网络中的节点号，用大写字母或数字表示的十六进制数，例如A1，B0，20, 10等 |
| Byte1 | 主节点号 | 所在网络中的节点号，用大写字母或数字表示的十六进制数，例如A1，B0，20, 10等 |
| Byte0 | 基节点号 | 所在网络中的节点号，用大写字母或数字表示的十六进制数，例如A1，B0，20, 10等 |

\*RFU：reserved for future，保留。

0x00不作为节点号，在该字段不存在时作为填充。例如顶节点不存在主节点号和基节点号，地址为40-00-F1-00-00；主节点没有基节点号，地址：20-00-F1-E1-00；基节点地址：10-00-F1-E1-A1。

基节点不允许使用广播地址。主节点和顶节点有消息需要下发时才可使用广播地址，例如网络时间同步。

### 2.3频率分配规则

物理层支持的频点一共是126个。

同一层网络中同一个无线小区（cell）使用同一个频点，相邻无线小区使用不同频点。各层网络之间使用不同频点。

主节点使用不同频点与上层网络主节点通信。



## 3 数据链路层

nRF24L01的收发FIFO的最大深度为32，因此整个数据Block最大为32字节。

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **CTL** | **LEN** | **INF** | **CRC** |
| 控制域，1个字节 | 长度域，1个字节 | 信息域，0~29字节 | 校验域，1个字节 |

### 3.1协议块结构

无线协议的块结构：

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| CTL 1B | LEN1B | INF0~29B | CRC 1B |

一次发送少于32个字节的块时，剩余字节填充为0x55。



### 3.2系统块

系统块是用于管理网络系统的，包括：信道选择、块重发、块同步、系统同步、网络休眠、预防冲突。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL |  | 系统块 |
| b7 | 0 | Block S |
| b6 | 1 |
| b5 | 0 | 请求 |
| 1 | 回复 |
| b4~b0 | 00000 | 连接 |
| 00001 | 断开 |
| 00010 | 唤醒网络中的节点 |
| 00011 | 时间同步 |
| 00100 | 无线小区参数设置，包括CRC、空中速率、频点、发射功率、接收payload宽度 |
| 00101 |  |

#### 3.3.1连接

**Request**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x40 |
| LEN | 1Byte | 0x0B |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：10-00-F1-E1-A1（基节点） |
| 5Byte | 本地地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 1Byte | 频点，例如：0x01 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 16Byte | 填充，0x55 |

**Reply**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x60 |
| LEN | 1Byte | 0x0B |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 5Byte | 本地地址，例如：10-00-F1-E1-A1（基节点） |
| 1Byte | 频点，例如：0x01 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 16Byte | 填充，0x55 |

#### 3.3.2断开

**Request**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x41 |
| LEN | 1Byte | 0x0B |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：10-00-F1-E1-A1（基节点） |
| 5Byte | 本地地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 1Byte | 频点，例如：0x01 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 16Byte | 填充，0x55 |

**Reply**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x61 |
| LEN | 1Byte | 0x0B |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 5Byte | 本地地址，例如：10-00-F1-E1-A1（基节点） |
| 1Byte | 频点，例如：0x01 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 16Byte | 填充，0x55 |

#### 3.3.3唤醒网络中的节点

唤醒节点不需要回复。

**Request**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x42 |
| LEN | 1Byte | 0x0B |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：00-00-00-00-00 |
| 5Byte | 本地地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 1Byte | 频点，例如：0x01 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 16Byte | 填充，0x55 |

#### 3.3.4时间同步

此命令不需要低级节点进行回复。整个网络的时间精度为1秒。

**Request**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x43 |
| LEN | 1Byte | 0x0E |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：00-00-00-00-00 |
| 5Byte | 本地地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 4Byte | Unix，时间戳 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 16Byte | 填充，0x55 |

#### 3.3.5无线小区参数设置

**Request**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x43 |
| LEN | 1Byte | 0x0F |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：10-00-F1-E1-A1 |
| 5Byte | 本地地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 1Byte | 频点，从0到125 |
| 1Byte | 空中速率，0x01=2Mbps，0x00=1Mbps，0x10=250Kbps |
| 1Byte | 发射功率 , 0x00=-18dBm，0x01=-12dBm，0x10=-6dBm，0x11=0dBm |
| 1Byte | CRC校验，0x00=1byte，0x00=2byte |
| 1Byte | 接收长度Payload，从1到32 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 15Byte | 填充，0x55 |

**Reply**

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x63 |
| LEN | 1Byte | 0x0F |
| INF | 5Byte | 远端地址，例如：20-00-F1-E1-00（主节点） |
| 5Byte | 本地地址，例如：10-00-F1-E1-A1（基节点） |
| 1Byte | 频点，从0x00到0xFF |
| 1Byte | 空中速率，0x1=2Mbps，0x00=1Mbps，0x10=250Kbps |
| 1Byte | 发送功率 , 0x00=-18dBm，0x01=-12dBm，0x10=-6dBm，0x11=0dBm |
| 1Byte | CRC校验，0x00=CRC8，0x00=CRC16 |
| 1Byte | 接收长度Payload，从1到32 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 15Byte | 填充，0x55 |

### 3.3信息块

信息块用于传输传感器数据或命令请求数据。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL |  | 信息块 |
| b7 | 1 | Block I |
| b6 | 1 |
| b5 | 0 | 最后一个链块 |
| 1 | 还有链块 |
| b4~b0 | 00000 | RFU |

非最有一个链块

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0xE0 |
| LEN | 1Byte | N |
| INF | NByte | 应用层数据 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  |  | 填充(29-N)，0x55 |

最后一个链块

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0xC0 |
| LEN | 1Byte | N |
| INF | NByte | 应用层数据 |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  |  | 填充(29-N)个0x55 |

### 3.4 应答块

应答块用于对信息块的应答。

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL |  | 应答块 |
| b7 | 1 | Block R |
| b6 | 0 |
| b5~b0 | 000000 | 接收信息块成功 |
| 000001 | 重发信息块 |
| 000010 | 信息块数据处理失败 |
| 000011 | CRC校验错误 |

|  |  |  |
| --- | --- | --- |
| CTL | 1Byte | 0x80 |
| LEN | 1Byte | 0x00 |
| INF | 0Byte |  |
| CRC | 1Byte | 校验 |
|  | 29Byte | 填充29个0x55 |

## 4网络层

### 4.1网络节点定义

基节点(Base Node，BN)是网络中基础节点，用于采集上传数据和执行控制命令的节点。



主节点(Main Node，MN)是在基节点之上，管理属于该网络无线小区的所有节点，具有定位功能，也可以称为灯塔节点或锚节点。该节点具有物理两个相同但频点不同的通信模块，一个用于管理下属小区的节点，一个用于对上级顶节点通信。



顶节点（Top Node，TN）是连接互联网或数据服务器传输数据，即具有物联网网关功能的节点。



通信地址来区分网络节点。例如某节点地址为10-00-F1-E1-A1，10是基节点属性（即该地址为集节点地址），00是保留域填充，F1是顶节点号，E1是主节点号，A1是基节点号。

### 4.2网络拓扑

最底层网络的基节点采集数据，上传数据到主节点，执行来自主节点的命令。主节点管理网路中的属于该无线小区的所有节点。顶节点管理主节点，不直接管理基节点，具有网关功能，将网络数据同步到互联网上。





## 5应用层



## 附录I 上位机软件NodeTool与Node通信协议

**连接**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Request** | 1Byte | Cmd | ‘A’ |
| **Reply** | 1Byte | ACK | ‘B’ |

**复位**

|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Request** | 1Byte | Cmd | ‘S’ |
| **Reply** | 1Byte | ACK | ‘B’ |

**读取配置参数**

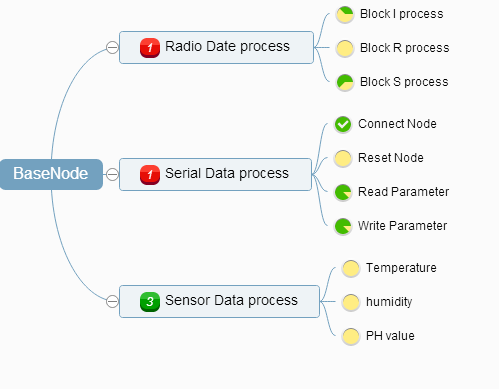
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Request** | 1Byte | Cmd | ‘R’ |
| **Reply** | 1Byte | ACK | ‘B’ |
| 5Byte | 节点地址 | 10-00-F1-E1-A1（基节点，Hex） |
| 1Byte | 通信频点 | 0~125 |
| 1Byte | 空中速率 | 0x01=2Mbps，  0x00=1Mbps，  0x10=250Kbps |
| 1Byte | 发射功率 | 0x00=-18dBm，  0x01=-12dBm，  0x10=-6dBm，  0x11=0dBm |
| 1Byte | CRC校验 | 0x00=1byte，  0x00=2byte |
| 1Byte | 接收长度 | 1~32 |

**写入配置参数**

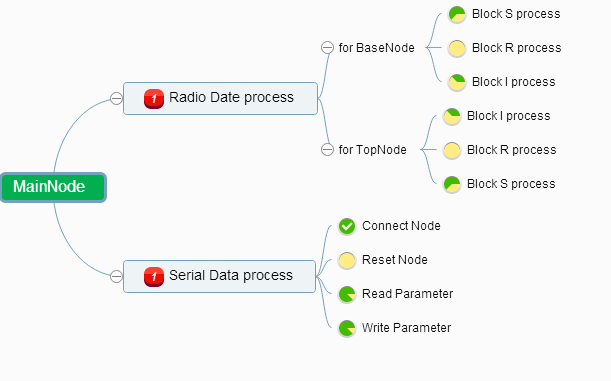
|  |  |  |  |
| --- | --- | --- | --- |
| **Request** | 1Byte | Cmd | ‘W’ |
| 5Byte | 节点地址 | 10-00-F1-E1-A1（基节点，Hex） |
| 1Byte | 通信频点 | 0~125 |
| 1Byte | 空中速率 | 0x01=2Mbps，  0x00=1Mbps，  0x10=250Kbps |
| 1Byte | 发射功率 | 0x00=-18dBm，  0x01=-12dBm，  0x10=-6dBm，  0x11=0dBm |
| 1Byte | CRC校验 | 0x00=1byte，  0x00=2byte |
| 1Byte | 接收长度 | 1~32 |
| **Reply** | 1Byte | ACK | ‘B’ |

## 附录II Node固件设计

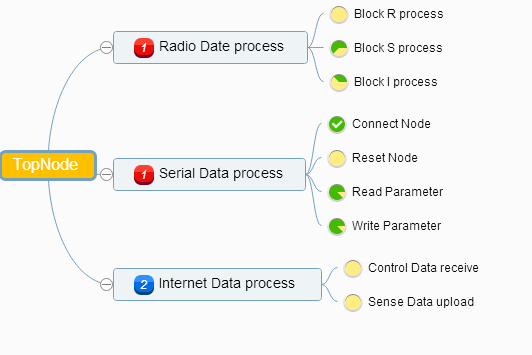
**基节点**



**主节点**

****

**顶节点**

****