2 设计方案

2.1 数据帧格式

NRF24L01收发器发送或者接收的单个数据包长度最大为32字节，因此，在本协议中的通信数据包也以32字节长度为基本通信单元，数据帧格式如图2-1所示。



图2-1 数据帧格式

由图2-1可以看出，数据包头总共占了9个字节，对于数据包头中的各字段说明如表2-1所示。

表2-1 数据包头各字段功能说明

|  |  |
| --- | --- |
| 字段名 | 功能 |
| 源地址 | 发送方地址，0x01-0xFF |
| 目的地址 | 接收方地址，0x01-0xFF |
| 包类型 | 用于指示数据包的类型 |
| 发送ID | 发送方指定的数据包唯一ID，用于确定该数据包的缓冲区 |
| 接收ID | 接收方在发送响应包时，将其置为接收数据包发送ID |
| 分包序号 | 指示发送分包的序号，0-255 |
| 包长度 | 指示当前包的数据长度,0-23 |

由表2-1可以看出，本协议支持的最大节点数为255，发送的最大数据长度为5865字节。

2.2 数据缓冲区设计

本协议针对于类似智能家居这种应用中，发送数据长度较短，偶尔会有大量数据发送的特点，设计了双缓冲区结构：短数据缓冲区和长数据缓冲区。协议中，短数据缓冲区的数量较多，长数据缓冲区数量较少。当发送的数据小于23字节时，将其放入短数据缓冲区；当发送的数据大于23字节时，将其分包后放入长数据缓冲区。这样，既保证了数据的正常发送，又不至于使得有限的内存空间被浪费。

数据的发送和接收共享短数据缓冲区和长数据缓冲区，每个缓冲区都有一个状态标志，协议将根据状态标志来处理缓冲区，如发送、等待计数、释放等操作。

2.3 协议的初始化过程

本协议中节点分为普通节点和路由节点，其有不同的工作过程。

1. 普通节点初始化过程

点对点模式中，节点无主次之分，每个节点都是完全平等的。节点会先将其信道设置为广播信道，通过广播信道发送或者接收连接请求，其初始化过程如图2-2所示。网络模式中，节点处理将其信道设置为广播信道外，还会将其MAC地址设置为广播MAC地址，从而能够接收到路由节点的广播信息，其初始化过程如图2-3所示。



图2-2 点对点模式中普通节点的初始化过程



图2-3 网络模式中普通节点的初始化过程

1. 路由节点初始化过程

路由节点与普通节点最大的不同在于其需要具有节点地址分配、管理，数据包中继等功能，因此，其需要额外的地址管理数据结构，其也会在协议启动时完成初始化。路由节点会自动选择最优的信道或者使用用户指定的信道来作为其工作信道，该信道也会作为组件网络时的工作信道，信道信息会通过广播数据包发送给普通节点，其初始化过程如图2-4所示。



图2-4 路由节点初始化过程

2.4 连接的建立过程

本协议有两种工作模式：点对点工作模式和网络工作模式。

1. 点对点工作模式的连接建立过程

点对点的工作模式只允许两个节点建立连接、通信。其连接建立流程如图2-2所示。



图2-5 点对点模式连接建立过程

图2-5中，节点A向节点B发送请求时，节点B也在向节点A发送请求，无论哪个节点先收到请求，连接建立过程都会启动，这样设计的目的是使节点不必区分请求节点和被请求节点，两者是完全一样的，没有主次之分，从而方便使用。

如图2-5所示，节点A和节点B建立连接总共需要发送4个数据包：请求连接数据包、响应请求连接数据包、建立连接数据包、响应建立连接数据包。其中，请求连接数据包、响应请求连接数据包是通过广播信道发送，节点B在发送响应请求连接数据包后，立即切换为节点A的指定信道，节点A在收到发送响应请求连接数据包后，立即切换为指定信道，再向节点B发送建立连接数据包，从而保证节点B能够收到数据包，建立连接。在建立连接的过程中，无论在哪一个环节出现超时，都将回到初始状态，再次尝试建立连接，实现断线重连的流程也是如此。

1. 网络工作模式中普通节点接入网络的过程

网络工作模式需要一个路由节点以及若干普通节点，每个路由节点都有自己的路由ID，普通节点通过路由ID来辨别是否是其要加入的网络，其接入网络的过程如图2-6所示。



图2-6 普通节点接入网络的过程

如图2-6所示，节点A通过路由节点的广播数据包来得到路由节点的MAC地址、工作信道以及路由ID，若是其要加入的网络，则节点A将发起连接请求，建立连接的过程与点对点工作模式类似，但是路由节点在响应节点A的连接请求时会为A分配一个地址，并在接收到建立连接数据包时对其进行验证，判断是否是路由节点为其分配的地址。

2.5 数据的发送和接收

本协议采用的是时分全双工工作方式，通过载波检测来保证同一时间只有一个节点在发送数据，减小碰撞的几率。在无数据发送时，节点始终处于接收模式，接收到的数据会根据其类型调用相应的回调函数进行处理。发送和接收流程如图2-7、2-8、2-9所示。



图2-7 数据发送流程图

 

图2-8 普通节点接收数据流程 图2-9 路由节点接收数据流程