

M2报告——点对点通信

1 实验过程

本次实验我们要完善报文的发送和接收机制，定义完整的报文格式，接收所需的报文而无视噪声以及不相关报文。

报文头完整定义如下，本次实验我们主要使用到 `dest_addr`, `src_addr`, `seq`, `ack`, `nak`, `length`, `crc` 字段，其余字段预留到后面实验可能使用。

`dest_addr`, `src_addr` 即接收设备和发送设备的编号。`seq`, `ack`, `nak` 分别是序列号，`ack`, `nak` 的标志位。由于目前设备仅同时仅处理一个数据报，`seq` 仅需一位，发送方从0开始，每次取反，而接收方`ack`将接收到的序列号发送回去，`nak`则将期待接收的序列号发送回去。`length` 即报文的内容长度，`crc` 为要求实现的软件校验码，为CRC16高低字节的异或结果。

设备编号由每个设备各自设置全局变量指定。

```
1  typedef struct LoraPacketHeader {
2      uint8_t dest_addr;
3      // if addr is 0, it should be ignored.
4      uint8_t transfer_addr[LORA_TRANSFER_NUM];
5      uint8_t src_addr;
6      uint8_t magic_number; // = LORA_MAGIC_NUMBER;
7      struct {
8          uint8_t seq : 1;
9          bool ack : 1;
10         bool use_wifi : 1;
11         bool nak : 1;
12         uint8_t reserved : 1;
13         uint8_t service : 3;
14     } settings;
15     uint8_t length; // the length of payload
16     uint8_t crc; // xor of crc16 high and low bytes
17 } LoraPacketHeader;
```

1.1 单个报文发送

```

1 void LoraWriteAsync(const char *s, uint8_t len, const LoraPacketHeader
  *header)
2 {
3     SX1278_LoRaEntryTx(&sx1278, len+LORA_PACKET_HEADER_LENGTH, 2000);//
    进入发送模式
4     //准备发送缓冲区
5     memset(buffer, 0x00, sizeof(buffer));
6     memcpy(buffer, header, LORA_PACKET_HEADER_LENGTH);
7     memcpy(buffer+LORA_PACKET_HEADER_LENGTH, s, len);
8
9     SX1278_LoRaTxPacket(&sx1278, (uint8_t*) buffer,
10                        len+LORA_PACKET_HEADER_LENGTH, 2000); //发送
11 }

```

单个报文发送函数即 将报头和内容连接起来再调用SX1278发送接口进行发送。

本函数对准备好的数据报进行直接发送，发送数据报或者响应报时都有使用。物理层内部使用，不对上层开放。

1.2 内容发送

本节针对较长的数据量，一个数据报无法全部发送出去，因此需要一个单独的函数，对所有数据进行处理并发送出去。提供给上层使用，发送指定内容。

该发送函数(LoraWrite)需要处理发送以及接收响应报的功能，由于未定义单独的接收函数，需要添加包内容的判断以及对于接收超时的判断，该函数接收和发送逻辑是耦合的。

补充说明：该函数应当建立起两点间的连接会话，并且隔绝其余设备，但由于目前仅考虑两个设备间的通信，实际上未处理接收响应包时其余设备发送数据报的情况，后续可能需要修改。

```

1 int LoraWrite(const char *s, uint32_t len, uint8_t dest_addr);
2 //此处参数s, len针对的是需要发送的所有数据量的内容及长度
3 //dest_addr 即目标接收设备编号

```

```

1 //主要伪代码如下
2 while(已发送数据量 < 数据总量){
3     数据发送量 = MIN[最大报文长度, 剩余待发送量];
4     准备数据报头部(源, 目的设备编号; 序列号; 报文长度; CRC)
5     发送该数据报
6
7     while(1){// 检测重发循环
8         检查是否发送成功(是否触发发送回调函数)
9         发送失败进行重传, 重传最大次数终止该次发送
10
11        进入接收状态, 准备接收响应报
12
13        while(1){// 接收响应报循环
14            接收报文
15            if (该报文目的为本设备)
16                if ack
17                    设置结束信号, 退出循环

```

```

18         else if nak
19             if 接收seq != 发送中seq
20                 说明ack丢失，但是该数据报发送成功，设置结束信号，退出循环
21             else
22                 重传次数++
23                 重发数据报，退出接收响应报循环
24             延时1ms
25             if 等待ack超时
26                 检查重发次数，达到最大即发送失败，退出函数。
27                 重发数据报，退出接收响应报循环
28         }
29         if 结束信号被设置
30             结束检测重发循环
31     }
32     重置结束信号
33     计算已发送数据量
34     计算下一数据报序列号
35 }

```

1.3 报文接收

设备通常处于接收报文的状态，仅当上层调用 `Lorawrite` 函数准备发送数据时才进入发送状态，并且发送结束后应当重新调用接口回到接收状态。该函数内发送数据报仅调用单次报文发送函数 `LorawriteAsync` 即可。

```
1 void LoraRead()
```

该函数无参数，无返回。但是修改SX1278库函数后新增加了接收回调函数，上层用户可编写回调函数来处理接收的数据。

```

1 //回调函数
2 // s    接收到的数据报地址
3 // len  接收到的数据长度
4 void LoraRxCallbackFromISR(const char *s, uint8_t len) {
5 }
6 /* sx1278.c */
7 uint8_t SX1278_LoRaRxPacket(SX1278_t *module){
8     ...触发接收信号
9     LoraRxCallbackFromISR(module->rxBuffer, module->readBytes);
10    ...
11 }

```

```

1 //接收函数伪代码
2
3 进入接收状态
4 while(1){
5     接收数据报

```

```

6      if 接收到数据报{
7          存储数据报到指定内存
8          读取报头
9          if 目标设备编号 是 本机编号{
10             准备响应报头
11             if 序列号seq 符合预期{
12                 读取报文
13                 计算CRC校验值
14                 if CRC 校验成功
15                     设置ack
16                     计算下一数据报预期编号
17             else
18                 设置nak
19             }
20         else
21             设置nak
22
23         发送响应报(无报文)
24         回到接收状态
25     }
26 }
27 }

```

2 测试

该实验测试项目分为四项

- 无干扰测试，发送方和接收方自行通信
- 超时重传测试，接收方在接到数据报后延迟一定时间再发送ack响应报
- CRC校验错误NAK测试，发送方第一次发送前将计算的CRC校验值取反，人为造成CRC错误
- SEQ数据报序列号错误测试，实际上模拟ACK响应报丢失，即接收方不发送某一响应报，等待重传后发送NAK同步接收信息。

测试方法：通过宏定义在使用函数中添加串口输出信息，指定接收和发送后在两台设备运行程序。

2.1 无干扰

```

[TEST] 发送报文
dest_addr  110
src_addr    100
setting     0
length      128
CRC code    7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the
violet past prime,An

```

发送数据报，第一个数据报序列号0

```

[TEST] 接收报文
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An
[TEST] 成功接收报文，发送ACK

```

```

[TEST] 接收报文.....
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the
violet past prime,An
[TEST] SEQ错误，发送NAK

```

接收数据报，并发送响应报。

测试过程出现ACK丢失情况，在发送方重发后，接收方发送NAK并设置SEQ请求下一数据报。

```

接收响应包
dest_addr 100
src_addr 110
setting 9
length 0
CRC code 0
Content:

[TEST] 接收到SEQ错误NAK，发送下一个序列包！

```

```

[TEST] 发送报文
dest_addr 110
src_addr 100
setting 1
length 128
CRC code 37
Content:
d sable curls all silver'd o'er with white:When lofty trees I see barren of leaves,Which erst from heat did
canopy the herd,And

```

接收到NAK（发现序列号为1，和期待接收的响应序列号不同，说明上一数据报已接收），发送下一数据报。

```

[TEST] 接收报文.....
dest_addr 110
src_addr 100
setting 1
length 128
CRC code 37
Content:
d sable curls all silver'd o'er with white:When lofty trees I see barren of leaves,Which erst from heat did
canopy the herd,And
[TEST] 成功接收报文，发送ACK

```

```

接收响应包
dest_addr 100
src_addr 110
setting 3
length 0
CRC code 0
Content:

[TEST] 接收到ACK

```

接收方接收到第二个数据报发送ACK，发送方接收到ACK响应报。

.....

2.2 超时测试

延时5000ms，重发1次

发送方串口输出

```
[TEST] 发送报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      1
length       128
CRC code     37
Content:
d sable curls all silver'd o'er with white:When lofty trees I see barren of leaves,Which erst from heat did canopy the herd,And

[TEST] 超时重传, 第1次
dest_addr    110
src_addr     100
setting      1
length       128
CRC code     37
Content:
d sable curls all silver'd o'er with white:When lofty trees I see barren of leaves,Which erst from heat did canopy the herd,And

接收响应包
dest_addr    100
src_addr     110
setting      3
length       0
CRC code     0
Content:

[TEST] 接收到ACK

[TEST] 发送报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     79
Content:
summer's green, all girded up in sheaves,Born on the bier with white and bristly beard;Then of thy beauty do I question make,Th
a
```

接收方串口输出

```
[TEST] 接收报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      1
length       128
CRC code     37
Content:
d sable curls all silver'd o'er with white:When lofty trees I see barren of leaves,Which erst from heat did canopy the herd,And
[TEST] 成功接收报文, 发送ACK
[TEST] 超时测试, 延时5000ms
```

接收方手动延时5000ms

发送方发送一次报文后，由于延时未能收到响应报，于是进行重传。然后接收到迟到的ACK响应报，发送下一数据报。

延时30000ms，超时重传达最大次数，发送失败

发送方串口输出

```
[TEST] 发送报文
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,A
n

[TEST] 超时重传, 第1次
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,A
n

[TEST] 超时重传, 第2次
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,A
n

[TEST] 超时重传, 第3次
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,A
n

[TEST] 超时重传, 第4次
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,A
n
[TEST] 超时重传, 达到次数上限, 发送信息失败!
```

接收方串口输出

```
[TEST] 接收报文
dest_addr 110
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An
[TEST] 成功接收报文, 发送ACK
[TEST] 超时测试, 延时30000ms
```

2.3 CRC错误测试

发送方串口输出

```

[TEST] 发送报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     85
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An

接收响应包
dest_addr    100
src_addr     110
setting      8
length       0
CRC code     0
Content:

[TEST] 接收到CRC校验错误NAK，重新发送！

接收响应包
dest_addr    100
src_addr     110
setting      2
length       0
CRC code     0
Content:

[TEST] 接收到ACK

```

和前面对比可以看出，相同报文内容，CRC从7A变成了85，接收到NAK响应报，因此重新计算CRC并发送后（并未打印重发报文），接收到ACK，该数据报发送成功。

接收方串口输出

```

[TEST] 接收报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     85
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An
[TEST] CRC校验失败，发送NAK

[TEST] 接收报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An
[TEST] 成功接收报文，发送ACK

```

两次接收，一次CRC校验失败，一次CRC校验成功。

2.4 ACK响应报丢失，SEQ错误

虽然前面意外也出现了相应错误，但此处还是主动进行触发测试

发送方串口输出


```

[TEST] 发送报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An

[TEST] 超时重传，第1次
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An

接收响应包
dest_addr    100
src_addr     110
setting      9
length       0
CRC code     0
Content:

[TEST] 接收到SEQ错误NAK，发送下一个序列包！

[TEST] 发送报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      1
length       128
CRC code     37
Content:
d sable curls all silver'd o'er with white:When lofty trees I see barren of leaves,Which erst from heat did canopy the herd,And

```

发送一次后未接收到ACK，导致超时重传1次，接收到重传包的NAK响应报后发送下一个数据报，不再等待ACK报。

接收方串口输出

```

[TEST] 接收报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An
[TEST] 成功接收报文，发送ACK
[TEST] 模拟ACK丢失

[TEST] 接收报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      0
length       128
CRC code     7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An
[TEST] SEQ错误，发送NAK

[TEST] 接收报文
dest_addr    110
src_addr     100
setting      1
length       128
CRC code     37
Content:
d sable curls all silver'd o'er with white:When lofty trees I see barren of leaves,Which erst from heat did canopy the herd,And
[TEST] 成功接收报文，发送ACK

```

接收方忽略某一数据报不发送ACK，又接收到重传报后发现和预期SEQ不一致，发送NAK响应报。后续正常接收下一数据报并发送ACK。

Other

- 目的地址不符合，接收方丢弃数据报，不响应。（由于只有两个设备进行测试，因此只有发送方的串口输出，表现出来就是超时重传达最大次数，发送失败）
 - 修改目标设备编号为 120.

```
[TEST] 发送报文
dest_addr 120
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An

[TEST] 超时重传, 第1次
dest_addr 120
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An

[TEST] 超时重传, 第2次
dest_addr 120
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An

[TEST] 超时重传, 第3次
dest_addr 120
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An

[TEST] 超时重传, 第4次
dest_addr 120
src_addr 100
setting 0
length 128
CRC code 7A
Content:
When I do count the clock that tells the time,And see the brave day sunk in hideous night;When I behold the violet past prime,An
```