



研创物联 UWB 定位
双边测距协议 V1.1

目 录

1	定位帧基本结构	4
1.1	Frame Control.....	4
1.2	Sequence Number	4
1.3	PAN ID	5
1.4	Destination Address	5
1.5	Source Address	5
1.6	Ranging Message.....	5
1.7	FCS.....	5
2	Ranging Message	6
2.1	Poll Message	6
2.2	Response Message	6
2.3	Final Message.....	6
3	收发应答过程	7
4	TOF 数学计算	8
4.1	TOF 图示.....	8
4.2	相关代码.....	8
5	Trilateration 三边定位算法	9
5.1	调用方法.....	9
6	文档管理信息表	11

免责声明

研创物联有权在不告知客户的前提下更新产品说明。功能及规格的改变将会尽可能发布在产品勘误表或新版本的文档中。建议客户及时登录研创物联官网 www.ychiot.com 下载最新产品说明文档。

生命支持政策

研创物联产品未被授权使用在高安全性领域(如对生命有危险的场合), 因为产品一旦运行出现失误可能会导致严重的人身伤害或死亡。假使有客户将研创物联产品用于或出售到高安全性领域, 客户需要自行承担所有的责任; 如果将本产品用于高安全性领域, 客户需同意研创物联及其代理商完全无责。



注意! 静电敏感设备。在使用该产品时请做好预防措施以防止出现永久性损害。

法规认证

所有使用本模组进行产品开发的用户, 在营销或销售产品前都必须经由当地的无线电监督管理部门的批准, 客户必须承担从有关当局获得批准的所有责任。

1 定位帧基本结构

该定位帧遵循 IEEE 802.15.4 协议。IEEE 802.15.4 描述了低速率无线个人局域网的物理层和媒体接入控制协议。它属于 IEEE 802.15 工作组。IEEE 802.15.4 是 ZigBee, WirelessHART, MiWi, Thread 规范的基础。

IEEE 802.15.4 MAC 层帧结构的设计是以用最低复杂度实现在多噪声无线信道环境下的可靠数据传输为目标的。每个 MAC 子层的帧都包含帧头、负载和帧尾三部分。帧头部分由帧控制信息、帧序列号和地址信息组成。MAC 子层的负载部分长度可变，负载的具体内容由帧类型决定。帧尾部分是帧头和负载数据的 16 位 CRC (FCS) 校验序列。

在 MAC 子层中设备地址有两种格式：16 位（两个字节）的短地址和 64 位（8 个字节）的扩展地址。16 位短地址是设备与个域网协调器关联时，由协调器分配的个域网内局部地址；64 位扩展地址则是全球唯一地址，在设备进入网络之前就分配好了。16 位短地址只能保证在个域网内部是唯一的，所以在使用 16 位短地址通信时需要结合 16 位的个域网网络标识符才有意义。两种地址类型地址信息的长度是不同的，所以 MAC 帧头的长度也是可变的。一个数据帧使用哪种地址类型由帧控制字段标识。

表 1 信标帧格式

Frame Control (FC)	Sequence Number	PAN ID	Destination Address	Source Address	Ranging Message	FCS
2 字节	1 字节	2 字节	2 字节	2 字节	可变字节	2 字节
MHR 帧头					MAC 负载	MFR 帧尾

1.1 Frame Control

Frame Control (FC)															
Bit 0	Bit 1	Bit 2	Bit 3	Bit 4	Bit 5	Bit 6	Bit 7	Bit 8	Bit 9	Bit10	Bit11	Bit12	Bit13	Bit14	Bit15
1	0	0	0	0	0	1	0	0	0	DestAddrMode	0	0	0	SrcAddrMode	0
Data Frame			SEC	PEND	ACK					0	1			0	1

1.2 Sequence Number

序列号，会自增。

1.3 PAN ID

PAN ID 是个域网地址。出现一般是伴随在确定信道以后的。PAN ID 其全称是 Personal Area Network ID, 意即网络的 ID(即网络标识符)。固定值, 设置为 0xDECA。

1.4 Destination Address

对方地址的 ID, 关于地址, 目前是由拨码开关所决定的, 虽然 Mini3 开发板地址由 3bit 拨码开关决定, Mini3s / Mini3sPlus 地址由 AT 命令设置。通过以上方式设置地址的数量是有限制的, 通过修改 STM32 源码可设置 65535 个不同的地址。

1.5 Source Address

本机地址。

1.6 Ranging Message

Ranging Message 有以下三种类型, 在程序的不同阶段请对号入座。详细说明见第 2 章。

1.7 FCS

Frame Check Sequence (简称 FCS), 利用一定的校验方法, 校验整个帧的数据。校验方法例如: 如 CRC 校验、XOR 校验、LRC 校验等。这里的 FCS 是在操作一定寄存器下, 由 DW1000 自动计算的。

2 Ranging Message

2.1 Poll Message

Function Code	Range number
1 字节	1 字节
0x81	-

这个是由 Tag 发起的一个 Poll message。

2.2 Response Message

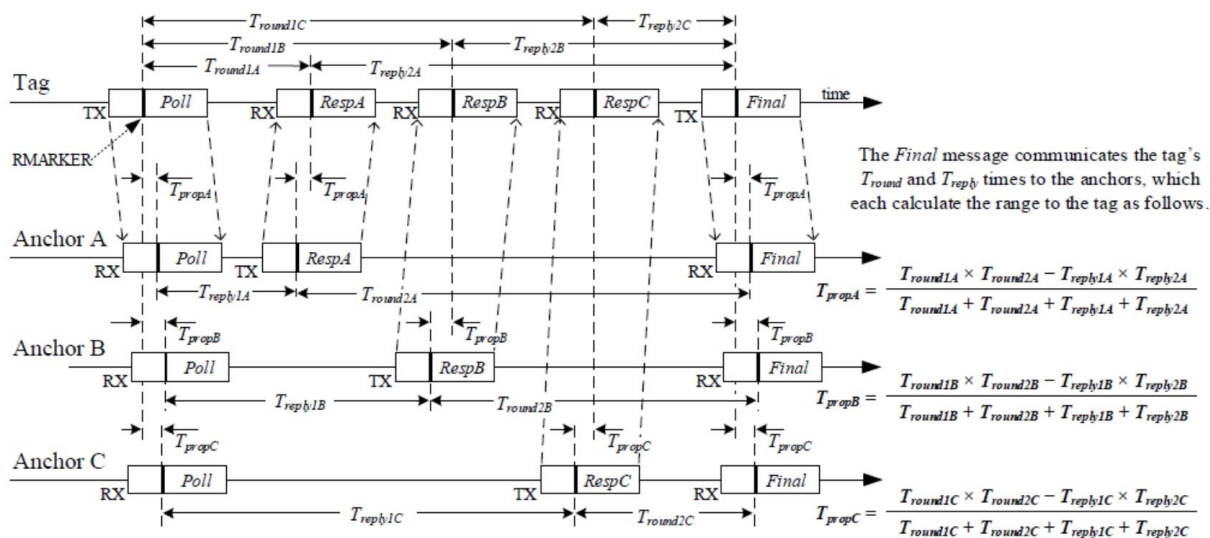
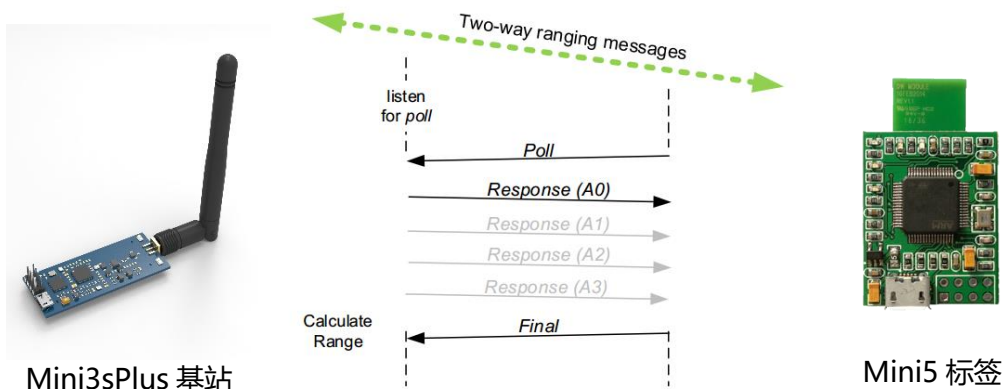
Function Code	Sleep Correction	ToF (n-1)	Range number
1 字节	2 字节	4 字节	1 字节
0x70	-	-	-

这个是由基站给标签发的，这里的 ToF 是上一个阶段的飞行时间。

2.3 Final Message

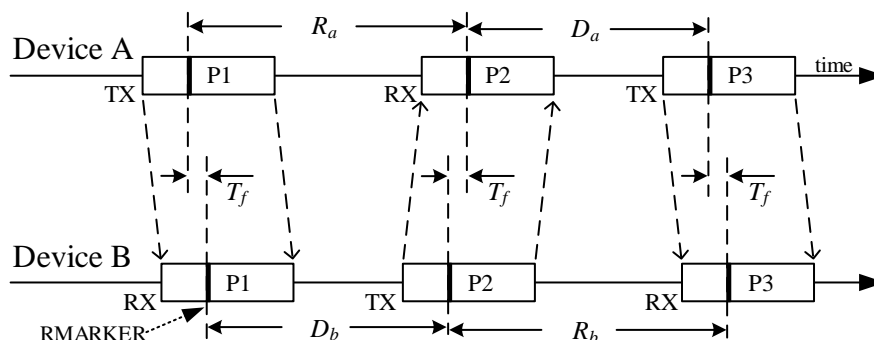
Function Code	Range number	Poll TX time	A0 Resp RX time	A1 Resp RX time	A2 Resp RX time	A3 Resp RX time	Final TX time	Valid Resp
1 字节	1 字节	5 字节	5 字节	5 字节	5 字节	5 字节	5 字节	1 字节
0x82	-	-	-	-	-	-	-	-

3 收发应答过程



4 TOF 数学计算

4.1 TOF 图示



$$\hat{T}_{fab} = \frac{\hat{R}_a \hat{R}_b - \hat{D}_a \hat{D}_b}{\hat{R}_a + \hat{D}_a + \hat{R}_b + \hat{D}_b}$$

4.2 相关代码

```
// poll response round trip delay time is calculated as
// (anchorRespRxTime - tagPollTxTime) - (anchorRespTxTime - tagPollRxTime)
Ra = (int64)((anchorRespRxTime - tagPollTxTime) & MASK_40BIT);
Db = (int64)((inst->txu.anchorRespTxTime - inst->tagPollRxTime) & MASK_40BIT);

// response final round trip delay time is calculated as
// (tagFinalRxTime - anchorRespTxTime) - (tagFinalTxTime - anchorRespRxTime)
Rb = (int64)((tagFinalRxTime - inst->txu.anchorRespTxTime) & MASK_40BIT);
Da = (int64)((tagFinalTxTime - anchorRespRxTime) & MASK_40BIT);

RaRbxDaDb = (((double)Ra))*(((double)Rb)) - (((double)Da))*(((double)Db));

RbyDb = ((double)Rb + (double)Db);
RayDa = ((double)Ra + (double)Da);

tof = (int32) ( RaRbxDaDb / (RbyDb + RayDa) );
```


5 Trilateration 三边定位算法

5.1 调用方法

有购买上位机源代码的客户，可在源文件中提取三边定位算法，使用 `GetLocation` 函数进行坐标计算，调用十分简单。经验证，该函数在普通嵌入式单片机上亦运行良好。其完整函数为：

```
int GetLocation(vec3d *best_solution, int use4thAnchor, vec3d* anchorArray, int
*distanceArray)
{
    /* processing */
}
```

4 个参数，`*best_solution` 指向的是最终坐标的地址，`vec3d` 是一个结构体。第二个参数，如果使用 3 个基站进行定位，`use4thAnchor` 等于 0，如果使用 4 个基站进行定位，`use4thAnchor` 等于 1。`anchorArray` 需要传入的是基站的坐标位置。`*distanceArray` 是基站到标签的距离。使用例子如下所示：

```
int main()
{
    int result = 0;
    vec3d anchorArray[4];
    vec3d report;
    int Range_deca[4];
    anchorArray[0].x = 0.000; //anchor0.x uint:m
    anchorArray[0].y = 0.000; //anchor0.y uint:m
    anchorArray[0].z = 2.000; //anchor0.z uint:m

    anchorArray[1].x = -6.80; //anchor1.x uint:m
    anchorArray[1].y = 0.000; //anchor1.y uint:m
    anchorArray[1].z = 2.000; //anchor1.z uint:m

    anchorArray[2].x = 0.000; //anchor2.x uint:m
    anchorArray[2].y = -10.8; //anchor2.y uint:m
    anchorArray[2].z = 2.000; //anchor2.z uint:m

    anchorArray[3].x = 0.000; //anchor3.x uint:m
    anchorArray[3].y = -5.80; //anchor3.y uint:m
    anchorArray[3].z = 2.000; //anchor3.z uint:m

    Range_deca[0] = 5784; //tag to A0 distance
```

```
Range_deca[1] = 7021; //tag to A1 distance
Range_deca[2] = 5995; //tag to A2 distance
Range_deca[3] = 2000; //tag to A3 distance

result = GetLocation(&report, 0, &anchorArray[0], &Range_deca[0]);

printf("result = %d\r\n",result);
printf("tag.x=%.3f\r\ntag.y=%.3f\r\ntag.z=%.3f\r\n",report.x,report.y,report.z);

return 0;
}
```

所计算的结果，保存在 report.x,report.y,report.z 中，并通过 printf 函数打印出来。

6 文档管理信息表

主题		TREK1000 双边测距协议
版本	V1.1	
参考文档	[1] DecaRangeRTLS_ARM_Source_Code_Guide, Decawave [2] Indoor Positioning using Ultra-wideband Technology, Marcus Utter [3] IEEE P802.15 Working Group for Wireless Personal Area Networks (WPANs)	
创建时间	2018/06/01	
创建人	Lynn	
最新发布日期	2023/01/01	

更改人	日期	文档变更纪录
Lynn	2018-06-01	<u>V1.0</u> 发布 V1.0 文档
Lynn	2023-01-01	<u>V1.1</u> 修改格式，研创 23 年全新文档视觉