



编 号	HR-RTLS1_UserManual
密 级	内部公开
页 数	41

名 称	HR-RTLS1 用户手册
-----	---------------



会 签

大连浩如科技有限公司

文档控制

变更记录

版本号	日期	增加/修改/删除	描述
1.0	2020-11-05	创建	由旧版PPT使用手册创建
1.1	2021-01-06	增加	增加提供的硬件设计资料
1.2	2021-02-14	增加 修改	增加常见问题解答 增加标签硬件输出坐标协议 按最新产品图修改部分图片
1.3	2021-04-17	修改	修改为ULM1新版模块 增加发射增益参数 新增三边定位算法原理及代码讲解 修改通信协议，增加到8基站 增加基站RX_power等射频诊断信息输出
1.4	2021-07-21	增加	增加LD150模块相关信息
1.5	2022-02-05	增加	增加LD150-IMU模块及相关信息
1.6	2022-06-23	修改	因模块数量增加，按系统用户手册和分模块用户手册分开编写，本手册主要描述系统级用户手册
1.7	2023-04-19	增加	增加ULM3-PA
1.8	2023-10-1	增加	增加上位机软件数据对外转发说明
1.9	2024-05-14	增加	增加基站自标定功能描述
1.10	2026-05-28	修改	修改6.9节数据转发新增字段

目 录

1	系统简介	1
2	系统特点	1
3	系列模块选型	2
3.1	基于 DW1000 核心芯片的模块.....	2
3.2	基于 DW3000 核心芯片的模块.....	3
4	系统参数	4
5	系统应用	5
6	系统搭建	5
6.1	设备准备	5
6.2	设备供电/充电	7
6.3	多基站定位系统安装	8
6.3.1	部署结构.....	8
6.3.2	部署模式.....	10
6.3.3	基站安装.....	11
6.4	驱动程序安装	12
6.5	连接上位机软件	14
6.6	基站自标定	16
6.7	上位机软件参数设置	17
6.8	上位机软件底图设置	18
6.9	定位结果数据转发	20
7	手机调试	24
8	IMU 融合定位	25
9	通信协议	26
9.1	上行数据协议	26

10	二次开发	28
10.1	嵌入式软件开发	28
10.2	上位机软件开发	29
10.2.1	上位机软件基本功能	30
10.2.2	历史轨迹 2D/3D 分析功能	30
10.3	硬件设计	31
11	网关模块	32
12	开发与学习资料清单	32
13	常见问题	34

1 系统简介

HR-RTLS1 是浩如科技基于 Decawave 公司 DW1000 和 DW3000 系列芯片研发的高精度实时定位系统；系统涵盖短距离、中距离、远距离多种测距量程模块，配有手环和工牌形式穿戴式标签，支持 TOF 加三边定位算法定位模式和 PDOA 角度测量与单基站定位模式，模块间组合搭配后，可适配绝大多数的位置应用场景。本手册主要描述多基站多标签定位方式。

系统全部开源，支持二次开发，提供全部视频教程，方便用户学习研究和迅速产品化应用。

2 系统特点

- 1) 使用主流 MCU 容易上手：使用 STM32F103CBT6（或其完全兼容国产替代型号）系列作为主控 MCU，穿戴式标签采用 STM32L051K8U6 低功耗单片机，均使用 CUBEmx 配置工具搭建，HAL 库开发，KEIL-MDK 集成开发环境，方便移植；
- 2) 丰富的开源资料：模块嵌入式代码、上位机代码、硬件原理图等全部开源，方便用户进行二次开发；
- 3) 丰富的开发应用资料：《产品用户手册》、《嵌入式开发手册》、《产品化应用手册》、《上位机开发手册》等资料全面，涵盖大部分开发需求；
- 4) 独创视频教程：提供模块配套的视频教程，全方面讲解 UWB 系统知识，方便用户快速学习入门；
- 5) 易于扩展：模块提供外扩展数据接口，可方便连接 PC、手机、其他单片机、树莓派、Arduino、PLC 等设备用于扩展开发使用；
- 6) 定位精度高：系统采用 Decawave 公司高精度定位 IC 为核心，配合自主研发的定位算法、滤波算法，使定位标签能够适配各种复杂的现场条件，经过第三方机构认证，定位精度达到 10cm（CEP95）；
- 7) 多标签、多基站支持：系统可通过配置方便扩展基站使用数量和标签数量，方便用户进行系统扩容；

- 8) 模块内置卡尔曼滤波算法，可调节开关打开或者关闭，使数据输出更稳定平滑。

3 系列模块选型

3.1 基于 DW1000 核心芯片的模块

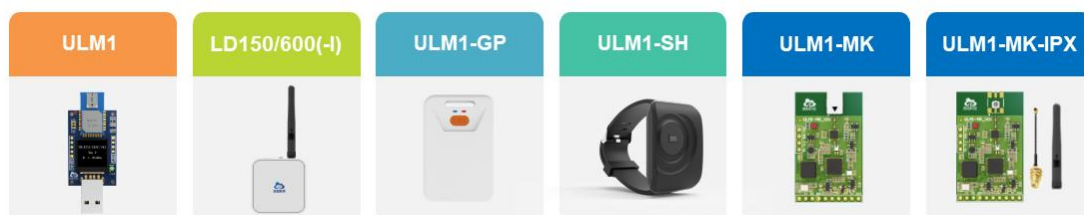


图 3-1 ULM1 系列开发模块

表 3-1 模块特点对比

序号	型号	主要特点
1	ULM1	官方 DWM1000 模组，显示器，50 米
2	LD150	外置全向天线，外壳，内置电池，150 米
3	LD150-I	LD150+IMU
4	LD600	外置全向天线，外壳，内置电池，内置 PA，600 米
5	LD600-I	LD600+IMU
6	ULM1-MK	集成化模块，体积小，内置 PA，板载天线，400 米
7	ULM1-MK-IPX	集成化模块，体积小，内置 PA，外接天线，600 米
8	ULM1-SH	手环外壳，内置电池，运动检测，内置 PA，400 米
9	ULM1-GP	工牌外壳，内置电池，运动检测，内置 PA，400 米

如表所示为 HR-RTLS1 系列基于 DW1000 核心芯片的 ULM1 系列相关模块，这些模块可搭配一起使用，需注意的是，以系统内最小测距模块为最大测距距离，如 ULM1 与 LD600 相互测距，最大测距距离为 50 米。

ULM1 用户手册：

http://rtls1.haorutech.com/download/ULM1_UserManual.pdf

LD150(-I)用户手册:

[http://rtls1.haorutech.com/download/LD150\(-I\)_UserManual.pdf](http://rtls1.haorutech.com/download/LD150(-I)_UserManual.pdf)

LD600(-I)用户手册:

[http://rtls1.haorutech.com/download/LD600\(-I\)_UserManual.pdf](http://rtls1.haorutech.com/download/LD600(-I)_UserManual.pdf)

ULM1-SH 用户手册:

http://rtls1.haorutech.com/download/ULM1-SH_UserManual.pdf

ULM1-GP 用户手册:

http://rtls1.haorutech.com/download/ULM1-GP_UserManual.pdf

ULM1-MK(-IPX)用户手册:

[http://rtls1.haorutech.com/download/ULM1-MK\(-IPX\)_UserManual.pdf](http://rtls1.haorutech.com/download/ULM1-MK(-IPX)_UserManual.pdf)

3.2 基于 DW3000 核心芯片的模块



图 3-2 ULM3 系列模块

表 3-2 模块特点对比

序号	型号	主要特点
1	ULM3	官方 DWM3000 模组, 显示器, 40 米
2	ULM3-SH	手环外壳, 内置电池, 运动检测, 40 米
3	ULM3-PDOA	PDOA 基站, 测角度, 单基站定位, 跟随车, 40 米
4	ULM3-PA	DW3210 核心, 板载 PA, 外置天线, 显示器, 300 米

如表所示为 HR-RTLS1 系列基于 DW3000 核心芯片的 ULM3 系列相关模块, 这些模块可搭配一起使用。

ULM3 用户手册:

http://rtls1.haorutech.com/download/ULM3_UserManual.pdf

ULM3-SH 用户手册:

http://rtls1.haorutech.com/download/ULM3-SH_UserManual.pdf

ULM3-PDOA 用户手册:

http://rtls1.haorutech.com/download/ULM3-PDOA_UserManual.pdf

ULM3-PA 用户手册:

http://rtls1.haorutech.com/download/ULM3-PA_UserManual.pdf

4 系统参数

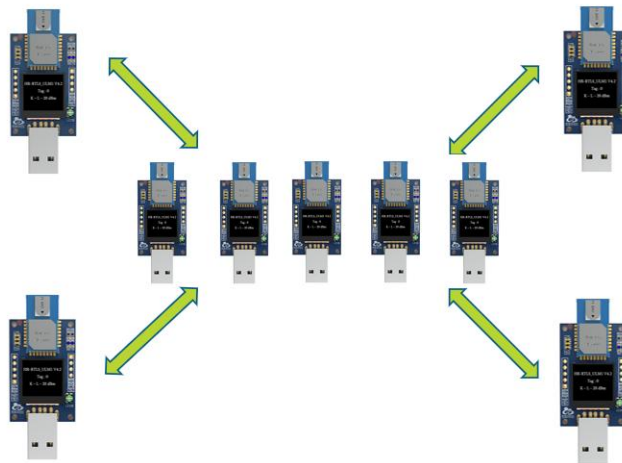


图 3-1 RTLS1 定位系统

表 3-1 RTLS1 定位系统参数

项目	参数
二维基站个数	至少 3 个
三维基站个数	至少 4 个，推荐 6-8 个
定位精度	X/Y=10cm(CEP95) Z=30cm(CEP95)
开发环境	CUBE+KEILMDK
最大标签数量	无上限，标签分时运行，标签越多定位周期越长
最大基站数量	8 个
定位模式	TOF/DS-TWR/三边定位算法
定位范围（视现场环境复杂度覆盖面积会	40*40m(ULM1)@110Kbps 完全独立空旷 100*100m(LD150) @110Kbps 完全独立空旷

下降)	450*450m(LD600) @110Kbps 完全独立空旷
-----	---------------------------------

5 系统应用

- 1) 车间：人员、车辆、天车、物资管理等；
- 2) 司法监所：犯人管理及监控；
- 3) 物流中心：物资、物料的管理及监控，AGV、机器人导航；
- 4) 商场、超市：人员、购物车导航；
- 5) 养老院：老人监护、生命体征监控；
- 6) 医院：婴幼儿监护、老人监护；
- 7) 隧道、地下管廊、矿井：工人、车辆监控；
- 8) 轨道交通：车辆、人员的监控、防撞等；
- 9) 建筑工地：机械、人员、物资的位置监管；
- 10) 体育场馆：运动员智慧训练辅助；
- 11) 真人游戏场所：玩家位置辅助，轨迹分析；
- 12) 高校研究：UWB 技术研究等。

6 系统搭建

6.1 设备准备

根据使用场景应用情况，准备相应模块进行系统搭建，模块出厂时均已设置好相应的角色以及 ID，标记 A 开头的为基站模块，标记 T 开头的为标签模块，ID 号从 0 开始，如 4 基站 2 标签的系统会配置为：A0,A1,A2,A3,T0,T1。



图 6-1 模块角色及 ID 标识

在多基站定位系统中，基站一般定义为固定不动的模块，安装在所处空间的矩形 4 角，标签一般定义为被定位物体上安装的模块，在不规则运动；

在 PDOA 单基站与跟随系统中，基站一般安装在车辆上，标签一般安装在被跟随人员（物体）上。

ULM1 模块和 ULM3 模块需搭配外接充电宝供电，LD150(-I)模块、LD600(-I)模块、手环标签、工牌标签有内置电池，可独立供电工作。充电宝和内置电池在出厂时电量约 30%左右，请提前充好电后再进行测试。

准备 USB 延长线或 MicroUSB 数据线用于连接 UWB 模块和电脑，进行数据传输。

根据所购模块型号不同，准备搭建用的模块与配件如下表所示：

表 3-1 设备准备清单

型号	搭建部署时用的模块与配件	维护时用的配件
ULM1 ULM3	基站模块 Ax 标签模块 Tx 充电宝 = 模块总个数-1 个 USB 延长线 = 1 条	给充电宝充电用： MicroUSB 白色充电线 = 充电宝个数 更新固件用： STLINK = 1 个 连接手机调试用： TypeC 转接器 = 1 个
LD150(-I) LD600(-I)	基站模块 Ax+天线 标签模块 Tx+天线 MicroUSB 黑色数据线 = 1 条 USB 延长线 = 1 条	给模块充电用： MicroUSB 白色充电线 = 模块个数 更新固件用： STLINK = 1 个 连接手机调试用： TypeC 转接器 = 1 个
ULM1-SH ULM3-SH	手环标签	给模块充电用： 磁吸充电线 = 标签个数 调试接电脑用： MicroUSB 黑色数据线 = 标签个数 更新固件用：

		STLINK = 1 个
ULM1-GP	工牌标签	充电和调试接电脑用： MicroUSB 黑色数据线 = 标签个数 更新固件用： STLINK = 1 个

6.2 设备供电/充电

ULM1、ULM3、ULM3-PDOA 模块无内置电池，需连接充电宝为其供电，或接入电脑 USB 接口进行供电的同时传输数据。充电宝在电量耗尽、无法正常输出时，也需为充电宝充电；为充电宝充电时，用白色 MicroUSB 充电线连接充电宝和 5V 供电设备，充电宝指示灯闪烁时为正在充电，充电宝指示灯常亮时为充电完成。



图 6-2 模块连接充电宝供电

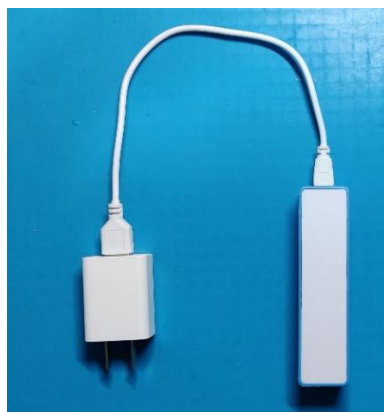


图 6-3 为充电宝充电

LD150(-I)、LD600(-I)、ULM1-GP、ULM1-SH 模块有内置电池，可通过内置电池为其自身供电，通过外部 5V 供电设备为其充电。充电指示灯为蓝色表示正在充电中，充电指示灯为绿色表示充电完成。详细说明请参考各模块用户手册。

6.3 多基站定位系统安装

6.3.1 部署结构

多基站定位系统使用 3 个及以上模块作为基站，若干个模块作为标签，基站间距至少 1 米以上，建议 3 米以上。

使用 3 基站时，尽量将 3 个基站部署为正三角形或等腰直角三角形，不可为钝角三角形，标签在基站围成的三角形区域内进行定位。

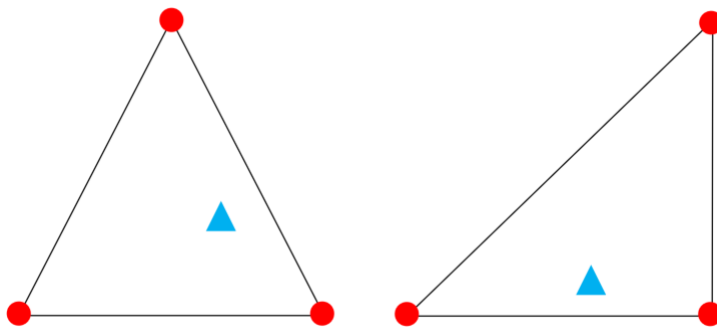


图 6-4 3 基站部署示意图

使用 4 个基站时，将 4 个基站部署为矩形，矩形的长宽比不能超过 2: 1，标签在基站围成的矩形区域内进行定位。



图 6-5 4 基站部署示意图

使用 4 个基站以上时，按矩形长宽比不超过 2: 1 的原则进行扩展，将 A0 基站置于所处空间的尽量中心位置。

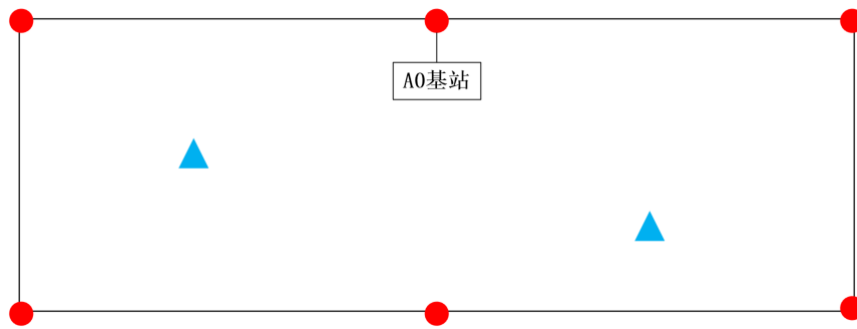


图 6-6 6 基站部署示意图

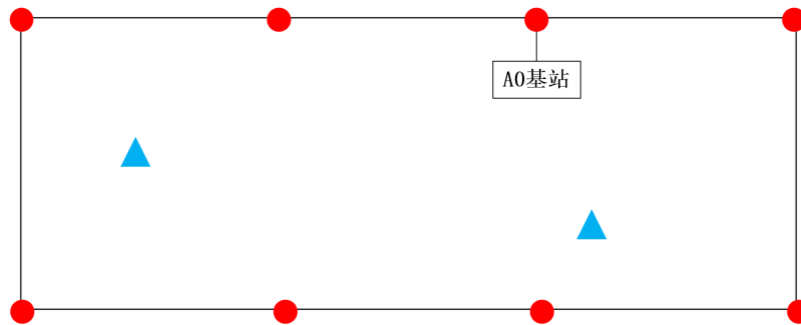


图 6-7 8 基站部署示意图

三维定位时，至少需要 4 个基站，推荐 6-8 个基站，应尽量保证所处空间为长宽高比为 1: 1: 1 的正立方体，如下图所示安装基站位置。

比如 4 基站部署时，基站坐标如下：

$$A0 = (0, 0, 3)$$

$$A1 = (0, 3, 3)$$

$$A2 = (3, 0, 3)$$

$$A3 = (3, 3, 0)$$

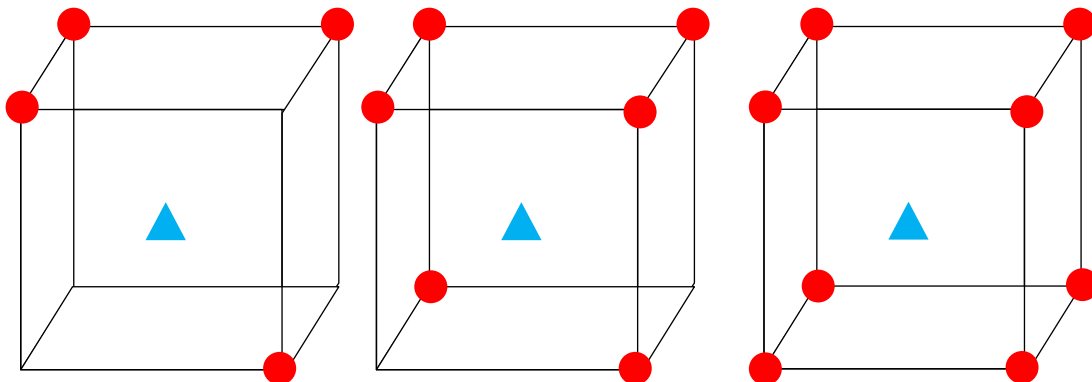


图 6-8 4 基站、6 基站、8 基站三维定位安装示意图

如标签载体上可以增加一个对地或者对空测距传感器来辅助 Z 轴定位也是

性价比比较高的方案。

6.3.2 部署模式

系统部署分为导航模式、监控模式 2 种部署模式，导航模式为标签连接 PC 或手机，其他基站仅需供电开机，可在上位机软件显示当前连接的标签的位置信息数据和实时轨迹。

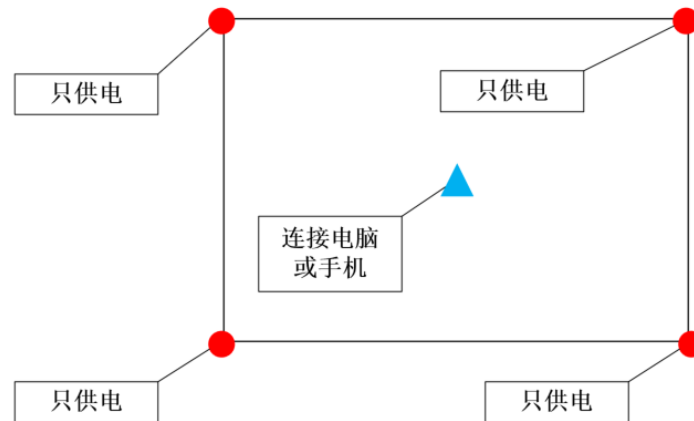


图 6-9 导航模式连接示意图

监控模式将其中任意一个基站连接 PC，其他的基站和标签供电开机，可在上位机软件显示当前基站覆盖范围的所有标签的位置信息数据和实时轨迹。

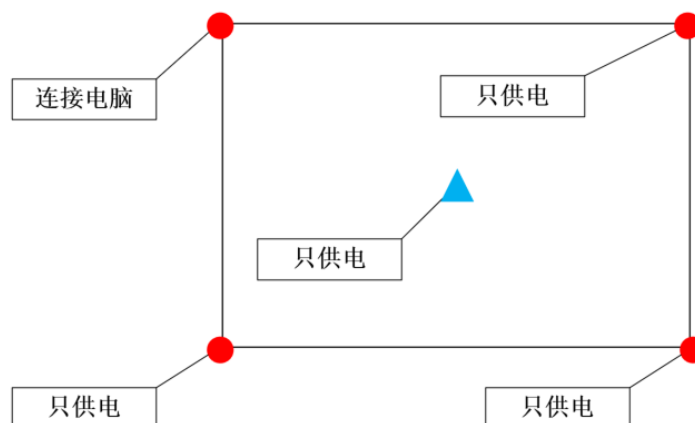


图 6-10 监控模式连接示意图

ULM1、ULM3 模块自带 USB-A 型连接器，通过 USB 延长线连接电脑，LD150(-I)、LD600(-I)、ULM1-PDOA、ULM1-GP 模块通过黑色 MicroUSB 数据线连接电脑，需注意的是，配件内有只能充电的白色 MicroUSB 数据线，如需数

据传输请不要用白色线。

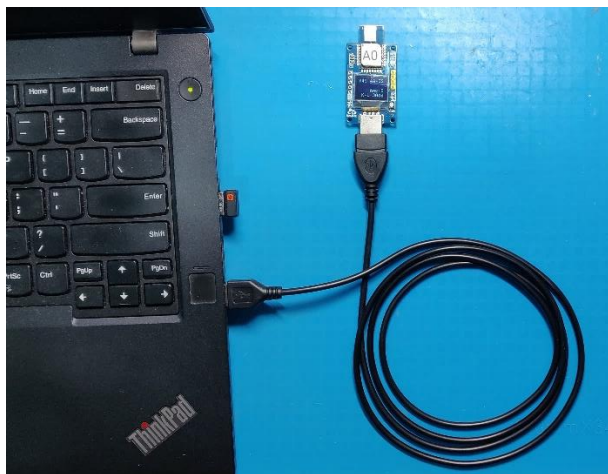


图 6-11 ULM1、ULM3 模块连接电脑



图 6-12 LD150(-I)、LD600(-I)模块连接电脑



图 6-13 LD150(-I)、LD600(-I)模块连接电脑(只充电)

6.3.3 基站安装

定位基站需要安装部署在固定位置，安装在如墙壁侧壁、三脚架支撑、房顶等位置。

如部署在办公室等有人和家具的空间内，基站安装时，建议离地垂直高度 2.5 米以上，并高于标签运动平面，基站安装高度越高，抗遮挡能力越强，定位精度和稳定性越高，推荐 2.5 米左右的高度安装；如部署在没有任何遮挡的二维定位场景内（如无人机、空旷小车定位），基站高度仅保持一致即可，无需高于标签平面，但离地高度建议 0.5 米以上，避免地面反射干扰。

定位标签安装在以 4 个基站为顶点围成的矩形区域范围内(或以 3 个基站为顶点围成的三角形区域范围内)，定位标签天线垂直于地面，如人手持测试则尽量将标签举高避免遮挡干扰。

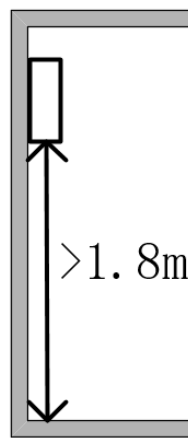


图 6-14 基站的安装高度示意图

安装注意事项：

- 1) 二维定位时，4 个基站组成矩形的长宽比不超过 2: 1；
- 2) 相邻基站间距尽量在 3 米以上；
- 3) 如有条件，基站用三脚架支撑安装，且周围 0.5 米内保持空旷；
- 4) 三基站围成三角形时，不能为钝角三角形，即最大内角不能超过 90° ；
- 5) 基站的高度保持一致，使 4 个基站组成一个平面；
- 6) 基站天线朝向以 4 个基站为顶点的矩形围成的空间内；
- 7) 基站不可直接贴在地面上，会造成地面反射增加测距误差；
- 8) 基站尽量挂高，可有效抗遮挡干扰；
- 9) 基站天线周围尽可能避免金属、保持空旷。

6.4 驱动程序安装

打开“HR-RTLS1 开箱测试资料\串口驱动”目录，双击 CH341SER.EXE 进

行驱动安装，保持默认设置，点击安装按钮，按提示安装即可。



图 6-15 串口驱动程序安装

驱动程序安装完成后，将基站或者标签模块连接电脑，在电脑端打开设备管理器，查看串口驱动安装正常，串口设备正常识别，并记录 CH340 的串口号，例如下图为驱动安装正常，设备识别正常，串口号为 COM5。如未出现串口或提示感叹号等错误，请联系对接的售后工程师协助。

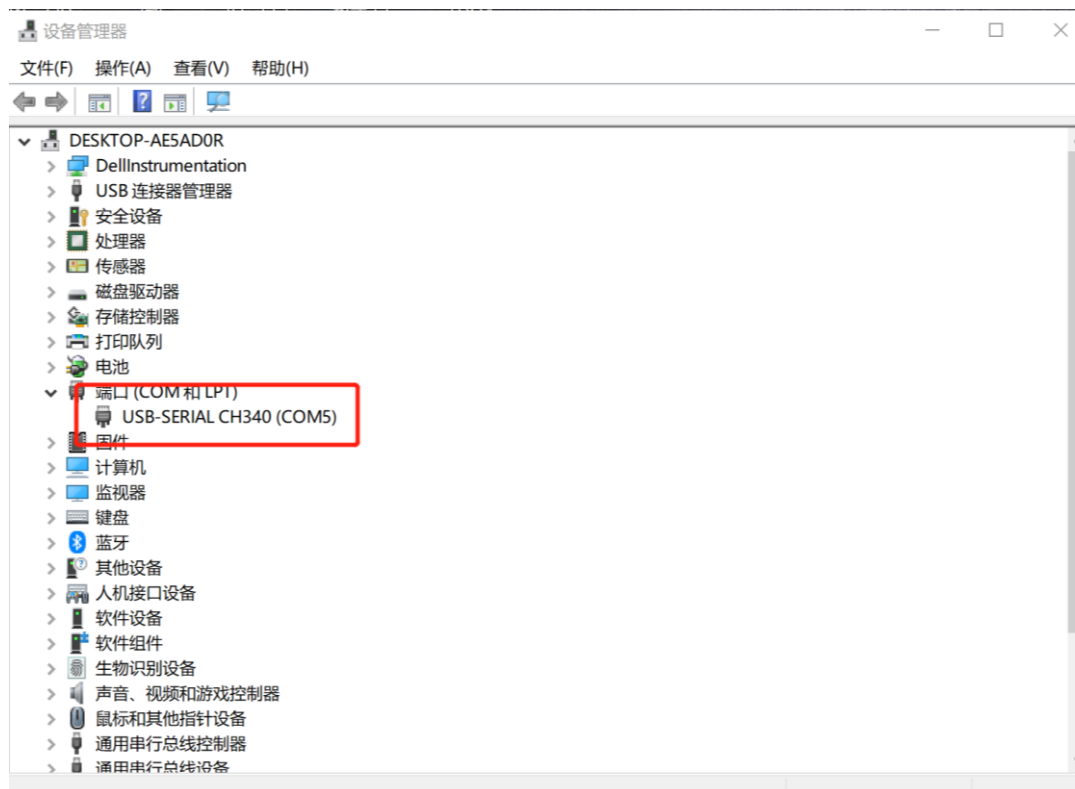


图 6-16 设备管理器识别串口设备

打开“HR-RTLS1 开箱测试资料\串口驱动”目录，双击 XCOM V2.0.exe 串口调试助手，选择识别到的串口号，波特率选择 115200，点击打开串口。如连接的是基站模块则再开机一个标签模块，如连接的是标签模块，则再开机一个基站模块，保证至少一对基站和标签完成正常通信，消息框内能够显示 mc 开头的字符串数据，则表示串口数据通信正常，模块连接电脑成功。

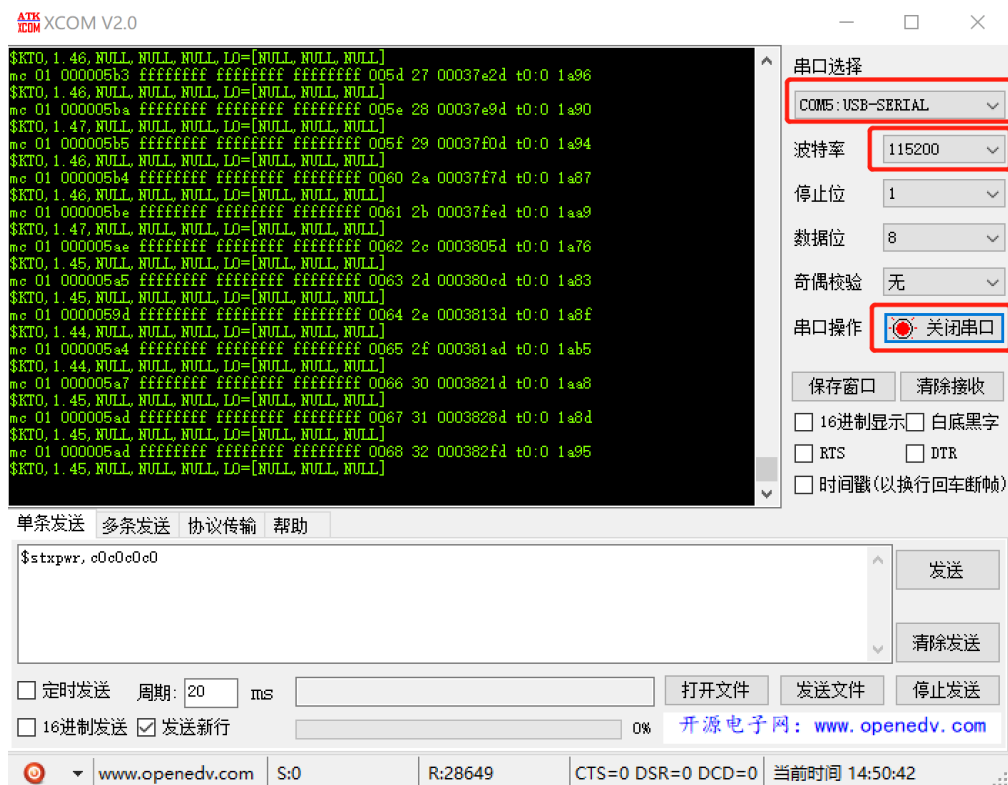


图 6-17 串口助手显示串口数据

6.5 连接上位机软件

打开“HR-RTLS1 开箱测试资料\上位机软件”目录，解压“最新版上位机 HR-RTLS1_PC.zip”文件，运行 HR-RTLS_PC.exe 文件，运行上位机软件。

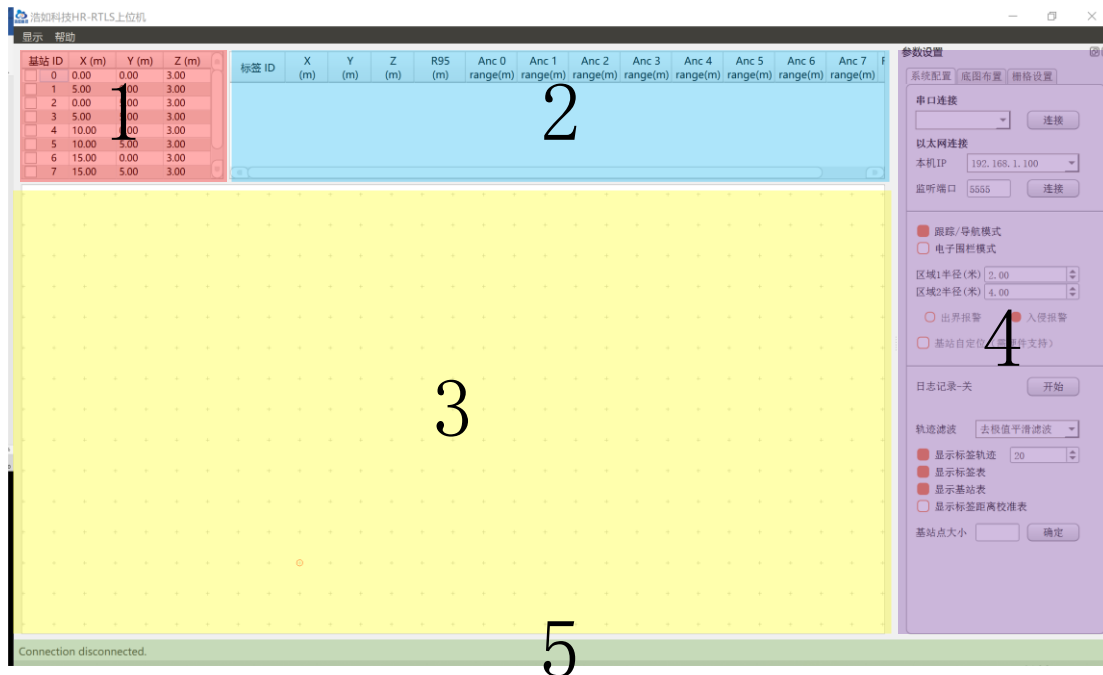


图 6-18 上位机软件运行界面

如图所示上位机软件界面主要分为 5 个区域：基站列表、标签列表、实时轨迹绘图、参数设置、连接状态。

表 3-2 上位机软件区域功能

区域号	名称	主要功能
1	基站列表	设置基站坐标，显示基站图标点
2	标签列表	显示标签 ID，标签与各个基站测距值、标签坐标
3	实时轨迹绘图	显示标签实时轨迹，可加载底图
4	参数设置	串口连接、底图、栅格等参数设置
5	连接状态	显示数据连接状态，连接的模块角色与 ID

UWB 模块正确安装驱动程序并连接电脑后，在【参数设置】栏【串口连接】下拉列表内会出现相应的串口号，选择该串口号，点击【连接】按钮即可连接该设备串口。如点击连接按钮后，【连接状态栏】提示连接错误“Open error”，检查该串口是否被其他软件占用（如串口助手），关闭占用软件后，再点击【连接】按钮。



图 6-19 上位机软件连接串口

保证有至少一个基站和一个标签开机，【标签列表】即可显示标签测距信息。Anc0-7 栏内的数字表示当前标签到基站 Anc0-7 的距离值，根据基站开机数量不同而不同。

标签 ID	X (m)	Y (m)	Z (m)	R95 (m)	Anc 0 range(m)	Anc 1 range(m)	Anc 2 range(m)	Anc 3 range(m)	Anc 4 range(m)	Anc 5 range(m)	Anc 6 range(m)	Anc 7 range(m)
☐ Tag 0				☐	2.67	2.13	2.12	2.63	-	-	-	-

图 6-20 上位机软件标签列表

6.6 基站自标定

自标定功能最少支持 3 个基站，最多支持 8 个基站，使用前需确认以下内容：

自标定时电脑连接 A0 基站，自标定开启前，将所有标签关机。设 A0 为坐标系(0.0)点，A1 与 A0 构成坐标系 X 正半轴，A2 和 A3 置于 Y 轴正半轴上，即 Y 轴坐标大于 0，其他基站任意摆放即可。

点击“基站自标定”按钮开始自标定，待基站坐标稳定后，手动点击“取消自标定”按钮，完成自标定功能。

注意：基站自标定是辅助基站快速标定的手段，但存在标定误差，如需精准标定基站坐标，建议手动测量标定。

基站 ID	X (m)	Y (m)	Z (m)
☒ 0	0.00	0.00	3.00
☒ 1	1.63	-0.00	3.00
☒ 2	-0.26	1.51	3.00
☐ 3	1.64	1.74	3.00
☐ 4	-6.40	10.00	3.00
☐ 5	-5.50	9.50	3.00

基站自标定
 ?

图 6-21 基站自标定按钮

6.7 上位机软件参数设置

基站模块按 6.3 节搭建部署后，需准确标定基站坐标并配置上位机软件，才可完成标签准确定位；一般以 A0 基站为(0,0)点建立坐标系，测量 A1、A2、A3 与 A0 的相对距离，计算出其他基站的平面(x,y)坐标；4 个基站的高度保持一致，z 轴设置为基站的离地高度。计算完成所有基站的坐标后，填写到上位机软件的【基站列表】栏内。

如图例，A0 与 A1 的距离为 3.3 米，A0 与 A3 的距离为 3 米，4 个基站围成标准矩形，离地高度 2 米，则得到 4 个基站的坐标为：A0(0,0,2)、A1(0,3.3,2)、A2(3,3.3,2)、A3(3,0,2)。

准确标定和输入基站坐标后，【标签列表】即可显示出该标签的定位坐标结果(x,y,z)，并在【实时轨迹绘图】内显示标签定位点及轨迹。

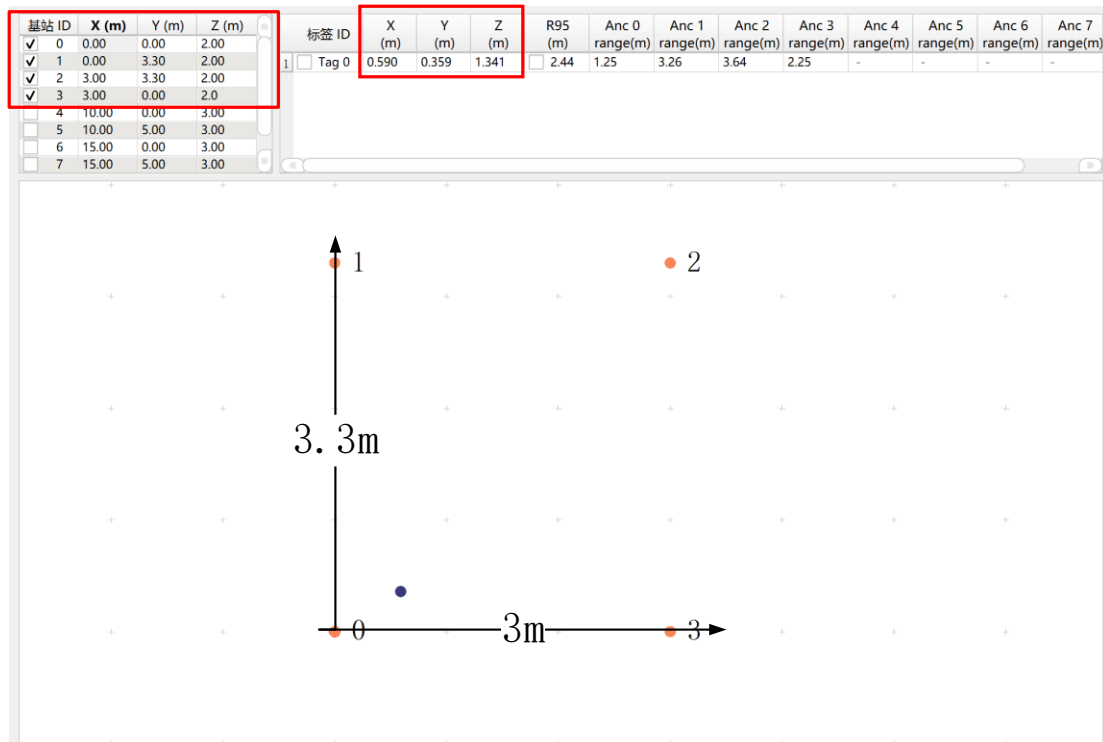


图 6-22 上位机软件基站坐标设置

其他注意事项：

- 1) 基站搭建时，基站的安装顺序没有固定标准，准确标定位置即可；
- 2) 基站坐标设置可在第一象限也可在其他象限没有固定限制；
- 3) 坐标系的原点(0,0)不一定必须是 A0，可以任意设置，但所有基站据该点的相对位置要计算准确，最终的标签定位坐标也是基于这个原点(0,0)的坐标。

6.8 上位机软件底图设置

上位机软件可加载 png 图片格式的底图作为定位轨迹的背景图（对于定位来讲非必须），以实现更直观的定位轨迹展示。设置底图的原则是将底图匹配已经设置好的基站图标，而不是让基站图标的位置去匹配底图。底图的绘制可用 Visio 或其他建筑绘图软件；在加载底图前，先设置好基站坐标并在白底图上按实际比例显示基站图标，点击“参数设置”-“底图布置”选项卡，点击“打开”选择要加载的 png 格式图片。



图 6-23 设置加载底图图片

加载图片后，在整个界面上看起来会比较大，首先调整“X 缩放”和“Y 缩放”的比例，让图片的比例缩小，先大致匹配到实际的基站图标对应的实际比例。



图 6-24 调整 XY 缩放

按需调整“X 镜像”或者“Y 镜像”让图片与实际方向匹配。

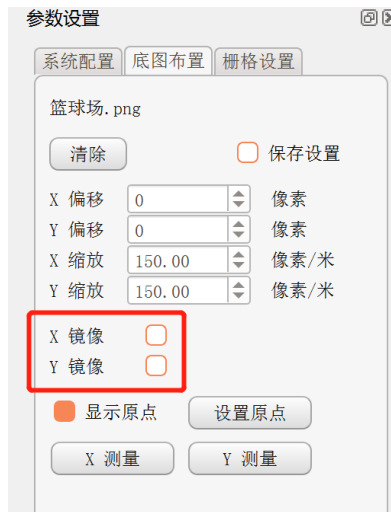


图 6-25 调整 XY 镜像

点击“设置原点”，用鼠标点击底图的原点，设置完成后，再微调“X 缩放”和“Y 缩放”使底图完全匹配基站图标，底图设置完成。



图 6-26 设置原点

绘制自定义底图方法视频: <https://b23.tv/6nwMEVc>。

上位机软件设置方法视频: <https://b23.tv/Cv1KMEc>。

6.9 定位结果数据转发

上位机软件可将标签定位结果数据通过 UDP 对外转发，在参数设置栏“数据转发”内设置远程主机 IP 和远程主机端口，即可将结果转发。可用网络调试助手接收 UDP 数据验证。

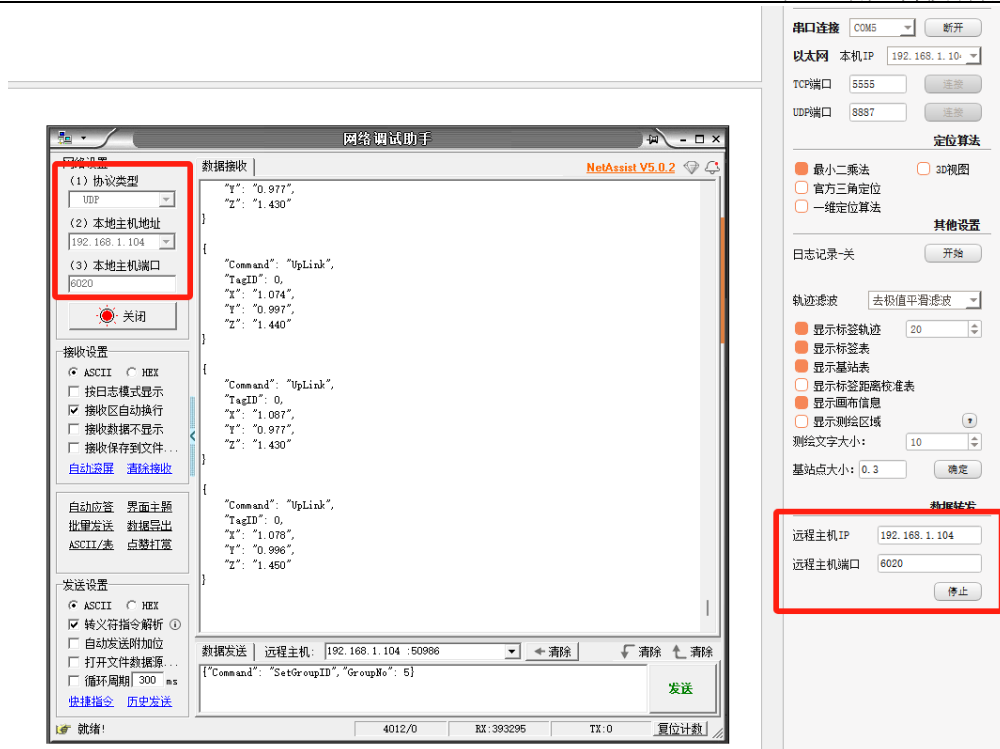


图 6-27 数据转发设置

接口说明

发送方式：UDP JSON

方向：本软件 -> 远端主机

触发：收到标签测距数据后转发。即使当前无法解算坐标，也会转发。

编码：JSON 文本

JSON 结构例：

```
{
  "Command": "UpLink",
  "TagID": 0,
  "X": 1.234,
  "Y": 2.345,
  "Z": 0.678,
  "yaw": 0.00,
  "roll": 0.00,
  "pitch": 0.00,
```

```

    "range0": 2610,
    "range1": 4840,
    "range2": 6670,
    "range3": 0,
    "range4": 0,
    "range5": 0,
    "range6": 0,
    "range7": 0,
    "FenceStatus": 2,
    "FenceVertices": [
      { "X": 0.000, "Y": 0.000 },
      { "X": 4.260, "Y": 0.000 },
      { "X": 4.260, "Y": 6.660 },
      { "X": 0.000, "Y": 6.660 }
    ]
  }

```

字段说明

字段	类型	说明
Command	string	固定为 "UpLink"
TagID	number	标签 ID
x	number/null	标签 X 坐标, 单位 m; 无法解算时为 null
y	number/null	标签 Y 坐标, 单位 m; 无法解算时为 null
z	number/null	标签 Z 坐标, 单位 m; 无法解算时为 null
yaw	number	姿态 yaw, 保留 2 位小数
roll	number	姿态 roll, 保留 2 位小数
pitch	number	姿态 pitch, 保留 2 位小数
range0 ~ range7	number	标签到基站 Anc0 ~ Anc7 的距离原始值, 单位 mm; 无效/无数据时通常为 0
FenceStatus	number	标签围栏状态
FenceVertices	array	当前生效围栏顶点坐标数组

FenceStatus 取值

值	含义
0	未开启围栏，或有效围栏点少于 3 个
1	标签在围栏外
2	标签在围栏内
4	坐标未知，当前无法判断围栏内外

坐标未知示例：

```
{  
  "Command": "UpLink",  
  "TagID": 0,  
  "X": null,  
  "Y": null,  
  "Z": null,  
  "yaw": 0.00,  
  "roll": 0.00,  
  "pitch": 0.00,  
  "range0": 2610,  
  "range1": 4840,  
  "range2": 6670,  
  "range3": 0,  
  "range4": 0,  
  "range5": 0,  
  "range6": 0,  
  "range7": 0,  
  "FenceStatus": 4,  
  "FenceVertices": [  
    { "X": 0.000, "Y": 0.000 },  
    { "X": 4.260, "Y": 0.000 }  
  ]  
}
```

```
}
```

数据例：

```
{
  "Command": "UpLink",
  "TagID": 0,
  "X": 1.089,
  "Y": 1.056,
  "Z": 1.539
}
```

注：FenceVertices 里是程序生成围栏时实际使用的顶点顺序，不一定等于 UI 里用户填写的原始顺序。

7 手机调试

RTLS1 系列模块支持连接安卓手机进行数据显示、标签轨迹显示，用户在现场测试搭建时，可不用连接电脑更加方便调试；目前仅支持设置为标签角色的模块连接 APP，模块随货配套 OTG 连接器，用于连接手机 Type-C 接口和 UWB 模块的数据线，打开“HR-RTLS1 开箱测试资料\手机端调试助手”目录，将安卓 APP 安装文件 APK 传输至手机端并安装 APP。



图 7-1 RTLS1 模块连接安卓手机

UWB 模块接入手机后，可对模块进行供电，部分手机机型需要在系统设置中搜索“OTG”选项并开启 OTG 对外输出功能才能使用。模块正常供电后，打开 APP，点击右上角的连接按钮，连接 UWB 模块，即可显示标签到基站的测距信息，点击左上角的 LOGO 下拉选项，可设置基站坐标，正确设置基站坐标后，可完成标签位置解算和标签位置的显示。基站坐标设置方法与电脑端上位机软件设置方法相同，此处不再赘述。



图 7-2 安卓手机调试软件示意图

8 IMU 融合定位

LD150-I 与 LD600-I 模块内置 IMU 芯片 ICM42605，可输出三轴加速度和三轴陀螺仪数据。随模块资料配套 ESKF 融合算法 Matlab 范例程序，可用于开发与学习融合定位算法。

使用 ESKF 融合算法 Matlab 范例程序时，应使用小车等在 Z 轴上无运动的载体，安装模块时 Z 轴垂直向上，XY 安装方向无限制。

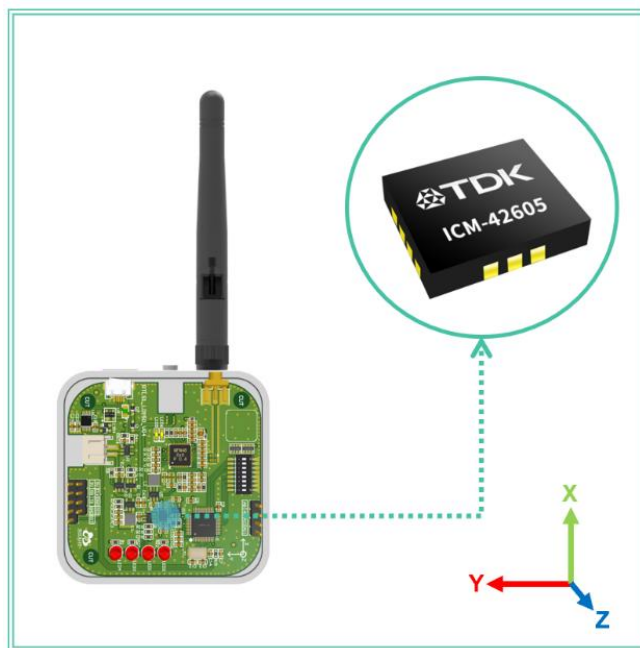


图 8-1 模块 XYZ 方向示意图

使用LD150-I模块实测，提供开源Matlab ESKF融合定位范例代码

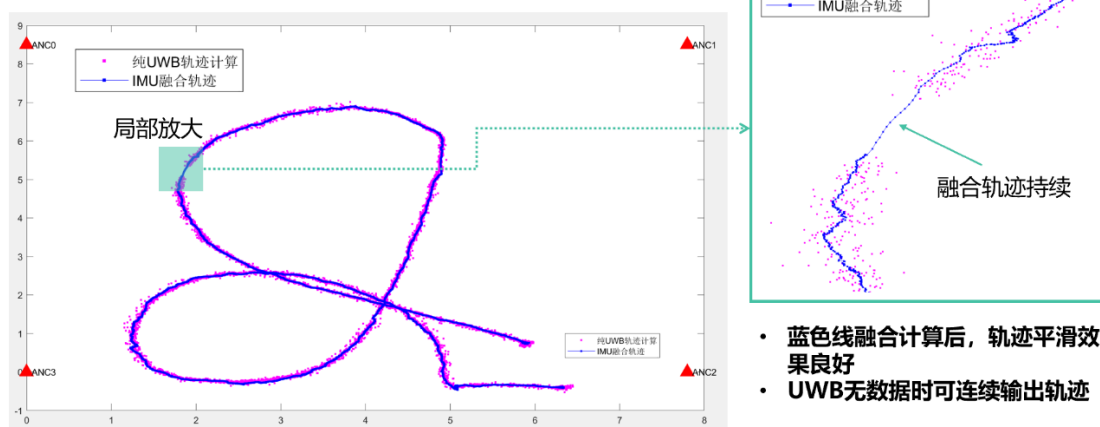


图 8-2 融合定位效果图

融合定位操作视频请与售后工程师联系获取。

9 通信协议

9.1 上行数据协议

上行数据协议是 UWB 模块通过串口主动上传的数据。

串行通信波特率：115200bps-8-n-1

串行通信数据例：

mc 00 00000663 000005a3 00000512 000004cb ffffffff ffffffff ffffffff ffffffff 095f c1
00146fb7 a0:0 22be

表 9-1 串口通信协议说明

内容	例子	功能
HEAD	mc	消息头，固定为 mc
USER	00	预留，默认 00，用户字节，可用于二次开发报警电量信息等。
RANGE0	00000663	标签到基站 A0 的距离，16 进制，单位 mm，即 1.635m
RANGE1	000005a3	标签到基站 A1 的距离
RANGE2	00000512	标签到基站 A2 的距离
RANGE3	000004cb	标签到基站 A3 的距离
RANGE4*	fffffff	标签到基站 A4 的距离（测距无效或基站不存在）
RANGE5*	fffffff	标签到基站 A5 的距离（测距无效或基站不存在）
RANGE6*	fffffff	标签到基站 A6 的距离（测距无效或基站不存在）
RANGE7*	fffffff	标签到基站 A7 的距离（测距无效或基站不存在）
NRANGES	095f	消息流水，不断累积增加，0x0-0xffff
RSEQ	c1	Range number 不断累积增加，0x0-0xff
RANGTIME	00146fb7	测距时间戳，单片机内部系统时间戳，单位 ms
rIDt:IDa	a0:0	r 为当前角色，a 为基站，t 为标签； IDt 为标签地址，IDa 为基站地址
DIAGNOSIS	22be	只有基站有，默认为当前基站与该消息上报标签的 RX_POWER=-88.94dBm，也可配置成其他诊断信息
END	\r\n	消息尾

*注：RANGE4/ RANGE5/ RANGE6/ RANGE7 数据字段在 8 基站固件程序时输出，在 4 基站固件程序中不输出。

如当前设备为标签，则输出 mc 数据后紧跟着会输出测距和定位信息：

例：\$KT0,1.69,2.93,4.98,NULL,LO=[-2.45,5.44,1.43]

分别表示当前角色为 T0, K 表示开启卡尔曼滤波, NK 表示不用开启卡尔曼滤波, 到 A0 基站的距离值为 1.69m, 到 A1 基站的距离为 2.93m, 到 A2 基站的距离为 4.98m, 到 A3 的距离值未得出或 A3 不存在或未开机。

LO 后面的中括号内为标签的实时定位坐标, 该坐标值在标签内部进行解算, 需要注意的是需提前将基站坐标配置到标签后, 才能完成解算。

其他细节, 请参考分模块用户手册进一步了解。

10 二次开发

10.1 嵌入式软件开发

HR-RTLS1 系列模块使用 STM32F103CBT6 (或其完全兼容国产替代型号) 系列作为主控 MCU, 穿戴式标签采用 STM32L051K8U6 低功耗单片机, 均使用 CUBEmx 配置工具搭建, HAL 库开发, KEIL-MDK 集成开发环境, 方便移植;

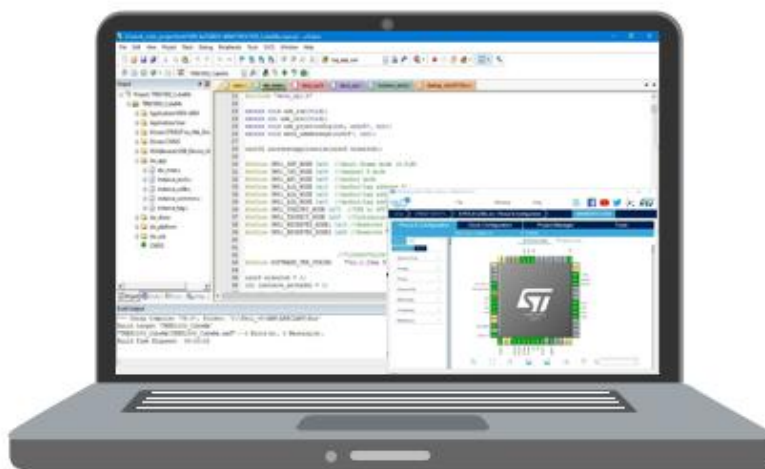


图 10-1 嵌入式软件开发环境示意图

嵌入式软件整体架构如图 10-2 所示: 主要分为驱动层、DW_API 层、应用层。

驱动层主要实现 STM32 与 DWIC 的 SPI 通信, 一般使用 CUBEmx 进行初始化配置, 使用 HAL 库进行开发, 初始化完成后, 自动生成初始化代码, 使用 SPI 数据收发函数, 对接到 DW_API 层, 完成驱动层搭建。另外还有中断配置、IIC 配置、串口配置、看门狗配置等都在 CUBEmx 进行初始化配置, 驱动层代码用户开发工作量较小, 主要熟练掌握 CUBEmx 配置即可。

DW_API 层使用 DecaWave 官方 API 进行移植搭建, API 将常用功能进行函数封装, DWIC 的主要功能实现基本通过读写相应的寄存器实现, 通过官方 API 内的简单 example 结合《DW1000_Software_API_Guide.pdf》可大概了解常用 API 功能。DW_API 层代码用户开发工作量较小, 开发相应应用层功能时会调用即可。主要程序目录为 Src\decadriver, Src\platform。

应用层是实现 TWR 测距主要功能的实现代码, 完成系统的状态读取, 参数配置, TWR 数据收发, TOF 计算, 卡尔曼滤波, 串口数据发送, OLED 显示等功能。应用层全部由浩如科技开发, 也是实现整体功能的核心代码, 需重点学习和熟练掌握。二次开发基本也是基于应用层来开发。主要程序目录为 Src\application, Src\kalmanfilter, Src\OLED。

应用层	主要文件 dw_main.c instance_anchor.c instance_tag.c	主要功能 实现多基站多标签TWR通信全过程及TOF计算、OLED显示、卡尔曼滤波、串口数据输出、三边定位算法等
DW_API层	主要文件 deca_device.c port.c deca_spi.c	主要功能 使用官方API库, 通过SPI控制寄存器读写完成参数配置、数据收发等功能, 功能封装成相应函数, 供用户调用使用
驱动层	主要文件 STM32F1xx_HAL_Driver spi.c i2c.c	主要功能 完成SPI、IIC、GPIO、看门狗、时钟、外部中断等相应配置, 使用CUBEmx生成初始化代码

图 10-2 嵌入式软件整体架构

关于嵌入式软件开发, 请用户参考《HR-RTLS1 嵌入式软件开发手册》、《嵌入式开发环境搭建与程序烧写方法》及视频教程《嵌入式代码讲解》进行详细了解, 本手册不再赘述。

HR-RTLS1 嵌入式软件开发手册: http://rtls1.haorutech.com/download/HR-RTLS1_EmbeddedDevelopmentManual.pdf

嵌入式开发环境搭建与程序烧录方法: <http://rtls1.haorutech.com/download/嵌入式开发环境搭建与程序烧写方法.pdf>

10.2 上位机软件开发

系统上位机软件采用 C++ QT 软件架构, 提供源码与《上位机 QT 开发快速

入门手册》、开发环境安装包等，帮助用户使用和二次开发上位机软件。

上位机软件可全屏显示，可适配 1080P/2K/4K 等多种分辨率屏幕。

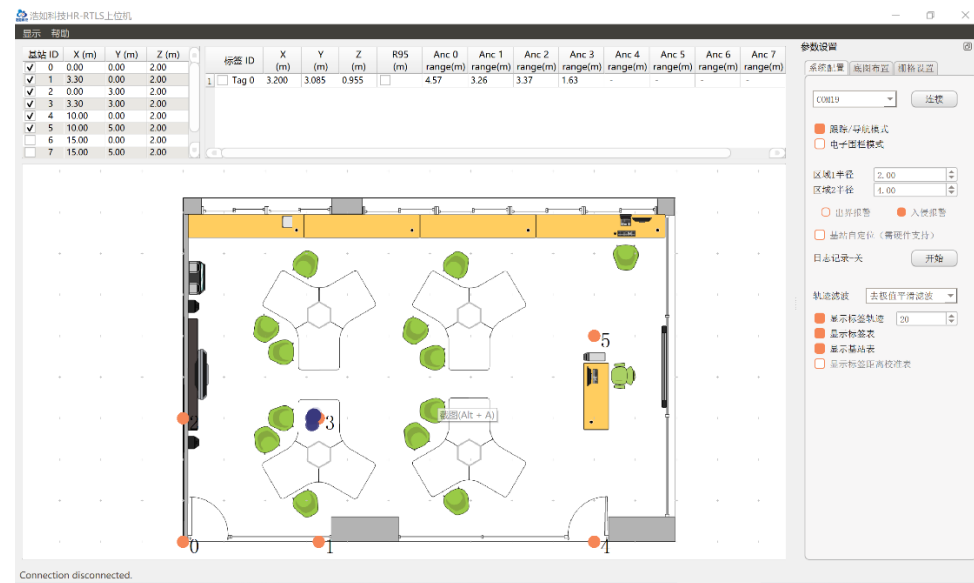


图 10-3 上位机软件示意图

10.2.1 上位机软件基本功能

- 1) 基站坐标配置，标签坐标解算，标签轨迹显示
- 2) 基站自标定
- 3) 日志记录与保存
- 4) 地图导入、地图匹配、地图距离测量
- 5) 轨迹实时显示、历史轨迹记录与回放分析
- 6) 可选平均平滑滤波和去极值平均平滑滤波
- 7) 栅格调整、缩放比例调整等
- 8) 设置控件选择和关闭，全屏显示，高分辨率适配

10.2.2 历史轨迹 2D/3D 分析功能

提供历史轨迹分析例程，可生成历史轨迹 2D/3D 视图，方便用户可视化观察和分析历史轨迹。

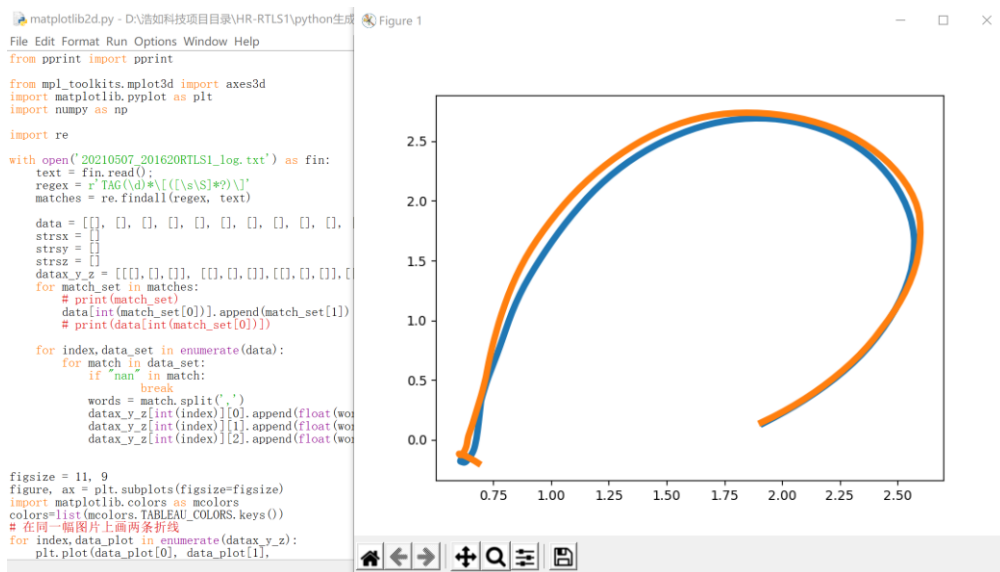


图 10-4 历史轨迹 2D 分析示意图

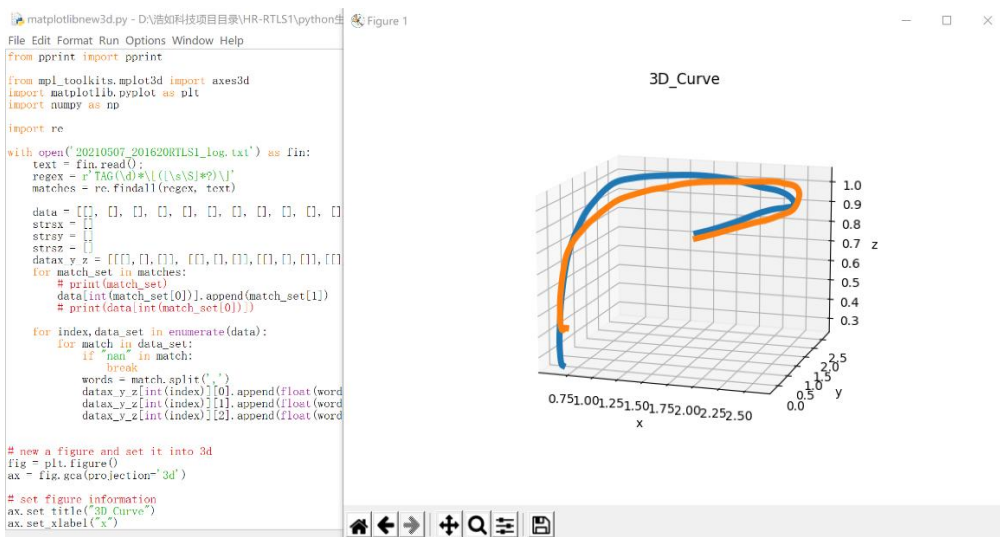


图 10-5 历史轨迹 3D 分析示意图

上位机开发环境搭建视频:

<https://www.bilibili.com/video/BV1Gb4y1f7Zm/>

数据记录与历史轨迹回放视频:

<https://www.bilibili.com/video/BV1yA41137gY/>

10.3 硬件设计

随资料包配套模块硬件原理图，方便用户进行硬件原理学习及硬件二次开发。

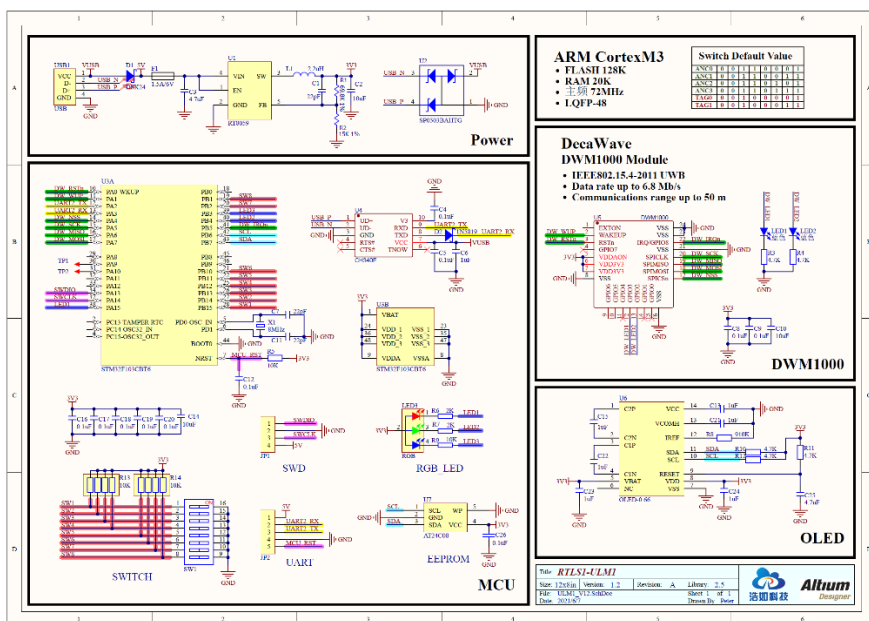


图 10-6 硬件原理图

11 网关模块

RTLS1 系列模块均可配合网关模块实现以太网数据通信，将模块连接网关模块 USB 后配置主机 IP 与端口信息即可完成以太网数据通信。

表 11-1 网关模块选型

型号	功能	协议
RTLS1-GW1	wifi eth(RJ45)	TCP_Client(默认) TCP_Server UDP
RTLS1-GW2	wifi eth(RJ45) POE	

网关模块使用方法：<https://www.bilibili.com/video/BV1QP4y1x716/>

12 开发与学习资料清单

随模块提供的主要开发与学习资料的清单如下：

表 12-1 文档类资料

序号	文档资料名称	作者	语言
1	RTLS1 用户手册	浩如科技	中文
2	RTLS1 嵌入式开发手册	浩如科技	中文
3	HR-RTLS 双边测距协议	浩如科技	中文

4	上位机 QT 开发快速入门手册	浩如科技	中文
5	开发套件转产品化应用手册	Decawave	英文

表 12-2 视频教程类资料

序号	视频教程名称	作者	时长(分)
1	课程介绍与系统简介	浩如科技	14:10
2	UWB 基础技术原理	浩如科技	20:53
3	DWM1000 简介与开发环境搭建	浩如科技	15:46
4	系统硬件设计讲解	浩如科技	11:05
5	TWR 原理及 UWB 通信协议	浩如科技	25:27
6	嵌入式代码讲解	浩如科技	22:48
7	三边定位算法原理及代码讲解	浩如科技	27:24

表 12-3 开发源码类资料

序号	设计资料名称	作者	开发语言
1	STM32 嵌入式源码+CUBE 工程	浩如科技	C 语言
2	上位机源码	浩如科技	C++ QT
3	三边定位算法源码	浩如科技	C 语言
4	手机调试助手源码	浩如科技	安卓
5	历史轨迹 2D/3D 分析	浩如科技	Python
6	UWB+IMU ESKF 融合算法	浩如科技	Matlab
7	DW1000 嵌入式 API	Decawave	C 语言

表 12-4 硬件设计类资料

序号	设计资料名称	作者	文件类型
1	ULM1/3 模块硬件原理图	浩如科技	PDF
2	LD150/LD600 模块硬件原理图	浩如科技	PDF
3	手环、工牌标签硬件原理图	浩如科技	PDF
4	相关芯片 DATASHEET	Decawave	PDF

以上列出为主要的资料清单列表，我司会根据研发情况，及时更新或新增开发资料库，用户可定期与对接的技术工程师联系获取最新资料。

13 常见问题

1. 系统是开源的吗？

系统是完全开源的，嵌入式代码、上位机代码、算法等全部开源，并且配套相应的开发手册和视频教程，帮助客户迅速上手完成学习开发。

2. 系统是成熟的吗？是需要经过开发后才能使用吗？

系统已经具备完善的定位功能，用户可直接通过接口得到定位数据后进行项目应用，也可根据当前功能和源码，通过学习和二次开发完成自主的产品化研发工作。

3. 我应该买几个模块？

根据您的使用场景来确认，以下举例：

- 1) 如您只需完成 1 对 1 测距功能，则购买 2 个模块；
- 2) 如您想简单搭建并评估二维定位效果，则购买 4 个模块，即 3 基站 1 标签最小系统；
- 3) 如您想完成三维定位，则最少购买 5 个模块，即 4 基站 1 标签；
- 4) 如您之前购买过模块，想增加基站或者标签，则购买相应的扩展数量的模块；
- 5) 如您想给 10 个标签进行定位，则购买 4 基站加 10 标签，即 14 个模块。

建议您开始最少购买 5 个模块，原因有以下几点：

- 1) 4 基站定位比 3 基站定位增加 1 个基站的情况下覆盖面积增加 1 倍；
- 2) 射频通信有一定的失败概率，如采用 4 基站定位时，同一时刻，标签只要完成 3 个基站及以上测距即可完成定位，如只有 3 个基站则必须保证该次测距 3 个基站全部测距成功才能完成定位，使用 4 基站时定位成功率大大提高；
- 3) 4 基站 1 标签的系统也可方便的修改为 3 基站 2 标签系统，来学习多标签的使用方法。

4. 定位精度如何？使用范围和精度有什么关系？

水平 XY 定位精度 10cm (CEP95)，高度 Z 定位精度 30cm (CEP95)；
使用范围和定位精度没有直接关系，使用面积大时精度也不会降低；需要注意的是 ULM1-LD600 模块因发射功率较大，在 5*5m 范围内使用时多径效应比较明显，会使数据漂移量增大，建议在大范围空间内使用。

5. 模块有外壳吗？外壳防水吗？

ULM1 模块没有外壳，LD150/LD600 模块有外壳，外置天线，外壳非密闭，不能在淋雨的情况下使用。

6. 模块电池供电待机时间多长？

模块待机时间与外接充电宝容量、定位频率有很大关系，ULM1 配套的外接充电宝基站待机时间约 10 小时，标签待机时间约 15 小时；LD150/LD600 内置电池基站待机约 8 小时，标签待机约 12 小时。

7. RTLS1/RTLS2/RTLS3 有什么区别？

RTLS1/RTLS2/RTLS3 是我公司 3 代 UWB 定位产品的系统型号。

1) RTLS1 为基于 STM32 平台的开发套件，开源，有 50m 和 600m 两种型号可选，适用于学习评估、研究 UWB 底层驱动、产品化开发移植、系统集成；

2) RTLS2 为产品化设备，不开源，以太网通信，WEB 界面，基站标签无限扩展，适用于项目级别应用；

3) RTLS3 为基于 Arduino 平台的开发套件，开源，底层库封装较好，开发门槛低，适用于学习评估、产品开发调研、高校课题研究、系统集成等。

8. 标签的更新频率是多少，可以调整吗？

标签默认更新频率为 112ms，最大 10ms 更新一次（6.8Mhz）可以通过修改固件参数来方便调整。

9. 模块通过什么接口连接电脑？

模块通过 USB 接口连接电脑，4 个基站中只需 1 个基站连接电脑即可。

10. 模块通过什么接口连接其他嵌入式设备？

模块通过板载 UART-TTL 接口连接其他嵌入式设备。

11. 购买系统后还需买其他测试配件吗？

基础的移动电源、数据线等都会配套提供，如需户外测试或者对系统准确性稳定性要求比较高的情况下，建议购买三脚架支撑基站，淘宝搜索“直播三脚架”即可，建议买最高 3m 的三脚架。

12. 模块可以用于无人机和 AGV 吗？

可以使用，目前有非常多的客户案例使用，效果良好。

13. 系统上手快吗？使用简单吗？

对于使用搭建来讲，上手非常快，配套的开箱测试视频会辅助用户完成系统搭建；对于学习开发来讲也配套了系统的开发教程和开发手册等，如有嵌入式开发基础则学习上手也会很快。

14. 全套设计资料什么时候给我？

用户购买后，先按照开箱测试资料完成搭建和测试，确认系统功能正常且符合需求，操作确认收货后，由客服发送全套的技术资料；如不满足需求，也可保护好外观退货。全套设计资料涉及到源码，发送后将不能退货。

15. 遮挡对 UWB 定位的影响如何？

- 1) 实体墙：LD600 模块可以穿过 1 堵实体墙，定位误差会增加 30cm 左右，具体纸板与墙体的厚度、材料相关；ULM1、ULM3 模块无法穿过实体墙；
- 2) 电线杆、树木等长条形物体：这些遮挡物体对定位的影响大小取决于其距离标签与基站之间的距离。例如当基站与标签相距 60 米时，遮挡物在标签与基站中间的位置对定位的影响就很小，当遮挡物距离基站很近只有 1 米时，此时的影响就很大；
- 3) 玻璃：玻璃对 UWB 定位精度影响较大；
- 4) 钢板铁板等金属：对 UWB 电磁波吸收很严重，尤其是当靠近节点时，会导致电磁波无法传递到遮挡物的另外一端，导致无法定位；
- 5) 纸板、木板等：一般 10cm 厚度的此类遮挡物对定位精度影响不是很大，信号强度会有所衰减。

16. 为什么定位精度看起来不好？

- 1) 检查基站坐标是否正确测量并填写在上位机软件中;
- 2) 检查基站高度是否为离地 1.8M 以上;
- 3) 检查标签与基站测距值是否有部分基站无法通信活着通信效果不好, 尝试移动效果不好的基站位置, 重新标定测试;
- 4) 检查标签与基站之间是否有遮挡;
- 5) 检查基站是否同一个平面 (对于要求同一个平面的场合);
- 6) 检查标签是否处于基站围成面外较远的位置。

17. 为什么基站与标签通信距离较近?

- 1) 在远距离通信的情况下, 建议使用三脚架支撑基站和标签, 高度 1.8M 以上进行测距测试;
- 2) 检查基站和标签之间是否有遮挡或强电磁干扰;
- 3) 检查模块天线是否安装良好。