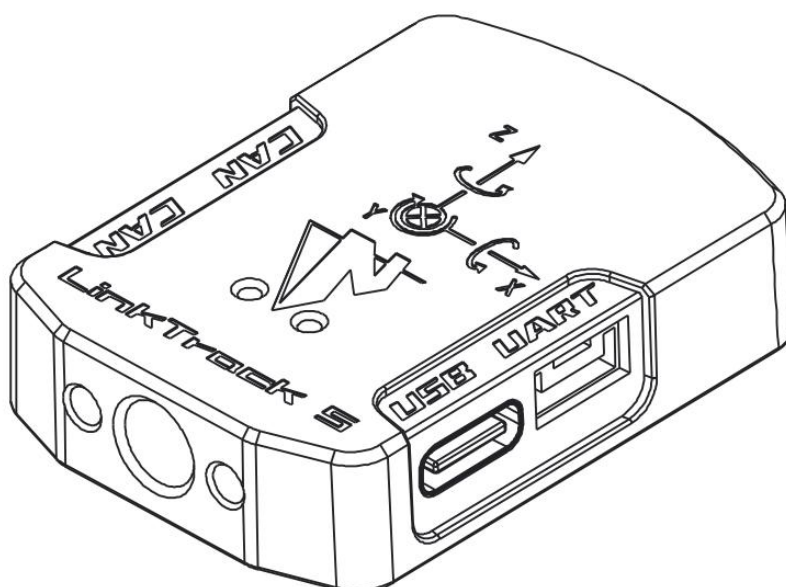




# LinkTrack 数据手册 V2.1



---

**Language|语言:** 简体中文

**Firmware|固件版本:** V4.0.1

**NLink|N 协议版本:** V1.3

**Product Series|产品系列:** LinkTrack S, LinkTrack P, LinkTrack SS, LinkTrack PS

LinkTrack 数据手册 V2.1.....	1
Disclaimer 免责声明.....	4
1 Introduction 介绍.....	5
1.1 Product Overview 产品总述.....	5
1.2 Naming Rules 命名规则.....	6
1.3 Product Structure 产品构造.....	6
1.4 Technology Overview 技术总述.....	7
1.5 Mode Overview 模式总述.....	8
1.5.1 LP Mode 局部定位模式.....	8
1.5.2 DR Mode 分布式测距模式.....	10
1.5.3 DT Mode 数传模式.....	11
2 Typical Specifications 典型规格.....	13
3 Setting and Function 配置与功能.....	14
3.1 System Parameters 系统参数.....	14
3.1.1 System CH 系统通道.....	14
3.1.2 System ID 系统 ID.....	15
3.1.3 TX Gain 发射增益.....	15
3.2 Mode Parameters 模式参数.....	15
3.2.1 LP Mode 局部定位模式.....	15
3.2.2 DR Mode 分布式测距模式.....	17
3.2.3 DT Mode 数传模式.....	18
3.3 Baudrate 波特率.....	19
3.4 Indicator Light 指示灯.....	19
3.5 RSSI 信号强度指示.....	19
3.6 Math Model 数学模型.....	19
3.7 Filter Factor 滤波因子.....	20
3.8 Function Key 功能按键.....	20
3.9 Voltage Monitoring 电压监测.....	20
3.10 One-key Calibration 一键标定.....	20
3.11 Wireless Setting 无线设置.....	20
3.12 Firmware Update 固件升级.....	20
3.13 One-key Wireless Update 一键无线升级.....	20
4 Typical Performance 典型表现.....	21
4.1 TX Power 发射功率.....	21
4.1.1 Condition 条件.....	21
4.1.2 Result 结果.....	21
4.2 Positioning 定位.....	21
4.2.1 Condition 条件.....	22
4.2.2 Static 静态.....	22
4.2.3 Rotation 旋转.....	23
4.2.4 Dynamics 动态.....	25
5 Protocol 协议.....	28
5.1 NLink Protocol NLink 协议.....	28
5.1.1 Principle 原则.....	28

5.1.1.1 Composition 构成.....	28
5.1.1.2 Endian 字节序.....	28
5.1.1.3 Type 类型.....	28
5.1.2 Description 描述.....	28
5.2 Third Party Protocol 第三方协议.....	29
5.2.1 NMEA-0183.....	29
6 Firmware 固件.....	30
7 Software 软件.....	30
8 Mechanical Specifications 机械规格.....	31
8.1 Size 尺寸.....	31
8.2 Figure 图片.....	34
9 Abbreviation and Acronyms 简写与首字母缩略.....	35
10 Reference 参考.....	35
11 Update Log 更新日志.....	36
12 Further Information 更多信息.....	36

## Disclaimer|免责声明

Document Information 文档信息
Nooploop reserves the right to change product specifications without notice. As far as possible changes to functionality and specifications will be issued in product specific errata sheets or in new versions of this document. Customers are advised to check with Nooploop for the most recent updates on this product.
Nooploop 保留更改产品规格的权利，恕不另行通知。尽可能将改变的功能和规格以产品特定勘误表或本文件的新版本发布。建议客户与 Nooploop 一起检查了解该产品的最新动态。

Life Support Policy 生命保障政策
Nooploop products are not authorized for use in safety-critical applications (such as life support) where a failure of the Nooploop product would cause severe personal injury or death. Nooploop customers using or selling Nooploop products in such a manner do so entirely at their own risk and agree to fully indemnify Nooploop and its representatives against any damages arising out of the use of Nooploop products in such safety-critical applications.
Nooploop 产品未被授权用于失效的安全关键应用（如生命支持），在这种应用中，Nooploop 产品的故障可能会导致严重的人身伤害或死亡。以这种方式使用或销售 Nooploop 产品的 Nooploop 客户完全自行承担风险，并同意对 Nooploop 及其代表在此类安全关键应用中使用 Nooploop 产品所造成的任何损害给予充分赔偿。

Regulatory Approvals 管理批准
The LinkTrack, as supplied from Nooploop, has not been certified for use in any particular geographic region by the appropriate regulatory body governing radio emissions in that region although it is capable of such certification depending on the region and the manner in which it is used. All products developed by the user incorporating the LinkTrack must be approved by the relevant authority governing radio emissions in any given jurisdiction prior to the marketing or sale of such products in that jurisdiction and user bears all responsibility for obtaining such approval as needed from the appropriate authorities.
由 Nooploop 提供的 LinkTrack 尚未获得管理该地区无线电发射的适当监管机构的认证，但其能够根据该地区及其使用方式进行认证。用户开发的包含 LinkTrack 的所有产品必须在该管辖区内销售或销售此类产品之前，由管理任何给定管辖区无线电排放的相关主管部门批准，并且用户应根据需要负责获得相关主管部门的批准。

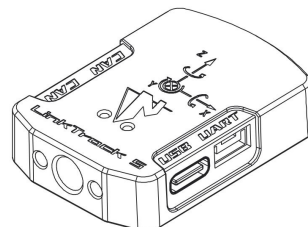
# 1 Introduction|介绍

## 1.1 Product Overview|产品总述

### LinkTrack 数据手册

#### Overview|总述

LinkTrack 是一款基于 UWB 技术的多功能系统，支持 LP（局部定位）、DR（分布式测距）、DT（数传）三种模式，支持配置为标签、基站等多种角色。



LP 是支持定位、导航、授时与通信（PNTC）一体化功能的实时定位模式，分为标签、基站、控制台三种角色。标签实时测量并进行坐标解算，输出自身测距、坐标等信息，基站与控制台实时输出所有标签的定位信息。支持 1、2、3 维定位，典型 1 维、2 维定位精度 10cm，典型第 3 维定位精度 30cm；定位频率高达 200Hz，基站容量多达 120 个，标签容量多达 200 个（默认开放 40 个标签容量，更多容量需申请开放）。

DR 是支持测距、授时、通信一体化的分布式测距模式，只有节点一种角色。典型测距精度为 10cm，刷新频率高达 200Hz，节点容量多达 50 个。

DT 是无线数传模式，分为主机与从机两种角色。数传带宽高达 3Mbps，延迟低于 0.5ms。

#### Key Features|关键特点

- 基于 UWB（超宽带）通信技术
- 局部定位、分布式测距、数传三种模式
- 所有节点自动无线组网，无需拉线
- 无需服务器即可运行，模块实时解算
- 定位、导航、授时、通信（PNTC）一体化
- 同一硬件可设置为标签、基站、等角色
- 高容量与高刷新频率：40 标签/8 基站/1 控制台@50Hz
- 测距、定位刷新频率高达 200Hz
- 标签容量多达 200 个（需申请开放，默认最多 40 个），基站容量多达 120 个
- 1 维、2 维典型定位精度 10cm，典型第 3 维定位精度 30cm
- 独立高速低延迟数传模式，带宽 3Mbps
- 内嵌一颗三轴陀螺仪、三轴加速度计
- 标签输出 IMU 原始数据、欧拉角、四元数
- 最远通信距离 80 米@LTS、500 米@LTP
- 一键标定基站坐标，一键空中升级固件
- 无线设置参数
- 伪 GPS 应用，支持 NMEA-0183 协议输出

- 支持 UART、USB 通信
- 电压监测，防反接保护
- 供电[3.6,5.5]V@LTS，[4.7,5.2]V@LTP
- 功耗 1W@LTS；1.35W@LTP
- 从 3.5GHz 到 6.5GHz 一共 6 个射频频段
- 发射增益可调范围为 0~33.5dB
- 唯一 ID，加密传输

#### Applications|应用

- 集群编队（无人机、机器人编队等）
- 机器人、无人机、无人车导航定位
- 轨迹监测与捕捉（追光灯等）
- 多机测距、交互、防碰撞（吊车、矿车等）
- 高校研究
- 一维定位
- 高速低延迟无线数传



## 1.2 Naming Rules|命名规则

表 1: Naming Rules

Name	Abbreviation	Note
LinkTrack S	LTS	S 代表 Standard
LinkTrack P	LTP	P 代表 Plus
LinkTrack S	LTSS	第一个 S 代表 Standard，第二个 S 代表 Small
LinkTrack PS	LTPS	P 代表 Plus，，第二个 S 代表 Small

## 1.3 Product Structure|产品构造

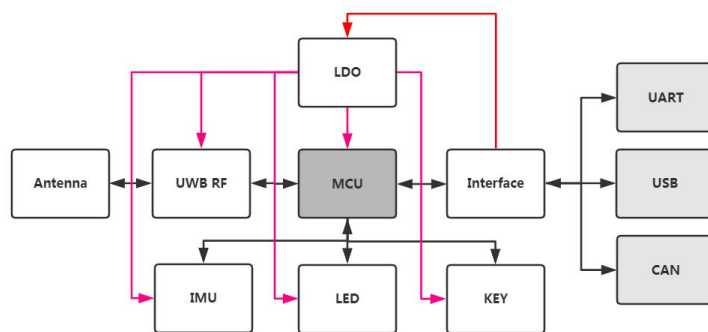


图 1: LinkTrack 构造示意图

图 1 为 LinkTrack 构造示意图。需要注意的是，LTS、LTSS、LTPS 是内置的板载集成天线，LTP 是通过 SMA 接口外接的天线。

**【通信接口】** LinkTrack 包含三种通信接口，分别为 UART、USB、CAN。在图 2 与图 3 中：

**UART：**接口线序简称为“V G R T”，对应 VCC、GND、RX、TX，图示中线序从上到下（从左到右）与接口一一对应；LTS、LTP 存在一个 UART 接口，LTSS、LTPS 存在两个电气连接完全一致的 UART 接口。

**USB：**接口线序与 Type-C 3.1 标准一致。只有 LTS 与 LTP 存在 USB 接口。

**CAN：**当前固件暂未开放 CAN 接口。接口线序简称为“V G H L”，对应 VCC、GND、CAN\_H、CAN\_L，图示中线序从上到下与接口一一对应。CAN 实际的物理接口有两个，方便今后拓展级联。只有 LTS 与 LTP 存在 CAN 接口。

其中，VCC 即电源，GND 即电源地。

**【供电机制】**所有通信接口的电源电气连接一致，即他们的电源是相互连通的。

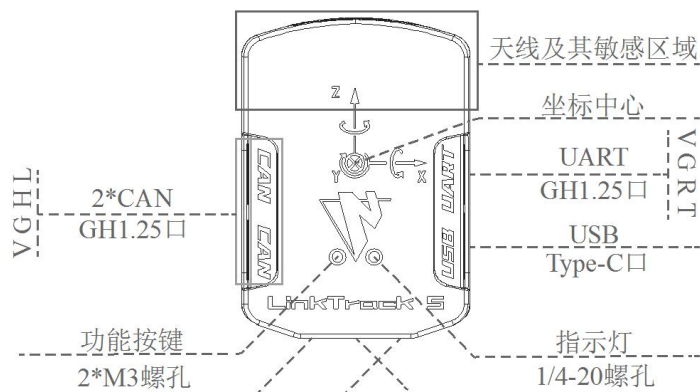


图 2: LinkTrack S 接口示意图

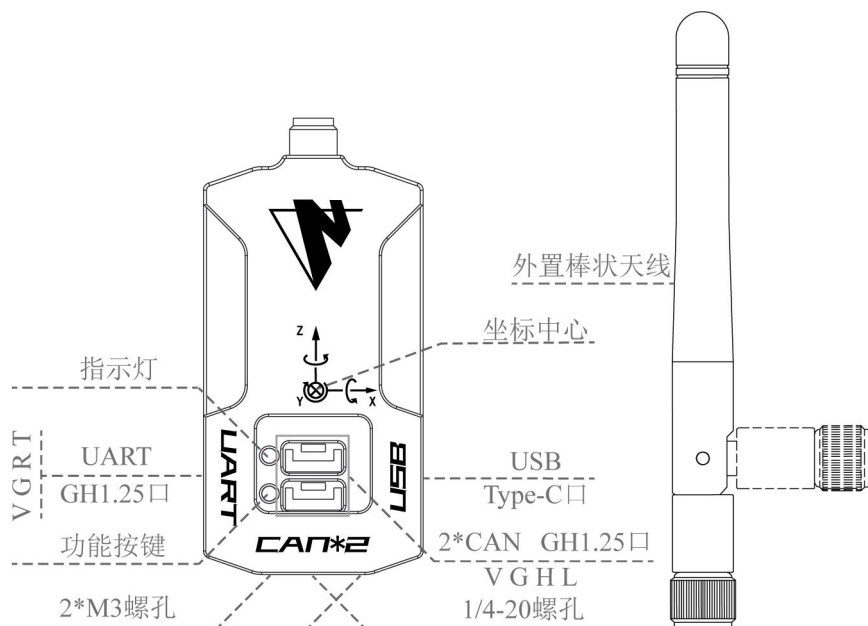


图 3: LinkTrack P 接口示意图

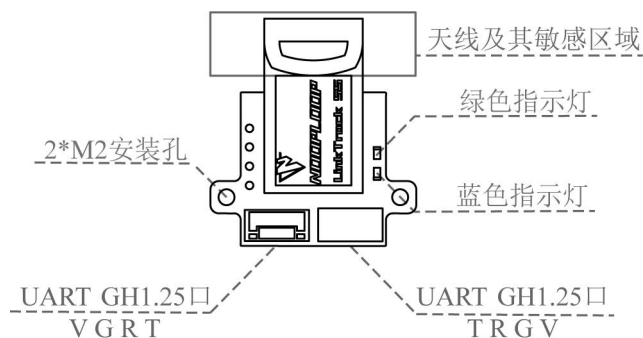


图 4: LinkTrack SS 接口示意图

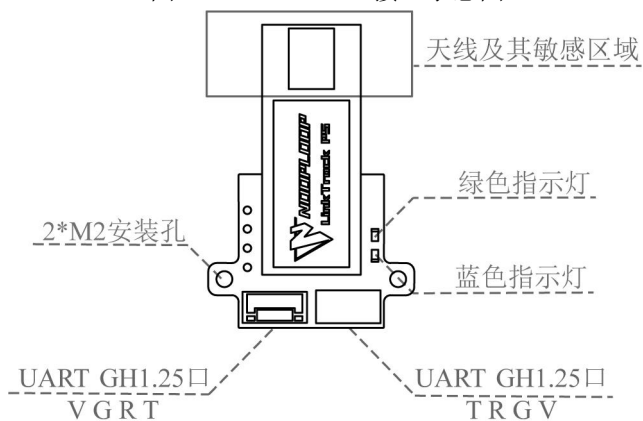


图 5: LinkTrack PS 接口示意图

## 1.4 Technology Overview|技术总述

UWB 是一种无载波通信技术，利用纳秒至微秒级的非正弦波窄脉冲传输数据。UWB 具备时间分辨率高、穿透力强、功耗低、抗多径效果好、安全性高等优点，因此常被应用于通信与定位领域，尤其是在 GNSS（如 GPS、BDS、Glonass、Galileo）信号覆盖不到的场合。

UWB 定位原理与 GPS 相似，其中：ANCHOR（基站）相当于天上的卫星，TAG（标签）相当于用户端的 GNSS 接收机，CONSOLE（控制台）相当于地面的监控站。ANCHOR 一般作

为参考位置点，一般安装于固定参考点；TAG 一般作为待定位点，一般安装于待定位载体（如无人机、无人车）上；CONSOLE 一般用于监控系统的运行状态并向其他节点（ANCHOR、TAG）下发指令，一般接到 Terminal（终端），如计算机、平板电脑等。

UWB 属于电磁波，其在真空中的传播速度与光速相同。通过测量 TAG 到 ANCHOR 的 TOF（飞行时间），乘以光速后，TAG 可以获得到 ANCHOR 的距离。通过到多个 ANCHOR 距离与参考 ANCHOR 的坐标，可以列出多组球面方程，进而由数学方法可以求解出标签的坐标。图 6 为常见的三边定位原理示意图。

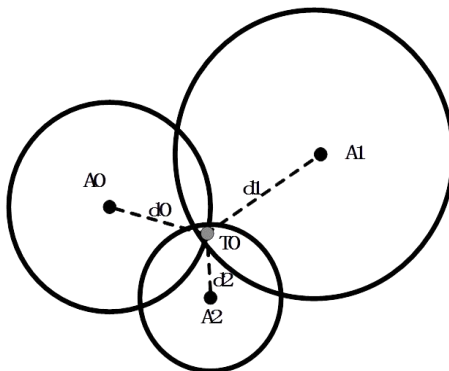


图 6: UWB 三边定位原理示意

在获得定位信息后，如果已知环境信息（如障碍物位置、可走的路径），同时知道期望去的位置，则可实现实时导航功能。

同一套定位系统中，为了同时满足多个节点有条不紊的工作，对所有工作在系统中的节点都进行了严格的时间同步，节点将同步后的时间戳发送出来，从而实现授时功能。

进一步的，基于 UWB 无线通信的本质，将用户数据通过无线报文传输给其他节点，从而实现节点间的通信功能。

## 1.5 Mode Overview|模式总述

LinkTrack 支持三种工作模式，分别为 LP、DR 以及 DT Mode，如表 2 所述

表 2: Mode Overview

Mode		Description
LP	LP_MODE0	测距、定位、导航、授时、通信
	LP_MODE1	
	LP_MODE2	
	LP_MODE3	
	LP_MODE4	
	LP_MODE5	
DR	DR_MODE0	分布式测距、通信、授时
DT	DT_MODE0	一对多广播、一对一双向通信；主机输入为协议帧数据，主机输出与从机输入输出为透传数据
	DT_MODE1	一对一双向通信；主机、从机输入输出均为透传数据
	DT_MODE2	一对多广播通信；主机、从机输入输出均为透传数据

### 1.5.1 LP Mode|局部定位模式

LP Mode 为局部定位模式，该模式下分为 TAG、ANCHOR、CONSOLE 三种角色。一般情



况下，TAG 与 ANCHOR 是必备角色，CONSOLE 是选配角色。命名规则如下：

**TAG 命名规则：**一般的，若某个 TAG 的 ID 为  $i$ ，则简记为  $T_i$ ，如 ID 为 0 的 TAG 简记为  $T_0$ 。

**ANCHOR 命名规则：**一般的，若某个 ANCHOR 的 ID 为  $i$ ，则简记为  $A_i$ ，如 ID 为 0 的 ANCHOR 简记为  $A_0$ 。

**CONSOLE 命名规则：**一般的，若某个 CONSOLE 的 ID 为  $i$ ，则简记为  $C_i$ ，如 ID 为 0 的 CONSOLE 简记为  $C_0$ 。

工作示意图如图 7 所示

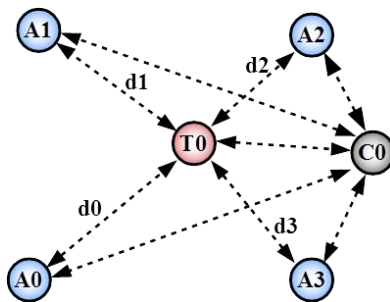


图 7: LP Mode 示意图

图中所示为 1 个标签  $T_0$ ，4 个基站  $A_0 \sim A_3$ ，1 个控制台  $C_0$ 。工作机制如下：

$T_0$  分别测量到 4 个基站的 TOF（飞行时间），乘以光速后获得  $T_0$  到各个基站的距离  $d_0 \sim d_3$ ，然后再进行数学计算求解自身坐标，解算好的坐标会进行滤波，甚至与 IMU 融合得到更好的定位效果，然后（通过通信接口）进行输出，图 8 所示为标签定位算法框架图。同时，通过 UWB 无线电报， $T_0$  将自身的坐标发送给信号范围内的基站、控制台，从而  $A_0 \sim A_3$ 、 $C_0$  均能输出  $T_0$  的坐标信息。

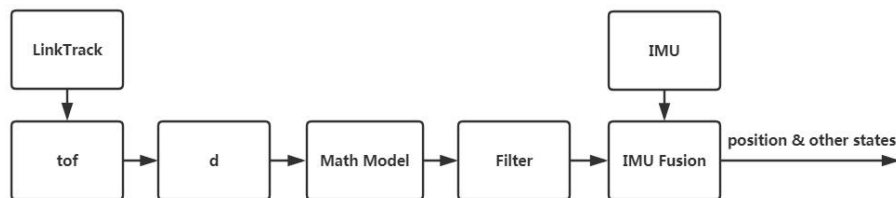


图 8: LinkTrack TAG 定位算法框架

进一步的，若（通过通信接口）向  $T_0$  发送数据（这里指数传数据）时， $T_0$  会自动将数传数据发送给信号范围内的基站、控制台，从而  $A_0 \sim A_3$ 、 $C_0$  均能输出  $T_0$  的数传数据。反之亦然，当（通过通信接口）向基站、控制台发送数传数据时，标签自动输出对应基站、控制台的数传数据。

当系统中存在多个标签时，按照一定的机制，能够使所有标签同时工作，不受影响。每一个标签独立输出自身的定位信息，以及从各个基站、控制台发送过来的数传数据；每一个基站、控制台输出信号范围内所有标签的定位信息，以及从各个标签发送过来的数传数据。

各个角色的功能与输出数据内容见表 3 所述

表 3: LP Mode Role 总述

Role	Installation	Description	Output
CONSOLE 控制台	无特殊要求	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>监测：</b>监测信号范围内所有 TAG 与 ANCHOR 的工作状态，如所有 TAG 的位置信息。</li> <li><b>数传：</b>接收信号范围内 TAG 与 ANCHOR 端用户发送的数据；发送数据给信号范围内的 TAG 与 ANCHOR。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>role 与 id</li> <li>网络同步时间戳</li> <li>供电电压</li> <li>信号范围内所有标签的数量及其 role、id、定位</li> </ul>

		<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>控制</b>: 无线设置系统中的节点、一键标定、一键空中升级。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● 坐标</li> <li>● 标签数传数据</li> </ul>
ANCHOR  基站	一般安装于 固定参考点	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>定位</b>: 作为标签定位解算的参考位置。</li> <li>● <b>监测</b>: 监测信号范围内所有 TAG 与 ANCHOR 的工作状态, 如所有 TAG 的位置信息。</li> <li>● <b>数传</b>: 接收信号范围内 CONSOLE 与 TAG 端用户发送的数据; 发送数据给信号范围内的 CONSOLE 与 TAG。</li> <li>● <b>控制</b>: 无线设置系统中的节点、一键标定、一键空中升级。</li> </ul>	
TAG 标签	一般安装于 待定位载体上	<ul style="list-style-type: none"> <li>● <b>定位</b>: 通过测量到各个基站的距离信息从而解算出自身的坐标位置然后通过通信接口输出。</li> <li>● <b>数传</b>: 接收信号范围内 CONSOLE 与 ANCHOR 端用户发送的数据; 发送数据给信号范围内的 CONSOLE 与 ANCHOR。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>● role 与 id</li> <li>● 网络同步时间戳</li> <li>● 供电电压</li> <li>● 信号范围内所有基站的数量及其 role、id、距离、信号强度</li> <li>● 自身的定位坐标、精度估计因子 (简单定位场景有效)</li> <li>● 三轴角速率与加速度</li> <li>● 欧拉角与四元数</li> <li>● 基站与控制台数传数据</li> </ul>

### 1.5.2 DR Mode|分布式测距模式

DR MODE 为分布式测距模式, 该模式下只存在 NODE 一种角色。所有 NODE 都可以测量到信号范围内与其他节点的距离, 并可以与其通信, 系统中的所有节点的时间全部进行同步输出。命名规则如下:

**Node 命名规则**: 一般的, 若某个 NODE 的 ID 为  $i$ , 则简记为  $N_i$ , 如 ID 为 0 的 NODE 简记为  $N_0$ 。

工作示意图见图 9 所示:

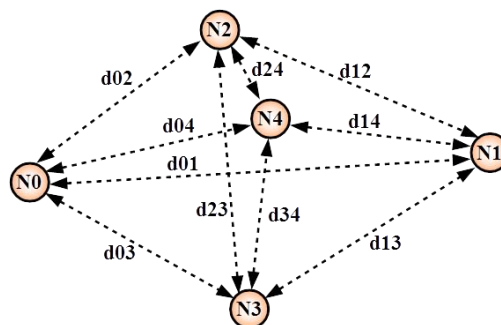


图 9: DR MODE 示意图

图中所示为 5 个节点  $N_0 \sim N_4$ 。工作机制如下:

$N_0$  分别测量到 5 个节点  $N_1 \sim N_4$  的 TOF (飞行时间), 乘以光速后获得  $N_0$  到各个节点的距离  $d_{01}$ 、 $d_{02}$ 、...、 $d_{04}$ , 然后 (通过通信接口) 将所有距离及其对应的 ID 等信息进行输出。同理,  $N_1$  可以获得到  $N_0$ 、 $N_2$ 、 $N_3$ 、 $N_4$  的 5 个距离, 分别为  $d_{10}$ 、 $d_{12}$ 、 $d_{13}$ 、 $d_{14}$ , 然后进行输出。 $N_2$ 、 $N_3$ 、 $N_4$  测量原理与前面一致。

进一步的，若通过通信接口向 N0 发送数据（这里指数传数据）时，N0 会自动将数传数据广播给信号范围内的所有节点，N1~N4 接收到来自 N0 的无线数传报文后进行解析，然后自动输出 N0 的数传数据。同理，若 N1 接收到了（来自通信接口）数传数据，则会自动广播出去，从而 N0、N2、N3、N4 自动输出 N1 的数传数据。N2、N3、N4 数传原理与前面一致。

各个角色的描述为表 4 所述：

表 4: DR MODE Role 总述

Role	Installation	Description	Output
NODE  节点	一般安装于 待测距载体 上	<ul style="list-style-type: none"> <li><b>测距：</b>测量到其他 NODE 的距离信息然后通过通信接口输出。</li> <li><b>数传：</b>接收在信号范围内其他 NODE 端用户发送的数据；发送数据给在信号范围内的其他 NODE。</li> </ul>	<ul style="list-style-type: none"> <li>role 与 id</li> <li>网络同步时间戳</li> <li>供电电压</li> <li>信号范围内其他节点的数量及其 role、id、距离、信号强度</li> <li>其他节点的数传数据</li> </ul>

### 1.5.3 DT Mode|数传模式

DT 模式为数传模式，该模式下存在 MASTER 与 SLAVE 两种角色。可以实现高速、低延迟的无线数据传输。根据使用场景的不同，又分为三种模式：

**DT\_MODE0：**智能通信模式。可以实现一对多广播、一对一双向通信；主机输入为协议帧数据，主机输出与从机输入输出为透传数据。

**DT\_MODE1：**双向通信模式。可以实现一对一双向通信；主机、从机输入输出均为透传数据。

**DT\_MODE2：**广播通信模式。可以实现一对多广播通信；主机、从机输入输出均为透传数据。

命名规则如下：

**MASTER 命名规则：**一般的，MASTER 只存在一个，简记为 M。

**SLAVE 命名规则：**一般的，若某个 SLAVE 的 ID 为 i，则简记为 Si，如 ID 为 0 的 SLAVE 简记为 S0；特别的，DT\_MODE1 与 DT\_MODE2 下，SLAVE 不需区分 ID，简记为 S。

工作示意图如图 10 所示，其中左图为 DT\_MODE0，中图为 DT\_MODE1，右图为 DT\_MODE2。工作原理如下：

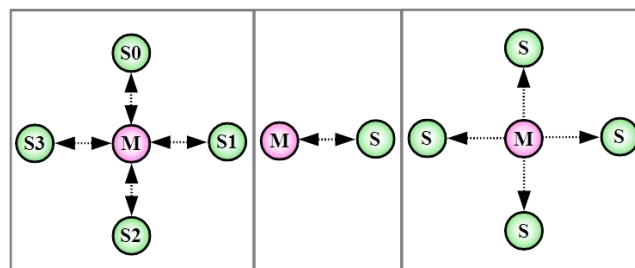


图 10: DT MODE 示意图

**DT\_MODE0 工作机制：**通过通信接口向主机 M 发送特定协议帧数据，来确定数传类型，数传数据长度和数据也嵌入在协议帧中。当数传类型为广播通信类型时：向 M 发送的协议帧中的数传内容会全部发送给所有的从机 S0~S3，然后通过通信接口透明输出数传数据；当为双向通信类型时：向 M 发送的协议帧中嵌入的数传数据会发送给（协议帧中）指定从机 ID，例如 S2，则 S2 通过通信接口透明输出数传数据，若此时通过通信接口向 S2 发送数传数据（透明输入），则 M 会通过通信接口透明输出来自 S2 的数传数据。

**DT\_MODE1 工作机制：**通过通信接口向主机 M 发送数传数据（透明输入），则从机 S 会通过通信接口透明输出来自 M 的数传数据。通过通信接口向从机 S 发送数传数据（透明输入），则主机 M 会通过通信接口透明输出来自 S 的数传数据。

**DT\_MODE2 工作机制：**通过通信接口向主机 M 发送数传数据（透明输入），则从机 S 会通过通信接口透明输出来自 M 的数传数据。

各个角色的描述见表 5 所述

表 5: DT MODE Role 总述

Role	Installation	Description
MASTER 主机	无特殊要求	● <b>数传：</b> 与 SLAVE 进行数据传输。
SLAVE 从机	无特殊要求	● <b>数传：</b> 与 MASTER 进行数据传输。

## 2 Typical Specifications|典型规格

表 6: 典型规格

Parameters	LTS	LTP	LTSS	LTPS	Note
天线类型	集成天线	外置天线	集成天线	集成天线	LTP 标配天线为棒状天线。
产品重量: g	12	33.3	2.9	3.9	含外壳, 天线。
天线重量: g	*	8.72	*	*	*
产品尺寸: mm	43*31*10	60.3*29*9	32*27*7	39*27*7	长*宽*高, 其中 LTP 尺寸不含外置天线。
天线尺寸: mm	*	85.5* $\phi$ 9.3	*	*	*
主体颜色	黑色				不含接口座子、安装孔、字体丝印等颜色。
外壳材料	ABS	铝合金	*	*	*
通信接口	UART				TTL 信号线为 3.3V 电平。
	USB		*	*	USB 接口与 UART 为同一数据源。
	2*CAN		*	*	2 个电气连接完全一样的 CAN 接口。暂未开放。
典型定位精度	一维: 10cm@精度, 5cm@标准差				数据基于第 4 章实验获得, 其中三维定位精度指 Z 轴, X、Y 轴与二维定位精度一致。
	二维: 10cm@精度, 5cm@R99				*
	三维: 30cm@精度, 15cm@标准差				*
陀螺仪	均方差噪声: 0.1°/S		*	*	IMU 参数为传感器数据手册描述精度。
	量程: $\pm 2000^{\circ}/S$				*
加速度计	噪声: 300ug				*
	量程: $\pm 16g$				*
欧拉角精度: $^{\circ}$	横滚、俯仰: 1				标准差; 欧拉角精度为静态下粗略测量精度, 动态下未做测量, 仅作为参考。
	偏航: 存在漂移				
工作温度: $^{\circ}C$	[-20,85]				此数据为实际场景粗略测试获得, 实际使用需以具体使用环境为准。
供电电压: V	[3.6,5.5]	[4.7,5.2]	[3.6,5.5]		所有通信接口电源都是具备电气连接的, 需要注意的是, 如果供电接口为 USB 口, 需使用 5V 电压供电保证 USB 接口正常工作。
功耗: W	1.0	1.35	0.7	0.8	参数配置与 4.1 节中测试一致。
通道数量: 个	6				可配置通道指的是产品可以正常工作的通道, 但实际只有部分通道能够将性能 (如距离) 全部发挥出来。
最佳通道数量: 个	3	1	3	1	
通信距离: m	80	500	80	350	在空旷环境下测得。
最大发射功率: dBm	-30	0	-30	0	数据基于第 4.1 节实验获得。
发射增益: dB	[0,33.5]				可调节。
频段: MHz	[3244.8,6998.9]				*
带宽: MHz	499.2, 1081.6, 1331.2				不同的通道可能对应不同的带宽。
冷启动时间: S	1				从上电开机到正常工作时间。

### 3 Setting and Function|配置与功能

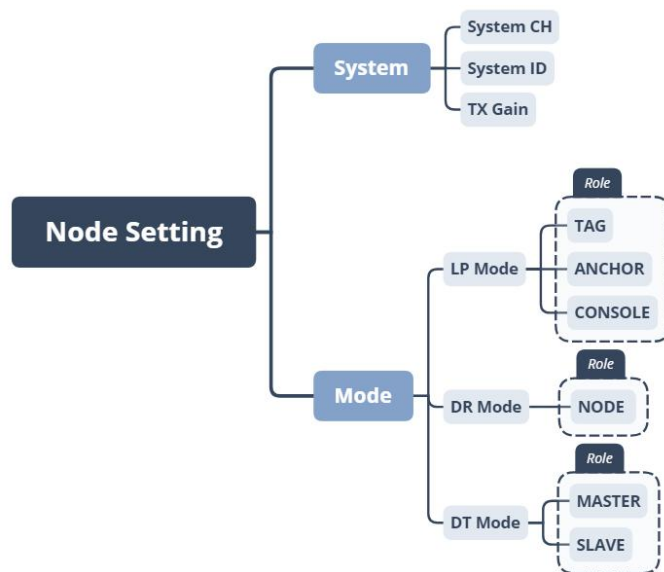


图 11: LT 配置总述

图 11 所示为 LT 配置总述图，包括 System 与 Mode 相关参数配置。

#### 3.1 System Parameters|系统参数

文档中的 System 指的是一套独立运行的 LinkTrack 系统，同一套系统的 System Parameters 要求一致。

System Parameters 由 System CH、System ID、TX Gain 组成，主要作用为：

1. 满足不同国家、地区允许的频段、发射功率规范。
2. 满足多套系统同时工作需求。
3. 适应更多的使用环境。

##### 3.1.1 System CH|系统通道

System CH 由射频通道和编码组合形成。LinkTrack 支持 6 个射频通道与 2 种编码方式，从而可获得 12 种组合方式，同一套 System 的节点要求配置为同样的 System CH。

每一个 System CH 的配置如表 7 所示

表 7: System CH 详细信息

System CH	Centre Frequency (MHz)	Band (MHz)	Bandwidth (MHz)	Encoder Mode
0	3494.4	[3244.8,3744]	499.2	Encoder Mode0
1	3494.4	[3244.8,3744]	499.2	Encoder Mode1
2	3993.6	[3744,4243.2]	499.2	Encoder Mode0
3	3993.6	[3744,4243.2]	499.2	Encoder Mode1
4	4492.8	[4243.2,4742.4]	499.2	Encoder Mode0
5	4492.8	[4243.2,4742.4]	499.2	Encoder Mode1
6	3993.6	[3328,4659.2]	1331.2	Encoder Mode0
7	3993.6	[3328,4659.2]	1331.2	Encoder Mode1
8	6489.6	[6240,6739.2]	499.2	Encoder Mode0
9	6489.6	[6240,6739.2]	499.2	Encoder Mode1

10	6489.6	[5980.3,6998.9]	1081.6	Encoder Mode0
11	6489.6	[5980.3,6998.9]	1081.6	Encoder Mode1

LTS 与 LTP 推荐使用的 System CH 如表 8 所述，这里一级优先指的是在该 System CH 下，通信丢包率、距离范围等指标均表现最佳，二级次之，三级最差。

表 8: 产品与 System CH 对应表

Product	一级优先	二级优先	三级优先
LTS	2,3,4,5,8,9	-	other
LTP	2,3	-	other

### 3.1.2 System ID|系统 ID

System ID 是用于区分不同的 System 身份而设定的一个变量，同一套 System 的节点要求配置为同样的 System ID。

### 3.1.3 TX Gain|发射增益

TX Gain 可调范围为[0,33.5]dB，通过调节 TX Gain，发射功率的增量最大可达 33.5dB。一般情况下，TX Gain 越大，通信距离越远。一般要求同一套 System 的节点配置为同样的 TX Gain。

## 3.2 Mode Parameters|模式参数

LinkTrack 系统支持运行在三种模式，分别为 LP Mode、DR Mode、DT Mode。

### 3.2.1 LP Mode|局部定位模式

LP Mode 分为六种不同模式，参数见表 9 所示

表 9: LP Mode 参数表

Mode		Role	Parameters				
			Capacity	UpdateRate (Hz)	DT MaxLength, DT NoCache MaxLength (Byte)	DT Rate (Bps)	Delay (ms)
LP	LP_MODE0	TAG	40	1,2,5,10,25,50	128, 20	1000	< 20
		ANCHOR	8		128, 20	1000	
		CONSOLE	1		1000, 224	11200	
	LP_MODE1	TAG	40	1,2,5,10,20	128, 20	400	< 50
		ANCHOR	30		128, 20	400	
		CONSOLE	1		1000, 224	4480	
	LP_MODE2	Coming soon !					
	LP_MODE3						
	LP_MODE4	TAG	40	1,2,5,10	128, 20	200	< 100
		ANCHOR	120		128, 20	200	
		CONSOLE	1		1000, 224	2240	
	LP_MODE5	TAG	4	1,2,5,10,25,50,	128, 20	4000	< 5
		ANCHOR	4	100,200	128, 20	4000	
		CONSOLE	0	*	*	*	
	LP_MODE6	TAG	16	1,2,5,10,25,50,	128, 20	2000	< 10
		ANCHOR	6	100	128, 20	2000	



		CONSOLE	1		1000, 88	8800	
--	--	---------	---	--	----------	------	--

**Mode:** 模式。为了尽可能满足不同场景对 Role 容量、刷新频率、延迟等需求，LP Mode 支持配置 5 种不同的模式，LP\_MODE0、1、4、5、6。

**Role:** 角色。LP Mode 下可以配置的 TAG、ANCHOR、CONSOLE 三种角色，其中 LP\_MODE5 暂不支持 CONSOLE 角色。

**Capacity:** 容量。对应 LP Mode 下各个 Role 同时工作的最大容量。例如，LP\_MODE0 最多支持 40 个 TAG (T0~T39)、8 个 ANCHOR (A0~A7)、1 个 CONSOLE (C0) 同时工作。

**UpdateRate:** 更新频率，代表定位数据帧输出的频率，在 LP Mode 确定后，其大小不影响 Capacity、DT Rate、Delay 等参数。特别的，对于 ANCHOR 与 CONSOLE，当系统中没有 TAG 工作时，会自动将定位帧以 1Hz 频率输出，当 TAG 工作时，会自动恢复设置好的 UpdateRate 输出。本文中，定义 UpdateRate Max 为 UpdateRate 的最高选项，代表定位输出帧与数传输出帧最快的更新频率。例如，在 LP\_MODE0 下，各个 Role 的 UpdateRate Max 均为 50Hz，当 TAG 的 UpdateRate 设置为 25Hz 时，则 TAG 的定位输出帧将每隔 40ms 输出一帧，若有来自其他 ANCHOR、CONSOLE 的数传数据，在没有缓存的情况下，数传输出帧最快的更新频率与 UpdateRate Max 一致，即 50Hz。

**DT MaxLength:** 单帧数传数据最大长度。若单帧数传数据超过 DT MaxLength，则超过部分舍弃不发送。例如，在 LP\_MODE0 下，单次向 TAG、ANCHOR 发送的数传数据长度不能够超过 128 字节，单次给 CONSOLE 发送的数传数据长度不能够超过 1000 字节。再如，在 LP\_MODE0 下，若单次向 Tag 发送的数传数据为 150 字节，则 ANCHOR、CONSOLE 接收到的数传数据为前 128 字节。

**DT NoCache MaxLength:** 无缓存单帧数传数据最大长度。例如，在 LP\_MODE0 下，对于 TAG、ANCHOR 的 DT NoCache MaxLength 是 20 字节，CONSOLE 是 200 字节。再如，在 LP\_MODE0 下，若以 50Hz 频率向 TAG 发送的数传数据长度均为 15 字节，则 ANCHOR、CONSOLE 将以 50Hz 频率输出 TAG 端发过来的数传数据。

**DT Rate:** 数传速率，代表各个 Role 发送给其他 Role 带宽的大小。在 LP Mode 确定后，DT Rate 不受实际节点工作数量、数据更新频率影响。其计算公式为

$$DT\ Rate = UpdateRate\ Max * DT\ NoCache\ MaxLength$$

例如，在 LP\_MODE0 下，TAG、ANCHOR 的 UpdateRate Max 为 50Hz，DT NoCache MaxLength 为 20 Bytes，则 DT Rate 为 1000B/S；CONSOLE 的 UpdateRate Max 为 50Hz，DT NoCache MaxLength 为 200 Bytes，则 DT Rate 为 1000B/S。再如，在 LP\_MODE0 下，每秒可以向 TAG 发送最多 1000 字节数据，信号范围内 ANCHOR、CONSOLE 收到后，将会通过通信接口自动发出。

**Delay:** 延迟，代表定位输出帧与数传输出帧的延迟大小。Delay 的大小由 UpdateRate Max 决定，其计算公式为

$$Delay = 1 / UpdateRate\ Max$$

例如，在 LP\_MODE5 下，TAG、ANCHOR、CONSOLE 的 UpdateRate Max 均为 200Hz，Delay 均为 5ms，即 TAG 的定位延迟为 5ms（未开启滤波器，即 Filter Factor 为 0），若此时向 ANCHOR 发送数传数据（数据长度未超过 DT NoCache MaxLength），则 TAG 输出来自 ANCHOR 的数传数据，延迟为 5ms。若发生了数传缓存现象，则延迟会增加，计算公式为：

$$Delay = (1 / UpdateRate\ Max) * ((DT\ Length / DT\ NoCache\ MaxLength) + 1)$$

其中，“/”代表取整计算。例如，在 LP\_MODE0 下，若向 ANCHOR 发送数传数据长度为 50 字节，则其长度是 DT NoCache MaxLength 的 2.5 倍，发生了缓存现象，则 TAG 端输出来自 ANCHOR 的数传数据延迟为 60ms。



### 3.2.2 DR Mode|分布式测距模式

DR Mode 参数见表 10 所示

表 10: DR Mode 参数表

Mode	Role	DR_MODE0				
		Capacity	UpdateRate (Hz)	DT MaxLength, DT NoCache MaxLength (Byte)	DT Rate (Kbps)	Delay (ms)
DR_MODE0	NODE	5	1,2,5,10,25,50,100,200	4096, 100	156.25	< 5
		10	1,2,5,10,25,50,100	4096, 100	78.125	< 10
		20	1,2,5,10,25,50	4096, 70	27.34375	< 20
		50	1,2,5,10,20	4096, 100	7.8125	< 100

**Mode:** 模式。DR Mode 仅支持配置为 DR\_MODE0 一种模式。为了尽可能满足不同场景对 Role 容量、刷新频率、延迟等需求，DR\_MODE0 支持配置多种不同的容量。

**Role:** 角色。DR Mode 下只存在 NODE 一种角色。

**Capacity:** 容量。对应 DR Mode 下各个 Role 同时工作的最大容量。例如，DR\_MODE0 下，支持 5、10、20、50 多种 Capacity 的配置，当 Capacity 为 50 时，DR\_MODE0 最多支持 50 个 NODE (N0~N49) 同时工作。

**UpdateRate:** 更新频率，代表定位数据帧输出的频率，在 DR Mode 的 Capacity 确定后，其大小不影响 DT Rate、Delay 等参数。本文中，定义 UpdateRate Max 为 UpdateRate 的最高选项，代表定位输出帧与数传输出帧最快的更新频率。例如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 20 时，UpdateRate Max 为 50Hz，当 NODE 的 UpdateRate 设置为 25Hz 时，则 NODE 的定位输出帧将每隔 40ms 输出一帧，若有来自其他 NODE 的数传数据，在没有缓存的情况下，数传输出帧最快的更新频率与 UpdateRate Max 一致，即 50Hz。

**DT MaxLength:** 单帧数传数据最大长度。若单帧数传数据超过 DT MaxLength，则超过部分舍弃不发送。例如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 10 时，NODE 的 DT MaxLength 是 4096 字节，即单次给 NODE 发送的数传数据长度不能够超过 4096 字节。再如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 10 时，若单次向 NODE 发送的数传数据为 4321 字节，则其他 NODE 接收到的数传数据为前 4096 字节。

**DT NoCache MaxLength:** 无缓存单帧数传数据最大长度。例如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 10 时，NODE 的 DT NoCache MaxLength 是 100 字节，若以 100Hz 频率向 NODE 发送的数传数据长度均为 88 字节，则其他 NODE 将以 100Hz 频率输出该 NODE 端发过来的数传数据。

**DT Rate:** 数传速率，代表各个 Role 发送给其他 Role 带宽的大小。在 DR Mode 的 Capacity 确定后，DT Rate 不受实际 NODE 工作数量、UpdateRate 影响。其计算公式为

$$\text{DT Rate} = \text{UpdateRate Max} * \text{DT NoCache MaxLength}$$

例如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 5 时，NODE 的 UpdateRate Max 为 200Hz，DT NoCache MaxLength 为 100Bytes，则 DT Rate 为  $(200*100)*8/1024=156.25\text{Kbps}$ 。再如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 10 时，每秒可以向 NODE 发送最多 78.125Kb 数据，信号范围内其他 NODE 收到后，将会通过通信接口自动发出。

**Delay:** 延迟，代表定位输出帧与数传输出帧的延迟大小。Delay 的大小由 UpdateRate Max 决定，其计算公式为

$$\text{Delay} = 1 / \text{UpdateRate Max}$$

例如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 10 时，NODE 的 UpdateRate Max 均为 100Hz，则 Delay 均为 10ms，即 NODE 的定位延迟为 10ms，若此时向 NODE 发送数传数据（数据长度未超过 DT

NoCache MaxLength)，则其他 NODE 输出来自该 NODE 数传数据的延迟为 10ms。若发生了数传缓存现象，则延迟会增加，计算公式为：

$$\text{Delay} = (1 / \text{UpdateRate Max}) * ((\text{DT Length} / \text{DT NoCache MaxLength}) + 1)$$

其中，“/”代表取整计算。例如，在 DR\_MODE0 的 Capacity 为 10 时，若向 NODE 发送数传数据长度为 350 字节，则其长度是 DT NoCache MaxLength 的 3.5 倍，发生了缓存现象，则其他 NODE 端输出来自该 NODE 的数传数据延迟为 40ms。

### 3.2.3 DT Mode|数传模式

DT Mode 分为三种不同模式，见表 11、表 12、表 13 所示

表 11: DT\_MODE0 参数

Role	Capacity	DT Rate (Mbps)	DT MaxLength, DT NoCache MaxLength (Byte)	TX Period Min & Delay (ms)
MASTER	1	3.0	1000,1000	<2, MASTER 与 SLAVE 只有一个传输数据。 <4, MASTER 与 SLAVE 都传输数据时候。
SLAVE	255	1.5	1000,1000	

表 12: DT\_MODE1 参数

Role	Capacity	DT Rate (Mbps)	DT MaxLength, DT NoCache MaxLength (Byte)	TX Period Min & Delay (ms)
MASTER	1	3.0	1000,1000	<2, MASTER 与 SLAVE 只有一个传输数据。 <4, MASTER 与 SLAVE 都传输数据时候。
SLAVE	1	1.5	1000,1000	

表 13: DT\_MODE2 参数

Role	Capacity	DT Rate (Mbps)	DT MaxLength, DT NoCache MaxLength (Byte)	TX Period Min & Delay(ms)
MASTER	1	3.0	1000,1000	<0.5
SLAVE	INF	*	*	*

**Mode:** 模式。为了尽可能满足不同场景对数传带宽、通信机制等需求，DT Mode 支持配置为 DT\_MODE0、1、2 一共 3 种模式。

**Role:** 角色。DT Mode 支持配置为 MASTER 与 SLAVE 两种角色。

**Capacity:** 容量。对应 DT Mode 下各个 Role 同时工作的最大容量。例如，DT\_MODE0 下，MASTER 的容量为 1，SLAVE 的容量为 255，即 DT\_MODE0 最多支持 1 个 MASTER 与 255 个 SLAVE（S0~S254）同时工作。

**DT Rate:** 数传速率，代表各个 Role 发送给其他 Role 带宽的大小。如 DT\_MODE0 下，当 MASTER 处于广播状态时，其数传速率为 3Mbps；当 MASTER 处于双向通信状态时，MASTER 与 SLAVE 的数传速率为 1.5Mbps。

**DT MaxLength:** 单帧数传数据最大长度。若单帧数传数据长度超过 DT MaxLength，则超过部分舍弃不发送。例如，在 DT\_MODE2 中，MASTER 的 DT MaxLength 是 1000 字节，即单次向 MASTER 发送的数传数据长度不能够超过 1000 字节，若单次向 MASTER 发送的数传数据为 1024 字节，则其他 NODE 接收到的数传数据为前 1000 字节。

**DT NoCache MaxLength:** 无缓存单帧数传数据最大长度。在 DT Mode 下，DT MaxLength 与 DT NoCache MaxLength 相等，因此无缓存机制。

**TX Period Min:** 最小发送周期。代表向 Node 发送两帧数传数据的时间间隔。如 DT\_MODE0 下，当 MASTER 处于广播状态时，向 MASTER 连续发送两帧数传数据帧的时间间隔建议大于 2ms；当 MASTER 处于双向通信状态时，向 MASTER 或 SLAVE 连续发送两帧数传数据帧的时间间隔均建议大于 4ms。

**Delay:** 延迟，代表数传输出帧的延迟大小，其大小与 TX Period Min 一致。

### 3.3 Baudrate|波特率

所有模式均与此项有关。这里 Baudrate 指的是 UART 与 USB。CAN 通信接口暂未开放。

表 14: Baudrate 参数列表

Baudrate	Note
115200,230400,460800,921600,1000000,1200000, 1500000,2000000,3000000	波特率可以设置为列表中的对应参数，由于低波特率数据传输带宽受限，实际使用过程中，波特率的设置建议为大于等于 921600，使得产品的性能尽可能的释放出来。

### 3.4 Indicator Light|指示灯

所有模式均与此项有关。通信接口指的是节点上的 UART 或 USB。支持设置开启或关闭指示功能。

表 15: Indicator Light 含义

Description	Status
LP、DR、DT 常规运行模式中	通信接口向外每发送一帧数据，绿色灯翻转一次状态；向通信接口每发送一帧数据，蓝色灯翻转一次状态。如果 1 秒内未检测到新的收发状态变化，则相关颜色灯自动熄灭。
无线固件更新中的直连节点	
无线设置模式中的直连节点	
一键标定中的直连基站或控制台	
固件更新中的直连节点	蓝绿灯同时以 0.05 秒翻转状态高频快闪。
无线固件更新中的非直连节点	蓝绿灯同时以 0.1 秒翻转状态高频快闪。
无线设置模式中的非直连节点	蓝色灯以 1 秒翻转状态闪烁，绿色灯常灭。
一键标定中的标签	
一键标定中的非直连基站	蓝绿灯同时以 0.5 秒翻转状态快闪。
无标签工作时的基站、控制台	绿色灯以 1 秒翻转状态闪烁。
节点未上电	蓝绿灯均常灭。
指示灯关闭	

### 3.5 RSSI|信号强度指示

LP 与 DR Mode 与此项相关，DT Mode 与此项无关。节点可以输出所接收到的第一路径信号强度指示 FP RSSI 与总接收信号强度指示 RX RSSI，分辨率为 0.5dB。其中 FP RSSI 代表最先被节点接收到的信号强度指示，RX RSSI 代表被节点接收到的所有信号强度指示。通过 FP RSSI 与 RX RSSI 差值大小可以作为判断视距与非视距情况的一个参考。

### 3.6 Math Model|数学模型

LP Mode 的 TAG 与此项相关，其他 Role 以及 DR、DT Mode 与此项无关。针对不同的应用场合，在定位算法上，TAG 内置了三种典型的 Math Model，见表 16 所示

表 16: Math Model 描述表

Math Model	Description
MATH_MODEL0	标签不进行定位解算，仅输出其他有效信息，如距离、信号强度等。
MATH_MODEL1	适合基站数量为 8 个场景，需要区分标签在基站上方还是下方的场景。当做三维定位时，8 个基站需架设为矩体（即基站须有高度差）；当只使用 4 个基站（A0~A3）时，X、Y 定位

	效果与 MATH_MODEL2 等效，Z 坐标输出为无效值。
MATH_MODEL2	适合多区域基站级联场景（需要注意的是，固件暂时未开放对于多区域基站级联场景（即超过 4 个基站）的坐标解算模型，即输出的定位帧中只有原始距离而无坐标数据。）。在此数学模型下，标签的 Z 坐标信息无法区分出在平面下方还是上方。如果需要使用第三个维度定位信息，一般建议定位标签在基站平面的某一侧运动，且当标签靠近基站平面时，Z 坐标输出精度逐渐降低甚至误解输出无效值。

### 3.7 Filter Factor|滤波因子

LP Mode 的 TAG 与此项相关，其他 Role 以及 DR、DT Mode 与此项无关。对于定位标签的位置输出，节点内部自带一个卡尔曼状态估计器，通过对标签解算出来的坐标进行滤波达到平滑效果。TAG 的 Filter Factor 代表滤波的程度：数值越大，平滑效果越好，但定位数据输出延迟越大；数值越小，平滑效果越弱，但定位数据输出延迟越小；数值为 0 时，则代表不进行滤波，标签输出的位置数据为原始定位数据。

### 3.8 Function Key|功能按键

所有模式均与此项有关。功能按键，暂未开放。

### 3.9 Voltage Monitoring|电压监测

LP 与 DR Mode 与此项相关，DT Mode 与此项无关。经过通信接口供电的电源，节点可以通过内部的电压监测器监测到供电电压，并通过通信协议帧发送出来。

### 3.10 One-key Calibration|一键标定

LP Mode 与此项相关，DR、DT Mode 与此项无关。在 LP Mode 下，通过连接任意一个 CONSOLE 或 ANCHOR，发送标定指令后，即可对 ANCHOR 的坐标进行标定，从而确定出 ANCHOR 的相对位置。当前固件只支持同平面 4 个 ANCHOR（A0~A3）的标定，更多基站的使用场景需要手动标定。

### 3.11 Wireless Setting|无线设置

LP 与 DR Mode 与此项相关，DT Mode 与此项无关。在 LP Mode 下，通过连接任意一个 CONSOLE 或 ANCHOR，可实现对网络中的所有节点进行查询、读写参数、重启等功能。

### 3.12 Firmware Update|固件升级

所有 Mode 均与此项有关。通过连接 Node，加载固件后进行升级。

### 3.13 One-key Wireless Update|一键无线升级

LP 与 DR Mode 与此项相关，DT Mode 与此项无关。在 LP Mode 下，通过连接任意一个 CONSOLE 或 ANCHOR，加载固件后，可一键升级所有在网络中的 Node；在 DR Mode 下，则连接任意一个 NODE 进行一键升级。

## 4 Typical Performance|典型表现

### 4.1 TX Power|发射功率

#### 4.1.1 Condition|条件

表 17: 发射功率测试关键参数配置

Main Parameters	LinkTrack S	LinkTrack P
System CH	9	3
TX Gain (dB)	33.5	
Mode	DT_MODE0	
Role	MASTER	
供电电压: v	5.0	

在 DT\_MODE0 下, MASTER 会以不超过 3ms 的时间周期向外持续发射无线电信号, 通过频谱仪 (Agilent 8596E) 捕捉信号。

需要注意的是: LTS 为集成天线, 通过将 LTS 的射频天线对准频谱仪的接收天线而测得。LTP 为外置天线, 直接将 SMA 射频头接入频谱仪测得。因此 LTS 的实际发射功率应该更大, LTP 的发射功率更加接近真实值。图 12 中可以看出 LTS 在中心频率的最大发射功率约 -30dBm, 图 13 中可以看出 LTP 在中心频率的最大发射功率约 0dBm。

#### 4.1.2 Result|结果

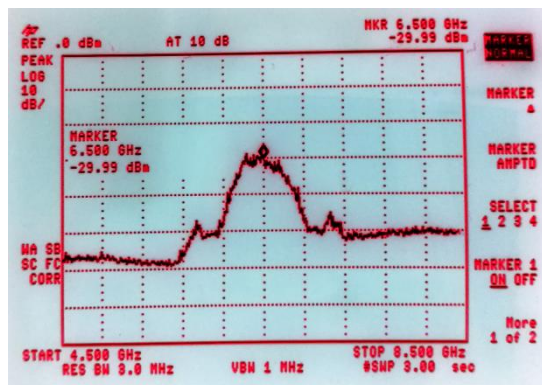


图 12: LinkTrack S 发射频谱

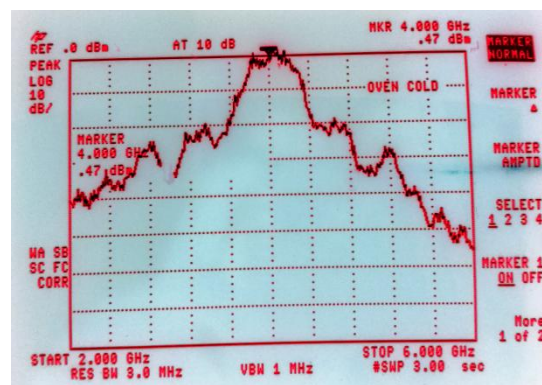


图 13: LinkTrack P 发射频谱

## 4.2 Positioning|定位

经过实际测量, LTS 与 LTP 的定位性能表现差异不大, 最主要的区别在于 LTP 的可调制的最大发射功率比 LTS 大。该文档定位性能指标测量指标均来源于 LTS。

评估 LinkTrack 的定位指标性能是一项非常具有挑战性的工作, 如其定位性能与时钟漂移、天线方向、标签位置、基站布局等因素均有关系。其中, 基站布局对定位精度的影响可以通过理论计算获得。本文档设计了三个实验来尽可能的分析与时钟漂移、天线方向、标签位置三个因素有关的定位性能表现, 实验中单位均为 m。

因实验条件有限, 定位性能相关指标暂未通过 Ground Truth 对比评估。



### 4.2.1 Condition|条件

在定位性能的测试中，实验基础条件为表 18 所示

表 18: 实验基础条件

Name	Content	Note
硬件	LTS	*
温度: °C	[10,40]	*
地点	Nooploop 2 号实验基地（深圳）	*
时间	201906	*
环境	户外空旷场地	*
工作模式	LP_MODE0	*
标签、基站供电电压: v	5	*
标签、基站数量: 个	A0、A1、A2、A3、T0	*
基站坐标: m	(0,0,1.6),(0,7.3,1.6),(7.28,7.3,1.6),(7.28,0,1.6)	通过尺子实际测量，安装于三脚架上。
标签、基站刷新频率: Hz	50	*
System CH	9	*
TX Gain: dB	33.5	*
标签 MATH_MODEL	MATH_MODEL2	*
标签是否有融合 IMU	无	*
标签是否有滤波	无	*

### 4.2.2 Static|静态

表 19: 标签 Static 测试条件

Name	Content	Note
实验简介	将标签安装于三脚架，三脚架安装于水平地面	*

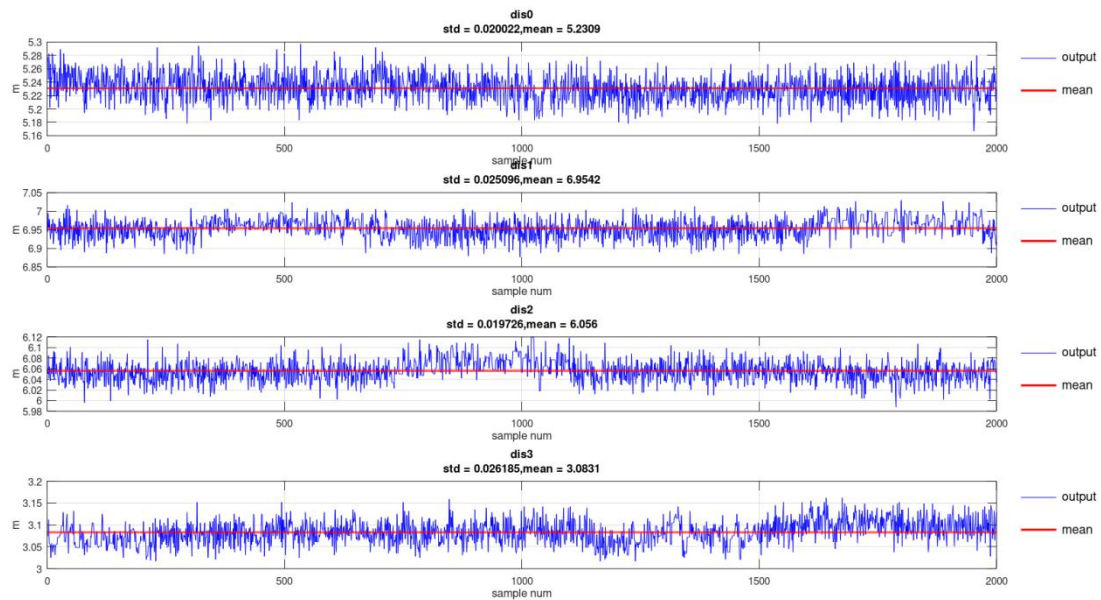


图 14: Static 测试下标签到基站的距离曲线

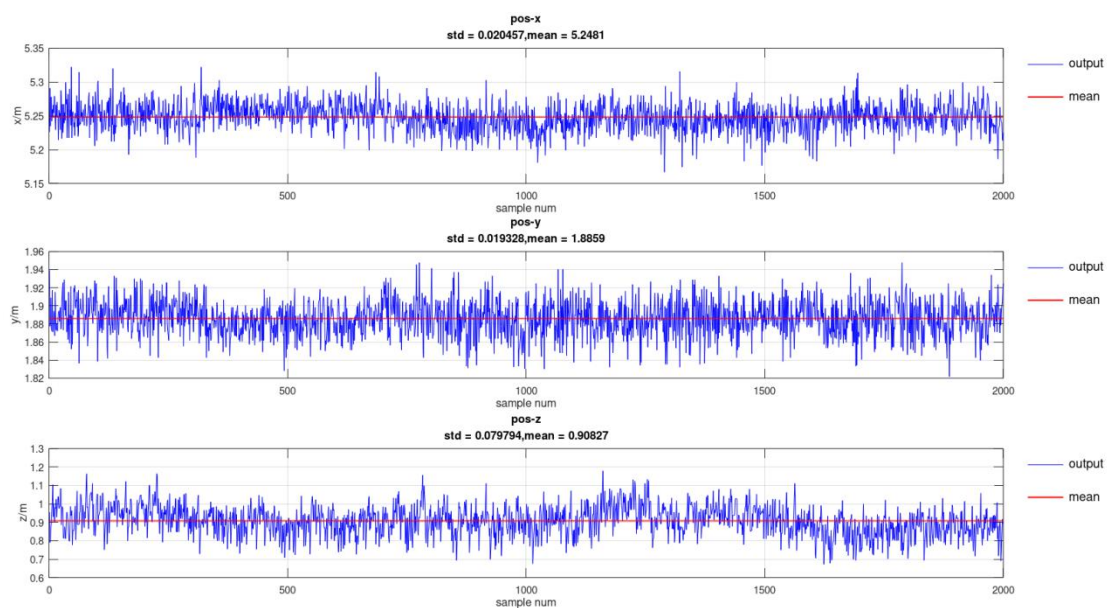


图 15: Static 测试下标签坐标曲线

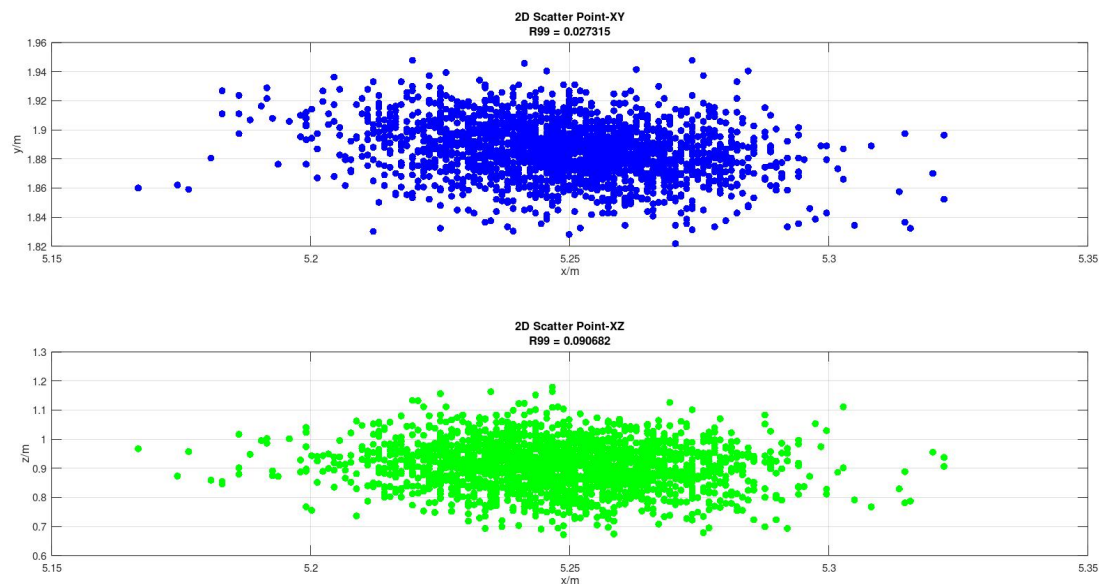


图 16: Static 测试下标签二维坐标分布图

#### 4.2.3 Rotation|旋转

表 20: 标签 Rotation 测试条件

Name	Content	Note
实验简介	将标签安装于旋转平台，旋转平台静止安装于水平地面。	*
旋转角速率: °/s	112.5	基于 Nooploop 1 号转台测试。

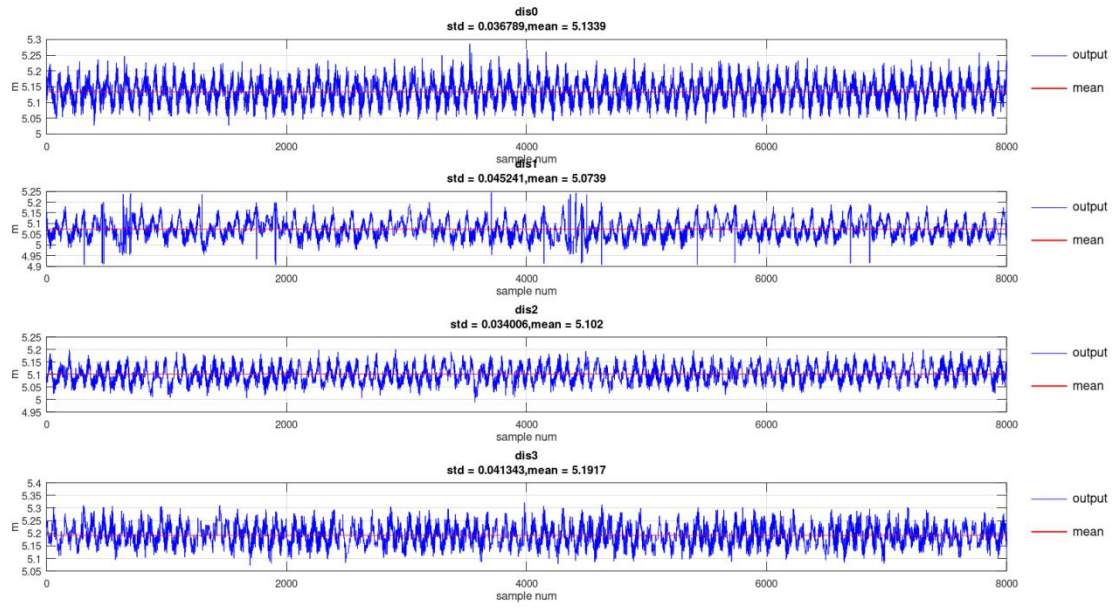


图 17: Rotation 测试下标签到基站的距离曲线

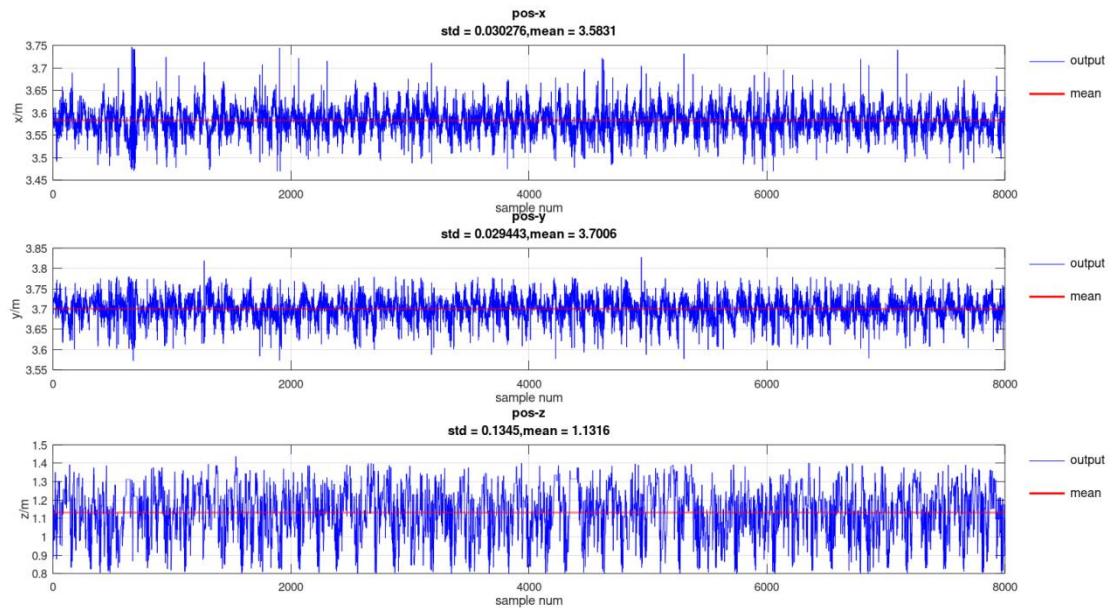


图 18: Rotation 测试下标签坐标曲线



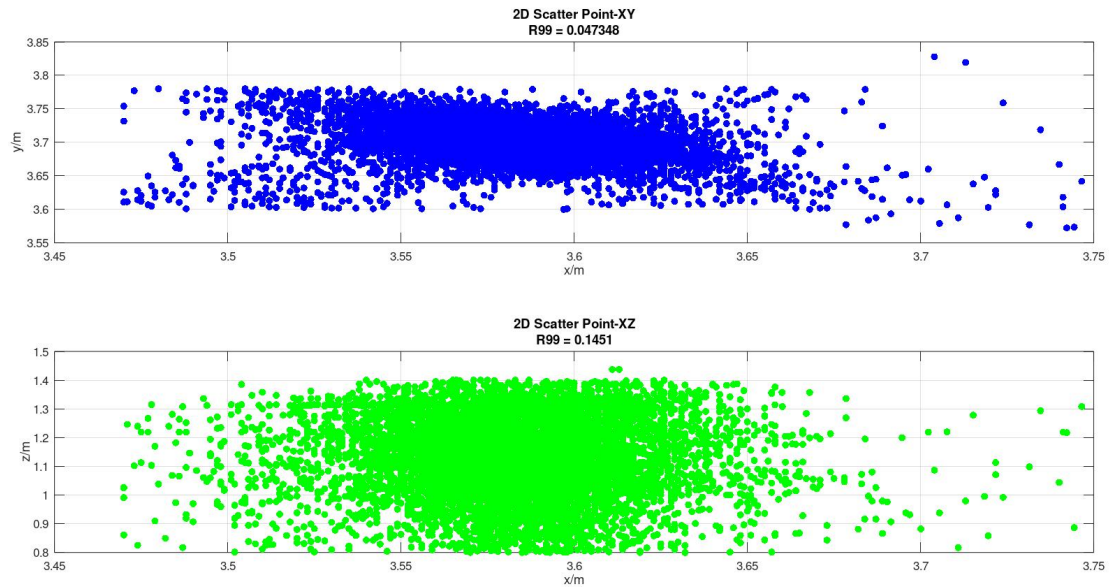


图 19: Rotation 测试下标签二维坐标分布图

#### 4.2.4 Dynamics|动态

表 21: 标签 Dynamics 测试条件

Name	Content	Note
实验简介	将标签安装于移动小车载体上，移动小车在固定的轨道运动大概 3 圈。	*
轨道道宽精度: m	$\pm 0.03$	*
轨道尺寸: m	轨道尺寸见图 20 所示。	*
标签运动速度: m/s	1.4	平均速度

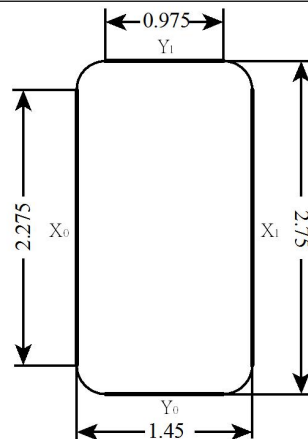


图 20: Dynamics 测试轨道尺寸图，单位: m

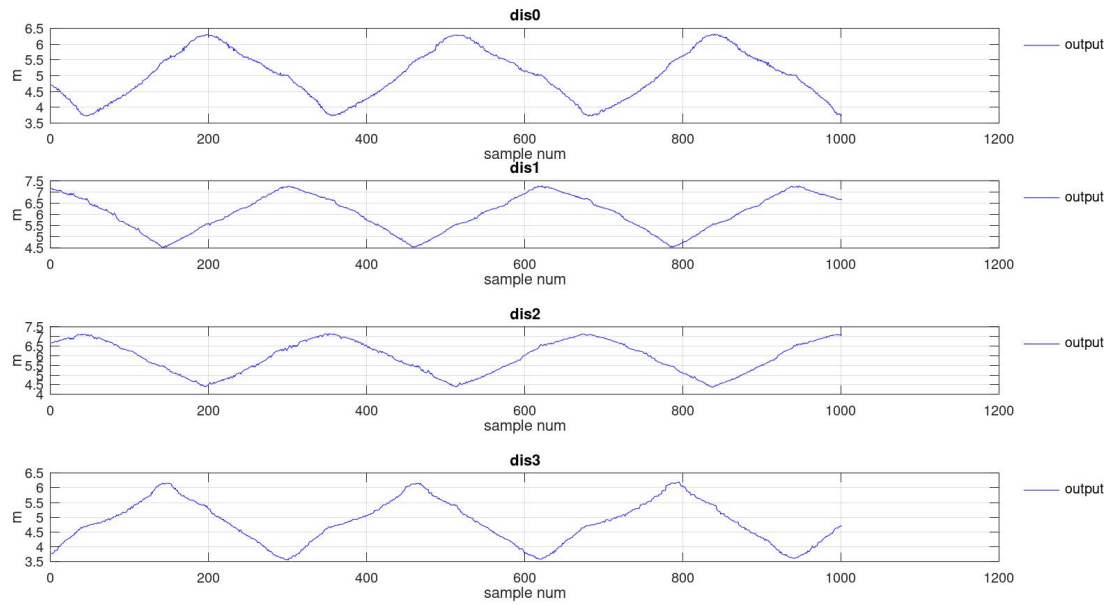


图 21: Dynamics 测试下标签到基站的距离曲线

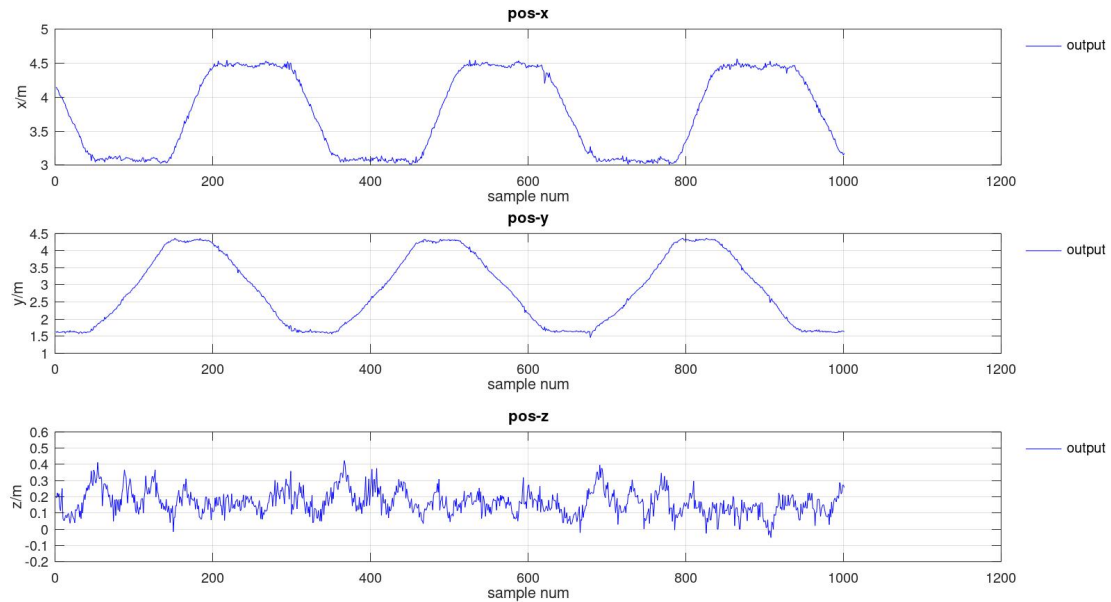


图 22: Dynamics 测试下标签坐标曲线

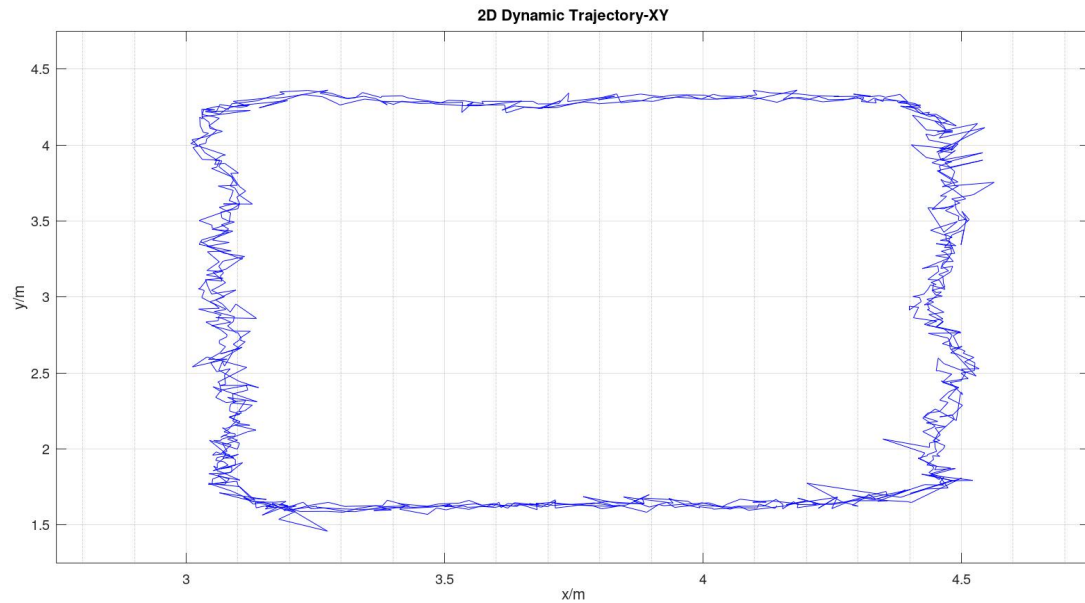


图 23: Dynamics 测试下标签轨迹曲线

因为测试无 Ground Truth 与时间戳跟踪, 采用了表 22 中所示的方案作为定位性能评估指标

表 22: Dynamics 测试下指标评估

Name	Content	Note
Xm0 轨迹标准差: m	0.0247	Xm0、Xm1、Ym0、Ym1 指的是对应 X0、X1、Y0、Y1 段轨道的运动轨迹, 并将经过同一轨道的轨迹组合而成的一组数据。
Xm1 轨迹标准差: m	0.0275	
Ym0 轨迹标准差: m	0.0207	
Ym1 轨迹标准差: m	0.0303	
Xm1-Xm0 平均相对长度: m	1.4	*
Ym1-Ym0 平均相对长度: m	2.68	
Xm1-Xm0 平均相对长度偏差: m	-0.05	此处偏差为相对于轨道的偏差, 即: Xm1-Xm0 平均相对长度偏差 = (Xm1-Xm0) - (X1-X0); Ym1-Ym0 平均相对长度偏差 = (Ym1-Ym0) - (Y1-Y0)。
Ym1-Ym0 平均相对长度偏差: m	-0.07	

## 5 Protocol|协议

LinkTrack 支持 NLink 与第三方协议，NLink 具体内容请参考 NLink 文档。文档中提到的协议指的是 UART、USB 的通信协议，CAN 通信协议暂未开放。

### 5.1 NLink Protocol|NLink 协议

#### 5.1.1 Principle|原则

##### 5.1.1.1 Composition|构成

如表 23 所示，Protocol 由 Frame Header（帧头）、Function Mark（功能字）、Data（数据）、Sum Check（校验和）组成。其中 Frame Header、Function Mark 为固定不变的数值；Data 为传输的数据内容，Sum Check 为 Frame Header、Function Mark、Data 相加求和（即前面所有字节相加）后的最低字节。

表 23: Protocol 组成

Frame Header	+	Function Mark	+	Data	+	Sum Check
--------------	---	---------------	---	------	---	-----------

##### 5.1.1.2 Endian|字节序

NLink 遵循 Little-endian|小端模式原则，即低字节在前，高字节在后。

##### 5.1.1.3 Type|类型

定长协议：长度固定的协议

变长协议：长度变化的协议

NLink 协议由定长协议与变长协议组成，可满足不同场景的需求。

#### 5.1.2 Description|描述

表 24: NLink 协议内容概述

协议	缩写 1	缩写 2	类型	描述
NLINK_LINKTRACK_ANCHOR_FRAME0	NLT_AF0	ANCHOR_FRAME0	定长	输出内容包括网络系统时间戳、所有标签坐标与其到基站的距离、节点 id、节点供电电压等信息。
NLINK_LINKTRACK_TAG_FRAME0	NLT_TF0	TAG_FRAME0	定长	主要输出内容包括系统时间戳、标签自身坐标及其精度指示因子、到基站的距离、IMU 原始数据信息、姿态信息等信息。
NLINK_LINKTRACK_NODE_FRAME0	NLT_NF0	NODE_FRAME0	变长	数传输出协议。
NLINK_LINKTRACK_NODE_FRAME1	NLT_NF1	NODE_FRAME1	变长	输出内容包括网络系统时间戳、所有标签坐标。
NLINK_LINKTRACK_NODE_FRAME2	NLT_NF2	NODE_FRAME2	变长	主要输出内容包括系统时间戳、坐标及其精度指示因子、距离及其信号强度、IMU 原始数据信息、姿态信息等信息。

NLINK_LINKTRACK_NODE_FRAME3	NLT_NF3	NODE_FRAME3	变长	主要输出内容包括系统时间戳、距离及其信号强度等信息。
NLINK_LINKTRACK_USER_FRAME1	NLT_UF1	USER_FRAME1	变长	数传数据输入帧，数据内容包括待发送远程节点 role、id 以及数据内容。
NLINK_LINKTRACK_SETTING_FRAME0	NLT_SF0	SETTING_FRAME0	定长	LinkTrack 配置协议，包含 role、id、基站坐标等参数配置。

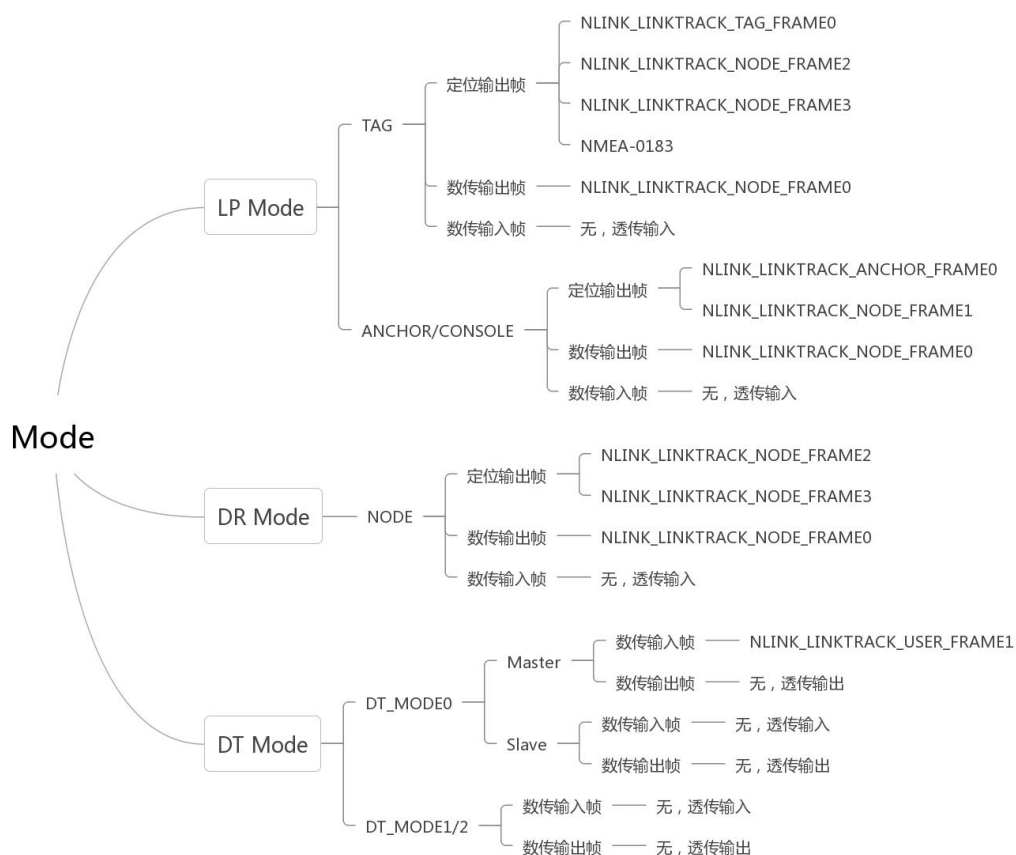


图 24: Mode、Role 与 Protocol 关系图

## 5.2 Third Party Protocol|第三方协议

### 5.2.1 NMEA-0183

NMEA 协议是为了在不同的 GPS（全球定位系统）导航设备中建立统一的 RTCM（海事无线电技术委员会）标准，由美国国家海洋电子协会（NMEA-The National Marine Electronics Association）制定的一套通讯协议。GPS 接收机根据 NMEA-0183 协议的标准规范，将位置、速度等信息通过串口传送到 PC 机、PDA 等设备[1]。

在 LP Mode 模式下，标签的输出协议支持 NMEA-0183 协议的标准规范。

## 6 Firmware|固件

正式发布的固件版本号格式为 VA.B.C，测试发布的固件版本号格式为 VA.B.C BetaD。LinkTrack 系列的产品都可以通过 NAssistant 检查是否有最新固件并进行固件升级，并支持有线固件升级与无线固件升级（空中固件升级）两种方式。

## 7 Software|软件

NAssistant 是 LinkTrack 配套的调试软件，主要作用为：配置调试、状态显示、功能应用、固件升级。

**配置调试：**用于配置节点相关参数，如频段、模式、波特率、刷新频率等。

**状态显示：**用于显示系统中各个节点的运行状态，如定位坐标的一维波形显示、二维与三维轨迹显示等。

**功能应用：**用于应用开发，如数据导入导出、运动轨迹存储、历史轨迹回放等。

**固件升级：**用于给产品进行固件升级，支持有线固件更新与无线固件升级。

## 8 Mechanical Specifications|机械规格

### 8.1 Size|尺寸

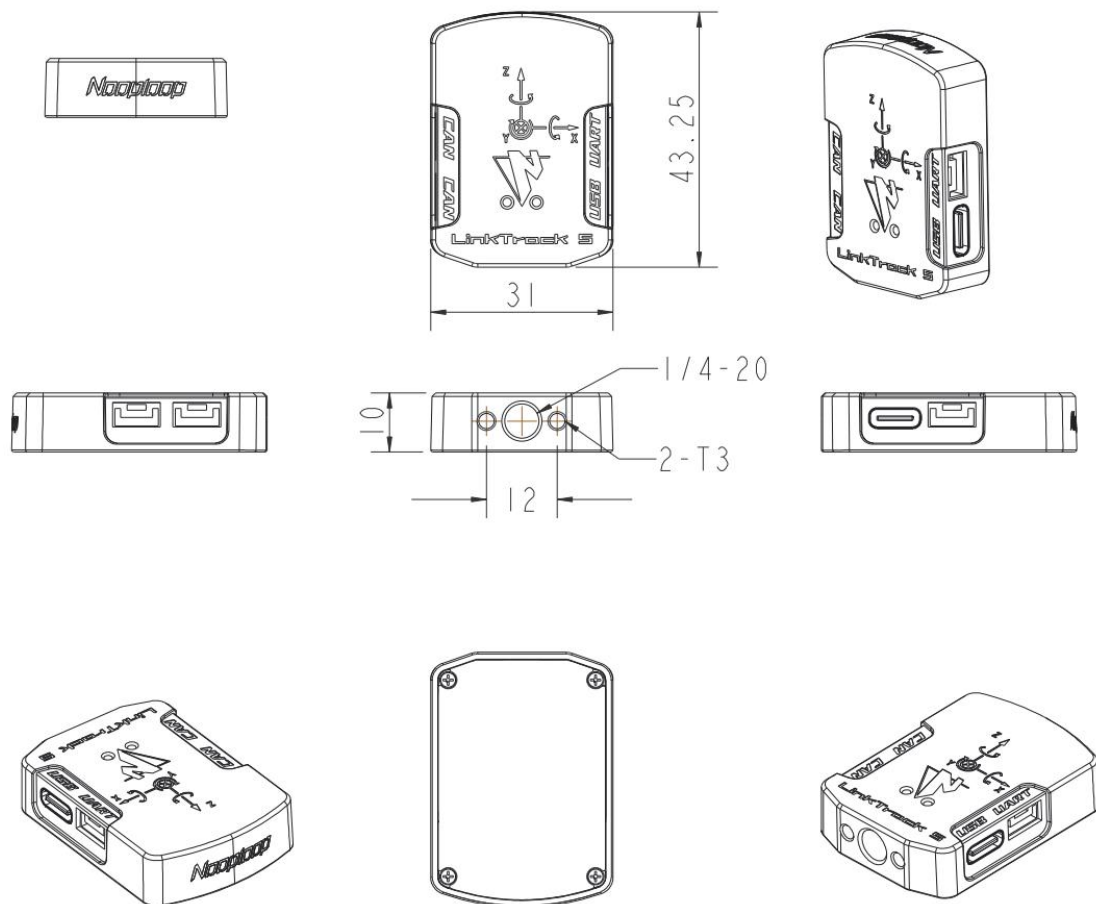


图 25: LinkTrack S 尺寸图, 单位: mm

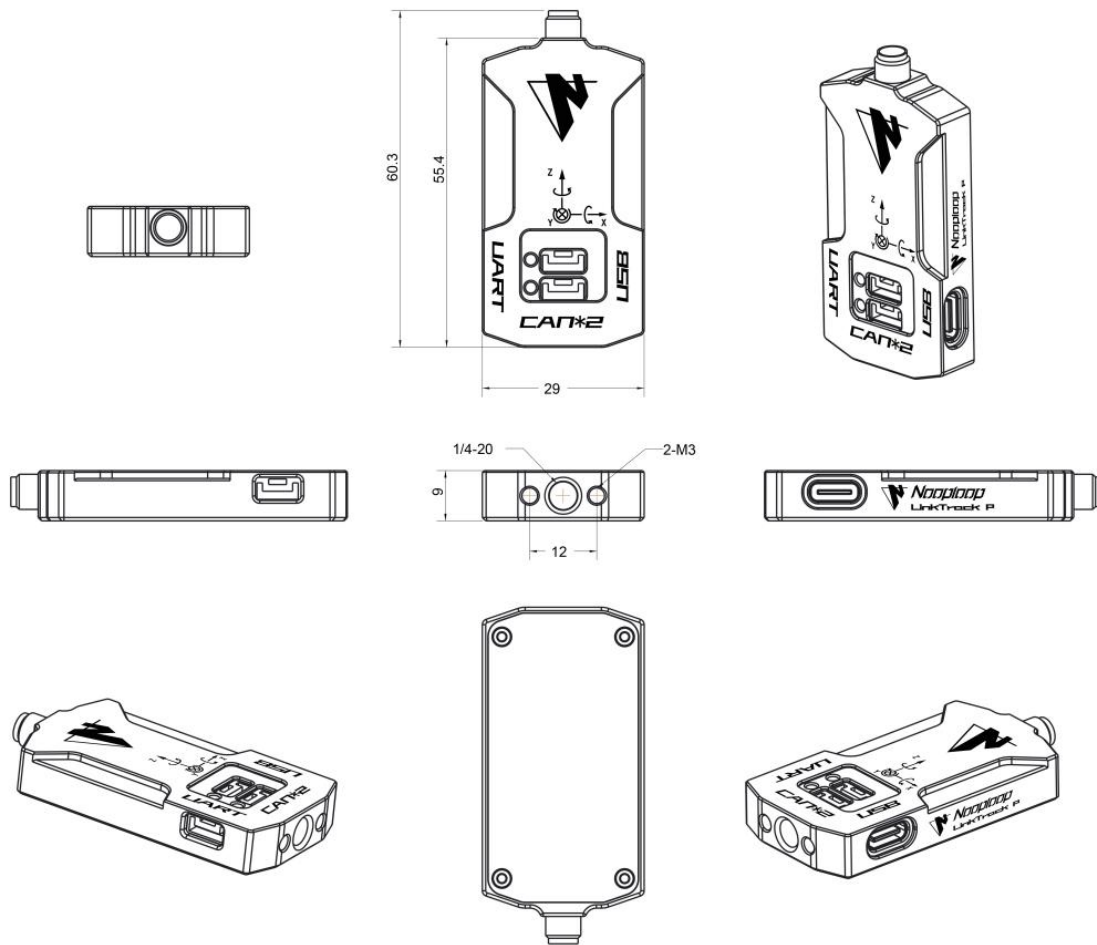


图 26: LinkTrack P (不含标配 NAUWB01 天线) 尺寸图, 单位: mm

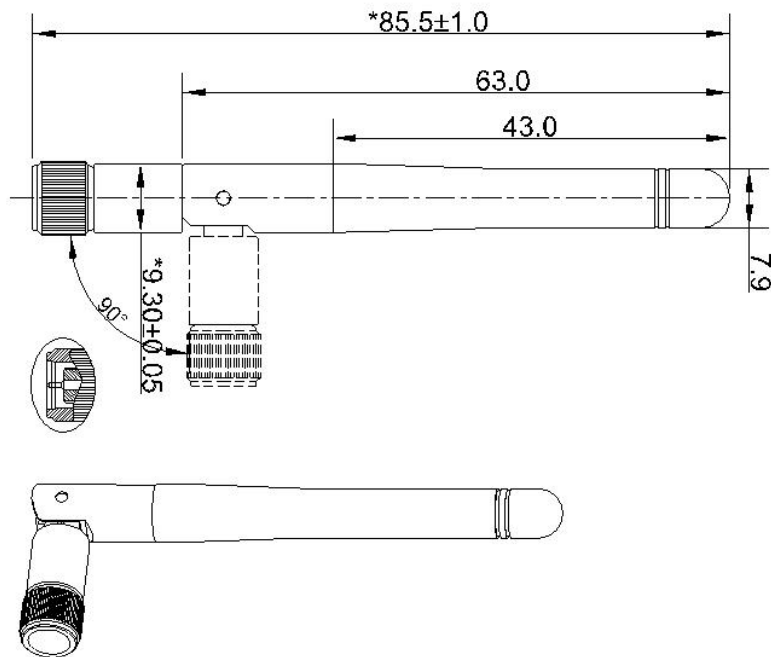


图 27: NAUWB01 天线尺寸图, 单位: mm



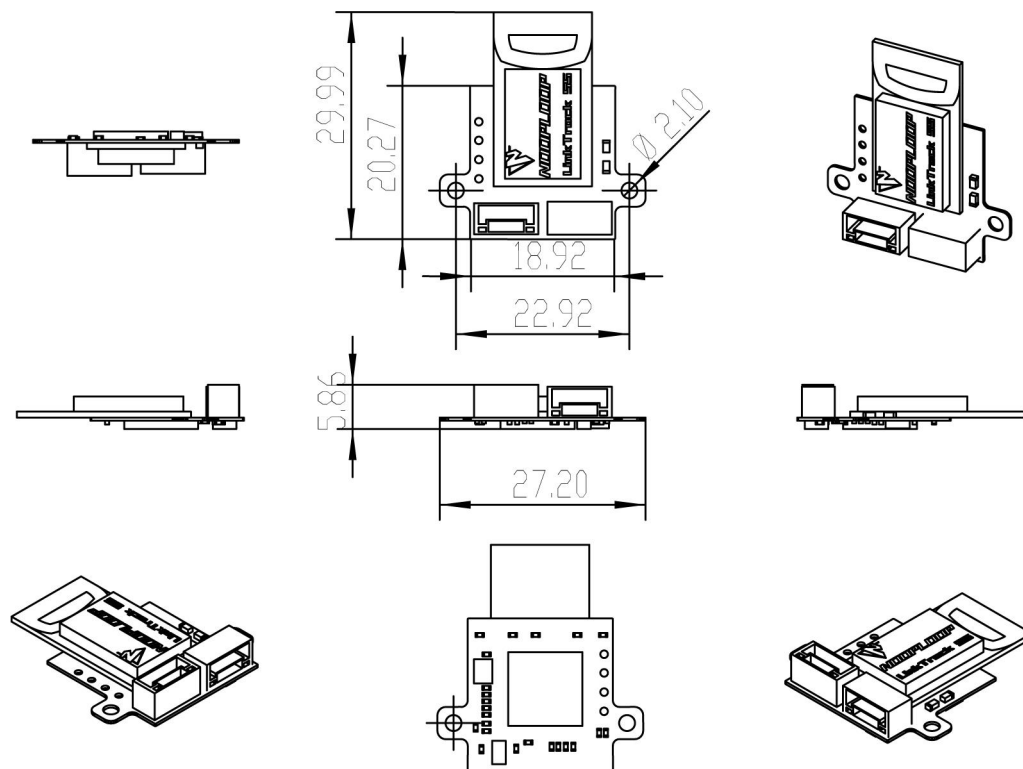


图 28: LinkTrack SS 尺寸图, 单位: mm

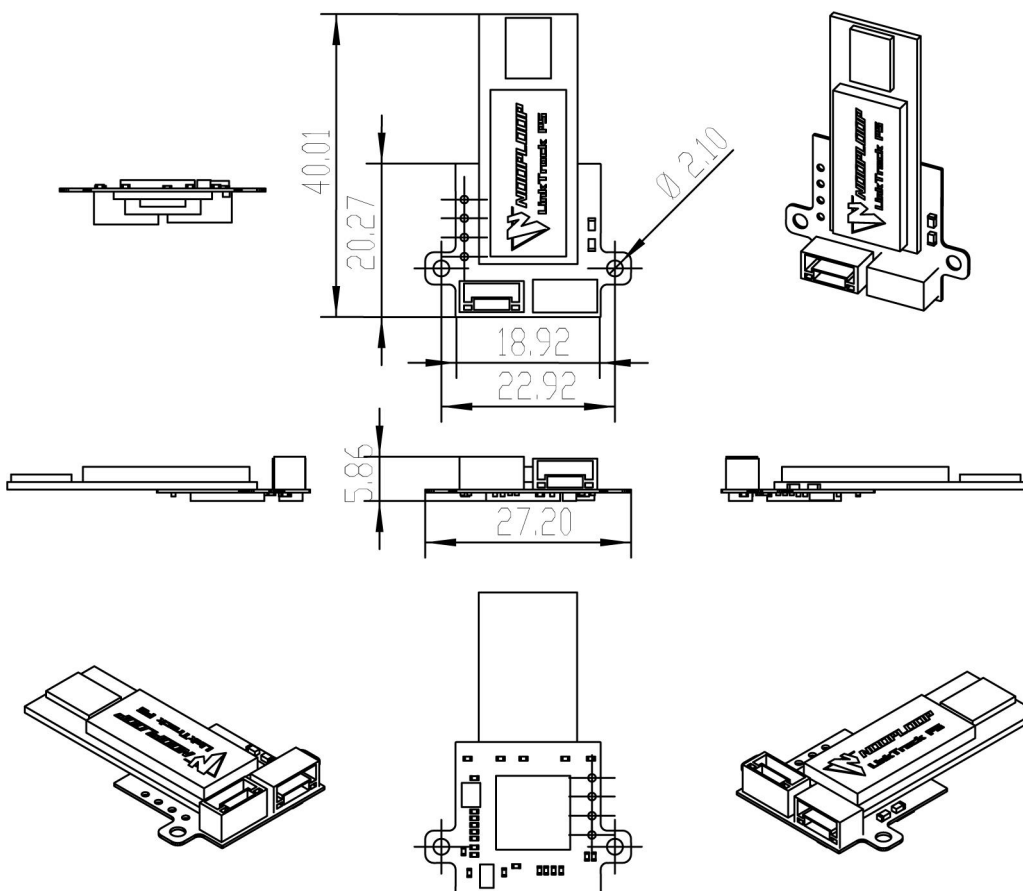


图 29: LinkTrack PS 尺寸图, 单位: mm

## 8.2 Figure|图片

注意：产品图片不代表实际尺寸大小，实际尺寸请参考 8.1 节。



图 30: LinkTrack S 图片



图 31: LinkTrack P 图片



图 32: NAUWB01 天线图片

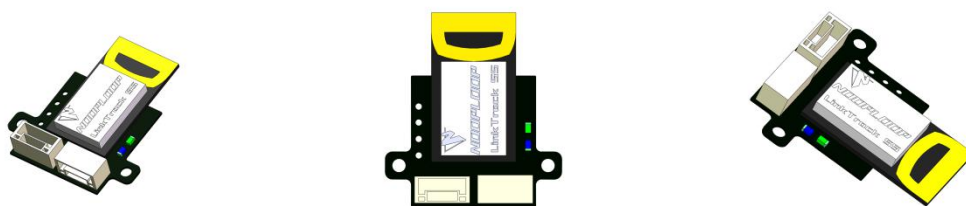


图 33: LinkTrack SS 图片

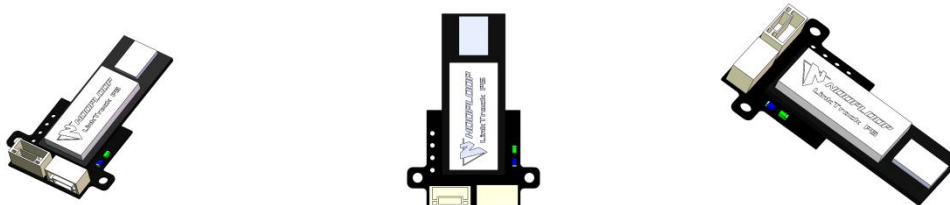


图 34: LinkTrack PS 图片

## 9 Abbreviation and Acronyms|简写与首字母缩略

表 25: 简写与首字母缩略

Abbreviation	Full Title	中文
UWB	Ultra Wideband	超宽带
PNT	Positioning, Navigation, And Timing	定位、导航、授时
PNTC	Positioning, Navigation, Timing, And Communication	定位、导航、授时、通信
LP	Local Positioning	局部定位
CP	Centralized Positioning	集中式定位
DP	Distributed Positioning	分布式定位
DR	Distributed Ranging	分布式测距
DT	Data Transmission	数据传输（简称数传）
LPS	Local Positioning System	局部定位系统
GPS	Global Positioning System	全球定位系统
BDS	BeiDou Navigation Satellite System	北斗导航卫星系统
GNSS	Global Navigation Satellite System	全球导航卫星系统

## 10 Reference|参考

- [1] <https://baike.baidu.com/item/GPS%E5%8D%8F%E8%AE%AE/306564?fr=aladdin>

## 11 Update Log|更新日志

表 26: 更新日志

Version	Date	Description
1.0	20190701	发布初版手册。
1.1	20190715	<ul style="list-style-type: none"><li>● 增加了 Product 与 System NUM 的关系对应表。</li><li>● 细化了 LP Mode 下, Math Model 的描述介绍。</li><li>● 修改 LTP 最远通信距离为 500 米。</li><li>● 增加了 CONSOLE 与 ANCHOR 的控制功能描述及 Role 的输出内容。</li><li>● 增加了 Filter Factor 描述。</li><li>● 纠正了部分错误字符: buadrate--&gt;baudrate。</li></ul>
1.2	20190717	<ul style="list-style-type: none"><li>● 纠正了产品与 System NUM 对应关系表格。</li></ul>
1.3	20190731	<ul style="list-style-type: none"><li>● 增加了 RSSI 介绍</li><li>● 纠正了部分错误字符</li></ul>
2.0	20200323	<ul style="list-style-type: none"><li>● 全面更新手册。</li><li>● 纠正了 DR_MODE0 容量为 5 的刷新频率。</li><li>● System NUM 改为 System CH 叫法。</li></ul>
2.1	20200508	<ul style="list-style-type: none"><li>● 增加了 LTSS、LTPS 对应内容介绍。</li></ul>

## 12 Further Information|更多信息

公司: 深圳空循环科技有限公司

地址: 深圳市前海深港合作区前湾一路 35 号前海深港梦工场 5 栋 1 层 113 室

邮箱: [marketing@nooploop.com](mailto:marketing@nooploop.com)

官网: [www.nooploop.com](http://www.nooploop.com)