

## 信号干扰下的超宽带（UWB）精确定位问题

### 一、背景

UWB（Ultra-Wideband）技术也被称之为“超宽带”，又称之为脉冲无线电技术。这是一种无需任何载波，通过发送纳秒级脉冲而完成数据传输的短距离范围内无线通信技术，并且信号传输过程中的功耗仅仅有几十  $\mu\text{W}$ 。UWB 因其独有的特点，使其在军事、物联网等各个领域都有着广阔的应用。其中，基于 UWB 的定位技术具备实时的室内外精确跟踪能力，定位精度高，可达到厘米级甚至毫米级定位。UWB 在室内精确的定位将会对卫星导航起到一个极好的补充作用，可在军事及民用领域有广泛应用，比如：电力、医疗、化工行业、隧道施工、危险区域管控等。UWB 更多应用场景请参见[4—6]。

UWB 的定位技术有多种方法，本文仅考虑基于飞行时间（Time of Flight, TOF）的测距原理，它是 UWB 定位法中最常见的定位方法之一。TOF 测距技术属于双向测距技术，其通过计算信号在两个模块的飞行时间，再乘以光速求出两个模块之间的距离，这个距离肯定有不同程度的误差，但其精度已经比较高。

在室内定位的应用中，UWB 技术可以实现厘米级的定位精度（一般指2维平面定位），并具有良好的抗多径干扰和衰弱的性能以及具有较强的穿透能力。但由于室内环境复杂多变UWB 通信信号极易受到遮挡，虽然UWB技术具有穿透能力，但仍然会产生误差，在较强干扰时，数据会发生异常波动（通常是时间延时），基本无法完成室内定位，甚至会造成严重事故。因此，信号干扰下的超宽带（UWB）精确定位问题成为亟待解决的问题。

### 二、问题描述

为解决信号干扰下的超宽带（UWB）精确定位问题，我们通过实际场景实测，采集到一定数量的数据，即利用 UWB 的定位技术（TOF），采集到锚点（anchor）与靶点（Tag）之间的距离，希望通过数学建模（或算法）方法，无论信号是否干扰，都可以给出目标物（靶点）的精确定位（3 维坐标）。

### 三、实验场景和数据采集

如图所示，在 5000mm\*5000mm\*3000mm 的测试环境中，分别在 4 个角落 A0，A1，A2，A3 放置 UWB 锚点（anchor），锚点向所有方向发送信号。Tag 是 UWB 标签（靶点），即需要定位的目标（只在测试环境范围内）。Tag 接收到 4 个 UWB 锚点（anchor）的信号（无论信号是否干扰，Tag 一般都可以接收到信号），利用 TOF 技术，分别解算出对应的 4 个距离数据。

实验在实验场景 1 中采集了 Tag 在 324 个不同位置，在信号无干扰和信号干扰下的 UWB 数据，即每个位置各测试（采集）2 次，一次信号无干扰，另一次信号有干扰（锚点与靶点间有遮挡），注意：每次采集数据时，由于 Tag 在同一位置会停留一会儿时间，而锚点与 Tag 之间每 0.2—0.3 秒之间就会发送、接收信号一次，所以在同一位置点，UWB 会采集到多组数据（多组数据都代表同一位置的信息），组数的多少视 Tag 在同一位置的时间而定，停留的时间越长，组数就越多。数据见文件夹“附件 1：UWB 数据集”。

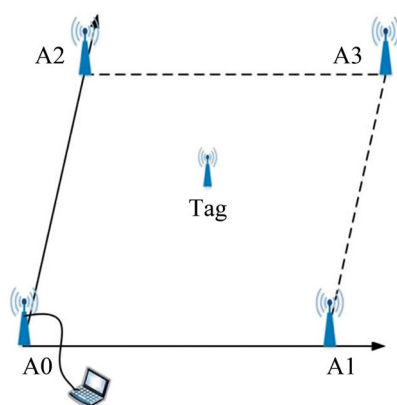


图 1 实测环境示意图

#### 实验场景 1:

靶点（Tag）范围：5000mm\*5000mm\*3000mm

锚点（anchor）位置（单位：mm）:

A0 (0, 0, 1300)、 A1 (5000, 0, 1700)、  
A2 (0, 5000, 1700)、 A3 (5000, 5000, 1300)

## 四、数据文件说明

### （1）UWB 数据集

“附件 1：UWB 数据集”有 2 个文件夹和 1 个文件，1 个文件（Tag 坐标信息.txt）存放 324 个不同位置的编号及 3 维坐标信息，2 个文件夹中 1 个存放信号无干扰下（正常）采集的数据（各文件名为 x.正常.txt，x 表示对应的位置编号），另 1 个存放信号有干扰下（异常）采集的数据（各文件名为 x.异常.txt，x 表示对应的位置编号）。

### （2）数据文件

Tag 在每个位置都采集了 2 个数据文件（1 个正常，另 1 个异常），共有 648 个数据文件，无论正常、异常数据，数据格式都一样，每个数据文件开头第 1 行为采集开始行，无实际意义，接下来，每 4 行为一组，表示 UWB 采集的一组完整数据（一组数据表示一个样品），如：

```
T:144235622:RR:0:0:950:950:118:1910
T:144235622:RR:0:1:2630:2630:118:1910
T:144235622:RR:0:2:5120:5120:118:1910
T:144235622:RR:0:3:5770:5770:118:1910
```

这 4 行数据的含义分别是：

Tag 标识：时间戳：Range Report 的缩写：Tag ID：锚点 ID：该锚点的测距值(mm)：测距值的校验值：数据序列号：数据编号（每个数据之间用“:”分隔）。实际上就是提供了 4 个锚点到靶点（Tag）的距离，即

**A0 到靶点距离为：950mm**

**A1 到靶点距离为：2630mm**

**A2 到靶点距离为：5120mm**

**A3 到靶点距离为：5770mm**

每个数据文件都有多组数据，表示在同一位置连续时间内 UWB 自动采集到的多组数据。

## 五、完成任务

试根据上述数据，完成如下任务：

### 任务 1: 数据预处理（清洗）

无论是信号无干扰下采集数据，或信号干扰下采集数据，Tag 在同一坐标点上都采集多组数据（见附件 1 中 648 个数据文件），请用某种方法把每个数据文件相应数值抓取出来，并转换成二维表（矩阵）形式（txt、Excel 或其他数据格式），每一行代表一组数据（即一个样品），然后对这些数据文件进行预处理（清洗），删除掉一些“无用”（异常、缺失、相同或相似）的数据（样品）。经处理后，“正常数据”所有数据文件和“异常数据”所有数据文件最后各保留多少组（多少个样品）数据，并重点列出以下 4 个数据文件，经处理后保留的数据（矩阵形式）：

“正常数据”文件夹中：24.正常.txt、109.正常.txt

“异常数据”文件夹中：1.异常.txt、100.异常.txt

### 任务 2: 定位模型

利用任务 1 处理后的数据，分别对“正常数据”和“异常数据”，设计合适的数学模型（或算法），估计（或预测）出 Tag 的精确位置，并说明你所建立的定位模型（或算法）的有效性；同时请利用你的定位模型（或算法）分别对附件 2 中提供的前 5 组（信号无干扰）数据和后 5 组（信号有干扰）数据进行精确定位（3 维坐标）；

注意：（1）定位模型必须体现实验场景信息；

（2）请同时给出定位模型的 3 维（x, y, z）精度、2 维（x, y）精度以及 1 维的各自精度。

### 任务 3: 不同场景应用

我们的训练数据仅采集于同一实验场景（实验场景 1），但定位模型应该能够在不同实际场景上使用，我们希望你所建立的定位模型能够应用于不同场景。附件 3 中 10 组数据采集于下面实验场景 2（前 5 组数据信号无干扰，后 5 组数据信号有干扰），请分别用上述建立的定位模型，对这 10 组数据进行精确定位（3 维坐标）；

实验场景 2:

靶点（Tag）范围：5000mm\*3000mm\*3000mm

锚点（anchor）位置（单位：mm）：

A0（0, 0, 1200）、A1（5000, 0, 1600）、

A2（0, 3000, 1600）、A3（5000, 3000, 1200）

#### 任务 4: 分类模型

上述定位模型是在已知信号有、无干扰的条件下建立的，但 UWB 在采集数据时并不知道信号有无干扰，所以判断信号有无干扰是 UWB 精确定位问题的重点和难点。利用任务 1 处理后的数据，建立数学模型(或算法)，以便区分哪些数据是在信号无干扰下采集的数据，哪些数据是在信号干扰下采集的数据？并说明你所建立的分类模型(或算法)的有效性；同时请用你所建立的分类模型（或算法）判断附件 4 中提供的 10 组数据（这 10 组数据同样采集于实验场景 1）是来自信号无干扰或信号干扰下采集的？

#### 任务 5: 运动轨迹定位

运动轨迹定位是 UWB 重要应用之一，利用静态点的定位模型，加上靶点自身运动规律，希望给出动态靶点的运动轨迹。附件 5 是对动态靶点采集的数据（一段时间内连续采集的多组数据），请注意，在采集这些数据时，会随机出现信号干扰，请对这个运动轨迹进行精确定位，最终画出这条运动轨迹图（数据采集来自实验场景 1）。

#### 参考文献

- [1] Kok M, Hol J D, Schon T B. Indoor Positioning Using Ultrawideband and Inertial Measurements[J]. IEEE Transactions on Vehicular Technology, 2015, 64(4): 1293—1303.
- [2] Arias-De-Reyna E. A Cooperative Localization Algorithm for UWB Indoor Sensor Networks[J]. Wireless Personal Communications, 2013, 72(1):85—99.
- [3] 缪希仁, 范建威等, 基站异常情况下基于改进极限学习机的超宽带室内定位方法, 传感技术学报, 2020, 33 (10) : 1—10.
- [4] <http://m.elecfans.com/article/1643155.html>
- [5] <http://m.elecfans.com/article/1116045.html>
- [6] [http://www.qianjia.com/zhike/html/2020-02/11\\_19601.html](http://www.qianjia.com/zhike/html/2020-02/11_19601.html)