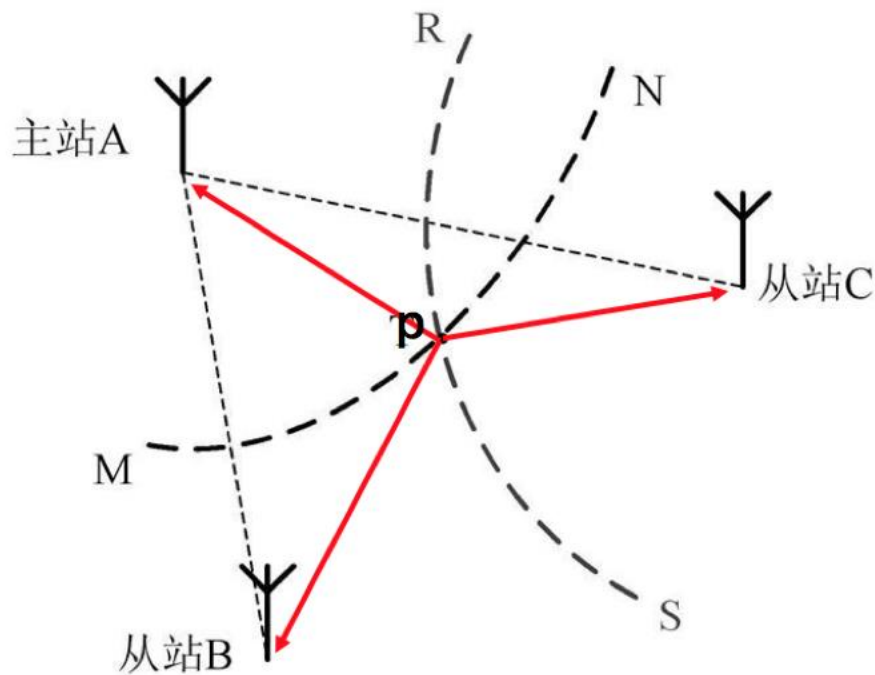


# 课程作业

## 背景知识

室内定位系统中, 一种常用的定位原理是 TDOA(Time-Difference-of-Arrival), 即到达时间差定位。以下图为例:



假设我们待定位的点是 P 点, 为了完成定位任务, 即确定 P 点的坐标, 首先需要在场地上部署多个基站。假设我们部署了 3 个基站, 分别为 A、B、C, 其中 A 是主基站, 它们的坐标已知。现在通过基站和 P 点标签之间的通信, 可以确定 P 点到主基站和到其他基站之间的距离差, 即已知  $PA-PB$  和  $PA-PC$ 。显然, 通过 A、B 坐标和  $PA-PB$ , 可以确定 P 在一条双曲线上, 同样地, 通过 A、C 坐标和  $PA-PC$  可以确定另外一条双曲线, 两者求交点即可得到 P 点坐标。

## 相关算法和优化思路

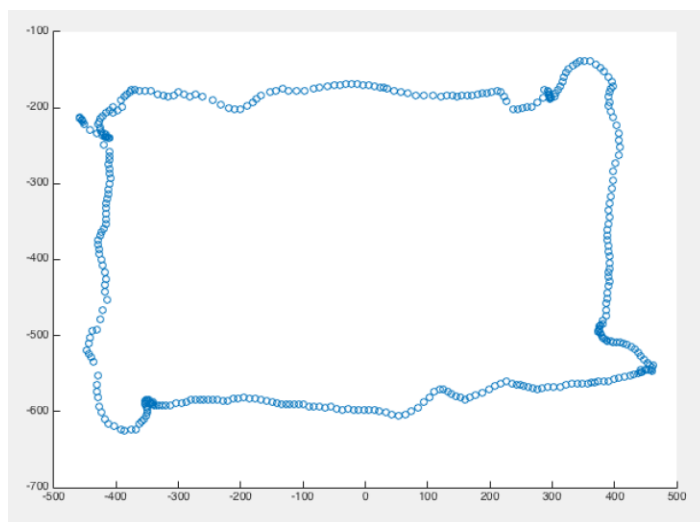
在实际任务中，由于环境中各种因素的影响，误差是普遍存在的，即距离差的测量是不准确的。为了提升系统的精度和鲁棒性，一般会部署多于 3 个基站，同样分为 1 个主基站和多个从基站。最简单的定位方式是选择主基站和任意 2 个从基站，通过上述双曲线求交点的方式进行定位，但这种方法在数据误差较大的情况下有明显的偏差。一种简单的优化策略是每次选择主基站和不同的 2 个从基站，按上述方式得到多个解，然后选择其中最合理的一个作为定位结果（理论上来讲，如果测量没有误差，所有的双曲线会交于同一个点，即 P 点，但实际环境下，误差会导致这些双曲线并不交于用一个点）。选点的策略有很多，比如根据上一时刻的位置选最近的，或是分析运动轨迹，选择位于轨迹上的点（定位系统中并不仅仅是对静止的点进行定位，而是需要给出一段时间内的运动轨迹）。

除了上述通过联立双曲线方程求解坐标的方法，目前还有许多解决 TDOA 定位的算法，其中比较经典的是文献[1]中提出的 Chan 算法和[2]中提出的 Taylor 序列方法，感兴趣的同学可以参考。

## 任务描述

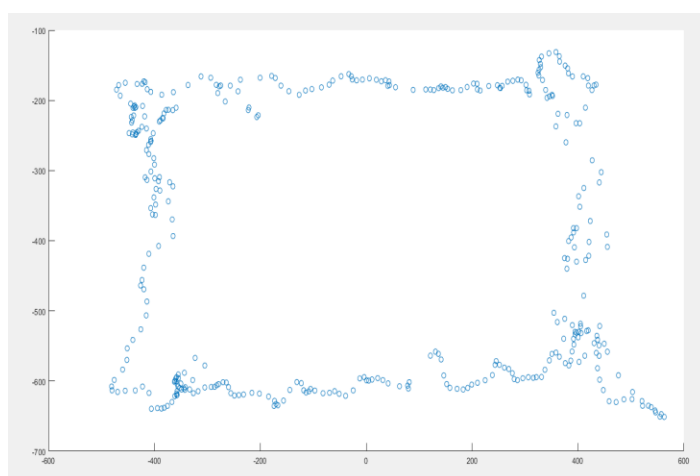
本次作业的主要任务是了解**最小二乘法拟合**室内定位系统中的轨迹和**对数数据进行合理的插值**。

拟合个任务需要对给出数据拟合，给出的数据表示一条粗糙的路径，通过拟合提升这条数据的视觉效果，我们事先给出实验数据对应的大致真实轨迹，如下图所示：



1. 第一个任务就是拟合形成类似于上图的轨迹，这一轨迹类似于矩形，你可以使用最简单的函数来拟合，也就是 4 个一次函数（表示四条边），也可以在一些有明显弯曲的地方用二次函数这类曲线来拟合，或是采用一些更复杂的函数，展示效果时你要将数据投影到你所拟合的曲线上。
2. 我们建议在左下角(第 67-83 条数据)和右上角(第 269-295 条数据)使用二次函数拟合，如果你完成了这一步，请在报告中写明拟合结果，不要求做投影。

用于拟合的数据散点图如下，这部分数据是由 tdoa 数据通过 chan 方法得到：

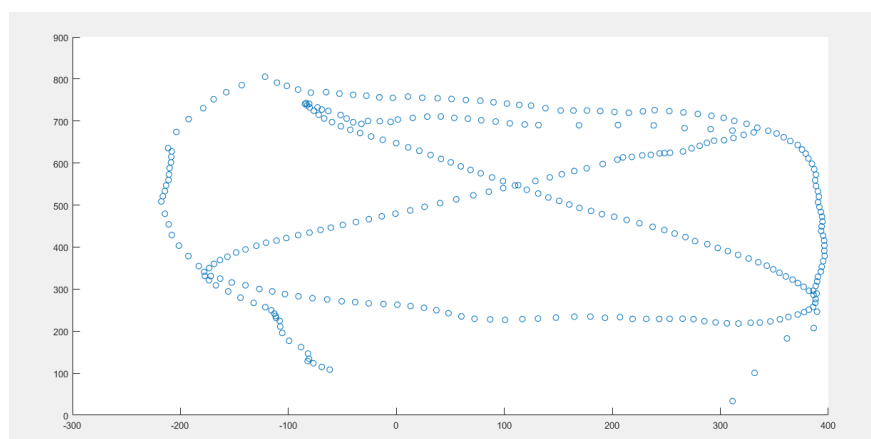


不难看出，Chan 算法得到的点已经有了真实轨迹的大致形状。我们同时给

出 tdoa 原始数据, 你可以通过数值解算方法通过 tdoa 得到类似的待测点坐标结果, 完成这一任务会获得额外分数。

数据中为少量点被添加了随机误差, 但忽视它依然能够顺利完成此任务。如果你能设计方法对异常点进行处理, 你将获得额外的附加分数。

2. 第二个任务要求掌握基本的插值方法, 我们给出一组真实环境下 tdoa 的解算结果, 这是一组记录人行走的结果, 每条数据都包含了准确的时刻, 这组结果中包含时间条, 解算结果, 以及指出了哪些数据为缺失结果 (不是时间条上每一个点都能得到解算坐标), 你的任务是根据已解算出的坐标插值出部分缺失结果, 未插值前的数据如下图:



你的任务是要不通过已有的插值库自行实现“**分段线性插值**”和“**三次样条插值**”, “**多项式插值**”也是工业界常用的插值方法, 在这里我们不做硬性要求, 通过查阅资料实现“**多项式插值**”可以获得一定的奖励分数, 或者实现我们上述以外的插值算法并进行对比分析也可以得到**奖励分数**。完成这项作业我们给出以下几条建议:

1. 选择丢失点前后一定范围内的解算坐标作为插值的依据, 范围可以自行给定, 可做不同范围的对比实验, 需在实验报告中给出。
2. 不是所有的缺失结果都能被很好的插值, 你需要对得到的插值结果进行一个

简单的评估（根据已有坐标）来决定是否保留它，最后会根据保留的插值结果数量和结果的合理性来进行评分。

3. 插值时只使用给出的坐标，不使用自己已经插值出的结果，当然你也可以都进行尝试并对比，我们在这里指出后者的效果没有前者好。
4. 我们在数据中设置了一些较长的连续缺失数据，全部合理的插值出来显然有些难度，你可以只对这些数据的前一部分和后一部分进行插值。
5. 在你的实验报告中，需要展现插值数量和插值效果，以及对“**分段线性插值**”和“**三次样条插值**”，两种方法的对比和分析，你的实验结果可以和一些现有的插值函数进行对比，比如 matlab 的 `interp1()` 或 `spline()` 函数等。
6. 如果你想完成“多项式插值”，我们给出的建议是不要超过三次多项式。

## 数据说明

给出的数据文件为“homework.mat”，这是 matlab 下的标准数据文件，在 matlab 下双击或调用 `load("homework.mat")` 命令即可读取该文件。读取后可以在 workspace 中看到该文件包含了四组数据，“tdoa\_path”、“path\_chan”和“config”用于完成第一个任务，“coord”用于完成第二个任务。

“tdoa\_path”：这是原始的 TDOA 数据文件，按时间的先后顺序采集，共有 385 条。对于每一条数据，第 1 维表示该数据中基站的个数；假设基站有  $k$  个，则随后的  $k$  维数据是这  $k$  个基站的标号，其中第 1 个是主基站；再后面的  $k$  维数据是待定位的点到主基站和到这  $k$  个基站的距离之差，显然，这  $k$  维数据中的第 1 个数据必然为 0，因为待定位点到主基站和到第 1 个基站（就是主基站）的距离相同。最后 1 维数据在本次任务中没有作用，可以忽略。

5	25	16	21	172	230	0	-495.7700	215.7600	-364.4400	-43.1500
---	----	----	----	-----	-----	---	-----------	----------	-----------	----------

以上面的一条数据为例，5 表示这条数据中有 5 个基站，其中主基站标号为 25，另外的基站标号是 16、21、172 和 230。我们需要定位的点到 25 号基站和到 25、16、21、172、230 号基站的距离之差分别为 0、-495.77、215.76、-364.44、-43.15。最后 1 维数据没有截图。

“path\_chan”: 这是“tdoa\_path”数据通过 Chan 算法得出的点，每一条 TDOA 数据对应一个点，共 385 个。这些点形成的散点图上面已做过展示。

“config”: 这是基站的位置数据，第 1 维是基站标号，后面 3 维是该基站的 x、y、z 轴坐标。注意，我们现在只考虑二维形式，因此只需用到(x, y)。

“coord”: 这是用于插值任务的数据，每一行是一条单独的数据，数据的第 1 维是时间轴上时刻值，第 2 维和第 3 维表示了该时刻值得坐标(x,y)，最后一维表示数据是否缺失，缺失为 0，未缺失为 1，你的任务是根据缺失数据的时刻值插值坐标。

## 评分标准

本次作业需要提交 matlab 代码（建议，但其他语言也行）和实验报告，报告中需给出拟合用的函数、优化策略（如果有的话）、坐标的散点图（如果自己计算坐标的话）和得到的轨迹图像。本次作业的基本任务是：

1.在我们给出的 Chan 算法计算结果的基础上，用 4 条直线进行拟合，对结果没有硬性指标，完成拟合并能够展示拟合路径即可获得基本分数。

2.第二组数据上简单实现两种插值方法，这一任务也没有硬性指标，需要展示你的插值效果（比如插值点和原始点用两种标记展示等）。

3.你的实验报告里要包含你运行的结果。

该作业旨在让同学们体验如何在粗糙数据上用数值方法去优化数据，我们不要求得到特别完善的效果，不设置具体指标，但要求同学们对基础知识点有良好的掌握。

我们会根据作业完成质量做一些分数微调，如果你想要更高的分数，可以(但不限于)：

1. 自己设计算法（或者查阅相关文献）通过 tdoa 数据计算坐标
2. 用二次函数或其他更复杂的函数进行拟合
3. 完成插值部分的奖励题
4. 检测异常点并剔除

上述几点不做强制要求，你可以完成 1 点或几点，也可以忽略，我们会依据你采用的算法、策略和得出的结果进行评分。我们强烈鼓励提出自己的想法，即使这些想法很简单或算出的坐标、轨迹不够理想，只要你的想法有启发性，同样可以得到高分。

## 参考文献

- 【1】 Chan Y T, Ho K C. A simple and efficient estimator for hyperbolic location[J]. IEEE Transactions on Signal Processing, 2002, 42(8):1905-1915.
- 【2】 Foy W H. Position-Location Solutions by Taylor-Series Estimation[J]. IEEE Transactions on Aerospace & Electronic Systems, 2007, AES-12(2):187-194.