

Sound Localization Report

姓名：南亚，周泽龙

学号：2016013257, 2016013231

课程：网络系统 (2)

日期：2019年12月1日

分工：

南亚：二维定位、优化

周泽龙：一维测距、测试、报告

Sound Localization Report

1 实验原理

1.1 一维测距

1.2 二维定位

2 系统设计

2.1 系统架构

2.2 设备与设定

2.2.1 实验设备

2.2.2 实验设定

2.3 源码结构与说明

3 实验结果与分析

4 设计特点

1 实验原理

1.1 一维测距

利用 FMCW 信号频率与时间的关系，通过傅里叶变换计算接受信号的频率，再利用频率计算信号的传播时间的变化，从而计算目标与单个扬声器之间的距离变化。需要解决以下几个难点：

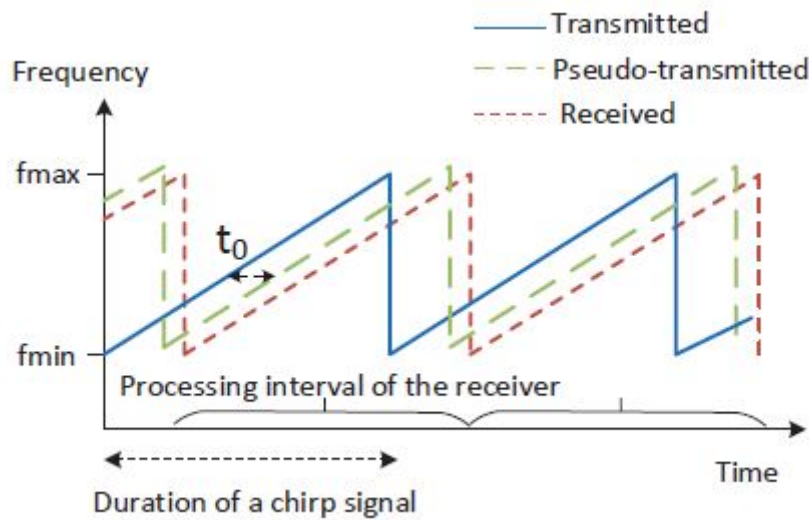
1. 近似同步接收信号

- 我们利用单个 chirp 信号与接收信号进行相关，并选择第一个峰值作为近似的起始点。截取峰值前信号，重复执行单个 chirp 信号相关，设置峰值阈值，即可得到第一个峰值。

2. 确定扬声器信号传输开始时间

- 引入扬声器信号伪传输开始时间 t_0 。

基于以上，我们得到伪传输信号 Pseudo-transmitted signals，通过计算伪传输信号与接收信号之间的时间差，可以得到手机与扬声器的距离变化情况。



3. 确定 t_0

- 由于本次作业要求里允许假设初始位置，因此，可忽略 t_0 ，直接假定初始时手机与扬声器的距离为 d_0 。根据 d_0 ，与距离变化情况，即可得到手机与扬声器之间的绝对距离。

4. 消除手机移动的影响

- 利用多普勒效应计算手机移动速度 v_n ，然后消除手机速度带来的 FMCW 测距影响。

1.2 二维定位

利用两个扬声器，坐标分别为 $(0, 0)$ 和 $(0.4, 0)$ ，在一维测距的基础上分别测量手机与两个扬声器的距离。在每个测量点，以两个扬声器坐标为圆心，两个距离为半径，画圆求交点（只取一侧交点），该交点坐标即手机的二维坐标。需要解决以下几个难点：

1. 近似同步两个扬声器时钟

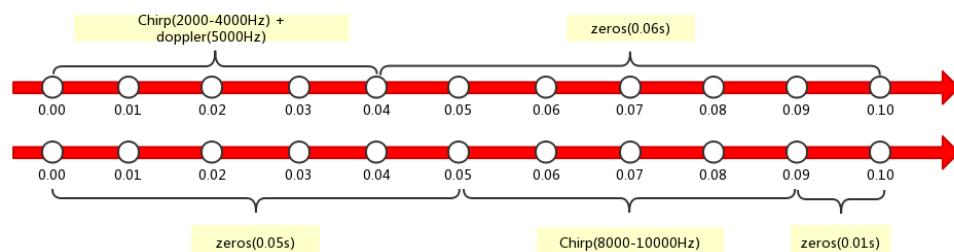
- 目的：确保测量得到的两个一维距离是手机在同一个位置上测得的。
- 利用双声道，使两个喇叭同时播放不同频率的 chirp 信号。

2. 接收端区分两个扬声器的信号

- 可以利用带通滤波器过滤信号，但是实际的信号过滤效果并不理想。
- 重新构造传输信号为：

$$\begin{bmatrix} \text{chirp}(2000\text{Hz}, 4000\text{Hz}, 0.04\text{s}) + \text{doppler}(0.04\text{s}) & \text{zeros}(0.01\text{s}) & \text{zeros}(0.04\text{s}) & \text{zeros}(0.01\text{s}) \\ \text{zeros}(0.04\text{s}) & \text{zeros}(0.01\text{s}) & \text{chirp}(8000\text{Hz}, 10000\text{Hz}, 0.04\text{s}) & \text{zeros}(0.01\text{s}) \end{bmatrix}$$

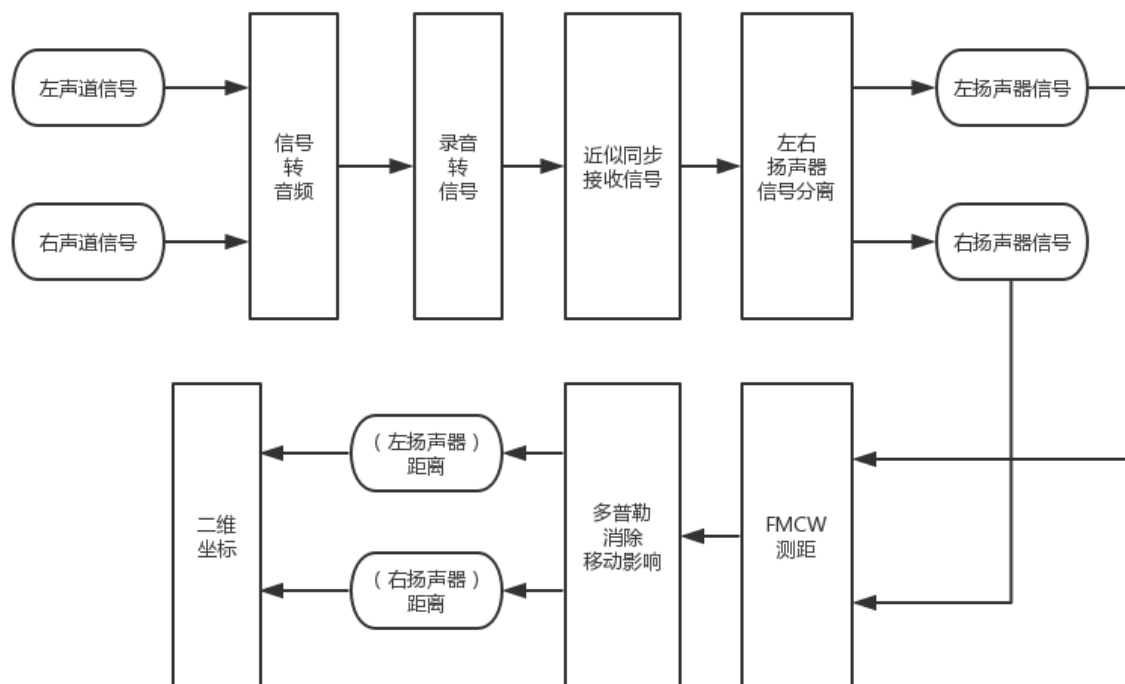
○



- 左声道播放第一行信号，右声道播放第二行信号。
- `doppler(0.04s)` 为单频余弦信号，用作测量多普勒效应。
- 由于两个喇叭的 chirp 信号并非严格同时，这样会引入不可消除的系统误差，但还在可接受的范围内。

2 系统设计

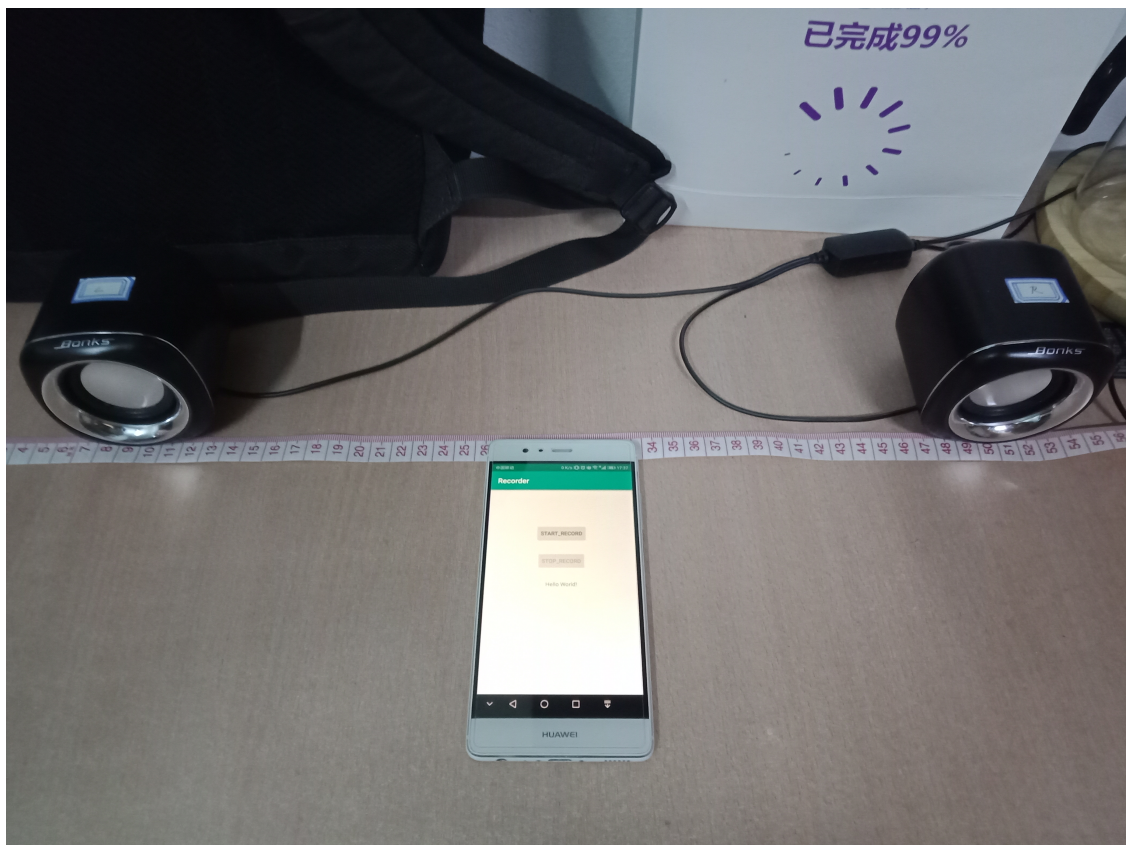
2.1 系统架构



2.2 设备与设定

2.2.1 实验设备

- 电脑：1 台。
- 扬声器：2 个（一对小音箱即可）。
- 手机：1 台。



2.2.2 实验设定

- 电脑连接一对小音箱，两个扬声器间距 $0.4m$ 。
- 使用电脑播放双声道音频 `output.wav`。
- 手机录音，并从两个扬声器的 **中点** 作为起始点开始移动（只允许在两个扬声器连线的同一侧移动），得到 `received.wav`。
- 执行 matlab 代码，解析录音文件，得到手机移动坐标变化。

2.3 源码结构与说明

```

1  matlab
2  |-- Parameters.m      # 系统参数
3  |-- ChirpSound.m     # 生成扬声器音频
4  |-- FMCWReceive.m    # 测距与定位
5  |-- BPassFilter.m    # 滤波器
6  |-- Sinc.m           # 滤波器辅助函数
7  |
8  |-- sound            # 音频文件夹
9  |   |-- output.wav   # 扬声器音频
10 |   |-- received.wav  # 录音音频

```

ChirpSound.m

ChirpSound.m 是生成 Chirp 信号播放音频的 `Main` 文件。

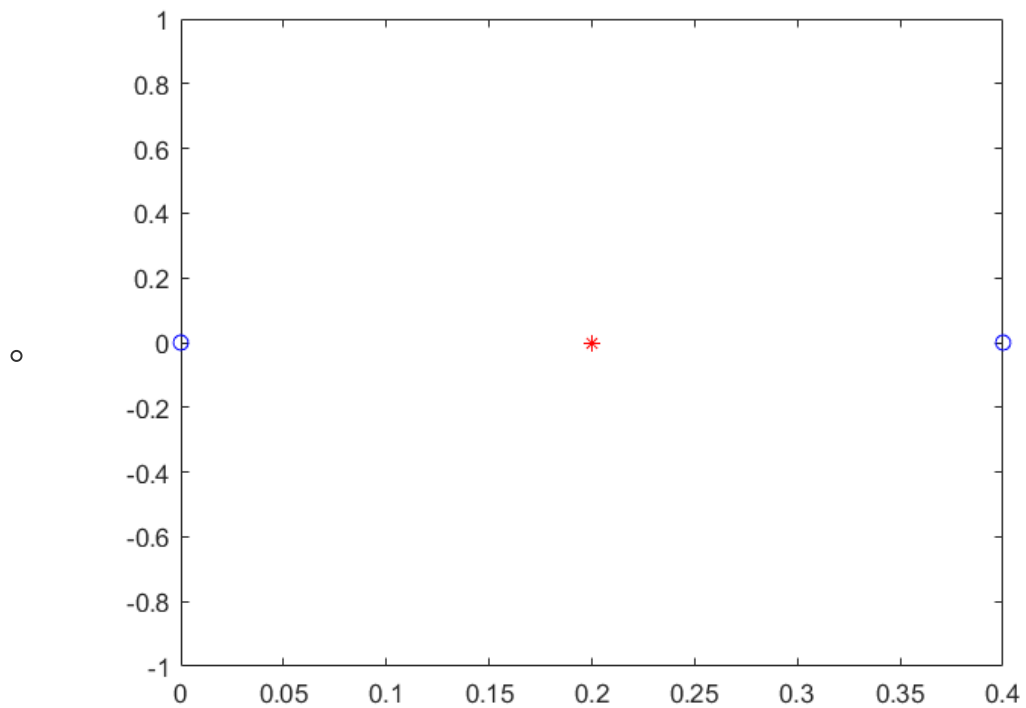
FMCWReceive.m

FMCWReceive.m 是解析录音得到坐标变化的 `Main` 文件。

3 实验结果与分析

以下为 7 组测试结果，其中，蓝色圆点为两个扬声器所在位置，蓝色曲线为实际移动轨迹，红色曲线为测量得到移动轨迹。

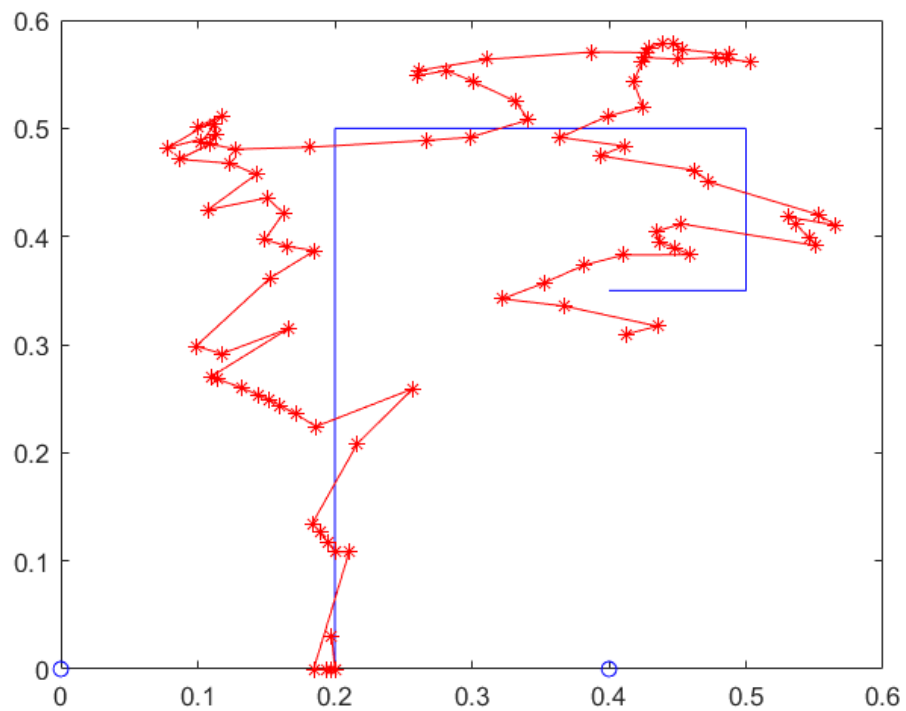
1. 静止在起始点



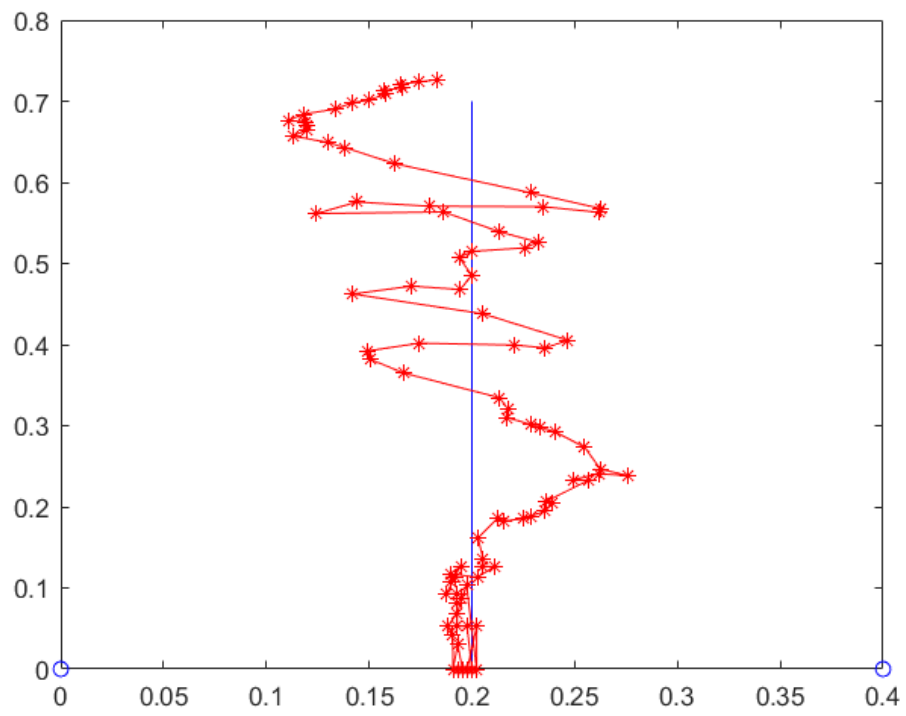
○ 实验结果符合预期。

2. 移动测试

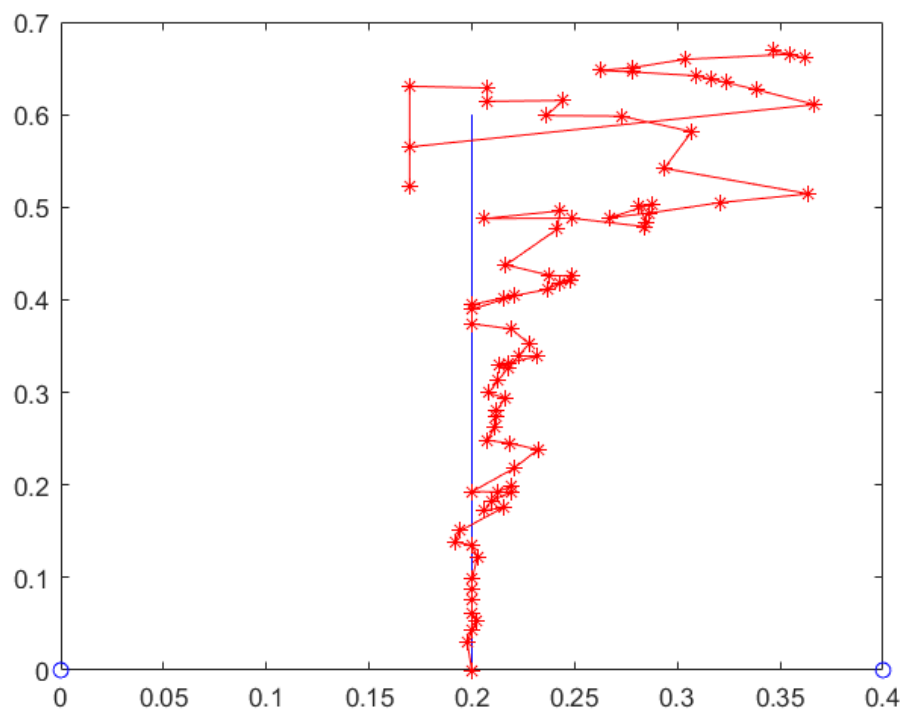
○ (1)



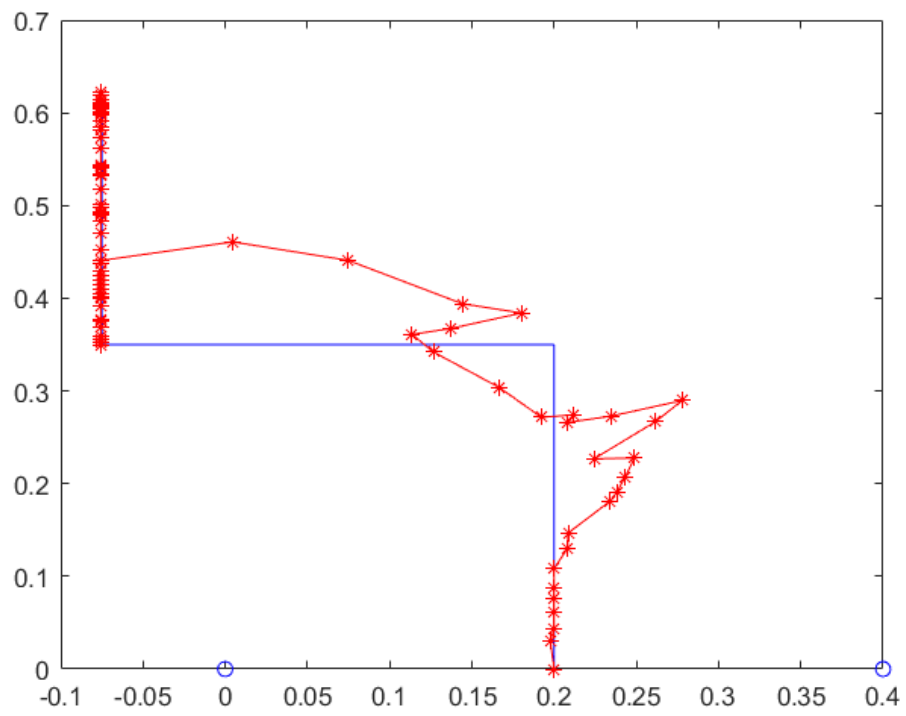
○ (2)



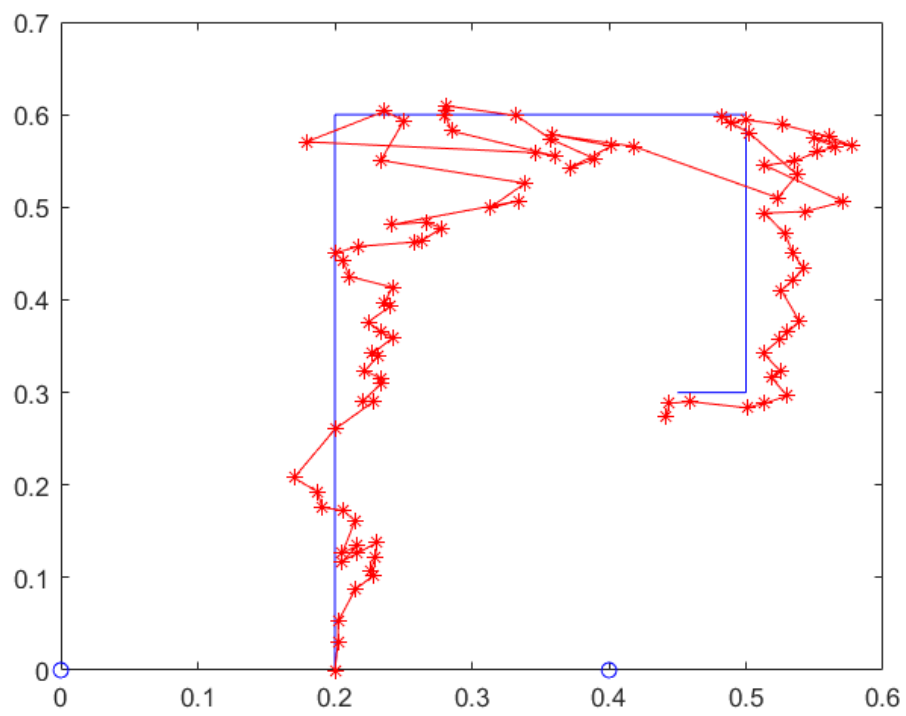
○ (3)



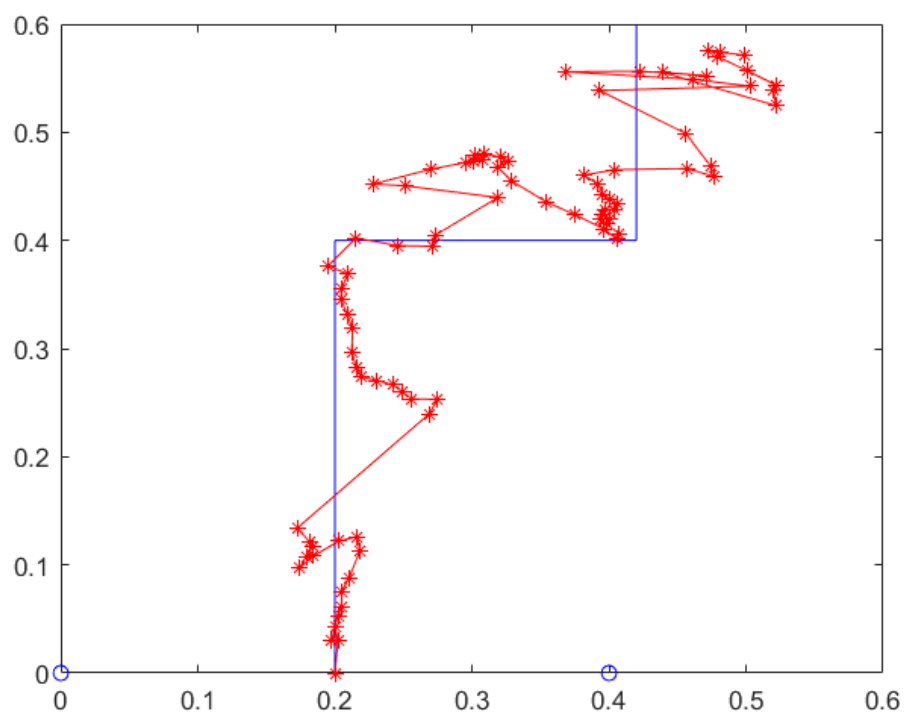
○ (4)



○ (5)



○ (7)



3. 分析结论

- 测量得到的手机移动轨迹与实际移动轨迹大致相同。
- 手机移动速度与测量精度成负相关，速度越快，误差越大。
- 受设备发声、录音的影响，有效距离难以估计，在 $3m$ 左右范围内测得轨迹尚可接受。

4 设计特点

1. 利用 FMCW 测量距离，并利用多普勒效应消除移动带来的影响。
2. 设计良好的音频信号，利用双声道使两个喇叭发送不同 Chirp 信号。