

2024 秋季学期统计信号处理实验手册

实验背景

随着智能家居和安防技术的发展，毫米波雷达因其高精度、高分辨率和隐私保护等优点，广泛应用于人体检测与行为识别。毫米波雷达能够在复杂环境中准确捕捉人体的运动信息，特别适用于监测无人存在、自由运动以及特定动作（如坐下摔倒等）的场景。本实验旨在通过处理 TI IWR6843 毫米波雷达采集的数据，完成对目标的检测、轨迹提取及速度估算，为智能监控和安全预警系统提供数据支持。

数据概述

数据格式说明

本实验使用的三个 JSONL 文件，每行记录一个时间帧的数据，结构如下：

- **frameNum**: 整数，表示帧编号，按顺序递增。
- **pointCloud**: 列表，形状为 $3 \times n$ （如果不为空），每行分别代表该帧点的 X、Y、Z 坐标，每一列对应一个点，共 n 个点。
- **target**: target 是一个 16×1 的 list，二三四位分别表示 xyz 的坐标，剩下的忽略（target 并不是每一帧都有）。轨迹真值即可从 target 提取。

示例：

```
{ "frameNum": 1,  
  "pointCloud": [ [x1, x2, ..., xn],  
                  [y1, y2, ..., yn],  
                  [z1, z2, ..., zn],  
  "targets": []}
```

数据内容说明

每个文件代表一个完整的实验流程，包含以下动作：

- **无人存在**: 环境中无人的情况。
- **自由运动**: 人在房间内自由移动。
- **坐下摔倒**: 模拟坐下或摔倒动作。

数据由 TI IWR6843 毫米波雷达采集，每帧的周期为 55 毫秒。自由运动阶段为前若干帧。在轨迹判断时，可结合多帧的点云数据进行分析。具体帧数参考下表：

文件名	自由行动终止帧号
Data_2c.jsonl	140900
Data_4z.jsonl	132650
Data_1c.jsonl	111149

实验目标与要求

- 信号点与噪声点区分：在每一帧内识别并区分出有效的信号点和噪声点。
- 目标的三维运动轨迹提取：根据点云数据，重建并展示目标的三维运动轨迹。
- 目标运动速度估算：计算并估算目标在不同时间段的运动速度。

实验步骤（参考）

1. 数据预处理

- 数据读取：加载 JSONL 文件，解析每一帧的数据。
- 数据清洗：处理缺失值、异常值，确保数据质量。
- 坐标转换（如必要）：将点云数据转换到统一的坐标系。

2. 信号点与噪声点的区分

- 噪声过滤：使用信号处理算法识别密集的信号点群体，去除或标注噪声点。

3. 目标的三维运动轨迹提取

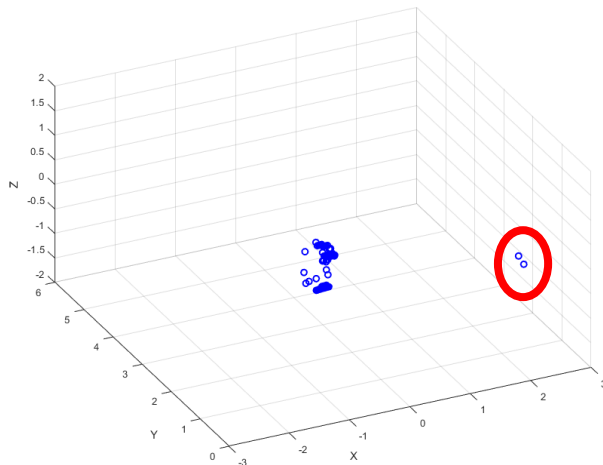


图 1. 红圈内为噪声点。

- 目标识别：在每帧中识别出目标的点集。
- 数据关联：单帧或多帧匹配目标点集，确保轨迹的连续性。

- **轨迹重建：**形成三维运动轨迹。

4. 目标运动速度估算

- **位置变化计算：**计算目标在相邻帧之间的位置变化。
- **时间间隔确定：**根据帧率（55ms）确定时间间隔。
- **根据以上两项计算目标速度。**

实验报告内容

1. 数据预处理结果。
2. 信号点与噪声点的区分。
3. 目标的三维运动轨迹提取。
4. 目标运动速度估算。
5. 结果分析与讨论。
 - a) 信号与噪声点区分效果：评估信号处理算法的准确性，分析算法与场景的适配性。
 - b) 运动轨迹的准确性：比较提取的轨迹与实际运动路径的一致性，讨论误差来源。
 - c) 速度估算的准确性：验证速度计算结果的合理性，分析动态变化趋势。
6. 总结实验中遇到的问题。
7. 代码文件（附件提交，编程方法不限）。
8. 参考文献。