

2021-22 秋季学期数字信号处理大作业

2021-11-19

1 背景

多普勒效应是波源和观察者有相对运动时，观察者接收到波的频率与波源发出的频率并不相同的现象。交通警察向行进中的车辆发射频率已知的超声波同时测量反射波的频率，根据反射波的频率变化的多少就能知道车辆的速度。首个投入使用的卫星导航系统，子午仪卫星导航系统 (Transit navigation satellite system)，正是利用多普勒频移实现对地面接收机的定位。本次大作业将通过仿真实验，利用数字信号处理相关知识和多普勒效应的原理估计运动参数。

2 原理

观察者 (Observer) 的观测频率 f 和发射源 (Source) 的发射频率 f_0 关系为

$$f = \left(\frac{v \pm v_o}{v \mp v_s} \right) f_0,$$

其中 v 为波在传播介质中的传播速率； v_o 为观察者相对传播介质沿二者连线的运动速率，向源移动时符号取正； v_s 为发射源相对传播介质沿二者连线的运动速率，远离观察者时符号取正。

3 任务

如图1所示，在一个二维空间内，有一个做匀速圆周运动的扬声器 (Speaker) 和一个静止的麦克风 (Microphone)，扬声器播发固定频率的正弦音，由于扬声器与麦克风之间存在相对运动，麦克风接收到的声音频率会发生变化。

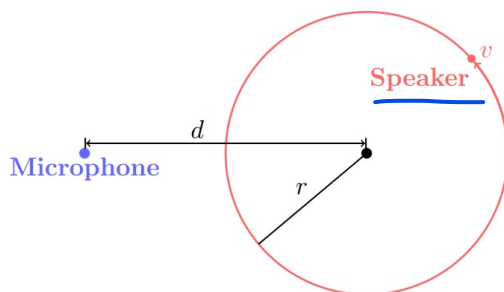


图 1: 实验环境示意图

问题 1: 根据多普勒频移原理，思考扬声器在什么位置发出的声音被麦克风接收后的频率 a) 最大, b) 最小, c) 等于播发频率。

问题 2: 利用麦克风收到的声音 `sound.wav`, 试着估计分析出整个实验环境的参数。包括扬声器的运动速率 v 、运动半径 r 和轨迹圆心到麦克风的距离 d 。

问题 3 (开放性问题): 基于多普勒频移原理用若干个扬声器设计一个二维定位系统, 让麦克风通过接收若干个扬声器的信号确定自己的位置和速度。请给出详细的设计方案, 并从理论上阐明其可行性。

4 实验注意事项

1. 声音文件`sound.wav`长度约为5s, 采样频率为8 kHz。打开文件时注意调节音量大小, 避免声音刺耳。
2. MATLAB 读取音频文件函数`audioread`。
3. 声音传播速度取340 m/s。

5 说明

1. 本次作业满分 20 分。**截止日期: 2021 年 12 月 19 日周日 23:59**, 请按时提交, 迟交将会影响分数。
2. 大作业请直接在网络学堂提交。提交时要求包含研究报告及源代码。提交时注意保证代码的完整性, 并应进行详细注释以保证可读性, 并方便核查。
3. 研究报告可使用 MS Word、PDF 或 LaTeX 等格式提交, 中英文不限, 但须为本人独立完成。
4. 研究报告内容应详实, 能充分体现本人在算法的设计、优化和实现中的探索、分析和思考过程, 报告内容应以文字、公式、图表、流程图等为主体。如没有确实的必要性, **不要在研究报告中大段粘贴源代码**, 靠大量源代码及从其它来源抄来的文字充篇幅只会起到负面效果。
5. 提交的源代码要与报告中所提出的方法对应, 需保证你提出的方法是你可以用程序实际实现的。
6. 本次大作业属于估计性问题, 因此没有确切的标准答案, 解决方案也不是唯一的。因此强烈**鼓励创新**, 对具有创新性想法和内容的设计, 只要想法合理、分析论证充分, 均给予适当加分。
7. 作业应独立完成, **杜绝抄袭**。研究报告或代码一经发现抄袭现象, 无论抄袭者还是被抄者一律计 0 分。

《清华大学学生纪律处分管理规定实施细则》第二十一条

有下列违反课程学习纪律情形之一的, 给予警告以上、留校察看以下处分:

- (a) 课程作业抄袭严重的;
 - (b) 实验报告抄袭严重或者篡改实验数据的;
 - (c) 期中、期末课程论文抄袭严重的;
 - (d) 在课程学习过程中严重弄虚作假的其他情形。
8. 如有任何关于本次大作业的问题, 请联系课程助教刘旭 `xu-liu17@mails.tsinghua.edu.cn`。