

EchoTrack: Acoustic Device-free Hand Tracking 笔记

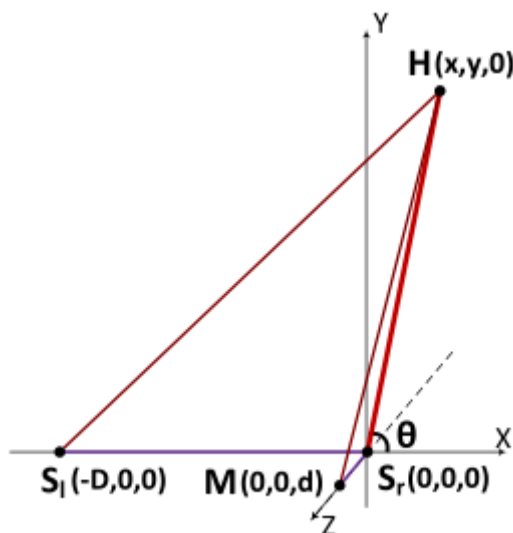
主要工作：

手机的两个扬声器分别发送低互相关高自相关的chirp信号，经过手掌反射，最终由手机的麦克风接收，通过测量ToA估计手掌和麦克风、扬声器的距离，并根据三角关系进行定位手掌位置，达到追踪的效果。

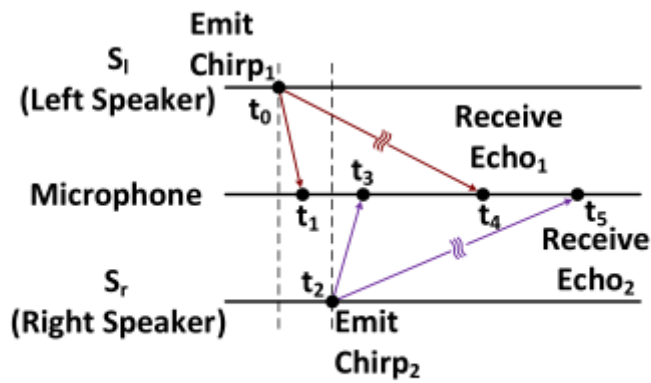
贡献：

- 1.使用低互相关高自相关chirp信号并错开发送解决信号干扰问题。发送完chirp信号后加上18ms的延迟解决多径传播问题。
- 2.使用envelope detection代替match filter进行echo检测，进而得到了ToA，解决了match filter输出小峰值的干扰问题。
- 3.根据ToA计算传播距离并由毕达哥拉斯定理进行三角定位手势位置
- 3.左右麦克风分别发送具有低互相关性、高自相关性的up-chirp和down-chirp信号，来分辨左右麦克风的回声
- 4.补偿多普勒频移减少速度较快和急转弯手势的预测误差（未实现）
- 5.引入粗粒度平滑惩罚（Roughness Penalty Smoothing (RPS)）增加了轨迹矫正的准确性

方法原理：



上图 S_l 和 S_r 代表左右扬声器，M表示麦克，H表示手掌位置。 S_l 在 t_0 时刻发送信号 S_1 ， t_1 时刻麦克风收到 S_1 的直射信号， t_4 时刻收到 S_1 由手掌H反射的回波。同理， S_r 在 t_2 时刻发送信号 S_2 ， t_3 时刻麦克风收到 S_2 的直射信号， t_5 时刻收到 S_1 由手掌H反射的回波，如下图所示：



(d) Event sequences

所以：

$$d_{S_lHM} = (t_4 - t_1)c + d_{S_lM}$$

$$d_{S_rHM} = (t_5 - t_3)c + d_{S_rM}$$

由毕达哥拉斯定理估计： $\hat{d}_{S_rH} = \frac{d_{S_rHM}^2 - d_{S_rM}^2}{2d_{S_rHM}}$

所以 $\triangle S_rHM$ 可解，可得H坐标。

信号处理流程：

- 1.设置10%的重叠窗口接收原始信号
- 2.设置16kHz-23kHz的带通滤波器并切割无效帧消除噪音和多径效应
- 3.使用Envelope detection匹配直射信号和反射信号
- 4.对3中的输出进行平滑处理消除离群点，最后进行Peak detection

效果：

测距误差：80%的情况下误差在2cm内

静态定位误差：80%的情况下误差在7cm内

连续定位（估计）误差：曲线和三角形路径的估计轨迹，误差为0到4cm。直线路径的估计有较大的误差为0-12cm

问题：

- 1.由于测距误差的累计导致静态定位误差较大
- 2.当手机正对手势时回波较强导致测距较为准确，当与手势存在角度测距误差会相应增大
- 3.直线路径和急转弯的情况下有较大的多普勒频移导致了较大的测距误差