

《信号与系统》课程设计——回波的产生与消除

【设计题目】回波的产生与消除

【设计要求】

- (1) 产生信号x和带有回波的声音信号y。
- (2) 从带有回波的信号y中消除回波。
- (3) 从y中估计回波的延迟时间。

【设计工具】MATLAB

【设计原理】

1、声音信号 x 的产生：

声音信号 x，既可以从现成的声音文件 (.wav) 中获取；也可以利用 MATLAB 命令产生各种不同形式的信号。

2、带回波的声音信号 y 产生：

带回波的声音信号，可以表达为在原信号的基础上叠加其延时衰减的分量。假设只有一个回波的情况下，可简化其模型为：

$$y(n)=x(n)+ax(n-N) \quad (\text{式 1})$$

a 为反射系数；N 为延迟时间。

思考 1：分别改变反射系数 a 和延迟时间 N 的大小，播放产生的回声信号 y，分析反射系数 a 和延迟时间 N 对原始声音的影响。

思考 2：按照以上思路，当有两个、三个或更多回声时，就有更多的信号叠加，程序编制变得繁琐。有什么更好的办法产生回声？

3、回波消除

如何从信号 y 中恢复出信号 x？即是（式 1）的一个逆向求解过程。因此回波消除的关键可以通过（式 1）的模型建立从信号 y 中恢复信号 x 的模型。只要恢复模型建立，即可将信号 y 作为输入信号，求得恢复后的信号 x'。

4、从信号 y 中估计回波的延迟时间

从信号 y 中估计回波的延迟时间，即估计（式 1）中的 N。也就是，估计 y(n) 中的原始声音信号 x(n) 与其延时衰减分量 ax(n-N) 的相关联的程度。下面简单介绍一下信号相关的概念。

在统计通信及信号处理中，相关的概念是一个十分重要的概念。相关函数和信号的功率谱有密切关系。所谓相关是指两个确定信号或两个随机信号之间的相

互关系，对于随机信号，信号一般是不确定的，但是通过对它的规律进行统计，它们的相关函数往往是确定的，因而在随机信号处理中，可以用相关函数来描述一个平稳随机信号的统计特性。

已知 $x(n)$ 和 $y(n)$ 是两个实数序列，它们的自相关函数 $\phi_{x,x}[n]$ 、 $\phi_{y,y}[n]$ ，及互相关函数 $\phi_{x,y}[n]$ 分别定义为：

$$\begin{aligned}\phi_{x,x}[n] &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m+n]x[m] \\ \phi_{y,y}[n] &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} y[m+n]y[m] \\ \phi_{x,y}[n] &= \sum_{m=-\infty}^{\infty} x[m+n]y[m]\end{aligned}\quad (\text{式 2})$$

考虑如何利用相关性从信号 y 中估计反射物的距离。

【思考题】

在测距的过程中，反射系数 a 对测距有何影响？

【MATLAB 参考命令】

绘图命令： plot、 stem 等

求频谱、频率响应： fft、 freqz 等

卷积、滤波： conv、 deconv、 filter 等

声音文件读写： wavread、 wavwrite、 wavplay 等

相关： conv、 xcorr、 corrcoef 等