

课程作业

课程名称 : 计算机语音技术
作业次数 : 第3次
学号 : 21281280
姓名 : 柯劲帆
班级 : 物联网2101班
指导老师 : 朱维彬
修改日期 : 2023年11月1日

1. 问题1

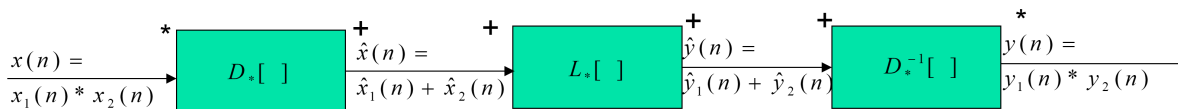
请说明同态分析的基本思想，并说明同态系统三个组成系统的功能。

同态分析的基本思想是：由于系统中的信号是非加性信号，希望能把信号变成加性信号后进行操作，再还原原本的信号。实现方法由以下步骤：

- 通过特征变换将非线性信号转化为线性信号
- 对线性信号进行线性滤波处理
- 再通过逆特征变换将处理后的线性信号转换回原来的非线性信号

相应的，同态系统由以下三个部分组成：

- 特征系统**：通过对数变换，将非线性信号转化为线性信号。
- 线性系统**：对线性信号进行滤波处理。
- 逆特征系统**：通过指数变换，将滤波处理后的线性信号转换回原来的非线性信号形态。



2. 问题2

已知一语音时间序列 $x(n)$ ，请写出其对应的复倒谱、倒谱 $\hat{x}(n)$ 、 $c(n)$ 的计算公式。

复倒谱：

$$\hat{x}(n) = \mathcal{F}^{-1} \left[\hat{X}(e^{j\omega}) \right] = \mathcal{F}^{-1} \left[\ln X(e^{j\omega}) \right] = \mathcal{F}^{-1} \{ \ln \mathcal{F}[x(n)] \}$$

倒谱：（复倒谱的实数部分）

$$c(n) = \mathcal{F}^{-1} \left[\ln |X(e^{j\omega})| \right] = \mathcal{F}^{-1} \{ \ln |\mathcal{F}[x(n)]| \}$$

3. 问题3

请说明线性预测的基本概念，并用数学公式描述线性预测方程组的建立过程。

线性预测指的是，根据语音样点值之间存在相关性，一个语音样点值可以用过去的若干样点值的线性组合，输入模型分析来逼近和预测。

线性预测方程为

$$\hat{s}(n) = \sum_{i=1}^P a_i s(n-i)$$

其中 $s(n)$ 是原语音信号， $\hat{s}(n)$ 是预测信号， a_i 是线性预测系数。

预测误差为

$$e(n) = s(n) - \hat{s}(n)$$

均方误差准则

$$E_n = \sum_n e^2(n)$$

对 a_i 求偏导, 使得 E 最小

$$\frac{\partial E}{\partial a_j} = 2 \sum_n s(n)s(n-j) - 2 \sum_{i=1}^p a_i \sum_n s(n-i)s(n-j) = 0$$

构成线性方程组

$$\sum_n s(n)s(n-j) = \sum_{i=1}^p a_i \sum_n s(n-i)s(n-j)$$

即

$$\sum_{i=1}^p a_i R_n(|j-i|) = R_n(j), (1 \leq j \leq P)$$

其中 R_n 是自相关函数。求解可得线性预测系数 $a_1, a_2, a_3, \dots, a_p$ 。

4. 问题4

已知语音信号的线性预测系数 a_i ，说明LPC谱的计算过程以及预测阶数 P 对LPC谱的影响。

声道传递函数

$$H(z) = \frac{G}{1 - \sum_{i=1}^P a_i z^{-i}}$$

代入 $z = e^{j\omega}$ ，由Z域转换到频域，得到LPC谱

$$H(e^{j\omega}) = \frac{G}{1 - \sum_{i=1}^P a_i e^{-j\omega i}}$$

预测阶数 P 对LPC谱的影响：

1. P 决定了LPC模型的参数个数， P 越大，能逼近信号谱的细节越多。
2. P 越大，LPC谱上的共振峰个数越多，能反映出更多的共振峰信息。
3. 一般取 P 为10 ~ 14阶，每个共振峰对应2阶，额外增加2 ~ 4阶用于反映零点信息。

4. P 的选择还要考虑分析帧长, 要保证帧长大于2倍基音周期。