

# 语音合成大作业

王伟致 2022010542

## 1 语音预测模型

(1)

给定

$$e(n) = s(n) - a_1 s(n-1) - a_2 s(n-2)$$

假设  $e(n)$  是输入信号,  $s(n)$  是输出信号, 上述滤波器的传递函数是什么? 如果  $a_1 = 1.3789$ ,  $a_2 = -0.9506$ , 上述合成模型的共振峰频率是多少? 用 `zplane`, `freqz`, `impz` 分别绘出零极点图, 频率响应和单位样值响应。用 `filter` 绘出单位样值响应, 比较和 `impz` 的是否相同。

①上述滤波器的传播函数为

$$H(z) = \frac{1}{1 - \frac{a_1}{z} - \frac{a_2}{z^2}} = \frac{z^2}{z^2 - a_1 z - a_2}$$

②共振峰频率

$$f = \frac{\omega}{2\pi}$$

而模拟频率  $\omega$  和数字频率  $\Omega$  有关系

$$\Omega = \omega T$$

故

$$f = \frac{\Omega}{2\pi T} \approx 1kHz$$

③用 `zplane`, `freqz` 分别绘出零极点图、频率响应如下:

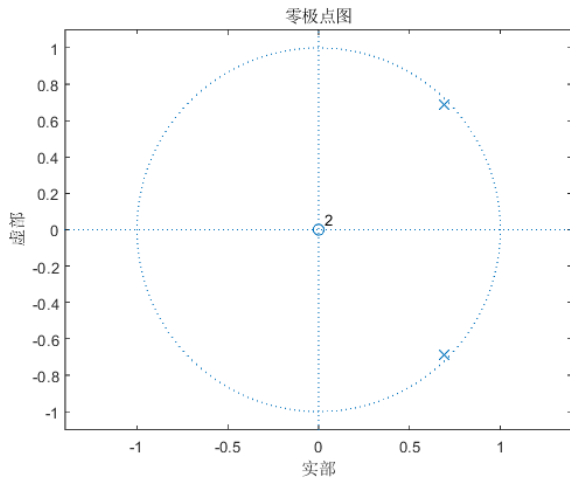


图 1: 零极点图

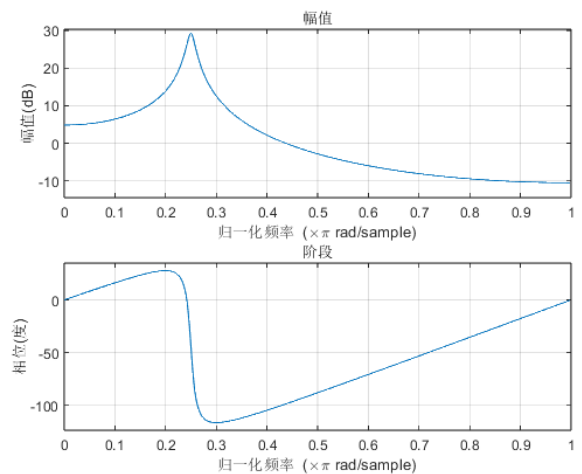


图 2: 频率响应

用 `impz`, `filter` 分别绘出单位样值响应如下, 两者相同:

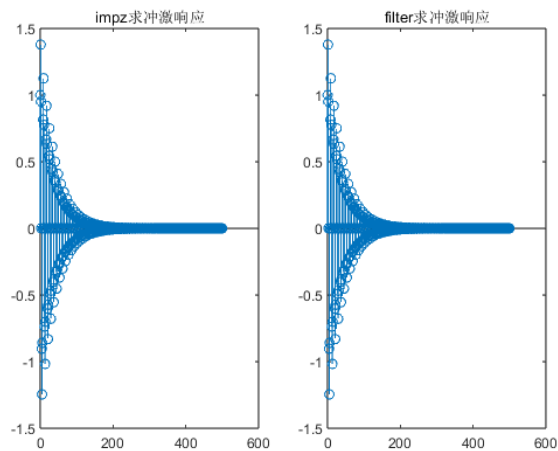


图 3: 冲激响应

### (3)((2) 略)

运行程序到 27 帧时停住，用 (1) 中的方法观察零极点图。

如下所示，用 `zplane` 函数绘制 E,A 决定的零极点图即可。

```
1 % (3) 在此位置写程序，观察预测系统的零极点图
2 zplane(E,A);
```

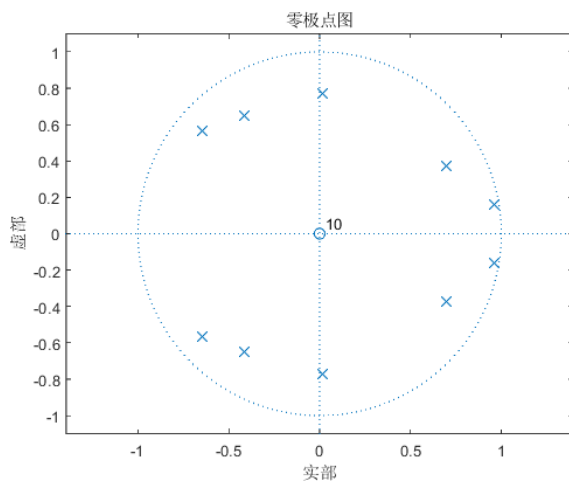


图 4: 27 帧对应零极点图

### (4)

在循环中添加程序：对每帧语音信号  $s(n)$  和预测模型系数  $\{a_i\}$ ，用 `filter` 计算激励信号  $e(n)$ 。

由于分帧处理，需要保存滤波器的最终条件 `zf`，且需要考虑滤波器的初始状态 `zi`，在代码中表现为更新 `zi_pre` 的值。

```
1 % (4) 在此位置写程序，用filter函数s_f计算激励，注意保持滤波器状态
2 [exc_ftr,zi_pre] = filter(A,1,s_f,zi_pre);
3 exc((n-1)*FL+1:n*FL) = exc_ftr;
4 % exc((n-1)*FL+1:n*FL) = ... 将你计算得到的激励写在这里
```

(5)

完善 `speechproc.m` 程序，在循环中添加程序：用你计算得到的激励信号  $e(n)$  和预测模型系数  $\{a_i\}$ ，用 `filter` 计算重建语音  $\hat{s}(n)$ 。

类似地有：

```
1 % (5) 在此位置写程序，用filter函数和exc重建语音，注意保持滤波器状态
2 [rec_ftr,zi_rec] = filter(1,A,exc_ftr,zi_rec);
3 s_rec((n-1)*FL+1:n*FL) = rec_ftr;
4 % s_rec((n-1)*FL+1:n*FL) = ... 将你计算得到的重建语音写在这里
```

(6)

在循环结束后添加程序：用 `sound` 试听 (6) 中的  $e(n)$  信号，比较和  $s(n)$  以及  $\hat{s}(n)$  信号有何区别。对比画出三个信号，选择一小段，看看有何区别。

三个信号载有的信息均为“电灯比油灯进步多了”。 $e(n)$  信号噪声较大； $s(n)$  信号和  $\hat{s}(n)$  信号听起来几乎没有区别，且两者噪声相对  $e(n)$  较小。

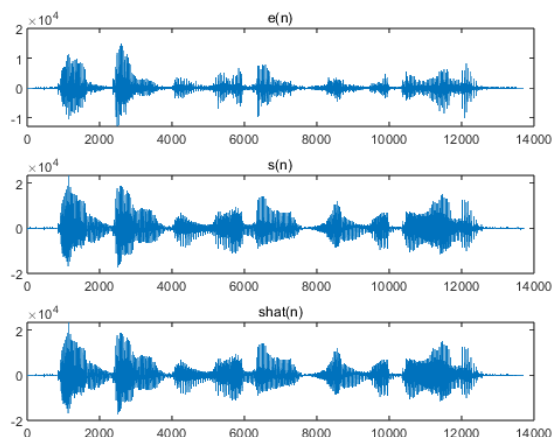


图 5: 语音信号比较

选取 [2000,4000] 局部区间比较：进一步验证了前述判断。

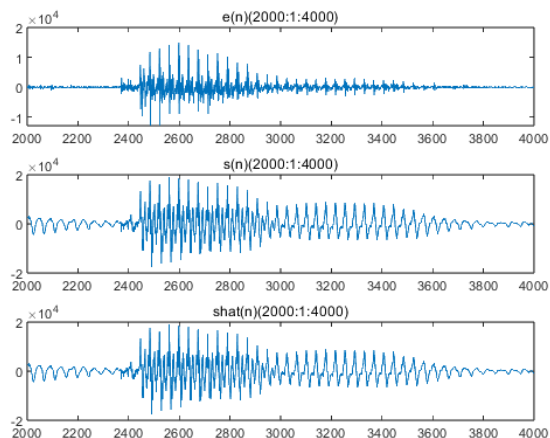


图 6: 语音信号比较（局部）

## 2 语音合成模型

(7)

生成一个 8kHz 抽样的持续 1 秒钟的数字信号，该信号是一个频率为 200Hz 的单位样值“串”，即

$$x(n) = \sum_{i=0}^{NS-1} \delta(n - iN)$$

考虑该信号的 N 和 NS 分别为何值？用 `sound` 试听这个声音信号。再生成一个 300Hz 的单位样值“串”并试听，有何区别？

$$N = \frac{1}{8kHz} = 1.25 \times 10^{-4}$$