

TOPIC-1

一、啸叫原理与特征

1.1 啸叫产生原理：

声音信号首先从麦克风拾入，经过扩声系统的功率放大器放大后由扬声器送出，经过各种障碍物的多次反射后，又被麦克风拾入，从而形成一个闭合环路。如果传声器对某些频点的拾音灵敏度过高，导致声音在这些频点的增益是正值，就形成了一个正反馈过程，声音信号经过多次反复循环放大后，在某此频点的声音强度超过一定的增益上限，就会发生自激振荡，从而产生啸叫。

1.2 啸叫信号特征：

1. 啸叫信号的时域波形是一个频率恒定的正弦波，其幅值随着时间的增加迅速增大，直到超出了功放放大区，进入饱和区和截止区时，产生削波现象。
2. 啸叫信号的频谱图中存在单一的，并且固定不变的啸叫频率点，并且啸叫频率点对应的幅值远远大于语音信号中其他频率点的幅值

二、采集音频并添加啸叫

1. 音频采集

```
1 % 特定采样率声音信号录制
2 recorder = audiorecorder;
3 Fs = 44100; %设置特定的采样率44100Hz
4 nBits = 16; %采样位数16
5 NumChannels = 2;
6 recorder = audiorecorder(Fs,nBits,NumChannels); % 调用电脑麦克风，开始声音录制
7 disp('strat speaking:');
8 recordblocking(recorder,1); % 录制1s的声音信号
9 disp('stop speaking');
10 %特定采样率声音信号播放
11 myrecording = getaudiodata(recorder); %getaudiodata--读取声音信号信息
12 filename = 'signal.wav';
13 audiowrite(filename,myrecording,44100) %特定频率的采集wav信号
```

2. 分析采集音频

```

1 %%
2 %分析采集音频
3 clc;clear
4 [y,fs]=audioread('handel.wav');%从名为 filename 的文件中读取数据，并返回样本数据 y 以
5 %sound(y, fs);
6 y0=y(:,1);%左声道
7 %sound(y0, fs);
8 N=length(y0);    %信号序列长度
9 n=0:N-1;
10 t=(0:N-1)/fs;    %时间
11 yfft=fft(y0,N); %对信号做n点fft变换
12 f=(0:floor(N/2)-1)*fs/N;
13 figure(1);
14 subplot(3,1,1);
15 plot(t,y0);title('原始声音信号的时域波形图');xlabel('时间/s');ylabel('振幅');
16 subplot(3,1,2);
17 plot(abs(yfft));title('原始声音信号的幅值图');ylabel('幅值');
18 subplot(3,1,3);
19 plot(f,abs(yfft(1:floor(N/2))));title('原始声音信号的频谱图');xlabel('频率/Hz');yla

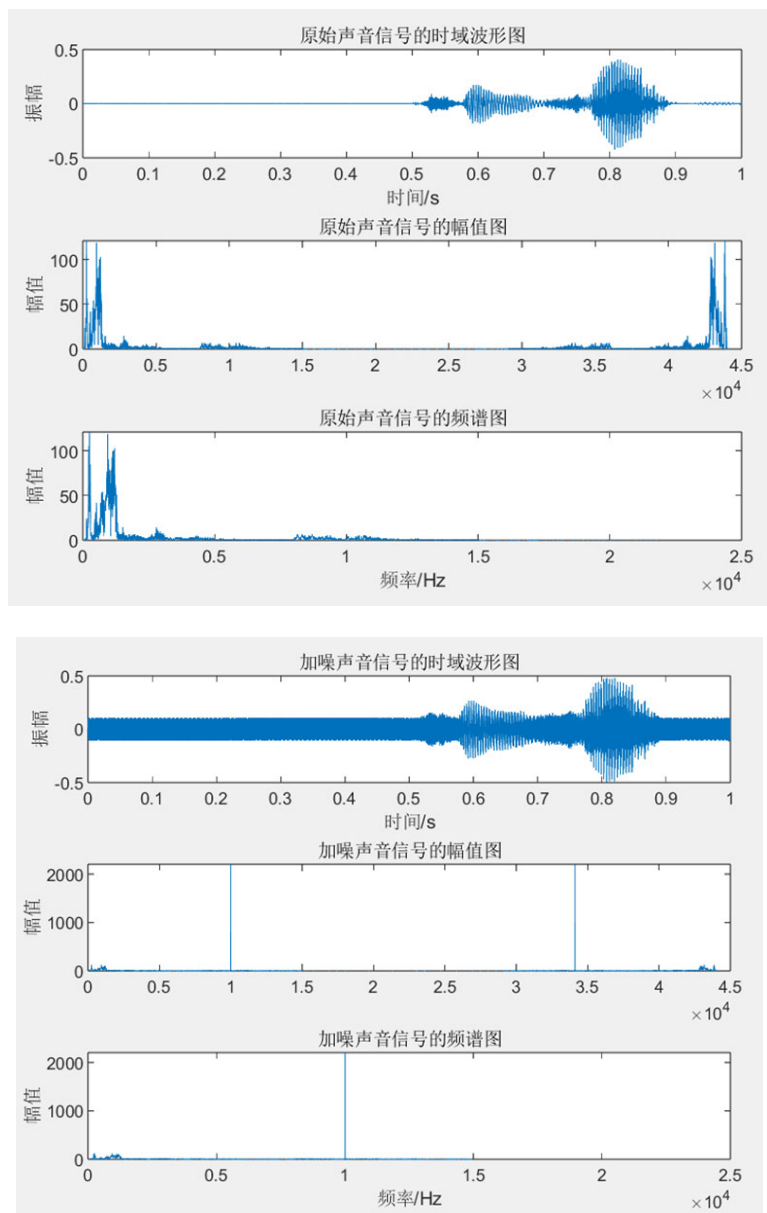
```

3. 在10kHz添加噪音信号

```

1 %%
2 %在10kHz添加噪音信号
3 fz=10000;          %噪音频率
4 xz=0.1*sin(2*pi*fz*t);%噪声序列，以sin为例
5 y1=y0+xz';
6 %sound(y1, fs);
7 yfft1=fft(y1,N); %对信号做n点fft变换
8 f=(0:floor(N/2)-1)*fs/N;
9 figure(2);
10 subplot(3,1,1);
11 plot(t,y1);title('加噪声音信号的时域波形图');xlabel('时间/s');ylabel('振幅');
12 subplot(3,1,2);
13 plot(abs(yfft1));title('加噪声音信号的幅值图');ylabel('幅值');
14 subplot(3,1,3);
15 plot(f,abs(yfft1(1:floor(N/2))));title('加噪声音信号的频谱图');xlabel('频率/Hz');yl

```



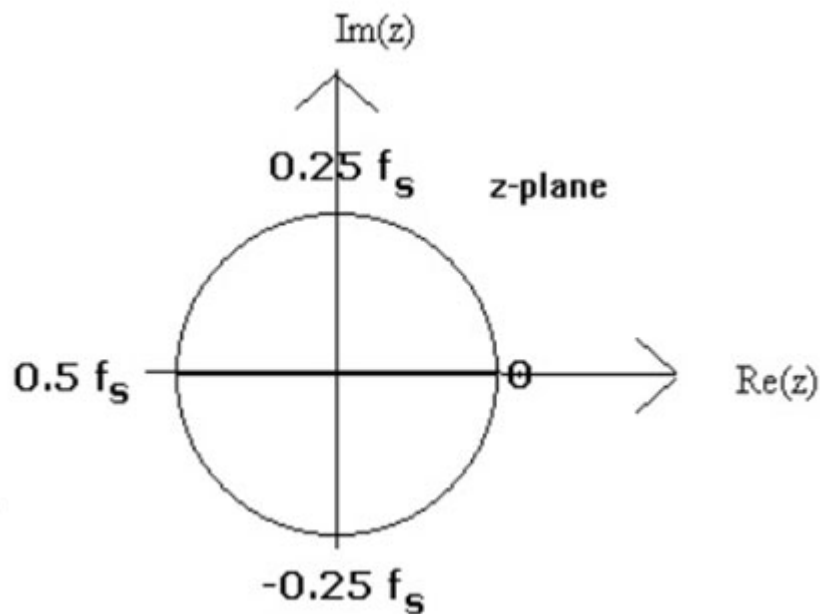
三、FIR滤除单频噪声

z域和s域的关系： $z = e^{sT}, s = \sigma + j\omega$

当 $\sigma = 0$ 时， $s = j\omega$ ，对应的是 s 域的虚轴，而此时 $z = e^{j\omega T}$ 对应的是单位圆，也就是说 z 变换将 s 域的虚轴映射成 z 域的单位圆。

z 域单位圆上不同的点，代表了不同的频率

继续扩展 $z = e^{sT} = e^{j\omega/f_s} = e^{j2\pi f/f_s}$ ， f ：可变频率； f_s : 采样频率



对只有一个零点的FIR系统，我们希望系统可以对特定啸叫频率 f 处幅度置零。那么系统极点应位于原点处，而零点在 $e^{j2\pi f/f_s}$ 处

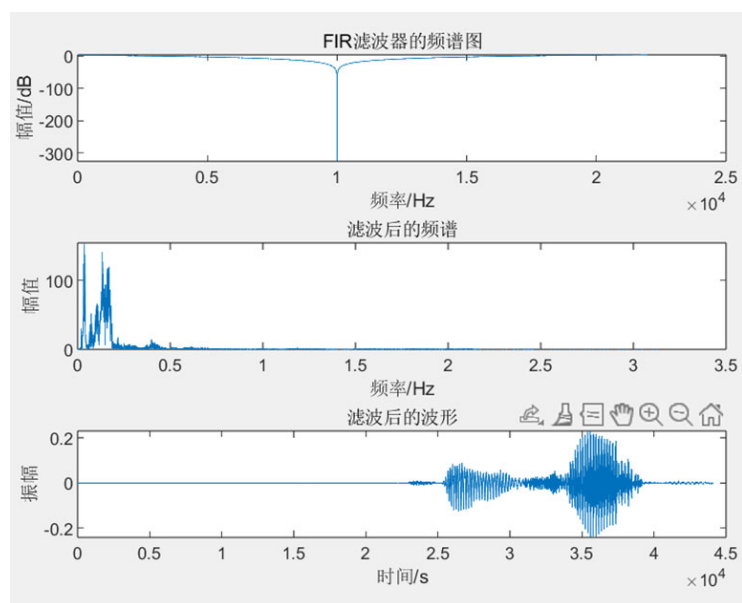
$$H(Z) = \frac{z - e^{j2\pi f/f_s}}{0 * z + 1} = \frac{z - e^{j2\pi * 10000/44100}}{0 * z + 1}$$

1. 设计FIR滤波器滤除单频噪声

```

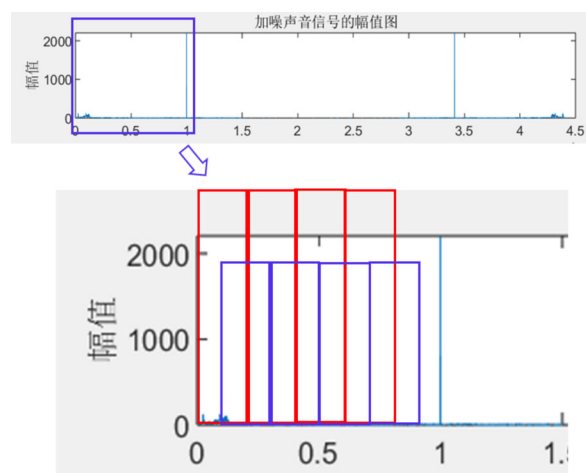
1 b=[1 -exp(i*2*pi*fz/fs)];%零点确定
2 a=[0 1];
3 [h,f] = freqz(b,a,N/2);
4 figure(3)
5 subplot(3,1,1)
6 plot(f(1:N/2)*fs/2/pi,20*log10(abs(h(1:N/2))));
7 xlabel('频率/Hz');ylabel('幅值/dB');title('FIR滤波器的频谱图')
8 subplot(3,1,2)
9 yfft2=yfft1(1:N/2).*h;
10 plot(f,abs(yfft2(1:N/2)));
11 xlabel('频率/Hz');ylabel('幅值'); title('滤波后的频谱')
12 subplot(3,1,3)
13 y3=ifft(yfft2,fs);
14 sound(real(y3),fs)
15 audiowrite('signal_after_filter_10khz.wav',real(y3),fs)
16 plot(n,real(y3))
17 title('滤波后的波形');xlabel('时间/s');ylabel('振幅');

```



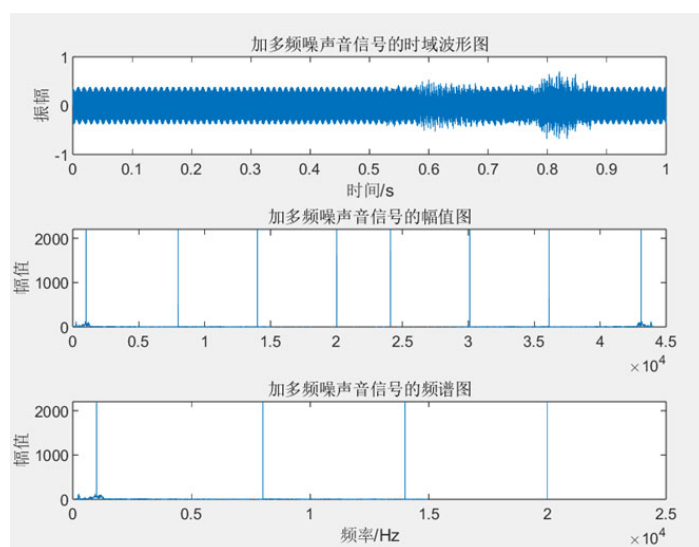
四、频率搜索

1. **分帧**：语音信号是瞬时变化的，语音信号在宏观上是不平稳的，在微观上是平稳的，具有短时平稳性（10---30ms内可以认为语音信号近似不变），这个就可以把语音信号分为一些短段来进行处理，每一个短段称为一帧。
2. **帧移**：帧移后的每一帧信号都有上一帧的成分，防止两帧之间的不连续。语音信号虽然短时可以认为平稳，但是由于人说话并不是间断的，每帧之间都是相关的，加上帧移可以更好地与实际的语音相接近。



3. **检测方法**：求功率谱， $R = 10 \lg(P_{\max}/P_{\text{ave}})$ ， P_{\max} 为最大幅值， P_{ave} 为每帧的平均功率， R 为判定系数
4. **判断准则**：若在一段连续的时间内， R 大于某个门限值，则认为最大点对应的频率点为啸叫频点

5. 频率搜索，找到啸叫发生的频点-以被添加4个频率噪音的信号为例



```
1 l=882;%一帧长度20ms，包括882点，相邻帧重叠为10ms(441个点)
2 s=49;%帧的数量
3 power=abs(yfft4(1:N/2)).^2;%功率
4 R=[];
5 Index=[];
6 for i = 1:s
7     pt=power((i-1)*l/2+1:(i+1)*l/2); %分帧
8     Pmax=max(pt);
9     Pav=mean(pt);
10    R(i)=10*log10(Pmax)-10*log10(Pav);
11    if R(i)>20%18-25都差不多可用
12        if ismember(find(power==Pmax),Index)==0
13            Index=[Index,find(power==Pmax)];
14        end
15    end
16 end
```

频率搜索系统，对多频率噪声也可以做到很好的检测

Index =

1001

8001

14101

20001

五、自适应滤波

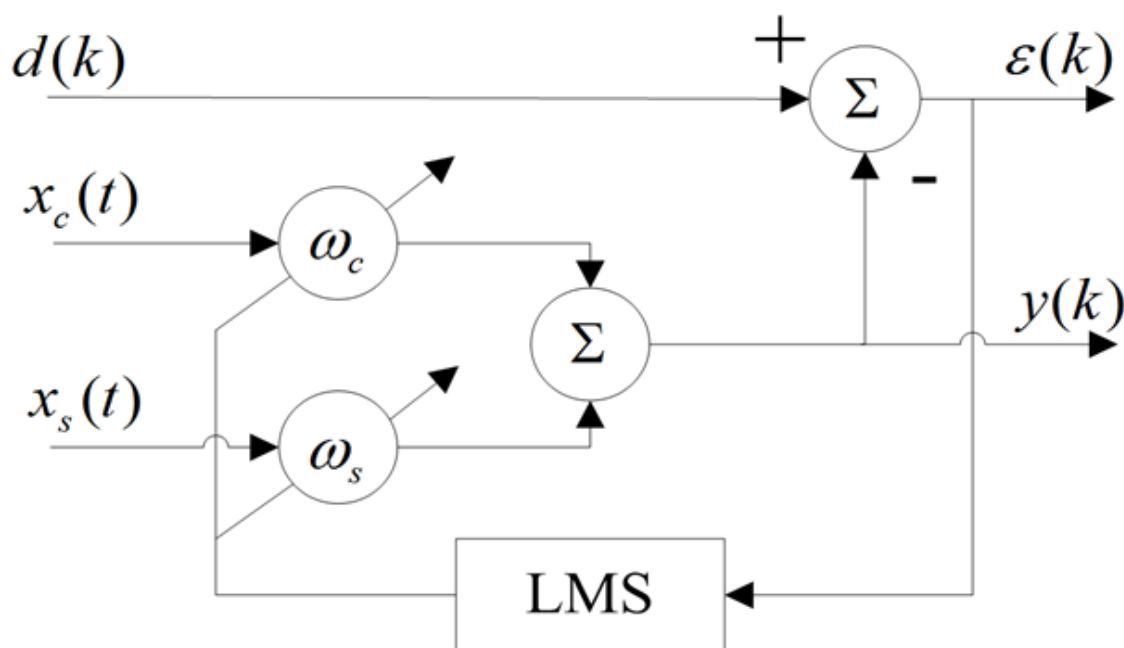
自适应滤波器以其自身调节参数的能力以及对信号和噪声的先验知识要求少的优势得到了广泛的应用。

5.1使用滤波器分析

在本问题中，采用自适应陷波器十分合理，其具有较窄的阻带和通带，带外衰减较快。具有滤波输出（y输出）和陷波输出（ε输出）两个输出。能够实现窄带滤波和窄带陷波。

当干扰是单频信号，或者有用信号是单频信号时，自适应Notch滤波器具有很好的滤波效果。

5.2 LMS自适应Notch滤波器



单通道自适应 Notch 滤波器结构

https://blog.csdn.net/qq_33941436

将某中心频率的正交信号作为参考信号:

$$x_c(k) = A \cos(2\pi k f)$$

$$x_s(k) = A \sin(2\pi k f)$$

输入带有啸叫的信号 $d(k)$

利用该正交信号的线性组合跟踪输入信号，并通过每一步的残差不断调整线性组合的权系数 w_c, w_s

$$w_c(k+1) = w_c(k) + 2u\varepsilon(k)x_c(k)$$

$$w_s(k+1) = w_s(k) + 2u\varepsilon(k)x_s(k)$$

其中u为自适应Notch滤波器的学习步长，一般根据系统调整在0.1-0.001

$$u = \frac{B * \pi}{A^2 f_s}$$

从而使得输入信号中与参考信号线性相关的部分分离出来，得到到

窄带滤波输出

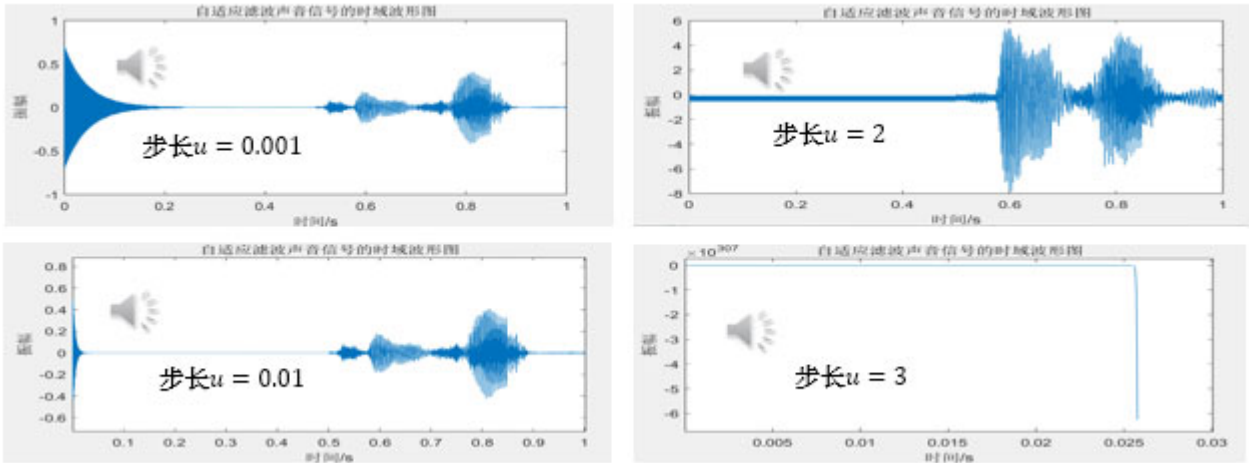
$$y(t) = w_c(k)x_c(k) + w_s(k)x_s(k)$$

陷波输出

$$\varepsilon(t) = d(k) - y(t)$$

```
1 %自适应陷波器仿真
2 %%——构造接收信号y4——
3 sig_in=y0;
4 fz2=Index-1%噪音频率
5 % ——构造参考信号——
6 x1=cos(2*pi*t*fz2); %参考输入1
7 x2=sin(2*pi*t*fz2); %参考输入2
8 % ——Notch滤波——
9 w1=0.5;
10 w2=0.5; %权矢量初值
11 e=zeros(1,N);
12 y=zeros(1,N);
13 u=0.01; %步长可改
14 for i=1:N %LMS算法
15     y(i)=w1*x1(i)+w2*x2(i);
16     e(i)=y4(i)-y(i);
17     w1=w1+u*e(i)*x1(i);
18     w2=w2+u*e(i)*x2(i);
19 end
20 plot(t,e)
21 sound(real(e),fs)
```

通过合适的步长选择，可以得到清晰的语音信号



六、参考资料

 https://blog.csdn.net/plotup/article/details/120318114?ops_request_misc=&request_id=&biz_id=102&utm_term=%...

自适应滤波器做啸叫检测_翟二狗爱学习的博客-CSDN博客_啸叫检测

%啸叫频点的检测%啸叫位置不确定时的抑制方法%初始条件设置fs=44100; %采样频率:44.1kHzduration=1; %音频时长1s%保存的语音信号路径及名称, 助教学姐验证的时候注意一下路径...

<https://zhuanlan.zhihu.com/p/45138629>

如何快速设计一个FIR滤波器（一）

在工作中，我们最佩服的一群人就是那种只用“纸和笔”就能把问题说清楚甚至解决的人，这需要超强的理论基础以及模型抽象能力——一言不合就上公式，简单、粗暴、有效。今天，我们也来装一装X，看看如何通过简单 “...