

PTC 3424 - Processamento Digital de Sinais - PDS

Professora: Maria D. Miranda (PTC)

EPUSP, Abril de 2018

Monitores: A. S. de Paula (2012), Flávio R. M. Pavan (2014)

Exercício Computacional: Projeto de Filtros Compensadores

Em muitas aplicações práticas, o sinal em que estamos interessados é corrompido por algum sistema de distorção. Em sistemas de comunicações, por exemplo, o sinal recebido pelo receptor corresponde a uma versão corrompida do sinal enviado pelo transmissor. Para recuperar a informação transmitida, o receptor pode filtrar o sinal recebido com algum *filtro compensador*.

Considere uma representação simplificada do sistema: *distorção + compensação* como representada na Figura 1. Note que estamos assumindo que o sistema de distorção pode ser modelado por um sistema linear e invariante no tempo (LIT) com função transferência $H(z)$ e que o filtro de compensação é também um filtro LIT com função transferência $H_c(z)$. Na Figura 1, $x(n)$ representa o sinal sem distorção, $y(n)$ representa o sinal distorcido por $H(z)$ e $x_{est}(n)$ representa a estimativa do sinal $x(n)$ obtida pela aplicação do filtro compensador $H_c(z)$.

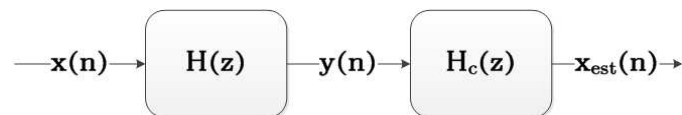


Figure 1: Sistema representando os filtros de distorção e compensação

Em relação a esse sistema, responda os itens a seguir:

1. Considere $H(z)$ um filtro estável e causal com função transferência dada por:

$$H(z) = \frac{1 - 0.5z^{-1}}{(1 - 0.98z^{-1})(1 - 0.95z^{-1})} \quad (1)$$

- (a) É possível projetar um filtro causal e estável que compense perfeitamente a distorção inserida por $H(z)$? Em caso positivo, projete o filtro compensador $H_c(z)$, mostrando os diagramas de pólos e zeros de $H(z)$ e $H_c(z)$. Caso não seja possível, explique o motivo e projete um $H_c(z)$ que amenize a distorção provocada por $H(z)$.
- (b) Considerando $x(n) = (0.8)^n u(n)$, implemente o sistema com o filtro projetado no item anterior e esboce $x_{est}(n)$. Esboce a representação em frequência (módulo e fase) tanto do sinal $x(n)$ quanto do sinal $x_{est}(n)$. Sugestão de comandos para resolver esse item com $x(n) = (0.8)^n u(n)$:

```
N=100; x=(.8).^([0:N-1]);
%Filtro de distorção
A=conv([1 -.95],[1 -.98]);
B=[1 -1/2]; % ou B=[1 -2]
%Filtro compensador
Ac=-----; % completar
Bc=-----; % completar
%%
y=filter(B,A,x); %Sinal corrompido
x_est=filter(Bc,Ac,y); %Sinal recuperado
%
```

```

figure(1)
subplot(211); plot(x(1:N),'.'); title('x(n)'); grid
subplot(212); plot(x_est(1:N),'.'); title('x_{est}(n)'); grid
figure(2)
subplot(211); plot(abs(fft(x)), 'linewidth',2); title('|X(k)|^2'); grid
subplot(212); plot(abs(fft(x_est)), 'linewidth',2); title('|X_{est}(k)|^2'); grid
figure(3)
subplot(211); plot(angle(fft(x)), 'linewidth',2); title('Fase'); grid
subplot(212); plot(angle(fft(x_est)), 'linewidth',2); title('Fase'); grid

```

- (c) Considerando agora o sinal $x(n)$ como o arquivo de áudio *que_maravilha_cut.wav*, refaça o item (b). Escute o som original, o som distorcido e o som recuperado. Sugestão de comandos para resolver esse item:

```

x0 = wavread('Que_maravilha_cut.wav');
Fs=44100; % frequência de amostragem
x=x0(2000:5*Fs,1)';
%%
y=filter(B,A,x); %Sinal corrompido
x_est=filter(Bc,Ac,y); %Sinal recuperado
sound(x,Fs); sound(y,Fs); sound(x_est,Fs)
%%
N=length(x);
figure(1)
subplot(211); plot(x(1:N),'.'); title('x(n)'); grid
subplot(212); plot(x_est(1:N),'.'); title('x_{est}(n)'); grid
%%
figure(2)
subplot(211); plot(abs(fft(x)), 'linewidth',2); title('|X(k)|^2'); grid
subplot(212); plot(abs(fft(x_est)), 'linewidth',2); title('|X_{est}(k)|^2'); grid

```

- (d) Considerando agora o sinal $x(n)$ como o arquivo de imagem *arco.triunfo.jpg*, refaça o item (b). Analise a imagem original, a imagem distorcida e a imagem recuperada. Sugestão de comandos para resolver esse item:

```

[x,y,xest]=RotImag(A,B,Ac, Bc);
figure(1)
subplot(221); image(x)
subplot(222); image(y)
subplot(223); image(xest)

```

A rotina *RotImag.m* está no site junto com os arquivos de dados.

2. Considere o seguinte filtro $H(z)$:

$$H(z) = \frac{1 - 2z^{-1}}{(1 - 0.98z^{-1})(1 - 0.95z^{-1})} \quad (2)$$

- (a) Esse filtro $H(z)$ admite um filtro compensador ideal causal e estável? Como você projetaria um filtro $H_c(z)$ se você estivesse interessado em recuperar ao menos a magnitude do sinal de entrada?
- (b) Refaça os itens 1.(b)-(d).
3. Compare e comente os resultados obtidos nos itens (1) e (2). Em especial compare os efeitos das distorções de fase nos sinais de áudio e de imagem.