1 2 90 FACULDADE DE CIÊNCIAS E TECNOLOGIA UNIVERSIDADE DE COIMBRA

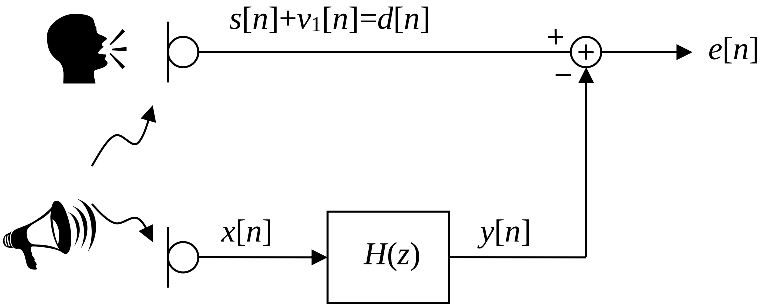
DEPARTAMENTO DE ENGENHARIA ELECTROTÉCNICA E DE COMPUTADORES

Processamento Digital de Sinal

Trabalho Prático Nº 12 - Filtros Ótimos- Cancelamento de ruído

Descrição

Neste trabalho prático vamos analisar dois sinais captados por dois microfones em ambiente ruidoso, $d[n]$ e $x[n]$, tal como indicado na figura. O sinal $d[n]$ contém um sinal de fala (microfone perto do locutor) misturado com ruído, enquanto que o sinal $x[n]$ contém apenas ruído (microfone longe do locutor). A relação sinal-ruído é muito baixa em $d[n]$. Contudo os dois sinais ($d[n]$ e $x[n]$) estão correlacionados, pelo que é possível cancelar o ruído presente em $d[n]$ e assim obter o sinal de fala com boa relação sinal-ruído.



Este sistema tenta fazer com que $y[n]$ seja o mais parecido possível com $v_1[n]$, situação em que se teria $e[n]=s[n]$. De facto, com $s[n]=0$, o filtro de Wiener estima o ruído $v_1[n]$ de tal forma que o erro $e[n]$ tenha a mínima potência. O mesmo se passa na presença do sinal $s[n]$, uma vez que este não está correlacionado com o ruído.

Sendo $H(z)$ FIR, causal, e de ordem p, então a solução ótima para o filtro obtém-se através da equação $\mathbf{R}_x\mathbf{h} = \mathbf{r}_{dx}$, onde $\mathbf{R}_x$ é a matriz Toeplitz construída com p+1 valores de $r_x[k]$, $\mathbf{h}$ é o vetor dos p+1 coeficientes do filtro e $\mathbf{r}_{dx}$ é o vetor de p+1 valores de $r_{dx}[k]$, k=0..p.

Trabalho Prático

O sinal $d[n]$ está no ficheiro `signal_mike3.wav`.
O sinal $x[n]$ está no ficheiro `noise_mike3.wav`.
Leia os sinais que têm a mesma frequência de amostragem.

1. Obtenção do filtro de ordem *p*=10.

a) Defina p=10 e estime $r_x[k]$ e $r_{dx}[k]$ para p+1 pontos. Construa a matriz Toeplitz $\mathbf{R}_x$.

b) Determine os coeficientes do filtro, $\mathbf{h}$, através das equações de Wiener-Hopf: $\mathbf{R}_x\mathbf{h} = \mathbf{r}_{dx}$.

c) Calcule $y[n]$ aplicando o sinal $x[n]$ ao filtro obtido (use o comando `filter()`). Com o sinal $d[n]$ calcule $e[n]$.
Faça um plot deste sinal e verifique que já é possível perceber que existe uma mensagem presente no sinal.

d) Verifique que é possível fazer melhor, usando um filtro mais longo. Repita o procedimento anterior para p=20 e depois p=50.
Retire conclusões, explicando porque é que um filtro mais longo funciona melhor.

Processamento Digital de Sinal

Trabalho Prático Nº 12 - Filtros Ótimos- Cancelamento de ruído

2. Verificação dos filtros

a) Verifique que $x[n]$ é um processo autorregressivo de ordem 6 com filtro gerador $H_x(z) = \dfrac{0.05}{A_x(z)}$ onde os coeficientes de $A_x(z)$ são:

```
ax=[1,-1.54,2.36,-2.25,2.13,-1.25,0.74]
```

Para isso aplique as equações de Yule-Walker a $x[n]$ (com ordem 6 ou superior) e verifique que os coeficientes obtidos são idênticos aos apresentados até à ordem 6 e são praticamente nulos acima desta ordem.

O sinal $v_1[n]$ é uma amostra de um processo ARMA(2) com filtro gerador dado por

$$H_1(z) = \frac{B_1(z)}{A_1(z)} = 0.15\frac{1-0.2z^{-1}-0.8z^{-2}}{1-0.6z^{-1}-0.27z^{-2}}$$

Faça um esquema em que um mesmo sinal ruído branco, por exemplo $v[n]$, é a entrada comum dos filtros $H_1(z)$ e $H_x(z)$. Nesta situação, considerando $s[n]$=0, determine a solução analítica para o filtro ótimo $H_{opt}(z)$. Verifique que é IIR.
Compare esta solução (que é IIR) com a solução FIR obtida numericamente (filtro ótimo de Wiener).
Compare as respetivas respostas a impulso e respostas em frequência.
Para gerar um segmento da resposta a impulso real, considere o seguinte sinal (impulso): `imp=[1,zeros(1,p)];` aplique este sinal ao filtro IIR $H_{opt}(z)$ e determine a saída (resposta a impulso) com o comando `filter()`.

No final da aula entregue o script que produziu, na “Submissão de Trabalhos” do Nónio.