

## Primeira Prova

### Observações:

1. A prova deve ser resolvida individualmente. A cópia acarretará em nota zero para todas as partes envolvidas.
2. Anexar no e-disciplinas os programas usados na resolução do exercício e um arquivo pdf com todos os gráficos e comentários que justifiquem suas respostas.
3. A prova deverá ser entregue via e-disciplinas até 23h59 de 27/05/2021.

### Questão 1

Esta questão refere-se à Experiência 1 “Filtragem Adaptativa” e está dividida em dois itens. Nela, vamos usar o algoritmo LMS para identificar a resposta impulsiva do ambiente (Item 1) e cancelar o eco acústico (Item 2). O sistema utilizado para gerar o sinal desejado em ambos os itens é o mesmo.

1. Considere a configuração de identificação de sistemas da Figura 1 para identificar a resposta impulsiva do ambiente. Para isso, utilize os sinais  $u_1(n)$  e  $d_1(n)$ , que estão disponíveis no e-disciplinas nos arquivos *entrada1.mat* e *desejado1.mat*, respectivamente. Neste item, o sinal  $u_1(n)$  é um ruído branco de média zero e variância unitária. A partir desses sinais, identifique a resposta impulsiva, justificando todas as suas escolhas (número de coeficientes e passo de adaptação). Quanto vale aproximadamente da potência do ruído de medida  $v(n)$ ? Justifique sua resposta. Apresente os gráficos que achar conveniente para respaldar sua solução.

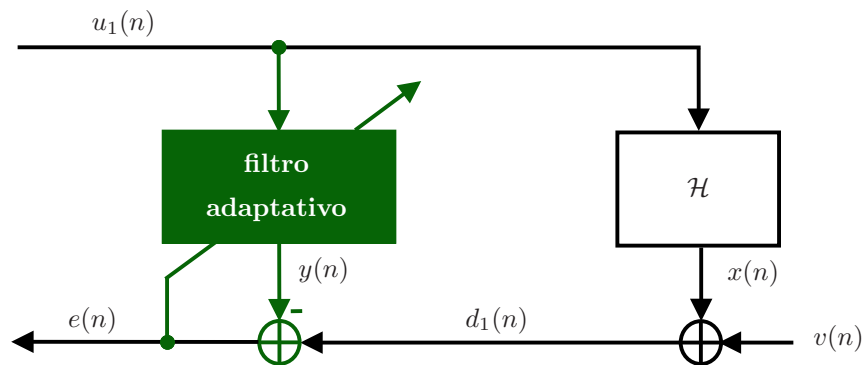


Figura 1: Configuração de identificação de sistemas.

**Dica:** Para determinar o menor número de coeficientes do filtro, “chute” inicialmente um número “grande” de coeficientes e verifique quantos coeficientes estão próximos de zero. Assim, diminua o número de coeficientes para manter apenas os de valores mais significativos. Um outro teste possível é “chutar” um número de coeficientes e variar esse número, avaliando o MSE correspondente.

2. Considere agora o sinal de voz  $u_2(n)$  e o sinal desejado  $d_2(n)$ , que estão disponíveis no e-disciplinas nos arquivos *entrada2.mat* e *desejado2.mat*, respectivamente. O sinal de voz foi amostrado com uma

frequência igual a  $f_a = 8$  kHz. O sinal desejado é composto do sinal de eco adicionado a um ruído de fundo.

Pede-se:

- a) Com o mesmo número de coeficientes do item anterior, utilize o algoritmo LMS para eliminar o eco. Pode ser necessário ajustar o passo de adaptação do LMS. Por que?
- b) Quanto vale aproximadamente da potência do ruído de fundo? Justifique sua resposta.
- c) Ouça os sinais  $u_2(n)$ ,  $d_2(n)$  e o sinal de erro  $e_2(n)$ , utilizando a função *sound.m* do Matlab com a frequência de amostragem  $f_a = 8$  kHz. O que você espera ouvir no sinal de erro?
- d) Uma curva útil quando se trabalha com cancelamento de eco acústico é a curva ERLE (*echo return loss enhancement*) que mostra a redução de eco em dB:

$$\text{ERLE}(n) = 10 \log_{10} \left( \frac{\text{E}\{d^2(n)\}}{\text{E}\{e^2(n)\}} \right).$$

No e-disciplinas foi disponibilizada uma função que estima o ERLE e gera um gráfico do mesmo. Gere um gráfico do ERLE, considerando uma janela com  $N_w = 1024$  amostras para estimar as esperanças que aparecem na expressão. Comente o resultado desse gráfico.

- e) Os coeficientes do filtro adaptativo convergiram aproximadamente para os coeficientes do sistema identificado na primeira parte da questão? Explique.

Apresente os gráficos que achar conveniente para respaldar suas respostas.

## Questão 2

Esta questão se refere à experiência sobre codificação de voz.

É possível tocar um sinal de áudio mais rapidamente ou mais lentamente mudando a taxa de amostragem, ou modificando a decodificação de um sinal de voz ou música codificado.

1. Faça um programa para alterar a velocidade com que um sinal de voz é reproduzido, alterando a taxa de amostragem. Experimente o seu programa aumentando a velocidade por 100% do sinal usado na experiência. Você nota algum problema?
2. Também é possível alterar o código dos codificadores de voz (tanto LPC quanto CELP) para reproduzir o sinal de maneira mais rápida ou mais lenta.

Altere o programa do seu codificador CELP para permitir que o sinal seja reproduzido uma taxa mais  $v$  vezes mais rápida, ou seja: o usuário deve poder entrar um valor ( $2\times$ ,  $0,8\times$ ), e o sinal deve ser reproduzido nessa velocidade, *sem alterar a taxa de amostragem*.

Discuta sobre a qualidade do sinal alterado desta maneira. Qual método você considera melhor para uso real?