

Relatório

Experiência 5 - Cancelamento de Eco e RLS

PSI3531 - Aplicações de Filtragem Adaptativa (2020)

Matheus Bordin Gomes - 9838028

O objetivo desta experiência é comparar os algoritmos NLMS e RLS, além de os aplicar em um caso de cancelamento de eco. Os exercícios propostos foram resolvidos em *scripts* de Matlab, os quais foram entregues em anexo a este relatório.

1. Exercício 1)

Foram realizados 100 experimentos com sinais aleatórios de comprimento igual a 3500, os quais foram criados conforme as instruções dadas no enunciado, para se estimar o EMSE dos algoritmos testados. O gráfico com a comparação entre os resultados obtidos com os dois algoritmos pode ser visto na figura 1.

A primeira diferença a se notar entre os dois algoritmos é relativa ao desempenho. O NLMS, quando comparado com o RLS, exige um esforço computacional significativamente inferior. Isso pode ser visto pelo tempo de execução médio de cada algoritmo. Os tempos médios de execução do NLMS e do RLS foram 50.36 ms e 613.77 ms, respectivamente. Ou seja, o NLMS demorou cerca de 12.2 mais do que o RLS. Contudo, o maior número de operações exigido pelo RLS é compensado na rápida convergência. Enquanto esse convergiu, aproximadamente, após 500 iterações, o NLMS convergiu após cerca de 1000 iterações.

Ademais, o patamar do EMSE após a convergência foi ajustado com os parâmetros de cada algoritmo, de forma que sejam aproximadamente iguais.

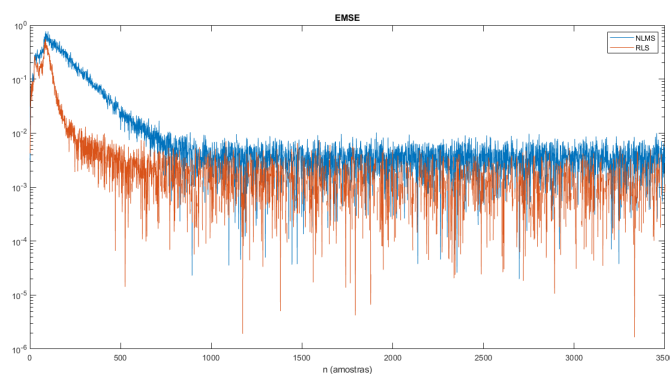


Figura 1. Comparação entre o EMSE do NLMS e do RLS no caso do primeiro exercício.

2. Exercício 2)

Neste exercício, utilizou-se um sinal $x[n]$ correlacionado, gerado por um ruído branco filtrado por um filtro IIR.

As curvas do EMSE do NLMS e do RLS foram calculadas com 100 experimentos e sinais de 5000 amostras. Essas podem ser vistas na figura exc2. Observa-se que, apesar do pico inicial do EMSE

ser menor para os dois algoritmos, a convergência do NLMS é bem mais lenta quando o sinal $x[n]$ é correlacionado, enquanto o RLS é pouco afetado.

Os parâmetros de cada algoritmo foram ajustados para que o patamar de convergência do EMSE erro fosse aproximadamente igual nos dois casos.

Os tempos de execução médios do NLMS e do RLS foram 70.64 ms e 783.19 ms, respectivamente. Ou seja, o tempo do RLS foi, em média, cerca de 11 vezes maior. A diferença para o último exercício se deve ao aumento do tamanho dos sinais, visto que a correlação dos sinais de entrada não afeta nesse sentido, pois a quantidade de coeficientes do filtro adaptativo é a mesma.

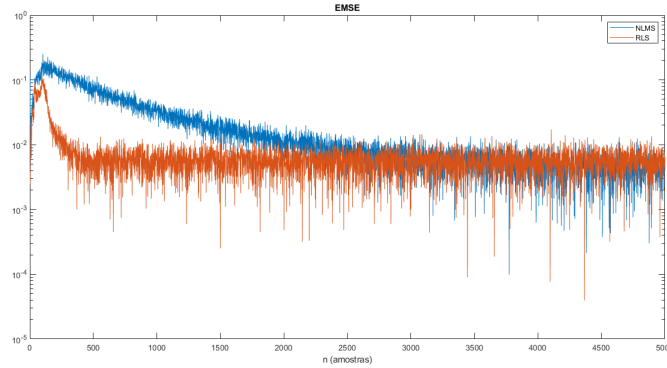


Figura 2. Comparação entre o EMSE do NLMS e do RLS no caso do segundo exercício.

3. Exercício 3)

Neste exercício, foram utilizados dois sinais de voz intercalados, de forma a simular uma conversa. Um dos sinais passou por um filtro que representa a resposta ao impulso de um eco. Assim, o eco gerado foi adicionado ao outro sinal de voz. O objetivo do exercício é eliminar o sinal de eco, com base no sinal de voz que deu origem a esse.

A comparação entre o sinal de saída $e[n]$ de cada algoritmo com o sinal $v[n]$ pode ser vista na figura 3. Observa-se que o NLMS não conseguiu eliminar tão bem o eco, o que é comprovado ao se escutar o sinal de saída desse algoritmo, que possui um eco do sinal original notável. Por outro lado, o RLS conseguiu reduzir significativamente o eco, o qual pode passar despercebido ao se ouvir o sinal de saída desse algoritmo. O eco foi percebido apenas na primeira janela de fala do sinal original, provavelmente porque o filtro adaptativo ainda não tinha convergido totalmente.

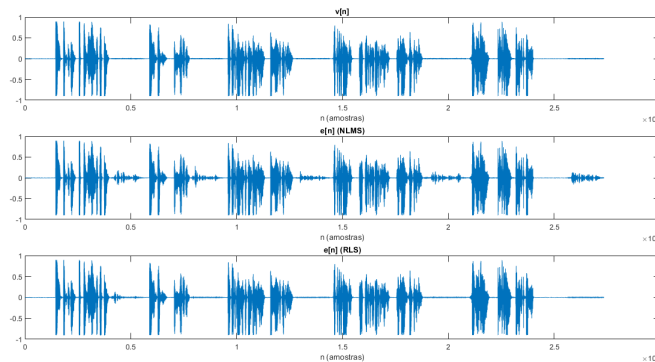


Figura 3. Comparação do sinal $v[n]$ com os sinais de erro ($e[n]$) do NLMS e do RLS.

A comparação entre o ERLE dos dois algoritmos pode ser vista na figura 4. Já a comparação do MSD dos dois algoritmos pode ser vista na figura 5.

Por fim, na questão relativa ao tempo de execução, o NLMS demorou 4.38 s, enquanto o RLS demorou 106.26 s, ou seja, cerca de 24.25 vezes mais que o NLMS. Isso mostra o efeito do aumento quadrático do número de operações do RLS com o número de coeficientes utilizados no filtro adaptativo. Apesar do melhor desempenho, esse algoritmo pode não ser realizável na prática, ainda mais em aplicações em que o poder computacional é limitado ou em que o tempo de execução é crítico.

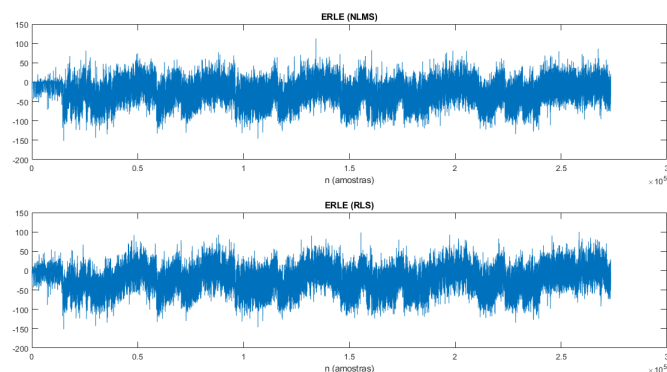


Figura 4. Comparação entre o ERLE do NLMS e o do RLS.

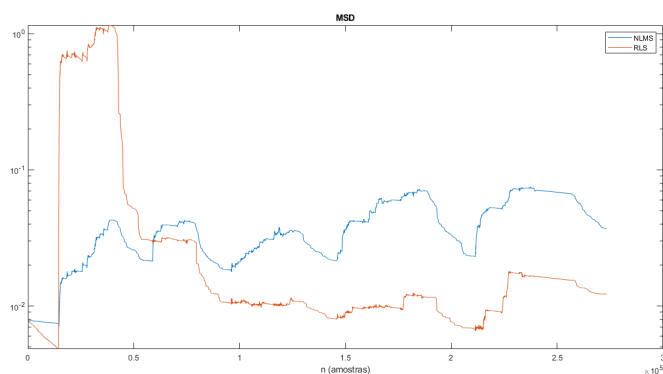


Figura 5. Comparação entre o MSD do NLMS e o do RLS.