

Simulação da Prótese Auditiva Inteligente

João Paulo Carvalho Lustosa da Costa¹, Saulo Benigno Puttini² e Ricardo Zelenovsky³

¹ Universidade de Brasília, CEP 70910-900, Brasília, Brasil, lustosa@kn.ene.unb.br

² Universidade de Brasília, CEP 70910-900, Brasília, Brasil, sauloputtini@yahoo.com.br

³ Universidade de Brasília, CEP 70910-900, Brasília, Brasil, zele@unb.br

Resumo

Uma das formas primárias de tratamento da perda auditiva é a seleção e a adaptação de uma prótese auditiva. A prótese auditiva é um sistema eletrônico miniaturizado que capta e amplifica todos os sons do meio ambiente. A limitação de tais próteses está no fato delas amplificarem indiscriminadamente todos esses sinais ambientes. [1]

A proposta da Prótese Auditiva Inteligente (PAI) é permitir a seleção espacial da fonte sonora que o portador de deficiência auditiva deseja escutar e, em conseqüência, a rejeição dos sinais sonoros interferentes. Para ilustrar a eficiência desta proposta, apresenta-se uma pequena simulação que compara o desempenho das próteses atuais com o das próteses inteligentes.

1. Introdução

Estudos em genética indicam que em três de cada dois mil nascimentos ocorre uma significativa perda auditiva e que em aproximadamente um de cada mil e seiscentos nascimentos ocorre uma perda moderada a profunda devido a fatores genéticos. [2]

A partir da informação anterior, faz-se uma estimativa mundial das pessoas que nascem com alguma perda auditiva. É possível concluir que existem no mundo, pelo menos nove milhões e quinhentas mil pessoas com uma perda auditiva significativa e pelo menos quatro milhões de pessoas com uma surdez profunda. Obviamente, o número mundial de deficientes auditivos é bem maior, pois a surdez também advém de outros fatores, como por exemplo, a exposição ao ruído e a idade.

De forma similar, fazendo uma estimativa no Brasil, deduz-se que existem pelo menos duzentas e sessenta mil pessoas com perda auditiva. Considerando que aproximadamente metade da população do Brasil tem menos do que vinte anos e sabendo que existem somente cinquenta mil crianças deficientes nas escolas, constata-se que a maioria dos jovens brasileiros com perda auditiva não comparece às aulas. Verifica-se que Existem diversas razões para isto, como: falta de apoio da família, baixas condições financeiras para comprar próteses auditivas e quando consegue comprá-las, são de baixa qualidade.

Observando o contexto do brasileiro, propõe-se o presente projeto no intuito de beneficiar o país com

próteses auditivas inteligentes e a um custo relativamente baixo.

A PAI é na verdade um arranjo de microfones com um processamento nas saídas. Este arranjo de microfones pode ter qualquer forma geométrica e possui diversas vantagens que são: ganho de sinal, rejeição de interferência, diversidade espacial e eficiência de potência. O ganho de sinal é dado pela combinação dos diversos ganhos obtidos em cada microfone. A rejeição de sinal é possível devido a conformação do feixe de microfones (beamforming, do inglês) que possibilita inserir um zero em qualquer direção, inibindo assim a interferência. A diversidade espacial é a possibilidade de realizar a multiplicidade de acesso por divisão no espaço (SDMA, do inglês). A eficiência de potência é realizada conformando os feixes numa única direção possibilitando que se atinja uma distância maior.

No presente artigo foi considerado um arranjo de microfones linear e uniforme (ULA, do inglês) na estimação da direção de chegada (DOA, do inglês) de sinais emitidos por fontes sonoras. As fontes de sinais foram caracterizadas por diferentes ângulos de chegada. O algoritmo empregado para detecção dos sinais das diversas fontes foi o EM para modelagem determinística dos sinais incidentes também denominado de EMD [3]. A vantagem deste algoritmo está na busca e reconstrução simultânea dos diversos sinais em cada iteração. Entretanto, verifica-se que para a aplicação deste algoritmo em processamento em tempo real seria necessário antes um estudo analisando o desempenho dos algoritmos e dos processadores de sinais digitais (DSP).

A principal contribuição deste trabalho é uma aplicação de técnicas de antenas inteligentes para o caso de sinais sonoros. Além disso, outra importante contribuição é a demonstração da eficiência da PAI. O artigo está dividido em 5 seções. Na seção 2 é feita uma descrição do arranjo de microfones, do tipo de sinal incidente e da modelagem destes sinais na saída do arranjo. Na seção 3 é descrita a solução proposta para o problema modelado. Resultados e comentários de simulações feitas com o método proposto para a solução do problema são apresentados na seção 4. Na seção 5 são feitas conclusões sobre o emprego do método no caso de sinais sonoros.

2. Modelagem do problema

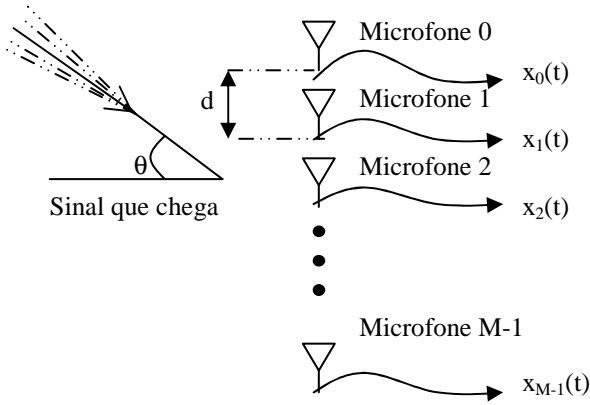


Fig. 1. Representação do arranjo e sinal

Num arranjo de microfones, os sinais captados pelos mesmos em um dado instante de tempo t são ordenados na forma $[x_0(t) \ x_1(t) \ \dots \ x_{M-1}(t)]$, com M sendo a quantidade de microfones (c.f., Figura 1). Dispondo de tais sinais, o interesse neste trabalho está na obtenção de um sinal sonoro de melhor qualidade rejeitando os sinais das outras direções. De forma genérica, os sinais são caracterizados a partir da direção de chegada, dada pelo ângulo θ que forma com a perpendicular do arranjo. Considera-se que a fonte de sinais esteja a uma distância grande o suficiente de forma que as frentes de ondas incidentes possam ser consideradas planas quando comparadas com o tamanho do arranjo de microfones.

A incidência do sinal em cada microfone do arranjo acontece com um atraso suposto fixo. Por esta razão pode-se representar este sinal tomando como base os atrasos de tempo que são traduzidos em atraso de fase com a equação apresentada a seguir onde se vê a relação entre DOA:

$$\varphi = \frac{2\pi \cdot d \cdot \sin \theta}{\lambda} \quad (1)$$

Da eq. (1), tem-se que d é a distância entre duas antenas consecutivas, θ é a DOA e λ é o comprimento de onda do sinal incidente. Chega-se então a seguinte equação:

$$\begin{bmatrix} x_0(t) \\ x_1(t) \\ \dots \\ x_{M-1}(t) \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 1 \\ e^{-j\varphi} \\ \dots \\ e^{-j(M-1)\varphi} \end{bmatrix} \cdot s(t) + \begin{bmatrix} n_0(t) \\ n_1(t) \\ \dots \\ n_{M-1}(t) \end{bmatrix} \quad (2)$$

A eq. (2) pode ainda ser representada na seguinte forma:

$$X_{M,N}(t) = A_{M,1}(\theta)S_{1,N} + N_{M,N}(t) \quad (3)$$

com $X_{M,N}$ sendo o vetor representando as N amostras de sinais captadas pelos M microfones do arranjo, $A_{M,1}(\theta)$ é o vetor de atrasos referente a cada direção de chegada (θ), $S_{1,N}$ é o sinal que foi emitido pela fonte sonora e $N_{M,N}$ é o ruído gaussiano inerente ao meio.

3. Método para estimação de DOA

O algoritmo EM utilizado emprega uma modelagem determinística para o sinal incidente no arranjo [3]. Considerando T sinais $z_l(t)$ incidentes no arranjo sendo, verifica-se que a saída $x(t)$ é, na verdade, um mapeamento de T variáveis $z_l(t)$ em uma variável $x(t)$ na saída de cada antena do arranjo:

$$x(t) = \sum_{l=1}^T z_l(t) \quad (4)$$

Portanto a função de verossimilhança conjunta na forma completa fica:

$$l_{A(\theta),S(t)|X}(A(\theta), S(t)|x(t)) = \sum_{t=1}^K \sum_{l=1}^T |z_l(t) - a(\theta_l)s_l(t)|^2 \quad (5)$$

O algoritmo EM possui uma estrutura iterativa que procura realizar a estimação conjunta de parâmetros [4], que no caso são $s_l(t)$ e θ_l . Ele é dividido em dois passos: o passo E de estimação e o passo M de maximização. Para o passo E, tem-se:

$$\underline{z}_l^p(t) = a(\theta_l^p) \cdot s_l^p(t) + \frac{1}{T} [x(t) - A(\theta^p)s^p(t)] \quad (6)$$

O passo M é obtido maximizando a eq. (11), ficando:

$$\theta_l^{p+1} = \arg \max_{\theta_l} \frac{a(\theta_l)^+ C_{xl}^p a(\theta_l)}{a(\theta_l)^+ a(\theta_l)} \quad (7)$$

$$s_l^{p+1}(t) = \frac{a(\theta_l^{p+1}) z_l^p(t)^+}{a(\theta_l^{p+1})^+ a(\theta_l)} \quad (8)$$

$$C_{xl}^p = \frac{1}{N} \sum_{t=1}^K z_l^p(t) z_l^p(t)^+ \quad (9)$$

Pela eq. (6), verifica-se que a cada estimação é retirada a informação obtida anteriormente.

4. Simulações

Nesta simulação, parte-se de uma situação hipotética [5], com um portador de deficiência auditiva presente

numa sala de aula, onde existem um aspirador de pó, uma janela pela qual chega ruído do tráfego de uma via pública e um professor ministrando aula. O estudante com o emprego da PAI pode privilegiar o sinal do professor e rejeitar os demais sons interferidores.

Para facilitar esta operação, prevê-se que a PAI deva trabalhar em modo manual ou automático. No modo manual seria possível a seleção da voz do professor mesmo que no ambiente a relação sinal ruído esteja em -40dB , porém o estudante precisa indicar para a PAI a direção do falante. No caso digital, pode-se usar um teclado para indicar essa direção ou no caso analógico, girar um botão. Durante uma das simulações no modo manual foi considerado caso do estudante cometer uma falha de 10° ao apontar para o falante. No modo automático o estudante detectará os três sons no ambiente e poderá selecionar em um teclado qual deles deseja escutar. O modo automático não consegue detectar sinais com relação sinal ruído muito baixa, sua detecção é aceitável até próximo de -6dB .

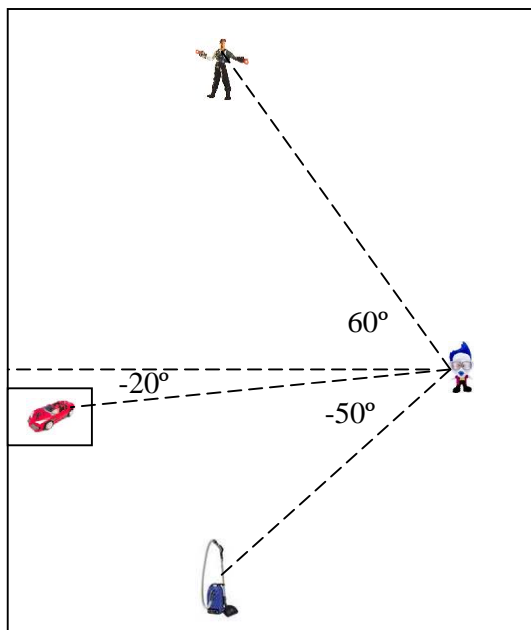


Fig. 2. Situação hipotética em sala de aula

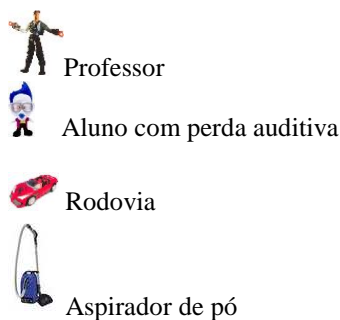


Fig. 3. Legenda da fig. 2

As simulações apresentadas a seguir apresentam dois modos de operação da PAI. O primeiro modo que é o

automático, no qual ao pressionar de tecla do aluno, o algoritmo EM vai saltando de entre as direções de chegada onde estão os picos de potência. Logo, no modo automático o aluno não precisa se preocupar em indicar nenhuma direção de chegada. No subitem 4.1.1 será apresentada uma simulação do funcionamento do modo automático.

O segundo modo de funcionamento é o manual, neste caso o aluno utilizando um potenciômetro ou então um botão digital vai alterando a direção de chegada pouco a pouco até encontrar a direção em que o sinal tem uma melhor audibilidade. São apresentadas simulações do modo manual nos subitens 4.1.2 e 4.1.3.

Os dois modos possibilitam que seja feito o acompanhamento do sinal, quando o aluno pressiona uma outra tecla para travar no sinal de uma certa direção.

4.1. Aproximação da voz como sinal senoidal

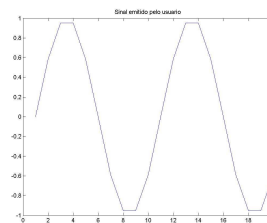


Fig. 4. Aproximação senoidal da voz do professor

4.1.1. Caso de modo automático para SNR de 0 dB

A seleção é feita pelo modo estação de rádio. Os sons de maior potência são mostrados para o aluno e ele escolhe de forma crescente ou decrescente de potência qual deles deseja escutar. Pode colocar a ordem de seleção em sentido horário ou anti-horário à direção de chegada. Verifica-se que para SNR inferior a -6dB , a busca automática não consegue encontrar o sinal, logo seria necessário colocar no modo manual para encontrar o sinal.

Aspirador de pó

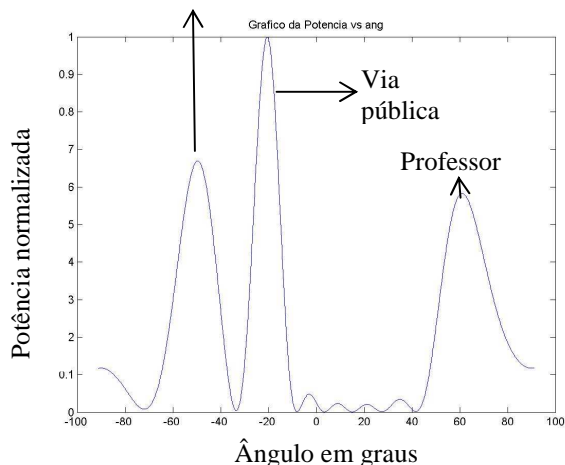


Fig. 5. Espectro espacial de potência dos sinais incidentes

Gracias por visitar este Libro Electrónico

Puedes leer la versión completa de este libro electrónico en diferentes formatos:

- HTML(Gratis / Disponible a todos los usuarios)
- PDF / TXT(Disponible a miembros V.I.P. Los miembros con una membresía básica pueden acceder hasta 5 libros electrónicos en formato PDF/TXT durante el mes.)
- Epub y Mobipocket (Exclusivos para miembros V.I.P.)

Para descargar este libro completo, tan solo seleccione el formato deseado, abajo:

