

UMA METODOLOGIA EXPERIMENTAL AVANÇADA PARA INTERFACE HOMEM-MÁQUINA BASEADA NA ECOLOCALIZAÇÃO

F. T. Silva*, S. Nomura*, A. F. Novato*, e E. L. Flôres* ***

*Universidade Federal de Uberlândia, Uberlândia, Brasil

***Universidade Federal de Goiás, Goiânia, Brasil

e-mail: fernandoterra@ecp.ufu.br

Resumo: Este artigo propõe uma metodologia experimental avançada (em relação a uma anterior) para comprovar a viabilidade do desenvolvimento de uma interface homem-máquina baseada nas técnicas de ecolocalização. Os resultados provêm da aplicação da metodologia proposta que se baseia em um aparato refinado e respectivo protocolo experimentais. Esse aparato serve para avaliar o desempenho de voluntários submetidos a experimentos para classificação de sons associados a formatos de objetos. O aparato experimental é constituído principalmente de um dispositivo que emite e recebe sinais ultrassonoros. O dispositivo também transforma esses sinais em uma frequência audível pelos seres humanos para que o voluntário possa classificar os objetos posicionados à sua frente através de ecos. O aparato experimental original foi refinado para que os voluntários deficientes visuais pudessem desenvolver melhor a tarefa de classificação com a aplicação da metodologia proposta. Os resultados experimentais obtidos foram consideravelmente melhores seguindo-se a metodologia proposta, atingindo-se até 90% de acertos. Assim, concluiu-se que a metodologia em questão é válida e que o desenvolvimento de uma interface que explore as habilidades da ecolocalização humana é viável.

Palavras-chave: Metodologia experimental, ecolocalização, interface homem-máquina, ultrassom.

Abstract: *This paper proposes an advanced experimental methodology (related to an anterior one) for proving the viability of developing a man-machine interface based on echolocation techniques. The results arise from applying the proposed methodology based on a refined experimental apparatus and its respective protocol. This apparatus is used to evaluate the performance of subjects submitted to the experiments for classifying associated sounds to object shapes. The experimental apparatus is mainly constituted by a device that sends and receives ultrasound signals. The devices also converts those signals into an audible frequency ones by human beings in order to that the subject can classify objects in front of him through echoes. The original experimental apparatus was refined in order to that the visually impaired subjects can perform better the classification task using the proposed methodology. The obtained experimental results have been highly improved by using the proposed methodology, achieving 90% of correct classification.*

Then, it was concluded that the proposed methodology is valid and an interface development for taking advantage of human echolocation abilities is viable.

Keywords: *Experimental methodology, echolocation, man-machine interface, ultrasound.*

Introdução

Ecolocalização [1] é o termo que define a capacidade de identificar um objeto através do som refletido por ele. Isso é possível porque as ondas sonoras emitidas por morcegos ou golfinhos e refletidas na forma de eco ao atingirem um obstáculo, podem ser interpretadas pelo sistema auditivo [2]. Os golfinhos são capazes de reconhecer também formatos de objetos através da ecolocalização [3]. O ser humano também é capaz de utilizar essas ondas sonoras para adquirir informações do ambiente [4]. Entretanto, segundo o pesquisador James Gibson [5] essas informações não são objetivas, tornando sua interpretação subjetiva pelo fato de que pessoas diferentes podem ter conclusões divergentes em relação a um mesmo som [6].

O sistema auditivo humano se compara à visão quando é analisado o processamento de informações retiradas do meio. A visão faz o processamento de ondas de luz que são refletidas dos objetos no ambiente. De maneira análoga, o sistema auditivo faz o processamento de ondas sonoras refletidas de objetos que estão no meio.

No mercado, existem dispositivos que proporcionam a obtenção de informações do ambiente de diferentes modos e transformam essas informações em sinais sonoros, auxiliando o usuário a interpretar o que está sendo coletado. Um exemplo é o “thevOICe”[7] que é integrado por fones de ouvido e uma câmera de vídeo responsável por capturar imagens do ambiente e transformar os pixels capturados em sinais sonoros. Este dispositivo utiliza sons artificiais que não são encontrados no cotidiano do usuário. Desse modo, é necessário um intenso treinamento por parte do usuário do dispositivo antes de ser utilizado no dia-a-dia.

Assim, é proposta uma metodologia avançada e baseada em um aparato experimental refinado e o respectivo protocolo. Diferentemente de outros trabalhos correlatos em que a ecolocalização tem sido utilizada para detecção de obstáculos, este trabalho avalia a capacidade de ecolocalização humana para detecção de formatos de objetos.

Metodologia proposta

A metodologia proposta é avançada em relação a uma anterior (original) que é baseada no primeiro aparato experimental e seu respectivo protocolo. Com a aplicação da nova metodologia, o objetivo é melhorar o desempenho dos voluntários nos experimentos para classificação de ecos dos formatos de objetos.

As seguintes atividades são fundamentais para que seja alcançado o objetivo proposto neste trabalho.

Recrutamento de voluntários– A atividade consiste em recrutar os voluntários que fariam uso do aparato experimental proposto para o experimento. Os voluntários poderiam ser de ambos os sexos, sem restrição de faixa etária e deveriam possuir alguma deficiência visual. Além desses fatores, foram criados critérios de inclusão de voluntários para a participação nos experimentos tais como a não apresentação de históricos de lesões nos ouvidos e de labirintite e a apresentação de uma audição balanceada.

Também para o recrutamento, um formulário foi elaborado para entrevistar os candidatos a voluntários do experimento. Neste formulário havia questões referentes à disponibilidade do candidato, grau de deficiência visual e possíveis doenças, além das questões relacionadas aos critérios de inclusão.

Para facilitar o recrutamento dos voluntários, contou-se com a colaboração da Associação de Deficientes Visuais de Uberlândia (ADEVIUDI) e do Campus de Educação Física da Universidade Federal de Uberlândia, que incentivam os deficientes visuais à prática de golbol. Este esporte é uma modalidade paraolímpica que foi desenvolvida para pessoas com deficiência visual. É disputada uma partida de vinte minutos entre dois times de três titulares e três reservas cada. Os jogadores são ao mesmo tempo defensores e arremessadores. Ganha o time que mais pontos fizer numa partida [8]. Deste modo, foi possível recrutar um número maior de voluntários para a investigação.

Aquisição de equipamentos – Dentre os equipamentos adquiridos para realizar a coleta de dados destaca-se o dispositivo K-Sonar (mostrado na Figura 1), responsável pela emissão e recepção dos sinais ultrassonoros para a interação com o objeto-alvo. Além disso, o K-Sonar possui um conversor de sinal e um amplificador. O conversor transforma os sinais ultrassonoros refletidos dos objetos-alvo em sinais audíveis pelos seres humanos. O amplificador ajusta a intensidade sonora do dispositivo de modo que o volume fique confortável ao usuário.



Figura 1: Dispositivo denominado K-Sonar.

Também foram adquiridos fones de ouvidos para transmitir ao usuário o sinal coletado e convertido pelo K-Sonar.

Preparação dos voluntários – A partir do formulário de entrevista preenchido, o candidato a voluntário foi avaliado para participação no experimento. Os candidatos aprovados foram convidados a participarem do experimento. Os voluntários assinaram um termo de consentimento livre e esclarecido concordando com sua participação.

O projeto referente ao experimento foi aprovado pelo comitê de ética, tendo como título do parecer “Análise final nº. 266/11 do Comitê de Ética em Pesquisa para o protocolo CEP/UFU 029/11”.

Coleta de dados– Primeiramente, foi solicitado para que o voluntário se sentasse atrás do aparato experimental com os olhos vendados como mostrado na Figura 2. Ainda, o voluntário foi orientado a permanecer tranquilo e a manter seus músculos relaxados.

Pelos princípios da psicologia ecológica de Gibson [5], o recomendável é que a percepção seja direta, ou seja, que a cada estímulo recebido haja uma resposta rápida. Então, o voluntário foi orientado a responder naturalmente e de forma rápida aos estímulos sonoros produzidos pelo aparato.



Figura 2: Voluntário preparado para o experimento com o aparato refinado.

Realização dos experimentos– A tarefa principal do voluntário no experimento é detectar as características intrínsecas dos diferentes formatos de objetos pelos ecos produzidos por eles. Para isso, os objetos foram posicionados no aparato experimental como mostrados nas Figuras 2 e 3. No decorrer do experimento os voluntários foram submetidos a duas etapas: treinamento e teste.

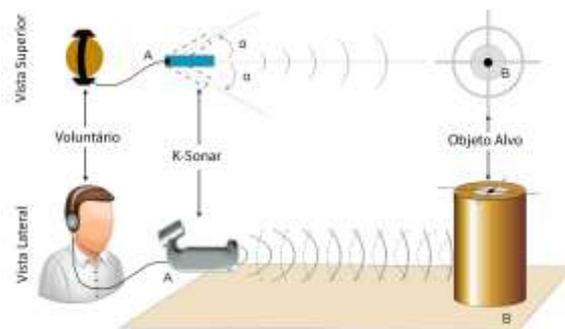


Figura 3: Vistas da montagem do aparato.

Durante a etapa de treinamento, o voluntário foi estimulado a aprender a associar cada objeto-alvo ao som refletido por ele. E ainda, perceber a diferença entre os sons dos objetos. A cada associação do objeto-alvo com o som refletido, o examinador do experimento informou a resposta correta ao voluntário.



Figura 4: Objetos-alvo da metodologia original.



Figura 5: Objetos-alvo da metodologia avançada.

Na etapa de teste, o voluntário devidamente treinado, foi submetido a uma sessão de classificação dos objetos. Na metodologia original, eram quatro objetos-alvo como mostrados na Figura 4 e o protocolo consistia de seis repetições aleatórias para cada objeto. Para os alvos da Figura 5 referentes à nova metodologia, o protocolo consistia de dez repetições aleatórias de cada objeto-alvo. Desse modo, a tarefa do voluntário era relacionar cada estímulo sonoro recebido a um objeto que apareceu na sessão de treinamento. Deveria realizar 24 ou 30 classificações em cada sessão de acordo com a quantidade de alvos a serem classificados. Para quatro objetos-alvo, considerando que a identificação de cada objeto era A - Triangular Côncavo, B - "U" Côncavo, C - Triangular Convexo e D - "U" Convexo, a sequência de apresentação dos alvos na sessão de teste foi ABCDBADCBADCCBADCBADBDC. Para três objetos-alvo, considerando que a identificação era A - Triangular Côncavo, B - Circular Convexo e C - Triangular Convexo, a sequência de apresentação foi CBABACACABCBCABACBCBACBACACB. A duração de cada sessão de teste foi da ordem de 30 minutos e cada voluntário participou apenas uma vez.

Os formatos escolhidos visaram representar os objetos mais relevantes a serem reconhecidos como postes, quinas de mesas e cantos de paredes de um ambiente real.

As condições do experimento sem qualquer proteção contra ruídos foram para preservar as condições reais enfrentadas no cotidiano por pessoas com deficiência visual. Com isso, evita-se que haja uma degradação dos resultados por causa de qualquer perturbação do ambiente.

Desenvolvimento do aparato experimental – O aparato experimental é basicamente constituído pelo dispositivo K-Sonar, objeto-alvo a ser reconhecido pelo voluntário e fones de ouvido.

De acordo com o esquema da Figura 3, o dispositivo de ultrassom é posicionado no ponto A e os diferentes alvos são colocados no ponto B a uma distância média de 70 cm desse dispositivo.

O dispositivo pode ser girado horizontalmente pelo voluntário de α radianos em sentido horário ou anti-horário para fazer uma varredura do objeto à sua frente. Para que o ângulo α fosse limitado, foi colocado um pino de aço que assume a função de batente. A movimentação do dispositivo é livre para o voluntário poder achar a melhor forma de extrair as características de cada formato de objeto e classificá-lo.

No aparato experimental refinado da metodologia proposta, foram colocados pinos de madeira nos objetos-alvo. Além disso, foram feitos furos na plataforma de madeira para que os pinos fossem encaixados como ilustrados na Figura 6. Tudo isso foi feito para garantir que não haja variação no posicionamento dos objetos e evitar a rotação do objeto em torno do seu eixo bem como a variação da distância entre o objeto e o dispositivo K-Sonar.



Figura 6: Detalhe dos pinos e furos utilizados para o posicionamento correto do objeto.

Resultados

Nesta seção, são apresentados os resultados dos experimentos com a metodologia original e com a metodologia avançada proposta neste trabalho.

O gráfico da Figura 7 refere-se aos resultados experimentais obtidos (desempenho dos voluntários) com o aparato experimental e respectivo protocolo da metodologia original.

Na Figura 8, é apresentado o gráfico de desempenho dos voluntários com o aparato experimental refinado e o respectivo protocolo da metodologia avançada (proposta neste trabalho).

As taxas (porcentagens) são determinadas dividindo-se o número total de acertos de cada voluntário pelo número total de classificações (24 para a Figura 7 e 30 para a Figura 8) de objetos-alvo numa sessão de teste.

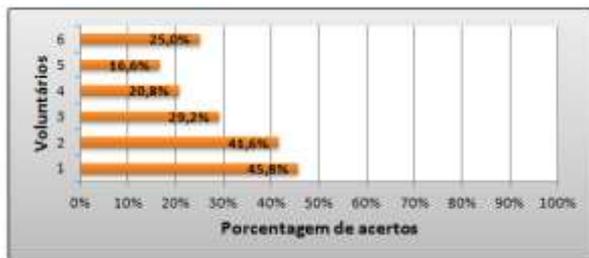


Figura 7: Resultados experimentais obtidos com a metodologia original.



Figura 8: Resultados experimentais obtidos com a metodologia avançada (proposta no trabalho).

Discussão

Verifica-se no gráfico da Figura 7 que o desempenho dos voluntários na classificação de objetos-alvo através de sinais sonoros foi consideravelmente baixo. O desempenho médio dos voluntários foi de 30% com desvio padrão de 12%. Os resultados se referem à metodologia original baseada no aparato experimental sem a devida preparação (pinos nos objetos e furos na plataforma) para garantir o posicionamento correto dos objetos. Detectou-se que essa falta de preparação causava distorções nos padrões sonoros dos objetos e acabava confundindo os voluntários. Por exemplo, a taxa de confusão cometida pelos voluntários para reconhecer o formato "U" côncavo ao invés do "U" convexo foi da ordem de 37%.

Com relação aos resultados obtidos pela metodologia avançada, apresentados no gráfico da Figura 8, percebe-se um notável aumento no desempenho dos voluntários. O desempenho médio passou de 30% para 82% com desvio padrão de 5%. O menor desempenho foi de 76,7%, bem superior à probabilidade de 33,3% que seria esperada caso os voluntários tivessem respondido aleatoriamente.

Conclusão

Este artigo propôs uma metodologia avançada em relação a uma anterior para se comprovar a viabilidade do desenvolvimento de uma interface homem-máquina baseada nas técnicas de ecolocalização para reconhecimento de formatos de objetos.

Da análise e comparação dos resultados obtidos da metodologia original e da proposta (avançada), concluiu-se que o aparato experimental e o protocolo da última

metodologia são válidos para o objetivo proposto neste trabalho.

Com o refinamento do aparato e um novo protocolo para a metodologia proposta neste trabalho, as trocas dos objetos durante o experimento se tornaram muito mais ágeis. Isso ajudou na percepção direta dos voluntários, o que levou ao aumento no desempenho deles segundo os princípios da psicologia ecológica.

Ainda, pode-se concluir que os voluntários levaram em consideração as características intrínsecas dos ecos (sons refletidos dos objetos) na tarefa de classificação para atingirem o desempenho alcançado no experimento.

Enfim, pela aplicação da metodologia experimental proposta, comprovou-se que o desenvolvimento de interfaces homem-máquina para o reconhecimento de formatos de objetos através da ecolocalização é viável.

Ainda, o trabalho permitiu detectar a viabilidade de se elaborar um dispositivo que forneça sinais sonoros mais adequados (menos ruidosos e mais ricos) para o reconhecimento de ecos.

Agradecimentos

Agradecemos à FAPEMIG pelo apoio financeiro ao projeto de pesquisa TEC APQ01344-10 deste trabalho. Também agradecemos à Associação dos Deficientes Visuais de Uberlândia (ADEVUIDI) pelo suporte na realização dos experimentos.

Referências

- [1] Griffin DR. Echoes of bats and men. 1ª ed. New York: Anchor Books Doubleday & Co; 1959.
- [2] Stebbins WC. The acoustic sense of animals. Cambridge: Harvard University Press; 1983.
- [3] Harley HE, Putman EA, Roitblat HL. Bottlenose dolphins perceive object features through echolocation. *Nature*. 2003; 424(8): 667-669.
- [4] Kish D. Echolocation: How humans can "see" without sight [internet]. 2013 Jan. Available from: <http://www.martinnaef.ch/index.php?menuid=39&eporeid=66>.
- [5] Gibson JJ. The theory of affordances. Em: R. Shaw and J. Bransford, editors. *Perceiving, acting, and knowing: Toward an ecological psychology*. Hillsdale: Lawrence Erlbaum; 1977. p. 67-82.
- [6] Costall AP. Are theories of perception necessary? A review of Gibson's the ecological approach to visual perception. *Journal of the Experimental Analysis of Behavior* [internet]. 1984 Jan; 41(1): 109-115. Available from: <http://www.ncbi.nlm.nih.gov/pmc/articles/PMC1347960/>.
- [7] Jones WD. Sight for sore ears. *IEEE Spectrum Magazine* [internet]. 2004 Feb; 41(2): 13-14. Available from: <http://spectrum.ieee.org/biomedical/devices/sight-for-sore-ears>.
- [8] Comitê Paralímpico Brasileiro. Goalball [internet]. 2014 Aug. Available from: <http://www.cpb.org.br/modalidades/goalball/>.