

Fundamentos da Operação de Interfaces Cérebro-Computador

Paulo A. Melo Jr., Diogo C. Soriano, Romis Attux

Contato: pazevedojr@gmail.com

1 - Depto. de Eng. de Computação e Automação Industrial (DCA) – FEEC - UNICAMP
2 – Centro de Engenharia, Modelagem e Ciências Sociais Aplicadas (CECS) - UFABC



UNICAMP



Introdução

Interfaces cérebro-computador (BCIs, do inglês *Brain-Computer Interfaces*) são sistemas que permitem a comunicação entre um usuário e o mundo exterior sem que se utilizem os caminhos neuromusculares usuais do corpo humano. Para tanto, mede-se a atividade cerebral a partir do encéfalo do usuário, sendo possível, a princípio, usar diferentes métodos de monitoramento: EEG, MEG, Ressonância Magnética, PET, NIRS, etc. O uso de EEG, especificamente, é bastante usual devido a fatores como alta resolução temporal, relativa portabilidade e preço.

Fundamentalmente, a operação de uma BCI depende da possibilidade de analisar de maneira efetiva sinais cerebrais que, de alguma forma, estejam relacionados a intenções do usuário. Uma análise desse tipo pode estabelecer novos meios para interação entre o ser humano e máquinas, algo potencialmente útil em muitos casos e crucial para indivíduos com necessidades especiais.

Estrutura Geral de uma BCI

Como ilustra a Figura 1, a operação de uma BCI pode ser dividida, para fins didáticos, em quatro etapas:

1. Aquisição e pré-processamento dos dados;
2. Extração de características;
3. Definição dos comandos (classificação);
4. Envio de comandos para o mundo exterior;

SSVEP e P300

O uso de SSVEP (do inglês *Steady-State Visually Evoked Potential*) em BCI se associa tipicamente à possibilidade de empregar uma interface gráfica com múltiplos comandos com campos piscando a diferentes frequências (numa faixa bem determinada). Nessas condições, quando o usuário direciona seu campo visual para certo comando, é possível captar, na região do córtex occipital, sinais de EEG cujos conteúdos espectrais se concentram na mesma frequência do *blink*, o que permite que a intenção seja identificada. Numa interface dessa natureza, lida-se tipicamente com extração de características vinculadas ao espectro de potência de certos eletrodos (Figura 2).

O sinal P300, por sua vez, é evocado por certos eventos, estando associado a uma resposta verificada cerca de 300ms após a ocorrência pertinente (Figura 3). Em BCI, faz-se normalmente uso desse potencial através da apresentação ao usuário de uma interface com múltiplos comandos que são ativados, um a um, de maneira aleatória. O registro de um comando advém da detecção de P300 relativo à ativação do comando que merecia a atenção do usuário.

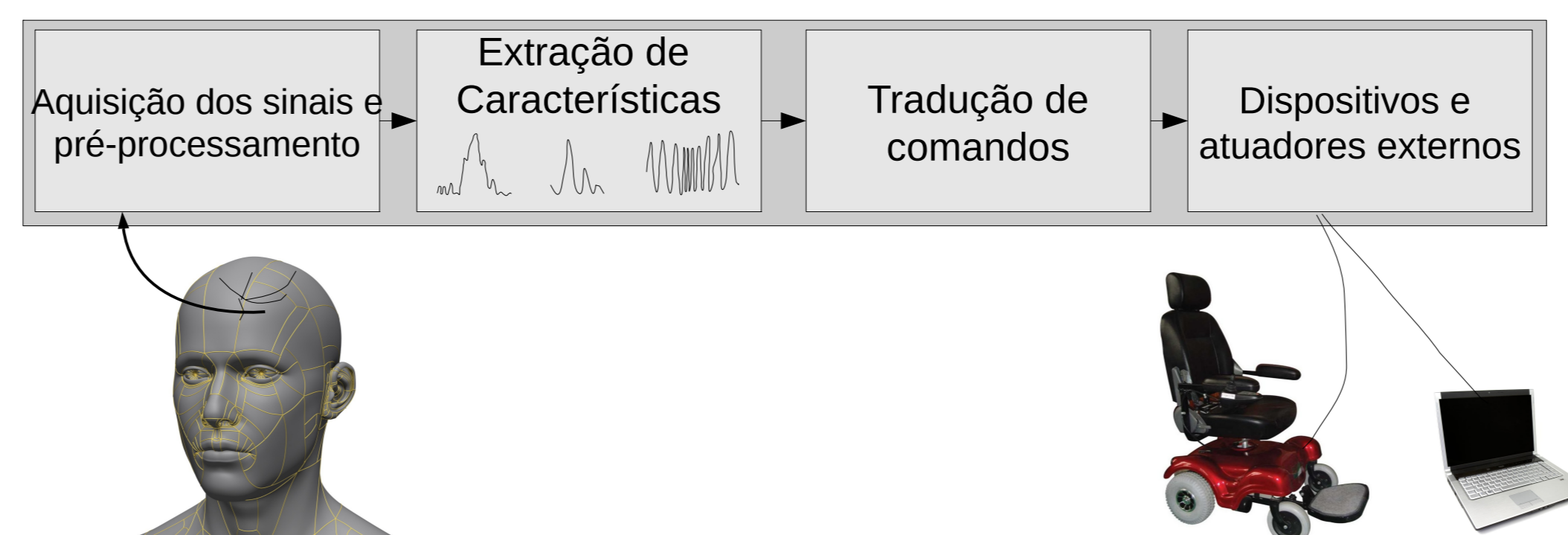


Figura 1 - Diagrama de Blocos de uma BCI

Implementação

O projeto teve duas etapas:

1. Implementar um sistema BCI, baseado em P300, utilizando para tanto a suíte de aplicativos BCI2000. Estudar os diversos fatores que influenciam nos sistemas BCI.
2. Estudar a implementação de um sistema BCI baseado em SSVEP, utilizando o Matlab.

Nessa segunda etapa, o conceito inicial era utilizar sinais obtidos com o equipamento presente em laboratório. No entanto, o mesmo apresentou incompatibilidades com a versão utilizada do Matlab e com o sistema operacional, o que limitou o estudo. Ainda assim, utilizamos a base de dados [Bakardjian et al, 2010].

Resultados

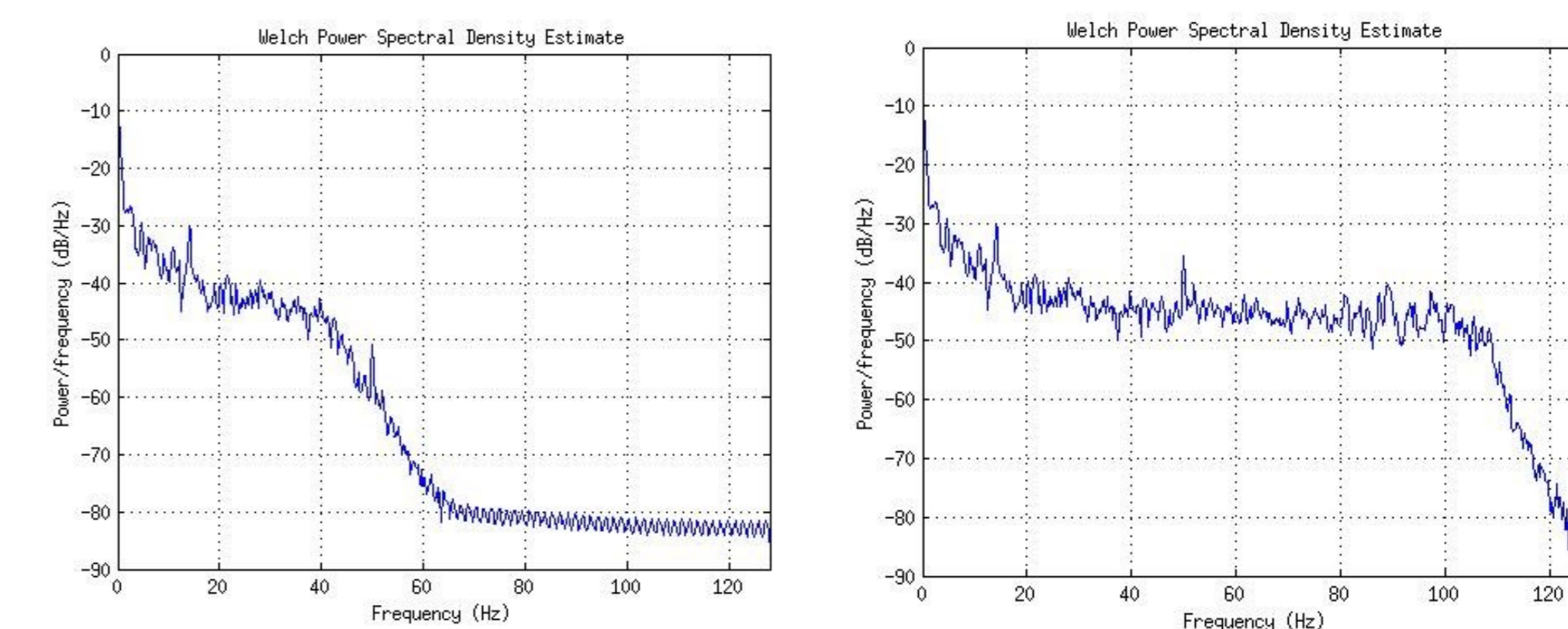
Na implementação do sistema BCI baseado em P300 com a suíte BCI2000, percebemos que:

1. Uma mínima diferença no posicionamento dos eletrodos no escalpo leva a uma queda abrupta na relação sinal-ruído;
2. O paradigma P300, por sua natureza, é extremamente afetado por fadiga, tendo seu desempenho drasticamente afetado após longos períodos de tempo.
3. Os sinais possuem uma amplitude muito menor que os ruídos e artefatos (piscar de um olho, movimentos musculares pequenos, etc);

Quanto a essa última característica, o uso de filtros espaciais, como o CAR, minimizam a interferência destes ruídos, visto que os mesmos tendem a afetar uma grande quantidade de eletrodos.

Na segunda etapa, como dito anteriormente, estudou-se a implementação de uma interface BCI baseada em SSVEP utilizando a base de dados [Bakardjian et al, 2010]. Buscou-se analisar a resposta em frequência em cada um dos eletrodos, procurando aqueles que possuíam as melhores características. Na figura 2, temos a densidade espectral de potência de um eletrodo antes e depois de uma filtragem onde se busca eliminar o ruído de linha (60Hz).

O próximo passo seria aplicar um algoritmo de análise, com o intuito de se selecionar os melhores eletrodos, para que os mesmos sejam aplicados num



(a)

(b)

Figura 2 – Sinal SSVEP obtido através da análise de densidade espectral de potência de um dos eletrodos da base de dados: a) passando por um filtro linear com corte em 40Hz; b) sem filtro. [Bakardjian et al, 2010]

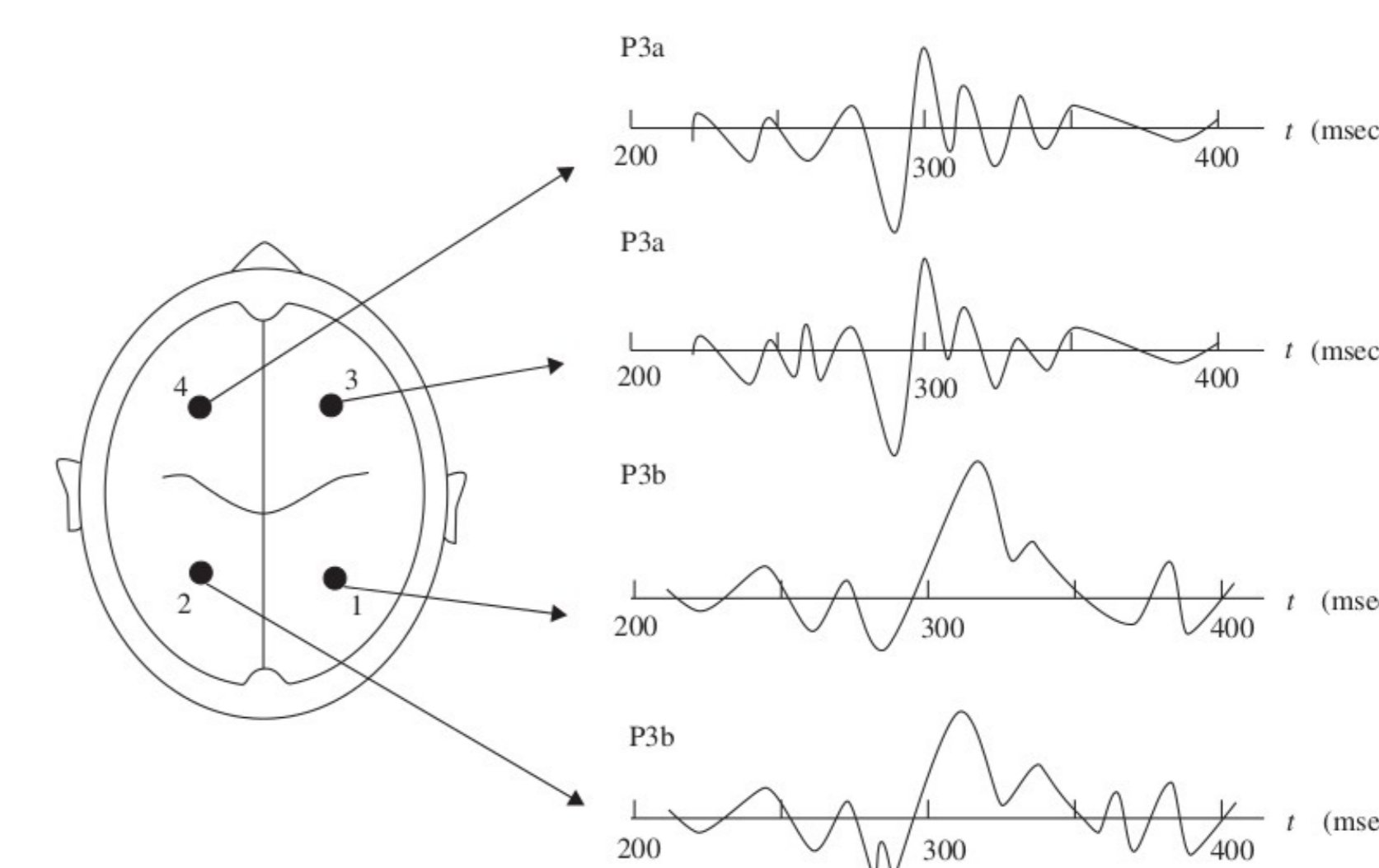


Figura 3 – Diversas componentes que compõem o sinal P300; extraído de [Sanei et al., 2007]

num algoritmo de classificação. A seguir, se obteria o possível comando que o usuário envia.

Conclusões e Perspectivas

Interfaces BCIs são parte de um conjunto de tecnologias assistivas extremamente recente e que realmente pode trazer imensos benefícios para indivíduos com necessidades especiais.

Neste projeto, foram abordados uma grande gama de tópicos cobrindo o assunto, como a captura e o tratamento dos sinais e os protocolos de operação.

Além disso, dentro do escopo de tecnologias assistivas, o projeto DESTINE trabalha outras frentes, como robótica assistiva e ambientes inteligentes, afim de tornar essa tecnologia mais acessível para os usuários.

Agradecimentos

Somos gratos ao PIBIC/CNPq pelo financiamento deste projeto e à equipe do projeto DESTINE pelas inúmeras contribuições técnicas.

Bibliografia

- [Bakardjian et al, 2010] H. Bakardjian, T. Tanaka, A. Cichocki - *Optimization of SSVEP brain responses with application to eight-command Brain-Computer Interface* – Neurosci Lett 2010, 469(1):34-38;
- [Haykin, 2001] S. Haykin, *Adaptive Filter Theory*, Prentice Hall, 2001.
- [Sanei et al., 2007] S. Sanei, J. A. Chambers - *EEG Signal Processing* – John Wiley and Sons, 2007