

Análise Comparativa de Classificadores em Interfaces Cérebro-Computador Baseadas em SSVEP

João Paulo S. P. Pereira (IC), Thiago B. S. Costa (PG), Sarah N. Carvalho (PQ), Romis Attux (PQ)

Resumo

Interfaces cérebro-computador (BCIs, do inglês *brain-computer interfaces*) são sistemas capazes de permitir a um usuário, por meio da análise de seus padrões cerebrais, o envio de comandos a uma máquina. O desenvolvimento dessa tecnologia promete mudanças importantes no potencial de acessibilidade trazido pela moderna tecnologia informática. Neste projeto, buscamos analisar o desempenho de diferentes paradigmas de classificação em sistemas baseados em SSVEP (do inglês, *Steady-State Visual Evoked Potentials*), incluindo máquinas de aprendizado extremo (ELMs).

Palavras Chave: *Interfaces Cérebro-Computador, EEG, Inteligência Computacional*

Introdução

BCIs são dispositivos capazes de converter sinais cerebrais em comandos associados à intenção de um usuário humano. A tarefa fundamental de uma BCI é identificar a intenção do usuário a partir de um conjunto limitado de sinais cerebrais, permitindo a realização de controle via dispositivos eletrônicos [1].

SSVEPs são respostas naturais a estímulos visuais com oscilação periódica estacionária. As frequências de estímulo geralmente são escolhidas na faixa de 5 a 30 Hz, devido a suas propriedades favoráveis à detecção [2].

Para estudar os fundamentos de uma BCI baseada em SSVEP, implementou-se uma plataforma para operação *offline* contendo todas as etapas de uma interface desse tipo: pré-processamento, extração de características e classificação. Esta última etapa constitui o foco do projeto.

Resultados e Discussão

A implementação da plataforma (*offline*) baseada no paradigma de SSVEP teve como objetivo o processamento do sinal cerebral de entrada de forma que fosse possível determinar para qual frequência de estimulação o usuário estava olhando em um dado momento. O sinal foi obtido através de EEG, amostrado a 256 Hz, registrado através de 16 eletrodos localizados no couro cabeludo. O experimento foi aprovado pelo Comitê de Ética da UNICAMP.

Como técnica de pré-processamento, adotou-se uma filtragem espacial baseada em CAR (do inglês, *Common Average Reference*). Através desse método, o valor médio dos 16 eletrodos que compunham o sinal era subtraído de cada canal para cada uma das amostras.

Para a extração de características, utilizou-se o método de periodograma de Welch, através do qual se obteve uma estimativa da densidade espectral do sinal.

Foram testados 2 métodos distintos de classificação linear: mínimos quadrados e discriminante de Fisher. O primeiro busca encontrar o melhor ajuste para um conjunto de dados, tentando minimizar a soma dos quadrados das diferenças entre o valor estimado e os dados observados. Já o método de discriminante de Fisher, baseia-se nos princípios de maximizar a distância entre as classes a serem classificadas e, ao mesmo tempo, minimizar a distância entre os dados de uma mesma classe.

Os métodos de classificação não-lineares de ELM com e sem regularização foram também implementados e testados. Na tabela 1 encontram-se as taxas de acerto obtidas para cada um dos classificadores testados. As frequências analisadas foram as de 20 e 30 Hz.

Tabela 1. Taxas de acertos obtidas

Mínimos Quadrados	Discriminante de Fisher	ELM	ELM com regularização
83.35%	83.35%	79.61%	87.51%

Conclusões

No projeto realizado, procurou-se uma compreensão dos aspectos básicos, sob os pontos de vista teórico e prático, envolvidos na construção de BCIs baseadas no paradigma de potenciais evocados visualmente. Dos métodos de classificação analisados, aquele que forneceu a melhor taxa de acertos foi o de ELM com regularização

Agradecimentos

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

[1] U. Hoffmann, J. M. Vesi, T. Ebrahimi e K. Diserens, "An efficient P300-based brain-computer interface for disabled subjects", *Journal of Neuroscience methods*, v. 167, n. 1, pp. 115-125, 2008.

[2] G. Garcia Molina, "Detection of high-frequency steady state visual evoked potentials using phase rectified reconstruction." 16th European Signal Processing Conference, EUSIPCO, 2008..