

Controlo Miográfico de Dispositivos Móveis para Tetraplégicos

Tiago João Vieira Guerreiro
Instituto Superior Técnico - MEIC
tjvg@immi.inesc.pt

Joaquim Armando Pires Jorge
Instituto Superior Técnico – Professor Associado
jorgej@acm.org

Grupo de Interfaces Multimodais Inteligentes - INESC-ID
Rua Alves Redol, 9, Room 523 1000-029 Lisboa, Portugal
Tlm: 965360737

CONTROLO MIOGRÁFICO DE DISPOSITIVOS MÓVEIS PARA TETRAPLÉGICOS

Tiago João Vieira Guerreiro

Joaquim Armando Pires Jorge

*Departamento de Engenharia Informática
INESC-ID / IST, Universidade Técnica de Lisboa
R. Alves Redol, 9, 1000-29 Lisbon, PORTUGAL
Email: tjvg@immi.inesc.pt, jorgej@acm.org*

Palavras-Chave: Acessibilidade, Tetraplegia, Interação, Mobilidade, Comunicação.

Resumo: Este artigo apresenta a Electromiografia como uma interface para controlo de dispositivos móveis por tetraplégicos. Apesar de existirem actualmente várias tecnologias que possibilitam o controlo de computadores pessoais por parte de indivíduos com esta patologia, o mesmo não se reflecte num contexto móvel. Observando este panorama, é urgente aumentar as capacidades desta população neste contexto, possibilitando maior autonomia e consequente aumento comunicativo. Apresenta-se o trabalho realizado, que contempla um protótipo para controlo do ambiente de trabalho através de contracções musculares, e o trabalho futuro, cujas fases essenciais são a migração da aplicação para um dispositivo móvel e a criação de um sistema físico de suporte que aumente a sua usabilidade diária.

1 INTRODUÇÃO

A utilização de ferramentas tradicionais em interfaces pessoa-máquina, nomeadamente o rato e o teclado, é ainda dominadora perante os emergentes modos de interacção. No entanto, nas duas últimas décadas efectuaram-se grandes esforços, com resultados prometedores, para apresentar alternativas para a interacção entre indivíduos e qualquer tipo de computador, sejam estes pessoais (PCs), dispositivos móveis, ou outra máquina com capacidade de processamento. O desenvolvimento de alternativas de interacção com dispositivos tem particular interesse para pessoas que apresentem impossibilidade física de utilizar os modos tradicionais. Indivíduos com tetraplegia são um sub-conjunto da população incapaz de interagir com computadores através do teclado e de dispositivos apontadores. É assim essencial estudar e desenvolver novas interfaces que permitam oferecer a esta classe de utilizadores a capacidade de alcançar um controlo das tarefas a um nível semelhante ao possibilitado a um utilizador totalmente capaz. Actualmente, existem soluções bastante satisfatórias que possibilitam o uso de computadores pessoais mas existem ainda grandes falhas a certos níveis, como é o caso do controlo de dispositivos móveis.

1.1 Motivação

Actualmente existem várias tecnologias que permitem a utilizadores tetraplégicos controlar dispositivos electrónicos. Para além do controlo das aplicações do computador existe também a possibilidade de, através do computador, poder controlar o ambiente circundante como televisão, luzes, rádio, telefone.

Perante este cenário, no âmbito deste trabalho, foi realizado um estudo com dois utilizadores de forma a analisar quais as tecnologias utilizadas, quais as funcionalidades que essas tecnologias possibilitam e finalmente, quais as funcionalidades que poderemos melhorar ou acrescentar.

Num dos casos estudados, é utilizado um Tracker, em que o utilizador consegue controlar o ponteiro do rato através de uma câmara que detecta um reflector colocado na testa. O utilizador consegue atingir um maior nível de controlo através da aplicação GRID que disponibiliza várias opções para teclados no ecrã e simulação das acções do dispositivo apontador. O sistema GRID permite mais operações, incluindo a capacidade de controlar o ambiente envolvente. Posteriormente, analisámos o controlo do utilizador sobre dispositivos quando se encontra fora do seu quarto, ou seja, na cadeira eléctrica, longe do seu computador. O utilizador tem um telemóvel e um auricular blue-

tooth que atende chamadas automaticamente após 5 segundos. A função de atendimento de chamadas automático é a única exercida com o telemóvel.

O segundo utilizador interage com o computador através de um reconhecedor de fala conseguindo ditar texto e lançar diversas aplicações. Notaram-se, no entanto, diversos problemas associados a esta tecnologia como o fraco reconhecimento e a intolerância ao mínimo ruído de fundo. O utilizador não exerce qualquer controlo sobre o ambiente envolvente. Analisando o controlo sobre dispositivos móveis, este é tão reduzido como no caso anterior. Para efectuar qualquer tipo de acção no telemóvel é necessário o auxílio persistente de terceiros. Este utilizador recusou a utilização de um sistema semelhante ao do primeiro visto considerar ser uma técnica bastante intrusiva.

É impressionante como os utilizadores conseguem um elevado grau de controlo sobre os seus computadores e inclusive lares e não conseguem sequer recusar ou efectuar uma chamada. Notou-se em toda a pesquisa realizada que as várias modalidades não apresentam soluções para um contexto móvel, em que são utilizados dispositivos de pequenas dimensões. Para além das tecnologias utilizadas nos casos estudados, podemos destacar outras como o "Eye-Tracking" (Duchowski, 2002), o "Face-Tracking" (ex: Head Mouse da Origin Instruments Inc., Magic Key (Figueiredo and Raimundo, 2005), entre outros), as "Brain-Computer Interfaces" (Pfurtscheller et al., 2003), ou o Cyber-Link (Marler, 2004), onde se observam grandes avanços tecnológicos, bem como uma larga percentagem de casos de sucesso. No entanto, este sucesso também não se manifesta no contexto móvel.

Após a realização desta análise fica claro que, apesar do controlo de computadores fixos poder ser melhorado, já é possível exercer um controlo satisfatório do mesmo, sendo até possível aumentar o controlo de outros dispositivos através deste. Por outro lado, torna-se uma prioridade oferecer o controlo de dispositivos móveis a utilizadores que não o conseguem fazer autonomamente, visto actualmente não existirem soluções neste contexto. É assim, objectivo do nosso trabalho permitir a utilizadores tetraplégicos o controlo das principais funções do telemóvel como a realização/atendimento de chamadas, leitura/envio de mensagens escritas e gestão de contactos pessoais.

2 ABORDAGEM PROPOSTA

A nossa proposta para o controlo de dispositivos móveis baseia-se no processamento de sinais miográficos. Através de eléctrodos de superfície é possível captar a activação dos músculos monitoriza-

dos, podendo assim associar eventos a determinadas contracções ou movimentos. Com esta solução, é possível determinar a existência de contracções voluntárias possibilitando assim a utilização do sistema sem eventos inesperados. Esta solução é também independente do ambiente envolvente sendo imune a ruído, movimento ou interferências causadas por outros indivíduos (ao contrário do Reconhecimento de Fala, EEG) (Felzer and Freisleben, 2002). Comparativamente a outros sinais fisiológicos (ex: EEG, EOG), o sinal EMG apresenta a melhor relação sinal/ruído e maiores amplitudes (Moon et al., 2004), o que também facilita o seu processamento, tornando-se um bom candidato para o controlo voluntário de dispositivos.

O número de músculos voluntariamente contraídos é amplo possibilitando assim diferentes pontos de recolha, inclusive em casos de incapacidade de movimento da cabeça. A colocação dos eléctrodos é então efectuada consoante a lesão apresentada sendo o pescoço, maxilares ou as zonas temporais (perto do olho), observadas como boas opções.

Nesta secção tentaremos oferecer uma visão geral sobre o sistema projectado, indicando o trabalho já realizado e o trabalho futuro. Este resumo tem como objectivo apresentar a motivação bem como a abordagem proposta e assim, não terá grande profundidade técnica. Uma exposição mais detalhada do processamento de sinal miográfico e detecção de eventos poderá ser encontrado em (Guerreiro and Jorge, 2006).

2.1 ELECTROMIOGRAFIA

Electromiografia define-se como o estudo da função muscular através da análise dos sinais eléctricos gerados durante contracções musculares. As contracções musculares são antecedidas por correntes electroquímicas que percorrem as membranas das fibras, gerando uma diferença de potencial entre as zonas activas e as zonas inactivas. Esta diferença de potencial consegue, devido às propriedades condutoras dos meios biológicos, ser captada na superfície do corpo humano através de eléctrodos (De Luca, 1997).

2.1.1 Aparelho de Electromiografia

O aparelho de electromiografia utilizado recolhe amostras a uma frequência de 1000Hz em 5 canais independentes (Figura 1). É relativamente pequeno (14cm * 8cm * 4cm) e pode ser carregado num cinto ou num bolso e é facilmente adicionado a uma cadeira eléctrica. O aparelho é portátil e comunica com o dispositivo de processamento através de uma interface bluetooth, com um alcance de 100 metros (Gamboa et al., 2004).



Figure 1: Aparelho de Electromiografia portátil

2.2 Trabalho Efectuado

Até ao momento foi desenvolvido um protótipo que funciona num computador pessoal e detém a capacidade de processamento requerida, detectando activações musculares em qualquer ponto voluntariamente contraído (Figura 2). Para utilização e demonstração do protótipo, foi criado um mecanismo de emulação de eventos do sistema operativo. Assim, o utilizador pode ter associada uma contracção a qualquer evento do teclado ou do rato. Este sistema permite o controlo do ambiente de trabalho, podendo ser lançada e controlada qualquer aplicação.



Figure 2: Colocação dos eléctrodos

O controlo de um dispositivo móvel é semelhante ao controlo do rato, sendo necessários apenas quatro direcções para navegar pelos menus. A introdução de caracteres é aquela que exige maior reflexão, sendo tradicionalmente utilizado um teclado no ecrã para esse efeito. Esta seria uma das opções mas procurámos obter maior desempenho e assim, idealizámos uma sinergia entre o protótipo apresentado e a aplicação Dasher (Ward et al., 2000), que permite grande desempenho na escrita com movimento bidireccional ou unidireccional. O Dasher é uma aplicação de introdução de texto baseada numa técnica de zooming, com um sistema preditivo subjacente (Figura 3).

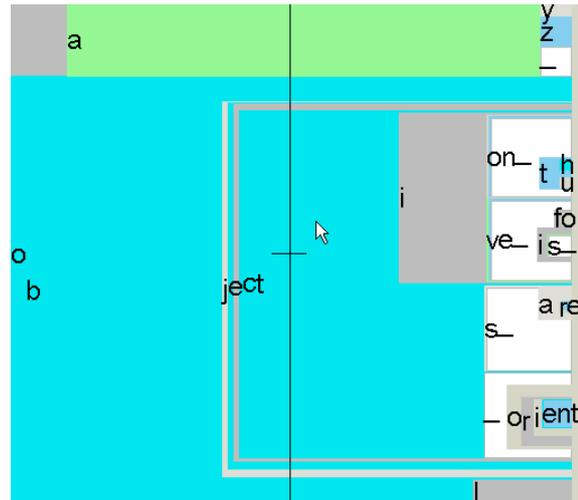


Figure 3: Dasher

2.2.1 Avaliação

Apesar de já existir contacto com utilizadores tetraplégicos ainda não foram realizadas experiências formais. Assim, as avaliações até ao momento foram realizadas com utilizadores com controlo físico total. Para validar a utilização diária da electromiografia como modalidade de interacção, os utilizadores usaram o sistema durante várias horas, simulando o funcionamento do dispositivo apontador. Para verificar a imunidade do sistema a eventos inesperados os utilizadores foram monitorizados em movimento, tendo que percorrer um circuito: não foram detectados falsos positivos. Por último, os utilizadores escreveram texto na aplicação Dasher e numa aplicação de teclado no ecrã, tendo atingido um desempenho aproximadamente quatro vezes superior no Dasher (Guerreiro and Jorge, 2006).

2.3 Trabalho Futuro

O próximo passo prende-se com uma avaliação formal do protótipo actual com utilizadores tetraplégicos. Posteriormente, tendo em conta o objectivo do trabalho será feita a migração do sistema para um SmartPhone. Ao utilizador deverá ser possível navegar pelo telemóvel, simulando o movimento do joystick com contracções musculares. Para a escrita de texto, será utilizado o Dasher, que também se encontra disponível para Windows Mobile (um dos sistemas operativos típicos de um SmartPhone). O último grande passo do trabalho prende-se com a usabilidade do sistema, procurando estudar e criar uma estrutura de suporte estável e eficaz para o aparelho EMG, SmartPhone e elementos adicionais (eléctrodos e fios). Este ponto é bastante

importante pois deverá ser possível ao utilizador ter o sistema ligado durante o dia inteiro: o sistema deverá ser imune aos movimentos involuntários bem como às deslocações mas deve ser eficiente no que respeita às acções voluntárias (Jeong and Choi, 2003). Para este efeito a colocação dos eléctrodos deve ser transparente para o utilizador, sendo apenas necessária a colocação de uma banda que assegure a correcta colocação e fixação dos mesmos. Serão realizados testes que validem não só o funcionamento do sistema (velocidade, exactidão, robustez) como a sua usabilidade diária.

3 TRABALHO RELACIONADO

A utilização recorrente da electromiografia em áreas relacionadas com a Medicina levou a um grande investimento científico para melhorar os procedimentos de análise e processamento do sinal miográfico. Este avanço culmina com a possibilidade de utilizar aparelhos electromiográficos portáteis que comunicam sem fios com um sistema de processamento. Esta portabilidade possibilita a qualquer indivíduo o transporte e uso de um aparelho deste tipo com grande aceitação social (Costanza et al., 2004). O tamanho e a referida portabilidade levam ao uso da electromiografia na interacção pessoa-máquina, existindo trabalho nas áreas de Acessibilidade, Robótica, Computação Móvel, Reconhecimento de Gestos, entre outras. Nenhum dos trabalhos encontrados e referidos nesta secção aborda a acessibilidade a dispositivos móveis mas são referenciados pois baseiam-se na utilização do sinal miográfico para controlo de dispositivos.

(Roy et al., 1994) apresentam uma interface pessoa-máquina baseada em gestos para pessoas com graves limitações a nível motor e oral devido a paralisia cerebral. Este trabalho apresenta resultados motivadores diferenciando gestos aparentemente iguais, através do uso de redes neuronais. Vários outros trabalhos na área utilizam algoritmos de classificação e reconhecimento de padrões para diferenciar gestos (Rosenberg, 1998) (Wheeler and Jorgensen, 2003) (Crawford et al., 2005) (Surakka et al., 2004), conseguindo diferenciar, por exemplo, mais de 6 movimentos efectuados por uma mão. Os resultados obtidos são particularmente relevantes no controlo de próteses (Eriksson et al., 1998) (Soares et al., 2003). No nosso trabalho, visto ser possível obter os resultados esperados com técnicas de processamento de sinal em tempo real, preferimos não utilizar algoritmos que necessitem de fases de treino nem calibrações adicionais. No entanto, no futuro, poderá ser interessante, caso exista motivação para isso, aumentar o leque de opções através de mecanismos de treino e

classificação.

(Barreto et al., 1999) introduzem um sistema que procura oferecer a utilizadores com graves limitações motoras a possibilidade de apontar e seleccionar num computador pessoal. Este sistema associa movimentos faciais ao controlo do rato, sendo bastante semelhante ao "Tongue Point" (Salem and Zhai, 1997) mas utilizando sinal miográfico. Este trabalho e outros que lhe sucederam são a base da nossa investigação.

Na área da mobilidade, (Costanza et al., 2005) dá ênfase à utilização da electromiografia como uma técnica de interacção móvel. O trabalho introduz o EMG como uma interface íntima e subtil, que pode ser utilizada sem afectar o ambiente envolvente. O nosso projecto aceita esta ideia e aumenta-lhe complexidade, focando em questões de Acessibilidade e aumentando o controlo efectuado sobre os dispositivos, que na abordagem de (Costanza et al., 2005) é bastante minimalista.

A electromiografia é já utilizada em várias outras áreas, existindo trabalho efectuado na área de Reconhecimento de Emoções (Benedek and Hazlett, 2005) (Branco et al., 2005), Mímica sub-vocal (Manabe et al., 2003), Reabilitação (Coleman, 2001), entre outras.

A recente, mas vasta, utilização da electromiografia na interacção pessoa-máquina, apresenta-a como uma interface robusta, versátil e que, no contexto deste trabalho, oferece a possibilidade de aumentar a qualidade de vida de indivíduos com necessidades específicas.

4 CONCLUSÕES

Apresentámos um projecto que procura oferecer a indivíduos tetraplégicos a capacidade de controlo de um dispositivo móvel. Foi observado que, actualmente, é impossível para os indivíduos que sofrem desta patologia exercerem qualquer tipo de controlo voluntário sobre os seus telemóveis. Foram estudados vários sistemas que utilizam diferentes paradigmas e nenhum se propõe a resolver o problema indicado. É assim, nosso objectivo, permitir a estes utilizadores a possibilidade de gerir as suas chamadas, contactos e mensagens. O trabalho encontra-se numa fase de transição e estamos actualmente a iniciar o estudo com a população alvo. Os utilizadores mostram-se muito receptivos ao projecto visto, apesar de controlarem os seus computadores pessoais, não exercerem qualquer controlo sobre o seu telemóvel/Pocket PC.

REFERENCES

- Barreto, A. B., Scargle, S. D., and Adjouadi, M. (1999). A real-time assistive computer interface for users with motor disabilities. *SIGCAPH Comput. Phys. Handicap.*, (64):6–16.
- Benedek, J. and Hazlett, R. (2005). Incorporating facial emg emotion measures as feedback in the software design process. Technical report, Microsoft Corporation, Johns Hopkins University School of Medicine.
- Branco, P., Firth, P., Encarnação, L. M., and Bonato, P. (2005). Faces of emotion in human-computer interaction. In *CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 1236–1239, New York, NY, USA. ACM Press.
- Coleman, K. (2001). Electromyography based human-computer-interface to induce movement in elderly persons with movement impairments. In *WUAUC'01: Proceedings of the 2001 EC/NSF workshop on Universal accessibility of ubiquitous computing*, pages 75–79, New York, NY, USA. ACM Press.
- Costanza, E., Inverso, S. A., and Allen, R. (2005). Toward subtle intimate interfaces for mobile devices using an emg controller. In *CHI '05: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 481–489, New York, NY, USA. ACM Press.
- Costanza, E., Perdomo, A., Inverso, S. A., and Allen, R. (2004). Emg as a subtle input interface for mobile computing. In *Mobile HCI*, pages 426–430.
- Crawford, B., Miller, K., Shenoy, P., and Rao, R. (2005). Real-time classification of electromyographic signals for robotic control. In *AAAI*, pages 523–528.
- De Luca, C. J. (1997). Surface electromyography: Detection and recording. Technical report, Delsys Inc.
- Duchowski, A. T. (2002). A breadth-first survey of eye tracking applications. *Behavior Research Methods, Instruments, and Computers*.
- Eriksson, L., Sebelius, F., and Balkenius, C. (1998). Neural control of a virtual prosthesis. In *Perspectives in Neural Computing: Proceedings of ICANN '98*.
- Felzer, T. and Freisleben, B. (2002). Controlling a computer using signals originating from muscle contractions. In Press, C., editor, *Proceedings of the METMBS'02*, volume 2, pages 336–342. CSREA Press.
- Figueiredo, L. and Raimundo, J. (2005). Magic key – a chave mágica. In *IADIS Ibero-Americana WWW/Internet 2005*.
- Gamboa, H., Silva, H., Viegas, V., and Fred, A. (2004). Wireless physiologic data acquisition platform. Technical report, IT, Technical Superior Institute.
- Guerreiro, T. and Jorge, J. (2006). Emg as a daily wearable interface. In *GRAPP '06: Proceedings of the International Conference on Computer Graphics Theory and Applications*.
- Jeong, H. and Choi, J. (2003). An emg-controlled graphic interface considering wearability. In *INTERACT*.
- Manabe, H., Hiraiwa, A., and Sugimura, T. (2003). "un-voiced speech recognition using emg - mime speech recognition". In *CHI '03: CHI '03 extended abstracts on Human factors in computing systems*, pages 794–795, New York, NY, USA. ACM Press.
- Marler, D. M. (2004). Cyberlink: Computer access for persons identified with multiple disabilities. Technical report, CALIFORNIA STATE UNIVERSITY, NORTHRIDGE.
- Moon, I., Lee, M., and Mun, M. (2004). A novel emg-based human-computer interface for persons with disability. In *ICM'04: IEEE International Conference on Mechatronics*.
- Pfurtscheller, G., Neuper, C., Müller, G. R., Obermaier, B., Krausz, G., Schlögl, A., Scherer, R., Graimann, B., Keinrath, C., Skliris, D., Wörtz, M., Supp, G., and Schrank, C. (2003). Graz-bci: State of the art and clinical applications. *IEEE TRANSACTIONS ON NEURAL SYSTEMS AND REHABILITATION ENGINEERING*, 11(2):177–180.
- Rosenberg, R. (1998). The biofeedback pointer: Emg control of a two dimensional pointer. In *ISWC*, pages 162–163.
- Roy, D. M., Panayi, M., Erenshteyn, R., Foulds, R., and Fawcus, R. (1994). Gestural human-machine interaction for people with severe speech and motor impairment due to cerebral palsy. In *CHI '94: Conference companion on Human factors in computing systems*, pages 313–314, New York, NY, USA. ACM Press.
- Salem, C. and Zhai, S. (1997). An isometric tongue pointing device. In *CHI '97: Proceedings of the SIGCHI conference on Human factors in computing systems*, pages 538–539, New York, NY, USA. ACM Press.
- Soares, A., Andrade, A., Lamounier, E., and Carrijo, R. (2003). The development of a virtual myoelectric prosthesis controlled by an emg pattern recognition system based on neural networks. *J. Intell. Inf. Syst.*, 21(2):127–141.
- Surakka, V., Illi, M., and Isokoski, P. (2004). Gazing and frowning as a new human-computer interaction technique. *ACM Trans. Appl. Percept.*, 1(1):40–56.
- Ward, D. J., Blackwell, A. F., and MacKay, D. J. C. (2000). Dasher - a data entry interface using continuous gestures and language models. In *UIST*, pages 129–137.
- Wheeler, K. R. and Jorgensen, C. C. (2003). Gestures as input: Neuroelectric joysticks and keyboards. *IEEE Pervasive Computing*, 2(2):56–61.