

뇌전도 신호를 이용한 실시간 1차원 커서제어 실험

이승찬, 신영학, 이흥노*
광주과학기술원

seungchan@gist.ac.kr, shinyh@gist.ac.kr, heungno@gist.ac.kr*

An EEG based Real Time 1-Dimensional Cursor Control

Seung Chan Lee, Young Hak Shin, Heung No Lee*
Gwangju Institute of Science and Technology

요약

왼손이나 오른손의 움직임 등 손동작을 상상했을 때, 피 실험자의 뇌에서 측정되는 뇌전도 신호에는 미세한 차이가 발생한다. 본 논문에서는, 이러한 차이를 분석하여 손 동작 움직임 상상만으로 컴퓨터 커서를 실시간으로 제어하는 실험을 진행하였다. 즉, 왼손 움직임의 상상은 커서를 왼쪽으로, 오른손은 오른쪽으로 움직이도록 대응하였다. 두 명의 피실험자를 대상으로 한 실험에서, 최대 95%의 정확도로 커서 컨트롤을 할 수 있음을 확인하였다.

I. 서론

두뇌에서 기록되는 뇌파는 사람의 상태 및 의도, 행동을 반영하고 있다. 역으로 뇌파 신호를 분석하면 사람의 생각, 의도를 파악할 수 있게 된다. 이를 이용하면 사람으로부터 측정되는 뇌 신호로 물리적인 움직임이 없이도 생각만으로 컴퓨터에 명령을 전달 할 수 있다. 이를 뇌-컴퓨터 접속기술(Brain-Computer Interface)라고 부른다.

본 논문에서는 뇌전도(EEG: Electroencephalography) 신호를 이용하여 왼손 오른손 움직임 상상에 의한 1차원 커서제어 실험을 수행하였다.

II. 본론

먼저 커서제어 실험에 뇌전도 신호를 이용하기 위해서는 상상 조건에 따라 서로 다르게 반응하는 신호특징을 찾아야 한다. 앞선 연구결과들에서 사람의 운동감각은 뇌의 운동피질영역에서 담당하고 있다는 것이 밝혀졌다. 본 논문에서는 이 운동피질영역에서 왼손과 오른손의 움직임을 담당하는 C3, C4 위치의 뇌전도 신호를 이용하고자 한다. 특히, 이 부분 뇌전도 신호의 뮤 리듬(μ rhythm: 10-15Hz) 주파수대역의 신호파워는 왼손 오른손 움직임상상에 따라 차이가 커서 커서제어 실험에 이용하기 적합하다[1].

왼손과 오른손을 움직이는 행동이나 상상을 했을 때 뮤 리듬 주파수 대역의 뇌전도 신호는 휴식상태(아무런 움직임 상상을 하지 않을 때)와 비교했을 때 신호파워가 감소한다. 명령 조건이 왼손일 때는 C4 전극위치의 신호 파워가 감소하고 오른손일 때는 C3 전극위치의 신호 파워가 감소한다. 이 같은 신호특징을 실시간으로 분석해 커서의 움직임 명령에 대응시킨다. 그러면 커서를 왼손, 오른손 움직임의 상상에 따라 왼쪽, 오른쪽으로 제어할 수 있게 된다.

실험은 그림 1 과 같이 3 개의 세션으로 나뉘며 차례대로 진행된다. 첫째, 훈련 세션에서는 뇌전도 신호에서 신호특징을 추출하기 위해 2 명의 피실험자의 명령 조건(왼손, 오른손)에 따른 뇌전도 신호를 수집한다. 피실험자의 적응을 위해 실제 동작과 동작상상에 의한 데이터를 번갈아 수집한다. 둘째, 오프라인 분석 세션에서는 얻어진 훈련 신호를 통계적으로 분석함으로 신호특징이 될 수 있는 주파수 대역과 센서위치를 결정한다. 셋째, 커서제어실험에서는 오프라인 분석결과를 기반으로 신호 특징(주파수, 센서위치)을 커서제어에 대응시켜 실시간으로 커서 컨트롤 할 수 있게 한다.

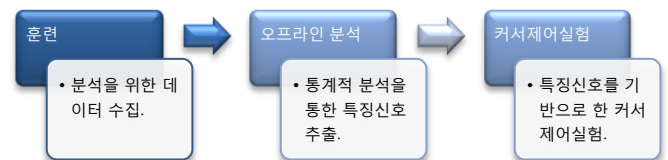


그림 1. 실험순서

뇌전도 신호의 측정을 위해 사용한 장비는 Tucker-Davis Technologies 사의 RZ5 Neurophysiology workstation 과 PZ3 Low impedance Preamplifier 이며 신호는 12 채널 256Hz 의 샘플링레이트로 기록하였다. 소프트웨어는 BCI2000 이라는 범용 BCI 실험 소프트웨어를 이용하였다. 피실험자는 18 세의 여자와 남자 각각 1명씩 총 2명이 참여하였다[2].

1. 훈련

피실험자는 편안한 의자에 앉아 모니터를 주시하면서 그림 2 와 같은 시간순서로 나타나는 모니터 명령에 따른다. 모니터 명령은 "Left" 또는 "Right"로 표시되고 명령에 따라 피실험자는 4 초간 주어진 방향의 손동작을 실제로 또는 상상한다. 두 조건의 신호를 수집하고 명령간에는 3 초간의 시간간격을 두었다. 이 3 초간의 시간간격은 휴식상태로 오프라인 분석에서는 이

휴식상태 신호를 기준신호로 잡고 신호의 파워를 비교한다. 한 회의 훈련에는 왼손, 오른손 움직임 상상조건이 각 20 회씩 총 40 회의 시행이 있다. 이러한 훈련을 총 4 회 실시하였다. 피실험자 적응을 위해 조건에 따라 실제로 손을 움직이는 훈련도 2 회 포함하였다.

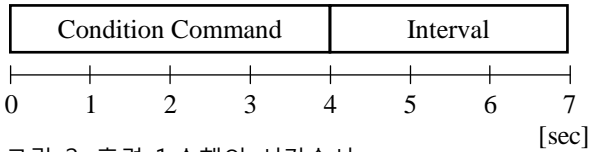


그림 2. 훈련 1 수행의 시간순서

2. 오프라인 분석

커서 움직임을 정확하게 제어하기 위해서는 훈련에서 수집한 신호를 분석하여 왼손, 오른손 움직임 상상조건에 가장 큰 차이로 반응하는 뇌전도 신호의 주파수와 센서 위치를 찾아야 한다. 조건에 대응하는 신호의 주파수와 센서 위치를 찾기 위해서 BCI2000 내에 GUI 환경으로 제공되는 분석도구를 이용한다. 이 도구는 r^2 수치라는 잘 알려진 통계적 분석방법을 사용한다. 이 수치는 신호분포의 차이가 클수록 값이 커지고 비슷할수록 값이 작아지는 통계적 수치이다. 이 r^2 수치를 이용하여 조건(왼손, 오른손, 휴식상태)에 따른 신호의 파워를 서로 비교해 다르게 반응하는 주파수와 센서 위치를 찾아낸다.

그림 3 은 여자 피실험자의 오프라인 분석결과이다. 11-12Hz 와 13-14Hz 주파수 대역의 r^2 수치를 모든 채널에 걸쳐 구하고 이를 도식화 한 것이다. 휴식상태와 비교시 왼손 동작을 상상할 때 C4 위치, 오른손 동작을 상상할 때 C3 위치의 r^2 수치가 다른 센서위치보다 커짐을 알 수 있다. 이는 곧 해당하는 센서위치 뇌전도 신호의 파워감소가 그만큼 더 두드러진다는 것을 의미한다. 그러므로 이 11-14Hz 주파수 대역과 각 조건에 대응하는 C3, C4 위치의 신호 파워감소를 커서제어의 컨트롤신호로 이용할 수 있음을 알 수 있다.

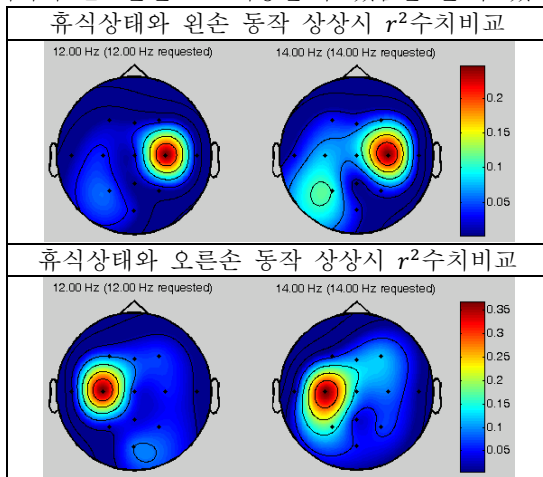


그림 3. 오프라인 분석 결과

3. 커서제어 실험

앞서 추출한 신호특징 주파수 대역(11-14Hz)과 채널(C3, C4 센서)의 뇌전도 신호를 실시간으로 분석하여 커서제어실험을 수행하였다. 실시간 신호파워 분석은 Maximum Entropy Method 를 이용한 AR 필터를 이용한다.

커서제어 실험화면은 그림 4 와 같고 한번 수행은 그림 5 같이 8 초로 이루어져 있다. PreFeedback 구간에서는 커서가 움직여야 할 목표가 왼쪽 또는 오른쪽에 무작위로 나타난다. 이때부터 피실험자는 커서가 움직여야 하는 방향의 손동작을 상상한다.

Feedback 구간에서는 최대 4 초간 커서가 중앙에 나타나 움직인다. Result 구간에서는 1 초 동안 커서움직임의 결과가 나타난다. 커서이동의 결과값은 세가지 경우가 있다. 커서가 정확히 목표지점에 도달하면 성공으로, 커서가 목표의 반대지점에 도달하면 실패로, 커서가 어느 쪽의 목표에도 도달하지 못하면 무효(정확도에서는 실패로 간주)로 판정을 한다. 이와 같은 수행을 1 회 실험 당 총 20 번 수행하고 두 피실험자

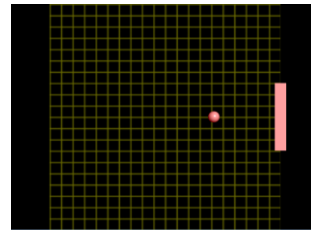


그림 4. 커서제어실험 화면

모두 3 회의 실험을 진행하였다.

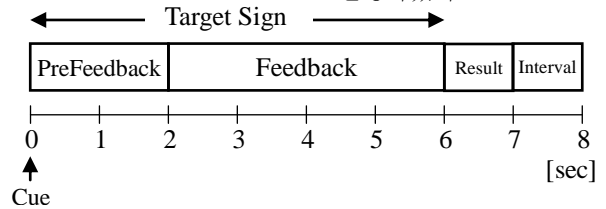


그림 5. 커서제어실험 1 수행 시간순서

4. 실험결과

실험 결과는 다음의 도표와 같다. 여자 피실험자가 남자 피실험자보다 높은 정확도를 보여주었고 두 피실험자 모두 무효확률이 높아 더 많이 훈련 한다면 더 높은 정확도를 기대할 수 있을 것 같다.

피실험자	피실험자 1(여자)	피실험자 2(남자)
실험횟수	정확도(무효)[%]	정확도(무효)[%]
상상 1	90(10)	90(5)
상상 2	95(5)	75(20)
상상 3	95(5)	65(25)
평균정확도	93.3%	76.6%

표 1. 커서제어 실험결과

III. 결론

실험결과를 검토해보면 두 피실험자가 정확도의 차이는 있었지만 여자 피실험자의 경우 평균 93.3% 성공률로 거의 정확하게 피실험자의 손 움직임 상상에 의한 커서컨트롤이 가능함을 알 수 있었다. 더 많은 훈련과 더 나은 적응알고리즘을 사용한다면 더 높은 정확도를 기대할 수 있을 것이다. 그리고 차후 2 차원 커서제어 실험으로 발전시켜 나갈 수도 있을 것이다.

ACKNOWLEDGMENT

이 논문은 2010 년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 연구임 (중견연구자-도약연구사업, No. 2010-0017944)

참 고 문 헌

[1] Jonathan R. Wolpaw, "An EEG-based brain-computer interface for cursor control," *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol. 78, No. 3, 1991, pp. 252-259

[2] Gerwin Schalk, "BCI2000: A General-Purpose Brain-Computer Interface (BCI) System," *IEEE Trans. On Biomedical Eng.*, Vol. 51, No. 6, 2004, pp. 1034-1043