

시각자극의 면적에 따른 정상상태 시각유발 전위 (SSVEP) 성능 분석

최유은, 이유리, 김형남[©]

부산대학교 전자공학과

[©]hnkim@pusan.ac.kr

Analyzing of Steady-State Visual Evoked Potentials According to the Size of Visual Stimulus

Yoo-Ohn Choi, Yu-Ri Lee, Hyoung-Nam Kim[©]

Pusan National Univ.

요약

정상상태 시각유발 전위(Steady-State Visual Evoked Potential, SSVEP)는 실험대상자가 일정한 주파수로 깜박이는 시각자극을 응시했을 때 후두엽의 일차 시각피질에서 나타나는 뇌파를 의미한다. 본 논문은 SSVEP에 영향을 미칠 수 있는 여러 가지 요인 중에서 시각자극의 면적에 초점을 맞췄다. 시각자극의 면적을 달리했을 때 유발되는 SSVEP가 어떠한 변화를 보이는지를 확인하는 실험을 진행한 결과, 자극의 면적이 클수록 SSVEP의 전력이 커짐을 확인하였다.

I. 서론

두뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain Computer Interface, BCI)는 뇌신경 시스템의 전기적 활동을 이용해서 컴퓨터 및 인공기관과 통신하거나 이를 제어하는 것이다 [1]. 본 논문은 BCI에서 자주 활용되는 뇌파 중 시각자극과 관련된 신호인 정상상태 시각유발 전위(Steady-State Visual Evoked Potential, SSVEP)에 대한 것으로, 제시되는 자극의 면적에 따라 측정되는 SSVEP의 변화를 확인하기 위한 실험을 진행하고 이에 대한 결과를 분석하였다.

시각자극은 시각정보를 받는 첫 번째 피질인 후두엽의 일차 시각피질(V1)에 상하좌우가 반전된 상태로 맵핑된다 [2]. 사람의 뇌는 3.5~70 Hz 사이의 일정한 주파수로 깜박이는 자극을 바라보게 되면 일차 시각피질에서 이와 동일한 주파수의 반응신호가 출력되는데 이를 SSVEP라고 한다 [3].

SSVEP는 여러 분야에서 응용될 수 있다. 하지만 SSVEP 측정에 사용되는 자극은 계속해서 깜박인다는 특성 때문에 처음 자극을 마주하는 사용자에게 눈의 피로도를 높이고 집중력을 저하시키는 등의 문제가 있는데 이러한 이유로, 유발되는 SSVEP의 전력이 작아질 수 있다. 따라서 SSVEP에서 시각자극의 형태 및 특성이 자극 주파수 추정 정확도에 큰 영향을 미칠 수 있다.

SSVEP 측정에 사용되는 자극의 특성에는 자극의 주파수, 면적 그리고 자극 간의 거리 등이 있는데 본 논문은 이러한 여러 요인 중에서, 자극의 면적이 측정되는 반응신호에 미치는 영향에 대해 연구를 진행하였다.

II. 실험 방법

자극의 면적이 SSVEP에 미치는 영향을 확인하기 위해 실험에 사용된 자극은 그림 1과 같이 면적이 $d \times d$ 인 정사각형의 형태를 가지도록 하였고, 이때 d 는 1, 4, 7, 10 cm이다. 시각자극의 중앙에 위치한 응시점은 자극을 바라볼 때 실험대상자의 집중도를 높이기 위해 추가하였다. 자극의 주파수는 8~13 Hz 주파수 범위를 가지는 알파파 대역내의 주파수인 11Hz와 주파수 범위가 14~26 Hz인 델타파 대역내의 19 Hz를 선택했다 [4].

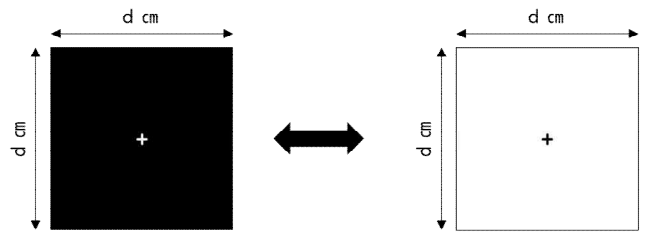


그림 1. 실험에서 사용되는 SSVEP 자극의 형태

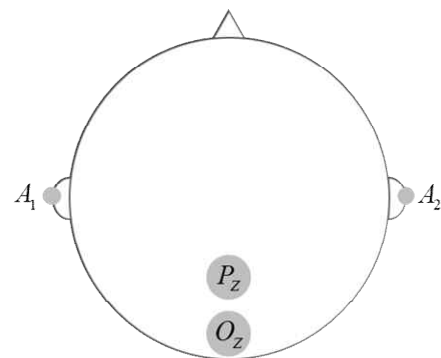


그림 2. 신호측정 시 사용한 EEG 전극과 전극 위치

실험대상은 3명으로, 모두 20대 여성이고, 대상 모두 안경을 쓰지 않은 상태에서 실험을 진행하였다. 자극이 출력되는 화면과 실험대상자와의 거리는 0.6 m로 고정하였다. 실험대상자 시선 중심에 자극을 위치하게 한 후 이를 10초 동안 바라보게 하였고 유발되는 SSVEP는 Oz 전극에서 측정하였다. 이때 Reference 전극은 Pz, GND 전극은 A1과 A2로 두었다. 이러한 환경에서 측정실험을 시각자극의 주파수(11, 19 Hz)와 크기별로 각각 10번씩 반복하였다.

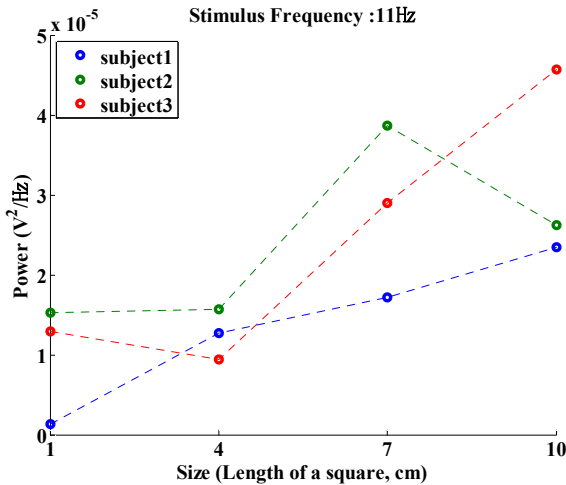


그림 3. 11 Hz 자극을 응시했을 때 자극의 크기(면적)에 따른 반응뇌파 전력의 평균

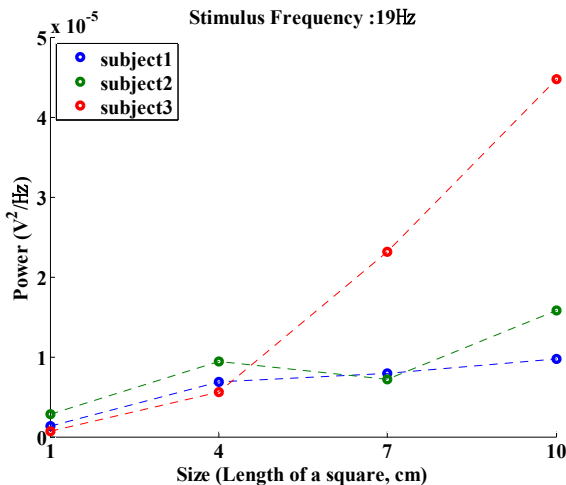


그림 4. 19 Hz 자극을 응시했을 때 자극의 크기(면적)에 따른 반응뇌파 전력의 평균

III. 결과분석

주파수별 자극의 면적과 SSVEP 성능 변화의 관계를 파악하기 위해 Oz 전극으로부터 측정된 뇌파는 파워스펙트럼밀도(Power Spectral Density)를 이용하여 시간영역에서 주파수영역으로 변환하였다. 측정된 SSVEP는 대역폭이 0.2 Hz인 대역통과필터(Band-Pass Filter)를 통과시킨 후 신호의 최댓값을 자극면적별로 평균하였다.

그림 3은 각 실험대상자가 11 Hz 자극을 응시했을 때 주파수 영역에서의 SSVEP 전력을, 그림 4는 19 Hz 자극에 대한 측정 결과를 나타낸 것이다. 이로부터 실험대상이 응시한 자극의 면적이 클수록 반응뇌파의 크기도 증가하는 경향이 있음을 확인할 수 있다. 또한 베타파 주파수 대역인 19 Hz의 자극보다 알파파 대역의 11 Hz 자극에서 시각자극의 면적 변화에 따른 SSVEP의 변화폭이 더 크다는 사실을 확인하였다.

자극의 면적에 따라 이러한 차이를 보이는 원인은 두 가지로 예상이 된다. 첫 번째는 응시하는 자극의 면적에 따라 뇌에서 맵핑되는 영역도 커지기 때문에 측정된 SSVEP의 크기가 달라질 수 있다. 뇌에서 시각자극을 처리하는 영역은 후두엽에 위치한 일차 시각피질로, 바라보는 자극이 피질에 상하좌우가 반전된 상태로 맵핑된다. 이때 자극의 면적이 클수록 자극이 일차 시각피질에 맵핑되는 범위가 넓어지게 된다.

예상되는 두 번째 원인은 자극에 대한 집중력 차이이다. 편하게 자극을 응시할 수 있도록 자극의 중앙에 응시점을 추가하였으나 실험을 진행하는 과정에서 실험대상자들은 깜박이는 자극에 시선을 고정시키기 어려움을 호소했다. 때문에 자극에 대한 집중력이 지속되기 어려웠을 것으로 보인다. 즉, 자극을 바라보는 과정에서 시선이 자주 주변으로 움직였을 것이라 예상할 수 있다.

SSVEP가 베타파 대역의 자극보다 알파파 대역에서 자극면적에 대한 전력 증가율이 더 큰 것은 신호의 전력이 주파수가 높을수록 작아지기 때문으로 보인다. 이에 대한 정확한 원인은 향후 추가적인 연구를 통해 파악해볼 예정이다.

IV. 결론

본 논문에서는 깜박이는 시각자극의 면적에 따라 측정되는 SSVEP의 크기 변화를 분석하였다. 시각자극에 대한 SSVEP 크기는 자극의 면적이 클수록 큰 값을 가지는 경향이 있는데, 특히 알파파 대역의 자극이 베타파 대역의 자극보다 자극의 크기 변화에 더 민감하다는 사실을 확인하였다.

이러한 결과는 이후 SSVEP 신호를 활용하는 여러 분야에서 신호 측정의 성능을 높이고자 할 때 자극의 크기도 고려 대상이 되어야 함을 보여주고 있다. SSVEP를 응용하는 대부분의 분야에서 다수의 제어신호를 사용하기 위해 한 화면에 여러 주파수의 시각자극을 배치하는데, 이러한 상황에서 알파파 대역의 주파수는 작은 면적을, 베타파 대역의 주파수는 큰 면적의 자극을 사용하게 되면 응시하고 있는 시각자극의 주파수 파악에 있어 정확도를 높일 수 있을 것으로 보인다.

참고 문헌

- [1] Saeid Sanei, *Adaptive Processing of Brain Signals*, Wiley, 2013.
- [2] Marie T. Banich, Rebecca J. Compton, *인지 신경과학*, 김명선, 강은주, 강연욱, 김현택, 박학사, 2014.
- [3] Chuan Jia, Xiaorong Gao, Bo Hong, Shangkai Gao, "Frequency and Phase Mixed Coding in SSVEP-Based Brain-Computer Interface," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, vol. 58, no. 1, pp. 200-206, Jan. 2011.
- [4] 최승원, 조혜현, 허지원, 김기성, 정선용, *뉴로피드백 입문*, 시그마프레스, 2012.