

Multi-frequency visual stimulation to reduce the frequency selection procedure in steady-state visual evoked potential-based brain-computer interfaces

Sang-Su Kim and Do-Won Kim*

Interdisciplinary Program of Healthcare-Medical Engineering, Chonnam National University, Yeosu, Korea
Department of Biomedical Engineering, Chonnam National University, Yeosu, Korea
School of Healthcare and Biomedical Engineering, Chonnam National University, Yeosu, Korea
corbyf132@gmail.com, down.kim@jnu.ac.kr*



ABSTRACT

It is important to decide the appropriate flickering frequency of the visual stimuli when using a steady-state visual evoked potential (SSVEP) based brain-computer interface (BCI). However, since each participant's SSVEP response is different, it is hard to decide the appropriate flickering frequency. In this study, we proposed a novel multi-frequency stimulus that can be used to reduce the time-consuming procedure of selecting appropriate stimulation frequency of SSVEP-BCI. Total thirteen participants were recruited for this study. The experiment consisted of two sessions : single frequency and multi frequency session. Recorded EEG was analyzed by the canonical correlation analysis and signal to noise ratio. We validated whether it is possible to choose best responding frequency by the matching rate. Canonical correlation analysis results show that the matching rate of between single and multi frequency stimulus noted 61.54 ± 23.75 %. This result can improve the procedure of selecting appropriate frequency of SSVEP experimets.

INTRODUCTION

- 안정 상태 시각 유발 전위 (steady-state visual evoked potential, SSVEP) 기반 BCI는 특정 주파수로 점멸하는 시각 자극을 응시할 때 이와 동일한 주파수 성분이 뇌파에서 측정되는 원리를 통해 외부기기를 제어하는 시스템
- SSVEP-BCI 문맹은 제시한 모든 시각 자극 주파수에 반응하지 않거나 혹은 특정 시각 자극 주파수에 반응하지 않는 사람을 뜻함
- ‘frequency-search’는 임의의 주파수를 선택하는 것보다 SSVEP-BCI 의 더 나은 성능을 발휘할 수 있게 하지만 사용자에게 피로감을 주게 됨
- 이 연구에서는 실험 전 피험자에게 짧은 시간 이내에 최적의 자극 주파수를 선정할 수 있는 다중 주파수 시각 자극을 개발하여 SSVEP BCI의 성능을 향상시키고자 함

METHODS

Participants

- 본 연구는 총 13명 (남: 12, 여: 1)의 신체 건강한 일반인이 참여하였으며 참가자들의 평균 나이는 23.23 ± 1.83 이었음
- 모든 피험자들은 실험 혹은 뇌파에 영향을 줄 수 있는 정신 질환이 없는 피험자들로 모집 하였으며, 시각 자극 관련 실험이기 때문에 모두 정상 혹은 정상 교정시를 가진 사람을 모집하였음

Experimental Procedure

- 실험을 단일 주파수 시각 자극 응시 실험과 다중 주파수 시각 자극 응시 실험으로 구성됨
- 단일 주파수 시각 자극은 총 12개의 서로 다른 주파수가 사용됨
- (5.3, 6, 6.7, 7.3, 7.5, 8, 8.9, 9.6, 10, 10.9, 12.6, 14.1 Hz)
- 단일 주파수 시각 자극은 10회 씩 5초간 무작위로 제시되었으며, 자극 간 간격은 2초로 설정되었음
- 다중 주파수 시각 자극은 단일 주파수 시각 자극에 사용된 12개의 주파수 중 총 4개를 선정하여 사인파의 합을 통한 자극을 사용함
- 다중 주파수 시각 자극은 총 6개를 개발하였으며, 단일 주파수 시각 자극이 2회 포함되도록 생성함

EEG Acquisition

- Neuroelectrics starstim 32 (Neuroelectrics, Barcelona, Spain)
- 뇌전도 신호의 샘플링 주파수는 500 Hz로 설정
- 총 32개의 전극을 10 – 20 system에 부착함 (Fp1, Fp2, F7, F3, Fz, F4, F8, FC5, FC1, FC2, FC6, T7, C3, Cz, C4, T8, CP5, CP1, CP2, CP6, P7, P3, Pz, P4, P8, PO3, PO4, O1, Oz, O2)
- Reference 전극과 ground 전극은 오른쪽 귓볼을 통해 설정 됨

EEG Preprocessing

- 측정된 뇌전도 신호는 MATLAB 2020b (Mathworks, MA, USA)을 통해 전처리를 진행함
- 공통 잡음 성분 제거를 위한 common average referencing이 수행 됨
- DC 성분을 제거하기 위한 baseline correction을 수행함
- 측정된 신호를 대역 통과 필터를 사용해 1 ~ 50 Hz로 필터링 수행함
- 각 자극 제시 시점 기준으로 0 ~ 5000 ms 로 데이터를 에폭킹 함
- 에폭킹한 데이터에서 자극 주파수의 Absolute Power, Signal-to-noise ratio(SNR) 및 Canonical correlation analysis(CCA)를 추출함

RESULTS

Results

- 본 연구에서 계산된 CCA 값을 통해 다중, 단일 주파수 시각 자극에 대해 내림차순으로 정렬하여 일치율을 확인해 봄
- 다중 주파수 시각 자극의 에폭수에 따른 CCA 값의 일치율을 확인해 본 결과 한 개의 주파수를 제시하는 경우를 제외하고 통계적으로 유의미한 차이를 확인할 수 없었음 (one-way anova, $p < 0.05$)
- 총 4개의 주파수를 선정해주는 경우 54.81 %의 일치율을 보였음
- 총 5개의 주파수를 선정해주는 경우 61.54 %의 일치율을 보였음

CONCLUSION

- 본 연구에서 피험자별 최적 자극 주파수 선정을 위한 다중 주파수 시각 자극 개발 및 평가를 수행하였음
- 다중 주파수 시각 자극의 경우 본 실험 전 짧은 시간으로 자극 주파수 선정에 도움이 될 것으로 예상됨

REFERENCES

[1] M. Schreuder et al., "Listen, you are writing! Speeding up online speckling with a dynamic auditory BCI," Frontiers in Neuroscience, vol. 5, art.no. 112, 2011.
[2] D.-W. Kim et al., "Classification of selective attention to auditory stimuli: Toward vision-free brain-computer interfacing," Journal of Neuroscience Methods, vol. 197(1), pp. 180-185, 2011.

ACKNOWLEDGEMENT

- This work was supported by the National Research Foundation of Korea (NRF) grant funded by the Korea government (MSIT) (No. NRF-2019R1C1C1006561).

