

ERP 성분을 이용한 시각 자극 간 최적 거리 규명에 관한 연구

Determination of optimal distance between visual stimuli based on ERP(Event-Related Potentials) components

김승이*, 황민철**, 이정년*, 차예술*, 김종화*
상명대학교 감성공학과*, 상명대학교 디지털미디어학부**

Key words: ERP(Event-Related Potentials), Cognition, BCI(Brain-Computer Interface), P3, N1

1. 서론

두피에서 측정된 EEG(Electroencephalography) 신호의 여러 가지 다른 특징들은 BCI(Brain-Computer Interface) 어플리케이션에서 control 신호로써 사용되고 있다. 이 중 ERP(Event-Relation Potential) 의 P300 요소가 가장 많이 쓰이고 있다(Donchin et al., 2000). 또한 P300 BCI 는 자극 설계, 신호처리 및 특징 점 추출, classifier training 등의 문제를 내포하고 있으며, 이를 위해 BCI 프로토콜의 정확률과 재현율을 향상 시키려는 연구가 끊임없이 행해지고 있다. 관련 연구로써 Matrix 크기 및 Flash 패턴, ISI time 에 대한 연구도 있으며, 자극간 사이의 거리, 자극 크기, 배경색과 전경색의 변화에 대한 연구도 진행되어 온 바 있다(Salvaris, M. 2009; Takano, K. 2009). 그러나 자극간 사이의 거리에 대하여 기존 연구가 진행되었으나, 단순히 자극간 사이가 넓을 때와 좁을 때의 차이에 그쳤으므로 명확한 자극 간 거리에 대하여 규명하는 데 그 한계점이 있다. 따라서 본 연구에서는 자극 간 거리에 대하여 자극 크기에 따른 간격 구간을 명확하게 설정한 뒤, 최적 거리에 대한 규명을 하고자 한다.

2. 연구방법

2.1. 피험자 및 실험 장비

실험에 참여한 피험자는 중추신경계에 이상이 없는 대학생 9 명(남:4 명, 여:5 명, 평균 23.4 세)이 참여하였다. 실험환경은 외부 노이즈가 최소화되도록 조성 하였으며, 모니터에서 50cm 떨어져서 집중할 수 있도록 하였다. 또한 뇌파 데이터의 측정을 위하여 Biopac 사의 장비인 Electrode Cap 과 Amplifier EEG100C 를 사용하였으며, 데이터 수집과 A/D Converter 는 National Instrument 사의 장비와 프로그램 LabView2010 을 사용하였다. 또한 통계 분석은 SPSS 17.0 을 사용하였다.

2.2. 실험절차

EEG 신호는 국제 10-20 전극 배치 법에 따라서 F3, F4, P3, P4, O1, O2 의 6 개의 채널을 측정하였으며, Reference 는 Cz 지점, Ground 는 Fpz 지점으로 하였다. 또한 부착 시에 임피던스를 5K Ω 이하로 설정하였다. 독립변수는 시각 자극 간의 거리이며, 시각 자극의 각각 가로길이가와 세로길이의 50%, 75%, 100%, 125%, 150%, 175%, 200% 로 설정하였다.

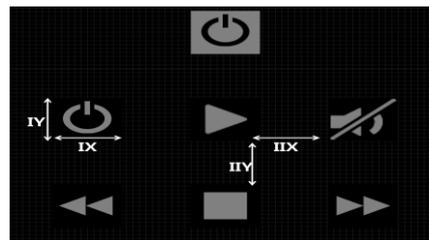


그림 1. 실험 화면 구성

또한 통제변인은 Resting time 100ms 와 Interval time 50ms 으로 이루어진 ISI(Inter-Stimulus Interval) time 150ms 으로 하였다. 종속변수로는 ERP 의 P3, N1 의 Latency 와 Amplitude 를 보았다. 실험의 진행은 pilot test 를 2 분간 실시한 뒤 본 실험을 진행하였다. 또한 Order effect 를 줄이기 위해서, 자극(자극간 거리)들의 순서는 Random 으로 제시하였으며, rest(2 분)와 자극(약 4 분)이 1Set 로 하여 총 7 번이 진행되었다.

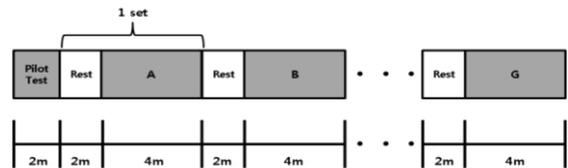


그림 2. 실험 순서(A~G 자극: random 제시)

반복적인 Flash 자극에 대하여 피로감을 줄이기 위하여 충분한 Rest 를 주었다. ERP 실험에서 각각의 Target 자극에 대해서 40 번의 Flash 가 일어났으며, 총 6 개의 서로 다른 Target 자극을 주어 반복하였다. 따라서 피험자마다 총 240 번의 자극에 노출되었다.

2.3. 분석방법

측정된 EEG 신호는 500Hz 로 데이터를 수집하였다. 수집된 data 는 Butterworth Bandpass filter(0.5–30Hz)를 통해 노이즈를 제거하였다. 또한 ERP 분석을 하는데 있어서 Target 자극 시점과 뇌파데이터를 동기화를 하였으며, ERP 분석을 하기 위하여 기저방식을 사용하였다. 이는 Target 제시 시점 전 200ms 와 제시 후 1000ms 데이터를 추출한 뒤, Grand average 를 수행하였다. 200ms 의 Amplitude 평균값을 가지고 기저 선을 변경하였다. Target 자극 제시 시점 후의 1000ms 의 ERP 데이터는 100ms 씩 10 구간으로 나눈 다음, 각 구간별 Amplitude 의 평균값의 최대값 구간과 최소값 구간을 찾았다. 각 구간 내의 최대값과 최소값에 대하여 각각의 ERP Latency 와 Amplitude 를 구하였다.

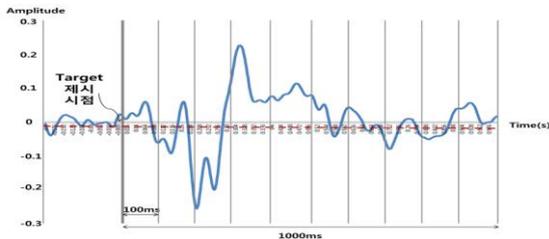


그림 3. ERP 기저 분석 방법

3. 결과

자극간 거리에 따른 인지 반응을 확인하기 위하여, P3 와 N1 요소의 Latency 와 Amplitude 를 보았다. 또한 이러한 요소에 대하여 각각 정규성 검증을 실시하였으며, 모두 정규분포를 따르고 있지 않아 비모수 검정인 Kruskal-Wallis 검정을 실시하였다. 그 결과 유의수준 ($\alpha = .050$)에서 P3 Latency 는 자극간 거리와 유의한 차이($p = .029$)를 보였으며, N1 Latency 도 자극간 간격에 따라 유의한 차이($p = .002$)를 보였다. 그 외에 P3 Amplitude 와 N1 Amplitude 에서는 모두 자극간 거리와 유의한 차이가 나타나지는 않았다. 이에 비모수 검정에서 유의미한 결과가 나온 P3, N1 Latency 데이터를 가지고서, 자극간 거리 (7 개의 수준) 중 어느 수준 사이에서 차이가 있는지

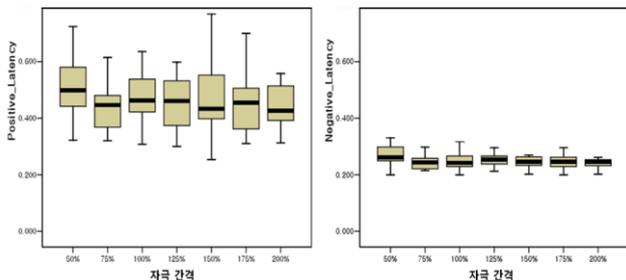


그림 4. 자극간격에 따른 P3(左), N1(右) Latency

보고자 Mann-Whitney 를 사용해 사후검정을 실시 하였다. 이 때, P3 Latency 및 N1 Latency 모두 자극간 거리 간격이 50%와 75% 사이에서 각각 양측 유의확률(.000, .005)로 유의한 차이를 보였다.

4. 결론

본 연구에서는 인지 반응과 관련된 P3, N1 요소의 Latency, Amplitude 보고, 이를 토대로 명확한 자극간 거리를 규명하고자 하였다. 실험 결과 P3 와 N1 의 Amplitude 는 자극 간격에 따라 유의한 차이를 보이지 않았으나, Latency 에서는 50%와 75%구간에서 유의한 차이가 있다고 결과가 나왔다. 이에 평균 Latency 를 확인한 결과, 50%구간은 약 537ms 였으며, 75%구간은 약 448ms 에서 발생한 것을 볼 수 있었다. 이를 통해 자극간 간격이 일정수준 이하로 너무 근접할 경우, 사람의 인지적 반응이 느려지는 결과를 확인할 수 있었다. 또한 자극간 간격이 일정수준 보다 넓어진다고 해도 사람의 인지반응에는 크게 영향을 미치지 않는 것을 확인 할 수 있었다. 따라서 이를 통해 BCI 프로토콜 설계를 할 때, 자극간 간격이 자극 크기의 최소 75%의 간격을 유지해야 하는 것을 확인할 수 있었다. 또한 본 연구는 BCI 설계를 할 때에, 디자인 가이드 라인으로써 기초연구가 될 것으로 기대 되며, 추후 BCI 가이드라인에 대한 다양한 연구가 필요할 것으로 사료된다.

감사의 글

이 논문은 2011 년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단-공공복지안전사업의 지원을 받아 수행된 연구임(No. 2011-0020976).

참고문헌

- Donchin, E., Spencer, K. M., & Wijesinghe, R. (2000). The mental prosthesis: Assessing the speed of a P300-based brain-computer interface. *Rehabilitation Engineering, IEEE Transactions on*, 8(2), 174–179.
- Salvaris, M., & Sepulveda, F. (2009). Visual modifications on the P300 speller BCI paradigm. *Journal of Neural Engineering*, 6, 046011.
- Takano, K., Komatsu, T., Hata, N., Nakajima, Y., & Kansaku, K. (2009). Visual stimuli for the P300 brain-computer interface: A comparison of white/gray and green/blue flicker matrices. *Clinical Neurophysiology*, 120(8), 1562–1566.