

뇌유발전위 분석을 통한 심리 상태의 분석

지영준, 박광석*, 이승우**
서울대학교 협동과정 의용생체공학 전공
서울대학교 의과대학 의공학교실*
(주) 메디슨 연구소**

Mental State Analysis Using Evoked Potentials

Y.J. Chee, K.S. Park*, S.W. Lee**
Dept. of Biomedical Engr., Seoul National University
Dept. of Biomedical Engr., College of Medicine, Seoul National University*
Medison Co. R&D Center**

ABSTRACT

In this paper, we tried to analyze the mental states, especially alertness or degree of concentration, by analysis of Visual Evoked Potentials. Given task to the visual stimulation, there was warning signals to enhance the alertness of the subject. With the synchronization to the stimulus, we averaged the EP waves, and estimated the power spectrums to view difference between relatively less alerted state and more alerted state. Although there was no significant difference during the waiting for the stimuli, we could find some difference during task performing.

서론

뇌 전위는 여러 가지 활동에 따라 신경 세포들이 동시에 반응하여 두피에서 측정되는 신호이다. 뇌 전위의 분석은 뇌파(Electroencephalogram : EEG)의 발견 초기에 있었던 큰 기대와는 달리, 그 신호의 복잡성과 비선형성, Nonstationary, 분석 방법의 신뢰성으로 인하여 임상 의학에서는 그리 활발히 사용되지 않았다.[5] 그러나 90년대 이후에 전자 공학, Computer, 신호 처리, 비선형 동역학 등의 주변 학문의 발달에 힘입어 다시 주목을 받고 있다.

심리학에 있어서는 평상시 발생하는 EEG보다는 어떠한 자극에 의해 유발되는 뇌 전위의 측정, 동기화, 평균을 통한 분석 방법인 뇌유발 전위(Evoked Potential)를 이용한 지각 심리학 분석에 비교적 많이 사용되어 왔다.[1][3]

한편 최근에 관심을 끌고 있는 감성공학은 공학적 생체공학의 사용자가 느끼는 성능을 평가함에 있어 기계

의 사양이나 출력 등의 물리적인 양보다는 기계의 사용자인 인간에게 주는 효용을 극대화 하자는 차원에서 기계 사용의 만족도라든가, 쾌적함 등의 감성적 요소를 정량화(Ergonomics)해 보고자 진행되는 학문이라 할 수 있다. 다시말해 어떤 물건을 사용할 때, 사용자가 그 물건을 사용할 때 느끼는 만족감을 여러 가지 생체 신호를 분석하여 정량화 해 내는 일이 감성 공학의 초기 단계 연구로서 가장 중요한 분야 중 하나에 한 부분이라 할 수 있겠다.

본 논문에서는 인간의 심리 상태를 유발성 뇌 전위를 발생시켜 정량적인 방법으로 분석해 보고자 진행한 기초 실험 결과 보고이다. 인간의 심리상태라는 것이 다양하고, 주관적인 요소가 대부분이지만 어떠한 요소만을 말한다면 이를 단계적으로 정량화 하는 것이 가능하다. 예를 들어 현재 어떤 사람의 각성도라든가, 단순한 과제를 장시간 수행하는데 있어서의 집중도와 같은 요소를 생체 신호를 분석하여 정량화해 내고자 한다. 본 논문의 목적은 피험자의 집중도를 제어하면서 뇌유발 전위를 측정/분석함으로써 피험자의 각성도와와의 관계를 확인하는 것이다.

지각 심리학에서 사용하는 실험 프로토콜을 변경하여 시자극 유발 전위(Visual Evoked Potentials : VEP)를 측정하고 보통의 EP 분석 방법인 가산 평균법과 주파수 영역에서의 분석을 통하여 피험자의 상태에 따른 파형의 변화를 분석하였다.

실험 방법

P300은 사상 유발 전위(Event Related Potentials)의 대표적인 성분으로 두 가지의 사건 중 드물게 발생하는 사건에 과제를 부여한 경우에 측정되는 성분이다. 피험자의 기대, 지각, 긴장과 관련되고 있다고 알려져 있으며, 이러한 실험 구조를 Odd Ball Paradigm이라고 한다. 이러한 P300 실험을 변형하여 다음과 같은 시나리오를 갖는 실험을 진행하였다.

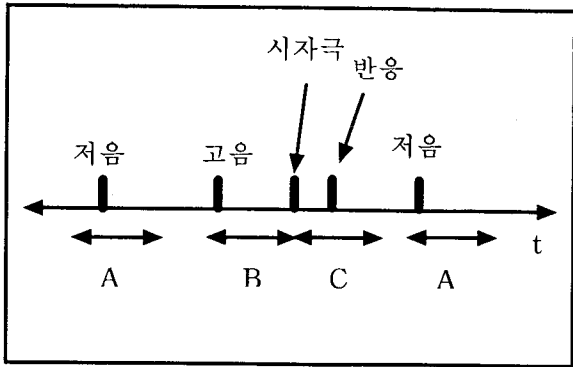


그림 1 실험 진행 순서 1 : 주의-자극-반응 방식

모든 신호는 기본적으로 컴퓨터 모니터 상에 파란색 원을 시자극으로 주고 피험자는 이를 보자마자 가능한 빨리 버튼을 누르도록 요구한다. 그런데, 실험 1은 시자극을 주기에 앞서 주의 신호로서 고음을 발생시켜 1초 후에 시자극이 있음을 알려주는 경고-자극-반응의 구조를 같은 부분과, 저음의 경고를 주는 경우에는 향후 몇 초간은 자극이 없음을 알려주는 실험으로 되어있다. 이러한 두 종류의 경고음(고음 : 1초후 자극, 저음 : 자극 없음)을 통해 피험자의 각성도 내지는 집중도를 조장할 수 있도록 계획하였다. 그림 1에서 A구간은 저음의 경고와 자극이 없는 경우이고, B의 구간은 고음의 경고(자극이 이어질 예정임을 의미) 구간, C구간은 실제로 시자극이 가해지고 피험자가 주어진 과제를 가능한 빨리 수행하는 과정이다. 이러한 A, B-C의 과정을 불규칙적으로 각각 300회씩 진행하였다. 그리고 그림 2와 같이 경고 없이 랜덤한 간격을 갖고 시자극을 가하고, 피험자는 버튼을 누르는 실험 구간 D를 300 회 진행하였다.

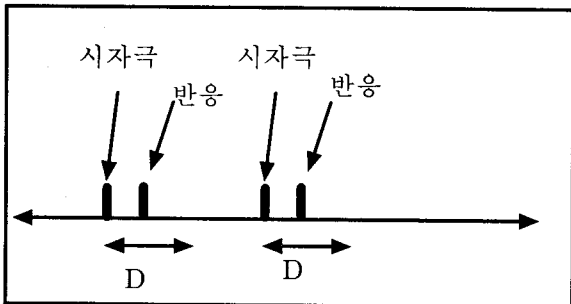


그림 2 실험 진행 순서 2 : 랜덤 자극-반응 방식

신호의 측정엔 앞서 설명한 실험 순서를 1,2로 나누어 A, B, C, D의 네 구간을 각각 300회씩 측정하였다. Beckman사의 EEG Machine을 이용하여 신호를 Gain=52000으로, 주파수 통과대역은 1 - 50 Hz로, 60 Hz Notch Filter를 사용하여 증폭하였다. 이 신호를 1000 Hz의 샘플링 주파수로 샘플하였으며, 피험자가 누르는 버튼을 PC에 인터페이스 시켜 제작, 사용하였다. Cz-A1사이를 Bipolar로 측정하였다.

신호의 분석 및 결과

그림 3은 본 실험에서 측정된 EP를 그대로 보여 주고 있다. EP는 특성상 1회의 측정을 가지고는 파형 속에 있는 정보를 끌어내기가 거의 불가능하다. 뇌 세포의 활동으로 인한 정상시의 Oscillation이 있고, 이러한 피크들 사이에 자극과 과제 수행에 관계된 성분이 묻혀 있기 때문에 자극 시점에 동기시켜 여러번 평균치를 취하게 되면 자발적인 Oscillation은 피크가 나타나는 위치가 랜덤해 지므로 서로 상쇄되고 자극에 의한 성분은 평균을 취하더라도 동기되어 발생하는 피크이므로 강화된다. 그림 4는 평균을 통해 랜덤한 자발적인 피크가 어느 정도 상쇄되고 자극에 의한 피크 성분이 강조된 결과이다. 보통, 이렇게 평균한 파형의 주요 피크의 크기 및 Latency값을 구해봄으로서 EP 분석을 진행한다.

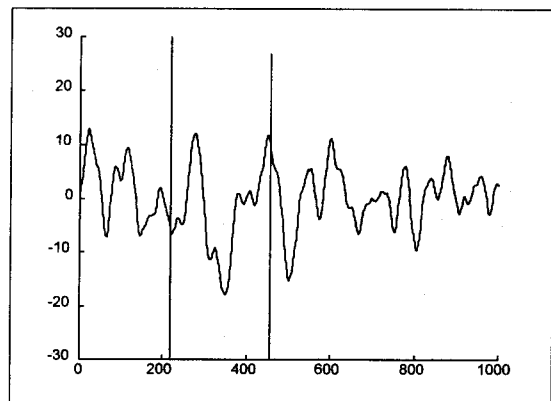


그림 3 : 1회 시자극에 의한 EP

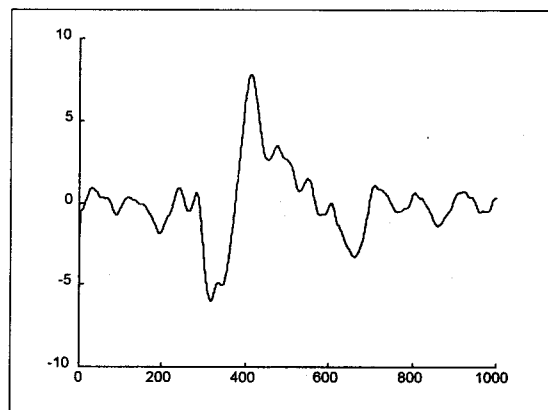


그림 4 : 100회 자극을 통해 측정된 EP의 평균 파형

이러한 방법을 통하여 A 구간의 EP와 B 구간의 EP를 표시해 보았다. A 구간은 자극이 없을 것이라는 정보가 있으므로 피험자가 B 구간에 비해 상대적으로 Relaxed되어 있을 것으로 생각되고, B 구간은 1초 후 자극이 있을 것이고, 이에 따라 과제를 수행해야 하므로 A 구간에 비하여 상대적으로 집중도나 각성

뇌유발전위 분석을 통한 심리상태 분석

도가 높아질 것으로 생각된다. 이러한 피험자의 각성도를 실험 시나리오로 제어하는 것에는 한계가 있다. 평균 파형의 결과인 그림 5에서 보듯이 파형에 있어 거의 차이점을 발견할 수 없었다.

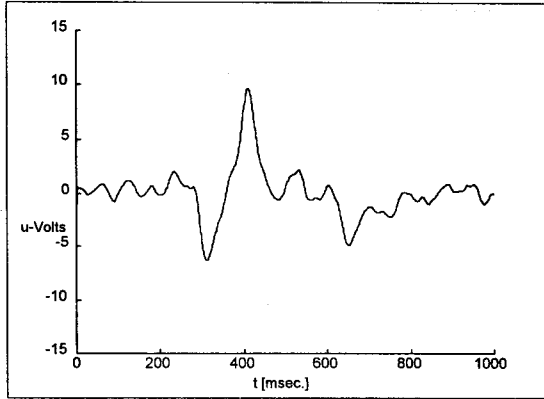


그림 5 (a) 실험 A의 100회 Average

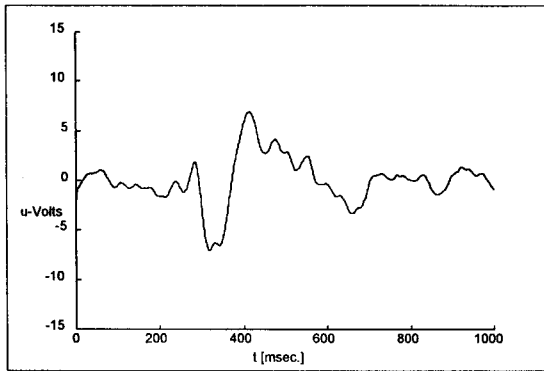


그림 5 (b) 실험 B의 100회 Average

A, B 구간의 내부에서 보면 일종의 청각 유발 전위이다. 고음인 경우에는 곧이어 자극이 나갈테니 긴장하라는 주문이고, 저음인 경우는 자극이 없으니 Relax하라는 주문을 한 결과가 되는데, 이러한 피험자의 의지적인 요소로 심리 상태를 제어하는데 오는 한계로 생각된다. 그림 6에서는 A와 B의 실험 결과를 주파수 영역에서 표시하였다. 주파수 영역에서도 두 구간의 큰 차이점은 발견할 수 없었다.

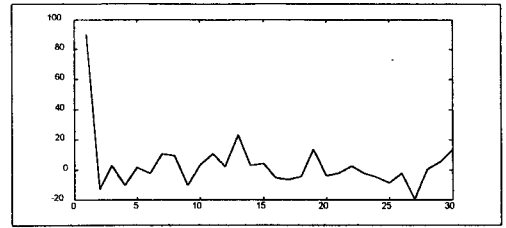
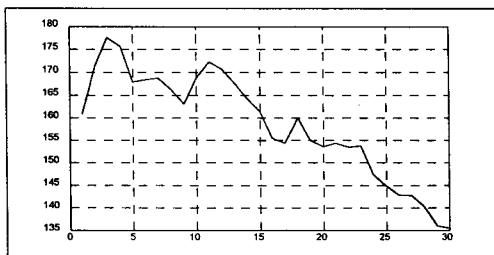


그림 6 (a) 실험 A의 파워스펙트럼과 페이즈

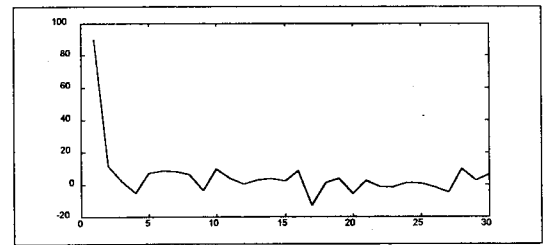
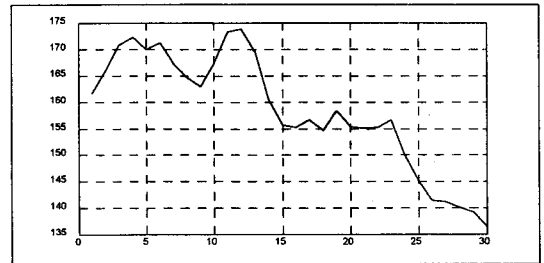


그림 6 (b) 실험 B의 파워스펙트럼과 페이즈

한편, 실험 C와 D는 외형적으로 보면 시자극에 버튼을 누르는 과정으로 같은 실험이지만, C의 경우는 피험자에게 자극이 있다는 경고가 있는 다음에 자극이 온 경우로서 피험자의 Promptness가 D의 경우 보다 높은 경우라 할 수 있겠다. 반면 D의 경우는 각각의 자극-반응 사이의 시간(Inter Trial Interval : ITI)이 랜덤하게 주어지므로 피험자는 자극이 언제 나올지 모르고, 실험 시간이 길어지면 피험자의 집중도가 떨어진 상태에서 자극을 맡는다고 할 수 있겠다. 이를 증명하는 근거로서 두 실험에서 자극 시점과 버튼을 누르는 시점 사이의 시간 간격을 나타내는 RT(Reaction Time)을 들 수 있다. 그림 7에서 하단의 표시된 것이 스위치가 눌린 시점을 표시한 것인데, 수치적으로도 C의 경우가 D의 경우보다, RT가 대폭 단축되었음을 알 수 있다.

인 측도를 제공하는 것이 감성 공학의 성공적인 응용을 위한 필수적인 도구가 될 것이다.

참고 문헌

- [1] V.S.Johnston, D.R.Miller, M.H.Burleson, "Multiple P3s to Emotional Stimuli and Their Theoretical Significance, Psychophysiology, Vol. 23, No.6, 1986, pp.684-694
- [2] A. Magliero et. al., On the Dependence of P300 Latency on Stimulus Evaluation Process, Psychophysiology, Vol.21, No.3, 1984, pp171-186
- [3] P. Pauli, et. al., Brain potential during mental arithmetic, Cognitive Brain Research, Vol. 2, 1994, pp21-29
- [4] G. Mulder, A.A.Wijers, Selective Attention And Mental Chronometry, Event Related Brain Research(EEG. Supple.42), 1991, 228-243
- [5] J.P.J. Sleats, C. Fortgen, On the value of P300 Event-Related Potentials in the Differential Diagnosis of Dementia, British J. of Pschiatry, Vol. 145, 1984, pp652-656

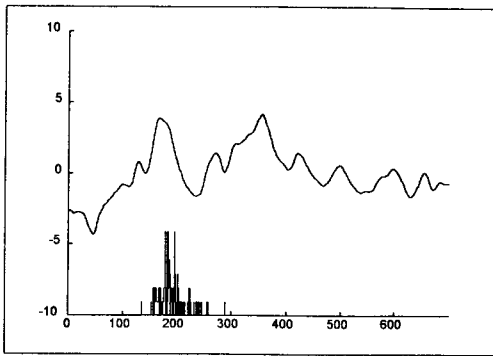


그림 7. (a) 실험 C의 Averaging 파형

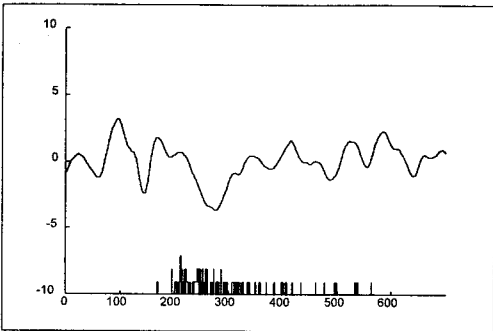


그림 7 (b) 실험 D의 Averaging 파형

그림 7은 t=0 인 순간에 자극이 가해진 시점을 기준으로 Averaging 한 것으로 그림의 하단에 열은 색이 버튼을 누른 순간을 표시하고 있다. 실험 C의 경우는 RT의 평균값이 D의 경우보다 짧을뿐더러 좁은 구간 안에 모여있는 것으로 보아 집중도가 높은 순간의 과제 수행이라고 할 수 있겠다. 본 실험의 관심사는 이러한 RT의 단축이 EP 상의 파형으로 어떻게 반영되는가를 보는 것이다. 일반적으로 자극과 반응 사이에 피험자는 지각/처리/실행의 단계를 거치게 되며, 이러한 과정의 일부가 EP를 통해 정보를 볼 수 있을 것으로 생각되어지고 있다. 그림 7을 보면 파형상의 차이는 분명하나 아직 어떠한 피크가 어떠한 요인으로 실험군과 대조군을 구분짓는다고 말할 수는 없다. 단지 같은 자극-반응의 실험 구조를 같은 피험자의 EP와 RT가 확연히 구분됨을 확인할 수 있었다.

토의 및 결론

본 실험은 인간의 심리 상태의 일부라도 뇌파를 통해 분석해 내고자 하는 기초 단계의 실험이었다. 심리 상태의 전반에 걸친 분석은 불가능하다 할지라도 각성도, 긴장감과 같은 한 단면을 실험 시나리오로 불완전하나마 제어하여 EP를 분석하여 비교해 보았다. 아직까지는 EP나 Spontaneous EEG 분석을 통하여 파라미터를 계산하여 이러한 심리 상태를 분석하기에는 많은 해결할 문제점은 남아 있으나 어떠한 형태로든 생체 신호를 통하여 심리 상태를 분석하여 객관적