

색 자극에 대한 뇌전위 분석과 신경망 학습을 통한 인간 감성의 정량화에 관한 연구

The Analysis of EEG under Color stimulation and The Quantization of Emotion using Learning Neural Network.

°김희선*, 이창구*, 김남관**, 김성중*

*전북대학교 공과대학 제어계측공학과

**전북대학교 대학원 의용생체공학과

Abstracts The purpose of this study is to see the method of the analysis of EEG(Electroencephalography) which is a nonlinear system, to quantize human emotion under color stimulation using the analysis of EEG. The result of this study would be used clinical study and development of image instruments with color.

In this study, the method of the analysis of EEG is power spectrum using FFT(Fast Fourier Transform) and the modelling of EEG under color stimulation base on back propagation Neural Networks one of AI(Artificial Intelligence) skills.

First, Input layer make a match to relative power which get analyzing EEGs in 4 channels, and Output layer make a match to color stimulation which is measured human emotion. Finally, Weights of each neurons determine by learning back propagation Neural Networks.

Keywords EEG, AI, Neural Networks, Color

1. 서론

1929년 Hans Berger가 처음으로 사람에게서 뇌파를 측정 한 이후 정신질환에서 발생하는 뇌파의 비정상적인 특징을 찾아 내어 진단의 지표로 이용하려는 많은 노력이 있어 왔다. 최근에는 커뮤니케이션 또는 제품의 디자인 등에 있어서, 감성을 중시하는 시스템 제작의 요구로 인해 음의 쾌적성이나, 색에 대한 감성을 판단하기 위한 지표로서도 연구되어지기 시작하였다.

현재까지 뇌파 분석의 대부분의 연구들에서 사용하는 접근 방식은 크게 두가지로 볼 수 있다. 첫째는 파워스펙트럼(Power spectrum)을 사용한 주파수 축면의 분석으로서 알파, 베타, 감마 등의 주파수 대역을 나누어 각 밴드의 파워를 비교하는 방식들이고, 둘째는 뇌파를 시간좌표계에서 통계적으로 처리를 하거나 파형을 찾아내는 방식이다(Weitkumat 1991). 이러한 접근 방식은 뇌파의 생성 기저를 선형시스템(linear system)으로 간주하고 접근하는 방식이라고 볼 수 있다. 그러나 이러한 접근 방법이 갖는 장점에도 불구하고, 선형시스템이 가지는 여러 한계들이 있기 때문에 이를 극복하는 새로운 모델이 필요하게 되었다.

본 논문에서 제시된 뇌파분석으로는 파워스펙트럼을 이용한 주파수 분석과 비선형적인 동특성을 갖는 시스템 분석에 용이한 신경회로망이 이용되었다.

색은 시각적 인식의 요소로 정의될 수 있으며, 시각적 인식은 두 망막의 분광적 합성결과로서 두 영역 사이의 색 진동을 보는 것이다. 따라서, 색 감각은 시각과 상호 면밀한 관계가 있다. 상의 색소 에너지는 망막에 선택적 흡수되고, 다시 망막 내의 추상체(cone cell)와 간상체(rod cell)의 시각 색소 수용기를 통하여 시신경으로 전달되며, 이것이 시신경 교차(optic chiasma)를 지나 시축(optic tract)을 거쳐 중뇌 시상의 외측 슬상체(lateral geniculate body)에 도달한다. 여기서 시신경 섬유는 시냅스(synapse)를 지나 시방선(optic radiation)을 이루어 대뇌피질 후 두엽의 조거구에 있는 시각 중추에 이르게 되어 색채 자극을 인식하게 된다. 인식하는 속도는 수 백msec 이하이다[4]. 지속적인 색 반응인 색 인상은 90초 이내에 이루어지고, 그 중 60%가 사

물과 장소, 환경에 대한 수용과 거부를 결정짓게 되며, 또한 색 인상은 짧은 시간에 이루어지고 오랫동안 지속된다[1]. 따라서, 색을 인식하고, 색에 대하여 반응하는 동안의 뇌전위(EEG) 신호는 일상적인 신호와는 다른 양상을 보이게 된다. 이에 본 연구는 다양한 색 자극을 제시하고, 그에 따른 뇌전위(EEG)를 측정, 비교 분석하여 그때의 추출된 데이터를 색 자극에 대한 객관적인 감성 지표로 하여 일반적인 색자극에 따른 통계학적인 감성과 대응시켜 신경회로망을 이용하여 인간 감성의 모델링을 하고자 한다.

2. 실험 구성 및 방법

2.1 시스템 구성

본 시스템은 색 자극에 대한 뇌전위(EEG)신호를 측정하기 위한 시스템으로써 그림 1과 같이 구성하였다. 생체 신호를 측정할 때 외부 환경에 의한 영향을 최소로 줄이기 위하여, 300×300×280cm 크기의 방음암실 내부에 데이터 전송 시스템, Amplifier, 색 자극 제시 시스템, 감시 카메라 등을 설치하고, 방음암실 외부에 IBM-PC Computer를 기반으로 하는 데이터 Acquisition 시스템, 색 자극 Control Box, 감시 Monitor를 연결하여 전체 시스템을 구성하였다.

생체 신호 데이터 Acquisition 시스템은 Biopac 사의 MP100ws 와 분석 소프트웨어 AcqKnowledge III를 이용하였다. 색채 자극 제시 시스템으로는 고휘도, 고연색성의 할로젠 램프와 Red, Yellow, Pink, Magenta, Blue, Water, Green의 7종류의 Gelatin Filter를 사용하였다.

2.2 뇌전위(EEG)신호 측정

20에서 29세 사이의 성인 남자 15명을 대상으로 하여 본 실험을 실시하였다. 피험자를 방음암실의 의자에 앉힌 후, 실험 방법과 실험에 응하는 태도 등을 주지시키고, 최대한 실험에 대한 긴장을 풀어준 후, 뇌전위(EEG)를 측정하기 위하여 CAP을 피험자의 머리에 국제 10-20 전극법의 위치에 맞게 씌운다. 이 때,

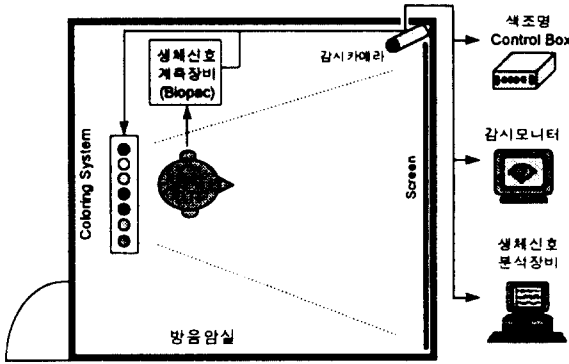


그림 1. 시스템 개략도
Figure 1. The Sketch of System

EEG는 단극 유도법으로 C3, P3, O1, T3의 4채널에 대하여 측정한다(그림 2).

다음 단계로 Acquisition 시스템 및 감시 시스템을 On 시킨 후, Red의 색 자극을 제시하고 90초간 생체 신호를 측정하고 색 자극 제시 순서는 순간적으로 급격하게 감성이 변하는 것을 피하기 위하여 비슷한 색감을 가지는 색의 순(White-Red-Yellow-Pink-Magenta-Blue-Water-Green-Black)으로 제시하였다.

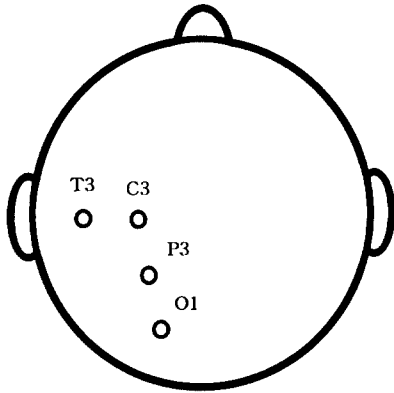


그림 2. EEG 측정 장소
Figure 2. The Position of EEG

3. 뇌전위(EEG)신호의 분석변수

색 자극에 대한 혼돈적인 비선형 특징을 나타내는 뇌전위(EEG)신호(그림 3)에서 분별력 있는 분석 변수 추출이 이루어져야 한다.

먼저, EEG는 FFT(Fast Fourier Transform)를 이용한 Power Spectrum 분석법을 사용한다. 90초간의 데이터를 5초 간격으로 분할하여 FFT를 실행하여 이때의 slow α (8-9.99Hz), fast α (10-12.99Hz), slow β (13-19.99Hz), fast β (20-30Hz)의 각각의 상대전력비를 구한다.

$$\text{slow } \alpha \text{의 상대전력비} = \frac{\text{slow } \alpha \text{의 전력스펙트럼}}{\alpha \text{와 } \beta \text{파의 전력스펙트럼의 합}}$$

$$\text{fast } \alpha \text{의 상대전력비} = \frac{\text{fast } \alpha \text{의 전력스펙트럼}}{\alpha \text{와 } \beta \text{파의 전력스펙트럼의 합}}$$

$$\text{slow } \beta \text{의 상대전력비} = \frac{\text{slow } \beta \text{의 전력스펙트럼}}{\alpha \text{와 } \beta \text{파의 전력스펙트럼의 합}}$$

$$\text{fast } \beta \text{의 상대전력비} = \frac{\text{fast } \beta \text{의 전력스펙트럼}}{\alpha \text{와 } \beta \text{파의 전력스펙트럼의 합}}$$

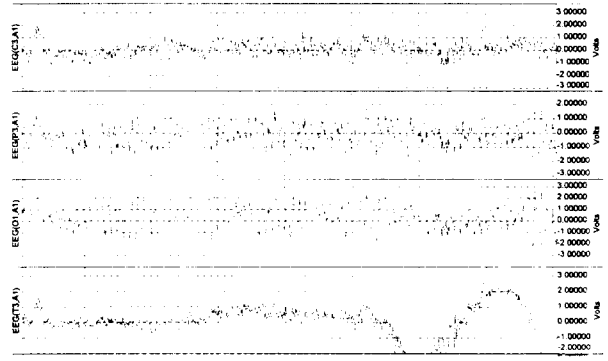
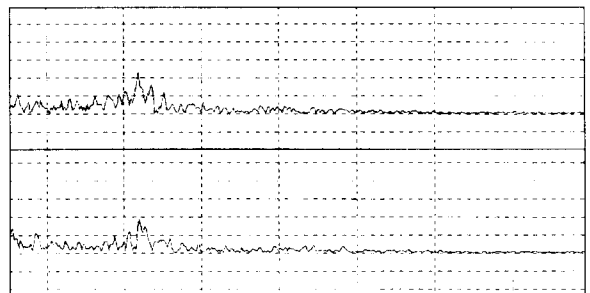


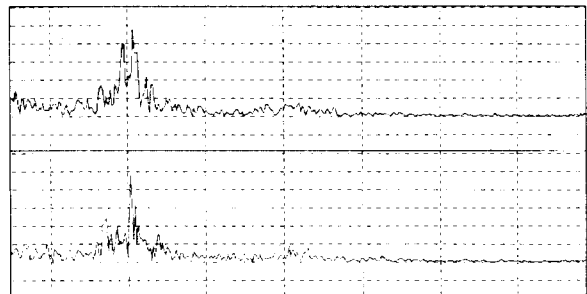
그림 3. EEG 신호
Figure 3. EEG signal

그림 4 에서와 같이 White, Red 같이 자극이 강한 색에서는 α 파가 적게 나오고 Blue, Black 같은 색에서 α 파가 많이 나오는 경향을 보였다.

α 파는 8-13Hz 범위의 파형으로 조용하면서도 안정된 대뇌상태를 갖고 있으며 깨어있는 정상인에게서 나타난다. 이 파형은 뇌의 후두영역에서 가장 강하게 나타나며 두골의 정점부위와 정면부위에도 기록되기도 한다. 그리고 β 파는 정상적으로는 14-30Hz 범위의 파로서 특히 강한 정신활동을 하는 동안에 50Hz 정도의 높은 주파수를 갖는 파형이 발생한다. 이 파형들은 두골의 정점부위와 정면부위에서 검출된다. 이 파형들은 β -I 파와 β -II로 구분된다. β -I은 α 파의 주파수보다 약 두배 정도의 주파수를 가지며 α 파와 같이 정신적인 활동에 의해 영향을 받는다. 이와는 반대로 β -II는 중추신경계가 강하게 작용하거나 긴장상태시 나타난다. 그러므로 파형의 한 형태는 정신 활동에 의해 측정되며 다른 한 파형은 정신활동에 의해 억제된다.



(a) White, Red의 상대전력스펙트럼
(a) The Relative Power of White, Red



(b) Blue, Black의 상대 전력스펙트럼
(b) The Relative Power of Blue, Black

그림 4. 상대 전력
Figure 4. Relative Power

따라서 α 파가 일반적으로 깨어있는 안정적인 상태의 정상인에게 주로 많이 나오는 것으로 알려져 있는 만큼 Blue나 Black 같은 색이 White나 Red 같은 색보다 사람들에게 안정적인 상태의 감성을 유도 함을 알 수 있다.

5. 신경망을 이용한 뇌전위의 모델링

5.1 역전파 신경회로망

역전파 학습 알고리즘의 기본 원리는 다음과 같다. 입력층의 각 유닛에 입력패턴을 주면, 이 신호는 각 유닛에서 변환되어 중간층에 전달되고 최후에 출력층에서 신호를 출력하게 된다. 이 출력값과 기대값을 비교하여 차이를 줄여나가는 방향으로 가중치(Weight)를 조절하고, 상위층에서 역전파하여 하위층에서는 이를 근거로 다시 자기층의 연결강도를 조정해나간다.

지도학습에서는 입력 및 원하는 출력(목표출력) 패턴이 네트워크에 제시된다. 네트워크는 입력층에 주어진 입력패턴이 출력층에 전파되면서 변환 출력패턴을 목표패턴과 비교한다. 네트워크에서 출력된 패턴이 목표패턴과 일치하는 경우에는 학습이 일어나지 않는다. 그렇지 않은 경우는 얻어진 출력패턴과 목표패턴의 차이를 감소시키는 방향으로 네트워크의 연결강도를 조절하여 학습을 한다. 가중치(Weight)의 변화는 다음과 같다.[7]

$$\Delta_p W_{ji} = \eta(t_{pj} - O_{pj})i_x = \eta\delta_{pj}i_x \quad (1)$$

여기서 t_{pj} 는 p번째 목표출력 패턴의 j성분, O_{pj} 는 p번째 입력 패턴으로부터 네트워크가 계산한 출력의 j성분, i_x 는 p번째 입력 패턴의 i성분, $\delta_{pj} = t_{pj} - O_{pj}$ 는 목표출력과 실제출력의 오차, $\Delta_p W_{ji}$ 는 입력층 i유닛으로부터 출력층 j유닛에의 가중치의 변화이다.

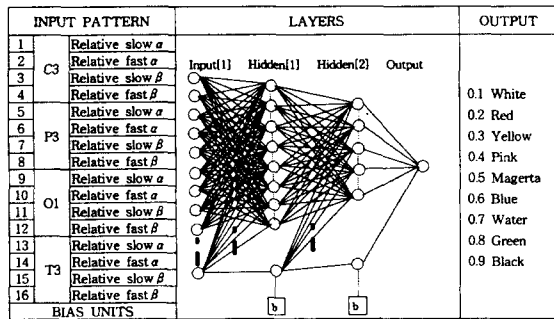


그림 5. 신경회로망

Figure 5. Neural Networks

5.2 신경회로망 구성과 결과

뇌전위로부터 색 자극에 대한 객관적인 감성의 지표로 삼을 수 있는 위에서 제시된 4채널에서 각각의 4가지 분석변수들이 색에 대한 뇌전위를 모델링하기 위해 그림 5와 같이 $4 \times 4 = 16$ 개의 변수들을 입력층의 5뉴런으로 일대일 대응시키고, 출력층에는 감성의 통계학적인 척도가 될 수 있는 9가지 색을 1개의 뉴런에 대응시켰다. 각 뉴런은 tansig 형태와 pureline 형태의 반응특징을 나타내고 0에서 1사이의 연속된 값을 갖는다. 입력층과 출력층 사이에는 각 20개, 15개의 뉴런을 지닌 2개의 층(hidden layer)을 구성하였고 역전파(backpropagation)방식의 신경망학습(Neural Network Learning)을 통해 각 뉴런사이의 가중치(Weight)를 결정하였다. 출력층에서는 White-0.1, Red-0.2, Yellow-0.3, Pink-0.4, Magerta-0.5, Blue-0.6, Water-0.7, Green-0.8, Black-0.9 와 같은 색에 대응되는 출력값이 나오도록 신경망을

학습시켰다. 학습된 가중치를 가진 신경망에 각각 색에 따른 뇌전위를 무작위로 입력하였더니 약 50%의 신뢰도를 얻었다.

5. 결론

위 연구를 통해 색자극에 대한 뇌전위의 분별성이 가능하다는 것을 제시하여 색자극에 대한 감성의 일반화가 통계학적인 조사에 의해 가능하다면 뇌전위에 의한 감성의 정량화가 신경망 학습을 통해 가능하다는 것을 제시하였다.

하지만 앞으로 더 고려되어야 할 점으로써 첫째, 색 자극의 개인적인 감성의 차이가 심하기 때문에 신경회로망에 의한 색자극에 대한 뇌전위 모델링의 신뢰도를 높이기 위해서는 많은 사람의 데이터가 필요로 한다.

두번째, 지금도 뇌전위의 비선형적인 분석 방법에 관한 연구가 계속되고 있지만 뇌전위를 비선형적인 특징이 큰 나머지 아직도 뚜렷한 분석 방법이 제시되지 않고 있다. 그래서 색 자극에 여러 척도의 감성 지수의 정보에 분별력 있는 뇌전위 분석 방법이 선행되어 연구되어야 할 필요성을 느꼈다. 이 논문에서 이용한 Relative power의 지수는 인간의 안정상태와 쾌 또는 불쾌정도의 감성의 지표로서만 의미가 있는 것으로 알려져 왔다.

마지막으로, 위에서 언급한 것 처럼 색 자극의 개인적인 주관적 감성의 차이가 너무 심해 주관적인 차이가 적은 자극으로 실험을 하였으면 한다. 음향을 예로 든다면 자극의 구별이 될 수 있는 칠관 굵은 소리와, 새 소리같은 것들은 개인적인 차이가 적어서 뇌전위 분석에 있어서 조금은 객관적인 감성의 정량화 작업을 쉽게 할 수 있을것이다.

6. 참고 문헌

1. M. Walker, "The Power of Color", Avery Publishing Group, Inc., 1996.
2. R. Weitkunat ed., "Digital Biosignal Processing", Elsevier, pp. 27-80, 1991.
3. M. Wester, A. Macy, W. McMullen, R. Nakazawa and J. Busch, "AcqKnowledgeIII for the MP100WS", Biopac Systems, Inc., 1994.
4. A. J. Vander, J. H. Sherman and D. S. Luciano, "Human Physiology: the Mechanisms of Body Function. 6th de.", McGraw-Hill, pp. 249-257, 1994.
5. J. J. Im, "Measurements and Interpretation of Physiological Signals Evoked by Auditory Stimulation", Proceedings of the 2nd Acoustical Society of Korea, pp. 87-96, October 1996.
6. M. Nakamura and H. Shibasaki "Automatic Interpretation of Awake EEG: Artificial Realization of Human Skill", Proceedings of the 11th KACC, pp. 19-23, October 1996.
7. 김대주, "신경망 이론과 응용(I)", 하이테크정보 출판사, pp 97-130. 1997.
8. 신창용, 김택수, 박상희, "카우스 특성을 갖는 뇌파신호의 예측을 위한 신경회로망", 연세대학교 전기공학과.
9. 박해정, 박광석, 권준수, "혼돈 이론을 이용한 뇌파 분석에 대한 기초 연구", 생물정신의학, 제 2권, 제 2호, 12월 1995년.
10. 한병희, 김지훈, 김남균, "색 자극에 의한 감성의 정량적 평가", 대한 의용생체공학회 춘계 학술대회, 제 19권 제1호 pp. 422-425. 1997.5.
11. 정재승, 정무광, 김수용, "다양한 분포의 음악에 대한 EEG의 비선형 분석을 통한 인간 감성의 정량화에 관한 연구", 제 2회 한국음향학회 전기음향 학술대회, 1996. 10.