

## 4채널 뇌파를 이용한 쾌적성 평가에 관한 연구

김흥환, 김동준

청주대학교 정보통신공학부

전화 : 043-229-8460 / 핸드폰 : 016-9755-7969

### A Study on the Comfortableness Evaluation using 4-Channel EEGs

Heung-Hwan Kim, Dong-Jun Kim

School of Information & Communication Eng., Chongju University

E-mail : hkim@spa.chongju.ac.kr

#### Abstract

This paper describes a method of comfortableness evaluation using 4-channel EEGs. The proposed method uses the linear predictor coefficients as EEG feature parameters and neural network as comfortableness pattern classifier. For subject independent system, multi-templates are stored and the most similar template can be selected. Changing the temperature and humidity conditions, 4-channel EEG signals for 10 subjects are collected.

As a result, the developed algorithm showed about 66.7% performance in the comfortableness evaluation.

#### I. 서론

인간의 삶을 보다 편리하고 안락하며, 쾌적하게 하고자 하는 감성공학은 최근 10여년 동안 우리나라와 미국, 일본, 그리고 유럽 등에서 활발히 연구되고 있다. 감성공학 중에서 중요한 연구 분야 중의 하나는 인간의 감성을 평가하기 위한 기초 자료로서 인간의 생리 신호로부터 감성을 측정하고, 평가하는 것이다. 이러한 연구에서는 두뇌 활동에 대한 방대한 정보를 포함하고 있는 뇌파를 많이 이용하며, 적절한 신호처리 기법을 이용하면 정신적 활동, 감정상태에 대한 많은 정보를 얻을 수 있을 것이다. Musha 등은

ESAM(emotion spectrum analysis method)을 개발하여 감정을 정량화한 연구를 발표하였고[1], Yoshida는 앞쪽 2채널 뇌파의 알파파 fluctuation을 이용하여 쾌적성과 각성도의 상관관계를 연구하였으며[2], Davidson은 알파파의 좌우차가 긍정 감정과 부정 감정에 따라 비대칭적으로 나타남을 입증하였다[3]. 또한 Anderson은 AR 모델을 이용하여 정신적 작업을 분류하는 연구를 발표하였다[4]. 그러나 이러한 연구들은 나름대로의 성과를 나타내었으나, 개인차가 크고 외부의 영향에 변화가 큰 뇌파의 특성으로 인하여 한계를 나타내고 있다.

본 연구에서는 4채널 뇌파에서 선형예측기 계수를 추출하여 감성의 특징 파라미터로 이용하고, 신경 회로망을 기반으로 하여 쾌적성 평가 알고리즘을 개발하였다. 개발된 알고리즘을 이용하여 온·습도를 조절하여 쾌적과 불쾌적인 뇌파 데이터를 수집하고, 온·습도 쾌적성을 평가하는 실험을 수행하였다. 이를 위하여 뇌파 데이터 수집 시스템을 구축하였고, 필터링, 눈감박임 제거 기법 등의 전처리를 수행하고, 다중템플릿(multitemplate) 방법을 이용하여 쾌적성 평가 실험을 수행 하였다.

#### II. 전처리 및 감성파라미터 추출

뇌파 신호는 매우 작은 전압으로 나타나는 미약한 신호이고, 외부의 잡음과 눈감박임 아티팩트에 매우

민감하다. 또한 감성과는 무관한 것으로 알려진 4Hz 이하의 성분과 30Hz 이상의 성분은 불필요하므로 4Hz의 차단 주파수를 갖는 고역통과 필터와 30Hz의 차단 주파수를 갖는 저역통과 필터를 4차 IIR로 설계하여 사용하였다. 또한 뇌파 신호에서 가장 큰 아티팩트인 눈깜박임 신호를 제거하기 위하여 눈깜박임 제거 알고리즘을 개발하였다. 그림 1은 개발된 눈깜박임 제거 알고리즘의 흐름도이다.

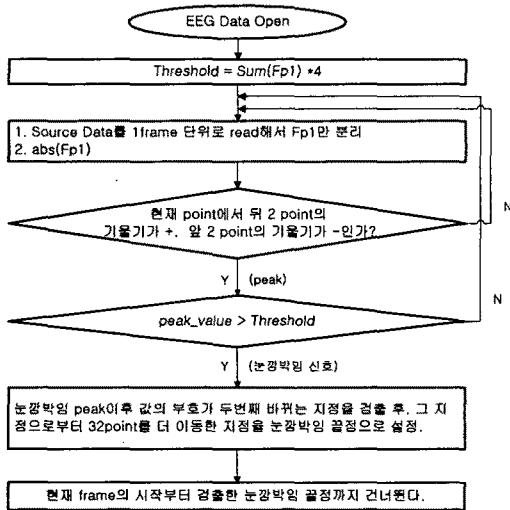


그림 1. 눈깜박임 제거 알고리즘의 흐름도

본 연구에서는 뇌파의 발생 과정을 전극(all-pole) 시스템인 AR 모델로 모델링하여 선형예측기 계수를 이용하여 감성특징 파라미터를 추출하였다. 뇌파 신호의 선형 예측 분석 모델은 식 (1)과 같이 나타낼 수 있을 것이다.

$$E(z) = S(z) A(z) \quad (1)$$

이는 시간 영역에서 다음과 같다.

$$\begin{aligned} e(n) &= \sum_{i=0}^M a_i s(n-i) \\ &= s(n) + \sum_{i=1}^M a_i s(n-i) \\ &= s(n) - \hat{s}(n) \end{aligned} \quad (2)$$

여기서

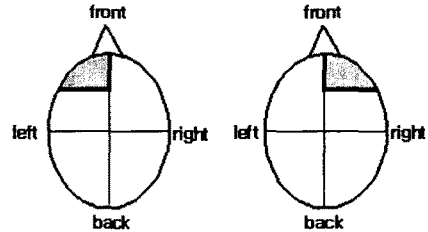
$$\hat{s}(n) = - \sum_{i=1}^M a_i s(n-i) \quad (3)$$

이다. 여기서  $-a_i$  ( $i=1, 2, \dots, M$ )가 선형예측기 계수이다. 본 연구에서는 선형예측 분석을 위하여 6차의 Burg 알고리즘을 이용하였다[5][6].

또한 좌측 전두엽(Fp1)과 우측 전두엽(Fp2)에서 감성 정보가 집중되어 있는 1~30Hz의 전체 파워를 구하고, 8~13Hz의 알파파 파워를 구하여 전체 파워에 대한 알파파의 파워비를 구하였다. 식 (4)는 알파파 비의 계산식이다.

$$\alpha \text{ ratio} = \frac{\sum_{f=8}^{13\text{Hz}} |X(f)|^2}{\sum_{f=1}^{30\text{Hz}} |X(f)|^2} \times 100 \quad (4)$$

여기서,  $X(f)$ 는 주파수  $f$ 에서의 FFT 스펙트럼을 나타낸다. 이는 감정에 따라 알파파의 비대칭성이 나타나는지 등을 관찰하고, 본 연구에서의 방법과 비교해 보기 위한 것이다. 그림 2는 긍정 감정과 부정 감정에 따른 알파파 파워의 활성화 영역을 표시한 것이다[3].



(a) 긍정감정 (b) 부정감정

그림 2. 뇌파 활성화 영역

### III. 쾌적성 평가 알고리즘

추출된 감성 특징 파라미터는 신경회로망의 입력으로 사용되고, 쾌적성을 평가하게 된다. 신경회로망은 입력층의 노드수가 24개(4채널×6차), 은닉층의 노드의 수가 24개, 그리고 출력층은 안정, 불쾌적, 쾌적의 3개를 출력 노드로 하는 24-24-3의 다층인식자(multi-layer perceptron) 구조를 갖는 신경회로망을 구성하였다.

본 연구에서는 구성된 신경회로망과 여러 피검자에게 적용할 수 있는 피검자 독립 시스템을 구현하기 위하여 여러 개의 템플릿을 가지고 가장 근사한 템플릿을 이용하여 쾌적성 평가를 수행하는 다중템플릿 방법을 이용하였다. 즉 여러 명의 피검자의 뇌파를 학습시켜 생성된 신경회로망의 가중치(weight)들을 템플릿으로 저장해 두고, 쾌적성 평가를 수행할 때에 초기 안정한

상태의 뇌파를 이용하여 가장 유사한 뇌파의 템플릿을 선택하여 쾌적성을 평가한다. 그림 3은 다중템플릿 방법을 이용한 쾌적성 평가 알고리즘을 나타낸 것이다.

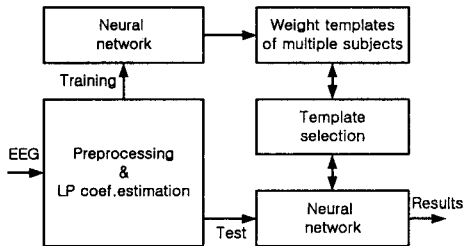
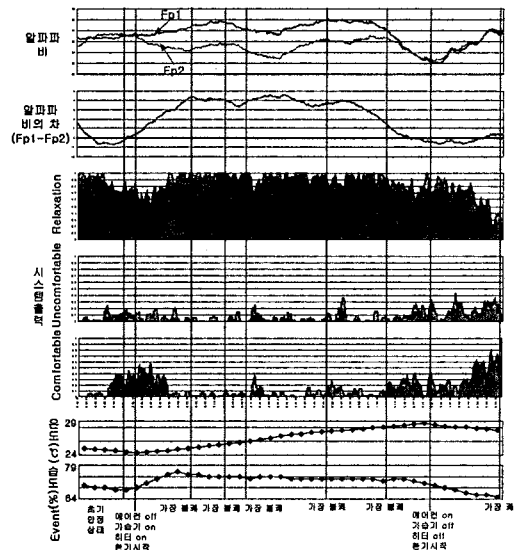


그림 3. 쾌적성 평가 알고리즘

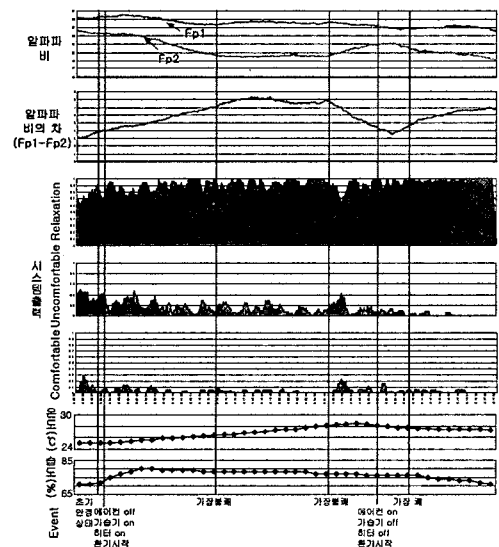
#### IV. 실험 및 결과 고찰

본 연구에서는 온·습도 쾌적성 평가를 위하여 뇌파 데이터 수집 시스템을 구축하였고, 이는 전극캡, 뇌파 증폭기, A/D 변환기, PC등으로 구성되어 있다. 전극캡을 이용하여 피검자의 머리로부터 검출된 뇌파는 이득 약 2000의 뇌파 증폭기로 증폭되고, 증폭된 뇌파는 128Hz의 샘플링 주파수와 12bit의 해상도로 A/D 변환되고, 변환된 신호는 PC에 의해서 처리된다. 전극캡은 미국의 Neuro Medical사의 20채널 전극캡을 사용하였고, 뇌파 증폭기는 (주)정상테크노사의 증폭기를 사용하였다. 뇌파 수집 전극의 위치는 Fp1, Fp2, P3, P4를 사용하였고, 무더운 여름에 대학생 10명을 대상으로 에어컨, 가습기, 및 히터를 사용하여 온·습도를 변화하면서 쾌적과 불쾌적인 상태에서의 뇌파를 수집하였다. 그림 4는 본 연구에서 구성한 방법을 사용하여 쾌적성을 평가한 결과의 예를 나타낸 것이다.

그림은 위에서부터 좌측 전두엽의 Fp1과 우측 전두엽의 Fp2의 각 채널에서 알파파 비를 나타내었고, 알파파의 좌측과 우측의 전체적인 알파파의 활성 부분을 관찰하기 위한 알파파 비의 차, 그리고 본 연구의 출력을 나타내는 안정, 불쾌적, 및 쾌적 출력, 마지막으로 온도와 습도의 변화 그래프를 나타내었으며, 실험중에 발생하는 환경의 변화와 피검자의 상태를 수직 실선으로 나타내었다. 실험 결과에서 알파파 비를 관찰해 보면 피검자 CSH의 경우에는 안정 상태에서 우측의 알파파 비가 약간 큰값을 가지다가 불쾌적 상태로 이동하면서 좌측이 크게 나타나면서 좌우차가 점점 커지고, 피검자가 두번째 가장 불쾌하다고 표시한 부분부터 거의 같은 값을 갖는 것을 볼 수 있다. 그리고 피검자 CJM의 경우에는 좌측의 알파파의 비가 약간 큰



(a) 피검자 CSH



(b) 피검자 CJM

그림 4. 쾌적성 평가 실험 결과의 예

값으로 시작하여 불쾌적 상태로 시간이 흐르면서 간격이 점점 커지고, 다시 쾌적 상태의 task가 제시되었을 때부터 줄어졌다가 다시 증가하는 모습을 보이고 있다. 이것은 알파파 비의 차를 나타내는 그림으로부터 잘 관찰할 수 있다. 이는 긍정 감정의 경우 좌측의 알파파가 활성화 되고, 부정 감정의 경우에는 우측의 알파파가 활성화된다는 기존의 연구내용과는 일치하지 않는 결과이다. 본 연구 방법의 출력은 피검자 CSH의

경우에는 불쾌적 상태의 출력과 쾌적 상태의 출력이 둘다 처음 안정 상태의 출력값에서 불쾌적 상태로 시간이 흐르면서 감소하다가 두번째 가장 불쾌하다고 한 시점부터 증가를 하여 감성 상태를 판별할 수 없는 듯 하지만, 쾌적 상태와 안정 상태의 출력값이 더 큰 증가를 보이고 있어서 피검자가 쾌적 상태로 감성 상태가 바뀌고 있음을 알 수 있다. 피검자 CJM의 경우에는 불쾌적의 출력값이 안정 상태에서 불쾌적 상태, 쾌적 상태로 시간이 흐르면서 감소 하고 있고 쾌적의 출력값은 불쾌적 상태로 이동하면서 감소하다가 두번째 가장 불쾌하다고 표시한 지점부터 약간의 증가한 모습을 보이고 있다. 하지만 무더운 여름에 실험을 진행하였으므로 실험중에 피검자가 느끼는 안정 상태와 쾌적한 상태가 같다고 생각할 수 있어 안정 상태의 출력이 증가하는 것으로도 감성을 평가할 수 있다. 쾌적성 평가 결과 본 연구의 방법은 24개의 실험 데이터 중에서 약 66.7%의 쾌적성 구분 성능을 얻을 수 있었고, 기존에 연구된 알파파의 좌우 활동성에 따라 긍정 감정과 부정 감정을 평가하는 방법은 약 29.2%의 성능을 나타내어 거의 본인의 감성과 일치하지 않음을 알 수 있었다.

## V. 결론

본 연구에서는 온·습도를 이용하여 쾌적과 불쾌적인 환경을 조성한 후 뇌파를 수집하여 선형예측기 계수를 특징 파라미터로 추출하고, 신경회로망을 이용한 감성 평가 알고리즘을 구성하였으며, 다중템플릿 방법을 이용하여 쾌적성 평가 실험을 수행하였다.

실험을 통해서 얻어진 결론은 다음과 같다. 첫째, 본 연구에서 쾌적성 평가를 위해 사용된 다중템플릿 방법을 이용하여 온도와 습도를 변화하면서 실험한 결과 쾌적의 환경에서는 쾌적에 대한 시스템의 출력이, 그리고, 불쾌적으로 진행하면서 불쾌적에 대한 시스템의 출력값이 변화하는 것을 확인할 수 있었다. 둘째, 기존의 알파파의 파워를 통하여 뇌의 활성 영역을 구분하여 감성을 평가하는 방법에서는 상당히 저조한 성능을 나타내어 감성과의 상관성을 확인할 수 없었다. 그러나 일반적으로 쾌적한 상태에서는 알파파가 증가한다는 연구는 어느정도 상관성을 확인할 수 있었다. 셋째, 본 연구에서의 쾌적성과 온·습도와 관계는 대체로 불쾌적의 부분에서는 시간이 흐르면서 습도는 증가하였다 감소하는 반면, 온도는 지속적으로 증가하여 온도의 증가가 불쾌적 감성에 더 많은 영향을 주는 것을 확인할 수 있었고, 쾌적의 부분에서는 온도와 습도의 작은 변화에도 쉽게 쾌적 감성에 영향을 미치는 것을

확인할 수 있었다. 이는 실외의 무더운 여름에 위치하고 있다가 시원한 실내로 이동하였을 때 쉽게 쾌적함을 느끼는 것과 같은 의미를 나타내고 있다.

주위의 많은 방해 요인이 있는 대학의 일반 연구실에서 수집한 데이터를 이용하고, 피검자 본인의 데이터를 제외한 타인의 템플릿을 토대로 구동되는 알고리즘임에도 불구하고, 약 66.7%의 감성 구분이 가능하다는 것은 매우 고무적인 결과라고 생각된다.

## 참고문헌

- [1] T. Musha, Y. Terasaki, H. A. Haque, and G. A. Ivanisky, "Feature extraction from EEGs associated with emotions," Intl. Sympo. Artif. Life Robotics(Invited Paper), vol.1, pp.15-19, 1997.
- [2] T. Yoshida, "The estimation of mental stress by 1/f frequency fluctuation of EEG," Brain topography, pp.771-777, 1998.
- [3] R. J. Davidson, "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion," Brain and Cognition, vol.20, pp.125-151, 1992.
- [4] C. W. Anderson and Z. Sijercic, "Classification of EEG signals from four subjects during five mental tasks," In Solving Engineering Problems with Neural Networks : Proceedings of the Conference on Engineering Applications in Neural Networks(EANN), pp. 407-414..
- [5] J. D. Markel and A. H. Gray, Jr., *Linear prediction of Speech*, Springer-Verlag Berlin Heidelberg New York, 1980.
- [6] S. J. Orfanidis, *Optimum Signal Processing : An Introduction, 2nd ed*, Macmillan Publishing Co., 1988.
- [7] H. Matsunaga, H. Nakazawa, "만족감 계측을 위한 기초적 연구", 일본 인간공학, vol. 34-4, pp. 191-201, 1998.