

### 10채널 뇌파를 이용한 감성평가 기술에 관한 연구

김홍환\*, 이상한\*, 강동기\*, 김동준\*, 고한우\*\*  
\*청주대학교 정보통신공학부, \*\*한국표준과학연구원

## A Study on the Human Sensibility Evaluation Technique using 10-channel EEG

Heung-Hwan Kim\*, Sang-Han Lee\*, Dong-Kee Kang\*, Dong-Jun Kim\*, Han-Woo Ko\*\*  
\*School of Computer & Communication Eng., Chongju Univ.  
\*\*Korea Research Institute of Standards and Sciences

**Abstract** - This paper describes a technique for human sensibility evaluation using 10-channel EEG(electroencephalogram). The proposed method uses the linear predictor coefficients as EEG feature parameters and a neural network as sensibility pattern classifier. For subject independent system, multiple templates are stored and the most similar template can be selected. EEG signals corresponding to 4 emotions such as, relaxation, joy, sadness and anger are collected from 5 armature performers. The states of relaxation and joy are considered as positive sensibility and those of sadness and anger as negative.

The classification performance using the proposed method is about 72.6%. This will be promising performance in the human sensibility evaluation.

### 1. 서 론

최근 삶을 보다 편리하고 안락하며, 쾌적하게 하고자 인간의 감성을 정성 및 정량화 하려는 노력이 이루어지고 있다. 감성 평가 방식 중에서 감정에 대한 연구에서는 뇌파가 가장 많이 이용되고 있다. 이는 뇌파가 두뇌 활동에 대한 정보를 포함하고 있으므로 적절한 신호처리 기법을 이용하면, 정신활동, 감정상태 등에 대한 정보를 얻을 수 있다고 생각하기 때문이다. Musha 등은 10채널 뇌파의 FFT 스펙트럼에서  $\theta$ ,  $\alpha$ ,  $\beta$ 대역의 상호 상관계수를 4가지 감정으로 매핑하는 ESAM(emotion spectrum analysis method)에 대한 연구를 발표하였고[1], Yoshida는  $\alpha$ 파 fluctuation을 이용하여 쾌적성과 각성도의 상관 관계를 연구하였다[2]. Davidson은 긍정 감정과 부정 감정에 따라 앞쪽 좌우 뇌파의 전력이 비대칭임을 입증하였다[3]. Anderson등은 6채널의 뇌파를 AR 모델을 이용하여 5가지 정신적 작업을 분류하는 연구를 발표하였다[4]. 이러한 연구들은 나름대로의 성과를 배출하였으나, 개인차가 크고 변화가 심한 뇌파의 특성으로 인해 한계를 드러내고 있다.

본 연구에서는 대학 연극 동아리 학생 5명을 대상으로 4가지 감정(relaxation, joy, sadness, anger)의 뇌파 데이터를 수집하고 이로부터 선형예측기 계수(linear predictor coefficients)를 특정 파라미터로 추출하고, 다층인식자 구조의 신경회로망을 이용한 패턴분류 실험을 수행하고, 다중템플릿 방법을 이용하여 수집된 4가지 감정을 바탕으로 긍정감성(relaxation, joy)과 부정감성(sadness, anger)으로 감성평가 실험을 수행하고자

하였다.

### 2. 본 론

#### 2.1 감성파라미터 추출

##### 2.1.1 전처리 및 특징추출

뇌파 신호는 외부의 잡음과 아티팩트에 매우 민감한 아주 작은 전압으로 나타나는 미약한 신호이다. 또한 뇌파는 보통 30Hz 이하의 성분에 주요 감성 정보를 포함하고 있다. 따라서 뇌파 파라미터 추출에서 불필요한 저주파 성분을 제거하기 위하여 0.5Hz와 4Hz의 차단 주파수를 갖는 고역통과필터(high pass filter, HPF)를 4차 IIR로 구현 하였다. DC 성분만 차단할 경우에는 0.5Hz를 사용하였고, 뇌파에서  $\delta$  밴드를 제거하고자 할 때는 4Hz를 선택하였다. 그리고 30Hz 이상의 성분은 불필요하므로 차단주파수가 30Hz인 저역통과필터(low pass filter, LPP)를 4차 IIR로 구현하여 사용하였다. 뇌파 신호에서 가장 큰 아티팩트인 눈깜박임을 제거를 위한 기법은 먼저 눈 깜박임 신호와 순수뇌파를 구별해 내기 위한 문턱값을 구하였다. 이는 읽어들이는 데이터의 전체길이에 걸쳐서 그것의 평균을 계산한 다음 평균값에 4배를 곱한 값을 문턱값으로 정하였다. 그리고 눈 깜박임 부분을 찾기 위해서 먼저 눈 깜박임 부분의 피크값을 검출한다. 이를 위하여 읽어들이는 데이터를 절대값으로 바꾼 후에, 각각의 포인트에서 기울기 부호를 검색한 다음, 현재 포인트를 기준으로 뒤로 2포인트에서의 기울기가 +, 앞으로 2포인트에서의 기울기가 -인 지점을 찾는다. 그리고 그 피크가 순수뇌파의 피크인지 아니면 눈 깜박임 신호의 피크인지 구별하기 위해서 그 피크값을 문턱값과 비교한다. 만약에 그 지점에서의 피크값이 문턱값보다 크다면 눈 깜박임 신호로 간주하고, 눈 깜박임 신호가 끝나는 지점을 찾기 위해서는 눈 깜박임 피크 지점에서부터 부호가 두 번 바뀌는 지점을 찾는다. 이 위치를 눈 깜박임의 끝으로 볼 수 있지만, 남아있는 과도 성분의 영향을 고려하면 눈 깜박임 신호의 평균 구간인 32포인트를 더 건너뛰어 지점을 새로운 뇌파 처리를 위한 시작점으로 설정한다.

생체 시스템의 동작은 매우 복잡한 비선형 시스템으로 볼 수 있을 것이나, 시스템이 비선형적 특성을 가져도 선형 모델링으로 분석 차수를 높게 설정하면 근사한 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있으므로 많은 뇌파 연구에서 FFT 뿐만 아니라 선형 모델링 방법도 이용한다. 본 연구에서는 뇌파의 발생 과정을 전극(all-pole) 시스템인 AR 모델로서 모델링하여 선형예측기 계수를 이용하여 감성 특징 파라미터를 추출하였다. 선형 뇌파 발생 모델은 그림 1과 같이 나타낼 수 있다.



그림 1. 선형 뇌파 발생 모델

이 모델은  $z$ -변환 형태로 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$S(z) = E(z) \frac{1}{A(z)} \quad (1)$$

이 식은 전극 합성 모델(all-pole synthesis model)로 볼 수 있고, 역필터  $A(z)$ 는 다음과 같이 정의될 수 있다.

$$A(z) = \sum_{i=0}^M a_i z^{-i}, \quad a_0 = 1 \quad (2)$$

따라서 뇌파 신호의 분석 모델은 식 (3)과 같이 나타낼 수 있을 것이다.

$$E(z) = S(z) A(z) \quad (3)$$

뇌파 신호의 분석 모델은 표본화된 데이터 영역, 즉 시간 영역에서 식 (2)를 이용하면, 역  $z$ -변환되어 다음과 같이 표현될 수 있다.

$$\begin{aligned} e(n) &= \sum_{i=0}^M a_i s(n-i) \\ &= s(n) + \sum_{i=1}^M a_i s(n-i) \end{aligned} \quad (4)$$

여기서,

$$\hat{s}(n) = - \sum_{i=1}^M a_i s(n-i) \quad (5)$$

이다. 본 연구에서는 선형예측 분석을 위하여 6차의 Burg 알고리즘을 이용한다[5, 6].

## 2.2 감성평가 알고리즘

### 2.2.1 신경회로망을 이용한 패턴 분류기

전처리 과정을 통과한 뇌파를 통해 추출된 감성 특징 파라미터는 다음 단계에서 다중인식자(multi-layer perceptron) 구조의 신경회로망을 이용한 패턴분류기의 입력으로 사용하여 긍정/부정 감성을 평가한다. 그림 2는 구성된 다중 인식자 형태의 긍정/부정 감성 분류기의 구조를 나타낸 것이다.

본 연구에서 사용된 신경 회로망은 입력층, 은닉층, 출력층의 3층으로 구성된 다중인식자 구조이다. 다중인식자는 입력노드(input layer)에 추출된 뇌파 파라미터가 연결 강도를 통하여 은닉층(hidden layer)으로 전달되며, sigmoid 함수를 거쳐 은닉층의 결과가 또 다른 연결 강도를 통하여 출력층으로 전달된다. 출력층으로 전달된 신호는 sigmoid 함수를 거쳐 출력층으로 나타난다. 본 연구에서는 입력층의 노드(node) 수가 60개(6차×10채널), 은닉층의 노드 수가 60개, 그리고 출력층의 노드 수는 4개로 하는 60-60-4의 구조를 갖게 구성하여 긍정(relaxation, joy)감성, 부정(sadness, anger) 감성에 대한 값을 출력하게 된다. 본 연구에서는 이와 같은 신경회로망을 이용하여 감성평가를 하게 되는데,

여러 피검자에게 적용될 수 있는 피검자 독립(subject independent) 시스템을 구현하기 위하여 여러 개의 템

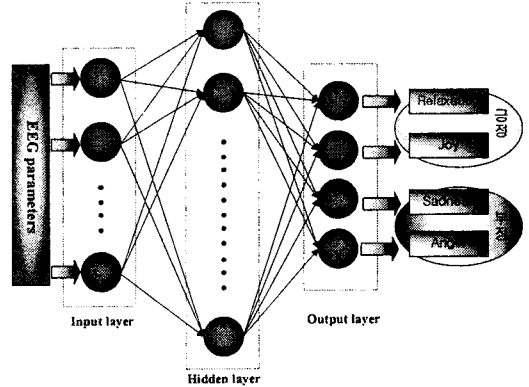


그림 2. 신경 회로망의 구조

플릿을 가지고 가장 근사한 템플릿을 이용하여 패턴 분류를 수행하는 다중 템플릿(multiple template) 방법을 이용하였다.

### 2.2.2 다중템플릿 방법을 이용한 감성평가 방법

다중템플릿 방법은 여러 명의 피검자의 뇌파를 학습시켜 생성된 신경회로망의 가중치를 템플릿으로 저장해 두고, 감성평가 테스트를 할 때에는 초기의 안정 상태의 뇌파를 이용하여 가장 유사한 뇌파의 템플릿을 선택하여 패턴을 분류한다. 그림 3은 다중템플릿 방법을 이용한 감성평가 구성도 나타낸 것이다.

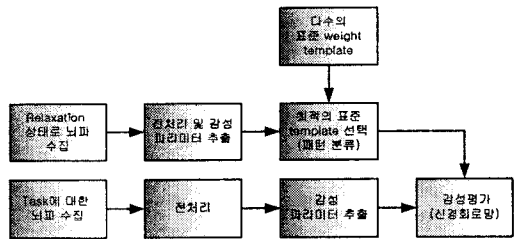


그림 3. 다중템플릿 방법을 이용한 감성평가 구성도

이러한 다중 템플릿 방식은 가장 초기 안정 상태의 뇌파를 기준으로 가장 근사한 뇌파의 가중치 템플릿을 선택하므로 안정 상태의 뇌파로의 치우치는 현상을 피할 수 없을 것이다. 이는 실제 현상으로 나타나서 이를 보완하기 위해 신경회로망 출력의 가장 큰 값과 두 번째 큰 값을 가지고 최종 분류 결과를 결정한다. 즉, 안정 상태의 뇌파를 테스트할 때에는 가장 큰 값이 해당 노드에서 나타나야 인식된 것으로 하고, 그 외의 감성은 해당 노드가 가장 큰 값으로 나타날 때만 인식된 결과로 보는 것이 아니라 두 번째 큰 값이 해당 감성의 노드에 나타나고, 이 때의 최고 값 노드가 안정으로 나타난 경우에 한해서는 제대로 인식된 것으로 간주한다. 이것은 감성의 집중성이 약해진 부분은 안정 상태와 유사할 것이라고 가정하였기 때문이다.

### 2.3 실험 및 결과

뇌파 데이터 수집 시스템은 전극 캡(electro-cap), EEG 증폭기, A/D 변환기, PC로 구성되어 있다. 피검자의 두피로부터 전극 캡을 통해 검출된 뇌파는 이득 2000의 EEG 증폭기로 증폭되고, 증폭된 뇌파는 128 Hz의 샘플링 주파수와 12bit의 해상도로 A/D 변환되고, 변환된 신호는 노트북이나 데스크탑 PC에 의해서

처리된다. 이 때 전극 캡은 미국 Electro-cap International사의 20채널 전극 캡을 사용하였고, EEG 증폭기는 (주)정상테크노사의 증폭기를 사용하였다. A/D 변환기는 미국 Data Translation사의 DT-9804를 사용하였다. 전극의 위치는 Musha가 제시한 10채널(Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4, O1, O2)로 하고[1], 뇌파 데이터 수집은 대학의 연극 동아리 학생 5명을 대상으로 relaxation, joy, sadness, anger의 순으로 일정한 간격을 두고 3회 반복 실험하여 15회분의 데이터를 수집하였고, 피검자 설문 조사에서 잘되었다고 평가된 데이터를 2개 선택하여 실험하였다. 뇌파의 선형예측기 계수를 이용하여 신경 회로망을 학습시켜서 다중 템플릿 방법으로 감정 분류를 하게 된다. 이 때 학습은 20 프레임, 테스트는 학습 20 프레임을 제외한 40 프레임을 테스트 하였다. Relaxation 상태를 기준으로 템플릿을 선택하므로 이 감정으로 치우치는 현상이 있어 가장 큰 출력과 두 번째 큰 출력을 모두 고려하여 감정분류를 하였다. 여기서 신경 회로망의 출력을 감정별 지표로 보고, 이들의 결과를 부정감성과 긍정감성으로 구분하여 정리함으로써 감정 평가를 하게 된다. 표 1은 본 연구에서 구성한 방법으로 감정평가 실험을 수행한 결과이다.

표 1. 감정평가 실험 결과

피검자	선택된 템플릿	학습 20프레임, 테스트 40프레임						평균 인식율
		긍정(R,J)			부정(S,A)			
		R	J	인식율	S	A	인식율	
hiy0109	hsc0201	80	77.5	78.8	97.5	100	98.8	88.8
hiy0123	hsc0201	92.5	47.5	70	100	100	100	85
hiy0206	hsc0201	77.5	60	68.8	100	100	100	84.4
hsc0116	yyh0115	80	90	85	20	17.5	18.8	51.9
hsc0201	hsc0116	92.5	100	96.3	12.5	25	18.8	60.7
hsc0711	yyh0115	75	92.5	83.8	27.5	45	36.3	60
kjh0107	hsc0116	85	82.5	83.8	37.5	40	38.8	61.3
kjh0114	yyh0115	87.5	60	73.8	100	85	92.5	83.2
kjh0131	yyh0115	82.5	77.5	80	80	67.5	73.8	76.9
kyk0528	hsc0201	67.5	57.5	62.5	87.5	100	93.8	78.2
kyk0621	yyh0115	65	77.5	71.3	72.5	52.5	62.5	66.9
kyk0824	hsc0201	70	40	55	85	100	92.5	73.8
yyh0103	yyh0115	80	70	75	62.5	47.5	55	65
yyh0115	hsc0201	60	67.5	63.8	100	97.5	98.8	81.3
yyh0130	yyh0115	90	77.5	83.8	82.5	32.5	57.5	70.7
전체평균		79	71.9	75.4	71	67.3	69.2	72.6

### 3. 결 론

본 연구에서는 연극동아리의 대학생 5명을 대상으로 4가지 감정의 뇌파를 수집하여 선형예측기 계수를 특징 파라미터로 하고, 신경회로망을 이용한 감정평가 알고리즘을 구성하였으며, 다중템플릿 방법을 이용하여 감정평가 실험을 수행하였다.

실험을 통해서 얻어진 결론은 다음과 같다. Relaxation, joy, sadness, anger의 감정에 대한 뇌파의 선형예측기 계수를 특징으로 학습된 신경회로망의 출력은 relaxation 상태의 초기 뇌파를 토대로 다중 템플릿에서 근사한 템플릿을 선택하므로 relaxation으로 치우치는 경향을 나타내었다. 이러한 현상은 실제 피검자의 감정이 집중력의 한계로 나타나는 현상일 수도 있다. 그러나 이들 감정을 크게 둘로 나누어 긍정과 부정 감성으로 보고, relaxation 상태로 치우치는 현상을 고려하여 이를 보상한 후의 감정 분류 성능을 살펴보면 비교적 양호한 결과를 나타내었으며, 감정 평가 결과는 약 72.6%의 인식률을 나타내어 신호의 특성 변화가 매우

큰 뇌파에서도 피검자 독립적인 감성 평가의 가능성을 확인하였다.

※ 본 연구는 G-7 감성공학기반기술개발 사업에 의해 지원되었음(M1-9817-03-0001).

### [참 고 문 헌]

- [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] T. Musha, S. Kimura, K. I. Kaneko, K. Nishida, K. Sekine, "Emotion spectrum analysis method(ESAM) for Monitoring the effects of art therapy applied on demented patients", CyberPsychology & Behavior, vol. 3, no. 3, pp. 441-446, 2000.
- [8] H. Matsunaga, H. Nakazawa, "만족감 계측을 위한 기초적 연구", 일본 인간공학, vol. 34-4, pp. 191-201, 1998.
- [9] M. B. Kostyunina and M. A. Kulikov, "Frequency characteristics of EEG spectra in the emotions", Neuroscience and Behavioral Physiology, vol. 26, no. 4, 1996.