

정서 인지를 위한 뇌파 전극 위치 및 주파수 특징 분석

정성엽* · 윤현중**†

*한국교통대학교 기계공학과
**대구가톨릭대학교 기계자동차공학부

Analysis of Electroencephalogram Electrode Position and Spectral Feature for Emotion Recognition

Seong Youb Chung* · Hyun Joong Yoon**†

*Department of Mechanical Engineering, Korea National University of Transportation

**Faculty of Mechanical and Automotive Engineering, Catholic University of Daegu

This paper presents a statistical analysis method for the selection of electroencephalogram (EEG) electrode positions and spectral features to recognize emotion, where emotional valence and arousal are classified into three and two levels, respectively. Ten experiments for a subject were performed under three categorized IAPS (International Affective Picture System) pictures, i.e., high valence and high arousal, medium valence and low arousal, and low valence and high arousal. The electroencephalogram was recorded from 12 sites according to the international 10-20 system referenced to Cz. The statistical analysis approach using ANOVA with Tukey's HSD is employed to identify statistically significant EEG electrode positions and spectral features in the emotion recognition.

Keywords : Electroencephalogram, Emotion Recognition, Emotional Model, Power Spectrum Analysis

1. 서 론

최근 인간 정서 인지 기술은 인간-로봇 또는 인간-컴퓨터 상호작용 분야 등에서 다양하게 활용되고 있다. 인간의 표정이나 음성 정보는 정서 인지 기술 분야에서 전통적으로 많이 활용되어 왔으나, 이는 인간의 의지에 따라 왜곡될 수 있고 문화나 사회 환경에 따라 다르게 나타날 수 있다는 한계가 있다. 인간의 정서를 보다 객관적이고 높은 신뢰도로 인지하고자 할 때 이러한 한계를 극복할 수 있는 또 다른 방법은 뇌파(EEG, electroencephalogram)와 같은 인간의 생체 신호 정보를 활용하는 것이다. 특히

자폐스펙트럼장애(autistic spectrum disorder) 등과 같이 자신의 정서 상태를 적절히 표현하지 못하는 정신질환이 있는 경우에는 생체 신호 정보를 이용한 정서 인지 기술이 진단 및 치료에 적절하게 응용될 수 있다[2, 12].

뇌파를 이용한 정서 인지 기술 관련한 연구는 1990년대 초반 이후로 활발하게 진행되고 있는데, 고속 푸리에 변환(FFT, fast Fourier transform)과 사건 관련 전위(ERP, event related potential)는 뇌파를 이용한 정서 인지 분야에서 널리 사용되는 분석 방법이다. 정서 모델의 차원적 접근법(dimensional approach) 측면에서 뇌파를 이용한 정서 인지 연구 중에서는 valence 인지와 관련된 연구가 절대적으로

논문접수일 : 2012년 03월 07일 논문수정일 : 2012년 04월 02일 게재확정일 : 2012년 04월 26일

† 교신저자 yoon@cu.ac.kr

※ 이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(2011-0026565, 2011-0005815).

많았다. 특히 Fox[5, 6]는 일찍이 전두부(frontal region)의 좌반구는 긍정적(positive)인 정서와 관련이 있고 전두부의 우반구는 부정적(negative)인 정서와 관련이 있음을 밝혔다. 이후 Müller et al.[9]은 긍정, 보통, 부정의 3단계의 valence에 대한 정서 인지 실험을 하였는데, 이 때 valence에 따라 3단계 그룹으로 나눈 국제정서사진 시스템(IAPS, International Affective Pictures System)[1]의 시각자극을 사용하였다. 그들은 valence 그룹에 따른 알파파와 베타파의 파워값은 유의한 차이를 보이지 않았으나, 부정적 자극의 경우 좌측 측두부(temporal region)의 감마파의 파워값이 높게 나왔으며 긍정의 경우 우측 측두부의 감마파의 파워값이 높게 나왔다고 주장하였다. Crabbe et al.[3]은 운동 전후 국제정서사진 시스템 자극에 대한 정서 변화에 대한 연구 결과를 제시했는데, 운동 후에 valence 유발 자극에 대하여 전두부에서의 알파파의 비대칭 특성은 변화가 없지만 전두부에서의 베타파와 두정부(parietal region)에서의 알파파의 비대칭 특성은 달라질 수 있음을 보였다. Schaaff and Schultz[10]는 국제정서사진 시스템에서 쾌(pleasant)-보통(neutral)-불쾌(unpleasant)에 해당하는 사진을 각각 30개씩 선택한 후 전두엽 부위의 네 개의 전극 위치(Fp1, Fp2, F7, F8)에서 valence를 구분 여부 가능성을 실험하였다. Schmidt and Trainor[11]는 뇌파를 이용한 valence and arousal의 인지를 위한 분석 결과를 보였다. 그들은 음악을 이용한 청각 자극을 사용하였으며, F3, F4, P3, P4에서 알파파의 파워값을 분석한 결과, valence 측면에서는 좌측 전두부는 기쁘고 행복한 음악 자극에, 우측 전두부는 공포스럽고 슬픈 음악 자극에 관련이 있음을 알아내었다. 또한, 그들은 arousal 측면에서는 valence와 같은 전두부에서의 비대칭 패턴 효과는 없었으나, 전두부 전체에서 알파파의 파워값 크기 패턴의 변화로 정서의 강도를 구분할 수 있음을 보였다.

이와 같이 인간의 정서와 뇌파와의 관계를 일반적으로 규명하기 위한 연구가 주로 이루어졌으나, 실제로 뇌파를 이용하여 정서 상태를 인지하는데 이러한 정보는 그 신뢰도가 높지 않았다[10]. 이는 특정 정서 자극에 대하여 개인마다 정서 발현 정도가 다르고 뇌파 신호가 개인마다 편차가 크기 때문이다. 뇌파를 이용한 정서 인지를 목적으로 할 때 이러한 단점을 극복하기 위해서는 일반적으로 알려진 정서와 뇌파와의 관계를 이용하기 보다는 특정인에 대상으로 하여 정서와 뇌파와의 관계를 심층적으로 분석하는 것이 좀 더 효과적일 것이다.

따라서 본 연구에서는 다수의 피실험자를 대상으로 정서와 관련이 있는 전극의 위치와 뇌파의 특징을 분석하는 기존의 연구의 접근 방법이 아닌, 특정 피실험자를 대상으로 집중적인 반복 실험을 통하여 개인 특성에 맞는 정서와 뇌파와의 관계 규명을 위한 통계적 분석 방법을

제안하는 것을 목적으로 한다. 본 논문에서는 뇌파 신호에서 특징을 추출하기 위한 다양한 방법 중 가장 일반적으로 사용되는 주파수 분석을 우선적으로 적용해 보았으며, 통계적으로 유의한 수준 내에서 정서 상태를 인지하는데 효과적인 전극의 위치 조합 및 주파수 특징을 분석하는 것을 목적으로 한다. 이때 Wundt[13] and Lang et al.[8]의 관점에서와 같이 정서를 차원적 접근법으로 표상하며, 세 개의 차원 중 비교적 중요도가 떨어지는 tension을 제외한 valence-arousal로 이루어진 2차원의 정서 모델을 기본 전제로 한다.

2. 연구방법

2.1 실험방법

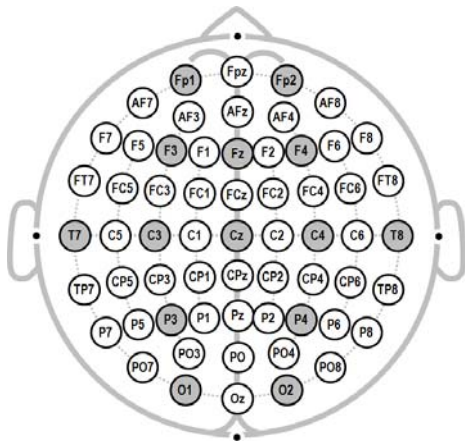
정서 유발을 위한 자극원으로는 국제정서사진시스템(IAPS)에서 90개의 사진을 선정한 시각 자극을 사용하였다. 90개의 사진은 그룹 I~그룹 III의 세 종류의 그룹으로 나뉘는데, 그룹 I은 높은 valence와 높은 arousal을 갖는 사진 30장으로, 그룹 II는 중간 valence와 낮은 arousal을 갖는 사진 30장으로, 그룹 III는 낮은 valence와 높은 arousal을 갖는 사진 30장으로 구성 되어있다(<부록> 참조). 참가자에 대해 총 10회의 실험을 서로 다른 날 같은 시각인 오후 9시에 수행하였으며, 피실험자에게 사전에 실험 절차와 유의 사항을 충분히 설명하였다. 매회 실험에서는 그룹 I~그룹 III에 해당하는 사진 각 3장씩을 임의로 선택하여 정서 유발 자극으로 사용하였다. <표 1>은 실험 1회에 대한 절차를 보여준다. 60초 동안 초록바탕의 빈 화면을 응시하고 60초 동안 눈 감은 채로 편안한 상태를 유지한 후 그룹 I에 해당하는 사진 3장을 5초 간격으로 총 15초 동안 제시한다. 정서 유발 자극제시 전 60초의 개안, 60초의 폐안의 단계는 앞선 자극의 영향을 최소화함과 동시에 자극이 제시되는 동안의 뇌파 분석에 기준 신호로 사용하기 위한 것이다. 이와 같은 개안-폐안-자극의 단계를 그룹 II와 그룹 III에 대해서 반복한다.

뇌파 신호는 <그림 1>과 같이 국제 10~20 시스템 전극 위치에 근거하여 12개의 위치에서 Ag/AgCl 전극을 이용하여 측정하였으며, 기준 전극과 접지 전극은 각각 Cz와 Fz를 사용하였다. 뇌파 신호를 측정하기 위한 장비로는 독일 브레인 프로덕트사(Brain Products, GmbH)의 브이앰프(V-Amp)를 이용하였다. 브이앰프는 뇌파, 안전도 등의 생체신호를 측정할 수 있는 16개의 채널과 2개의 보조 채널을 가지고 있다. 본 실험에서는 뇌파 측정을 위해 12개의 채널과 안구 운동의 측정을 위해 2개의 채널을 이용하였다. 뇌파 측정 시 전극의 임피던스는 5k Ω 이하

가 되도록 하였으며, 샘플링 주파수는 1kHz, 저주파 차단 주파수는 1Hz, 고주파 차단 주파수는 100Hz, 노치 필터 주파수는 60Hz로 설정하였다.

<표 1> 실험 절차

단계	시간(초)	내용
1	60	초록바탕의 빈 화면 응시
2	60	눈을 감은 채로 편안한 상태 유지
3	15	그룹 I에서 임의로 선택된 3장의 사진을 5초 간격으로 15초 동안 응시
4	60	초록바탕의 빈 화면 응시
5	60	눈을 감은 채로 편안한 상태 유지
6	15	그룹 II에서 임의로 선택된 3장의 사진을 5초 간격으로 15초 동안 응시
7	60	초록바탕의 빈 화면 응시
8	60	눈을 감은 채로 편안한 상태 유지
9	15	그룹 III에서 임의로 선택된 3장의 사진을 5초 간격으로 15초 동안 응시



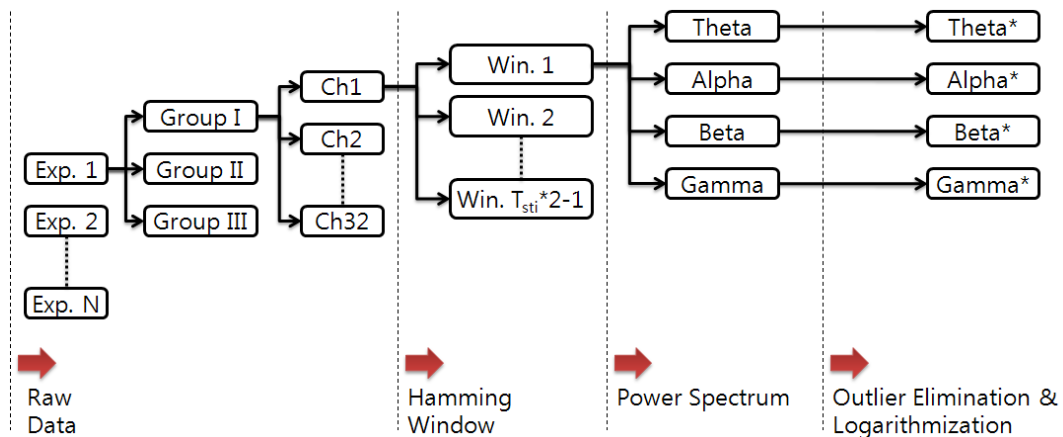
<그림 1> 뇌파 전극 위치

2.2 실험분석

실험분석은 <그림 1>에서와 같이 12개 채널(Fp1, Fp2, F3, F4, C3, C4, T7, T8, P3, P4, O1, O2)과 쌍극 전극법을 이용한 20개 채널(Fp1-Fp2, F3-F4, T7-C3, C3-C4, C4-T8, T7-T8, P3-P4, O1-O2, C3-P3, P3-O1, Fp2-F4, F4-C4, C4-P4, P4-O2, Fp1-T7, T7-O1, Fp2-T8, T8-O2)에서 안구 운동에 의한 왜곡을 제거한 신호에 대해 수행하였다. 실험분석을 위해 우선 32개 채널의 뇌파 신호에 대해 1초 간격으로 50% 중첩한 해밍창(Hamming window)을 적용하였다. 따라서 각 자극마다 15초간 측정된 뇌파 신호는 총 29개의 창으로 구성된다. 각 창에 대하여 고속 푸리에 변환을 통해 파워 밀도 스펙트럼(power density spectrum)을 계산하였는데, 이는 세타파(4-8Hz), 알파파(8-13Hz), 베타파(13-30Hz), 감마파(36-44Hz)의 특정 주파수 영역의 파워값을 구하는데 이용된다. 이렇게 구한 파워값에서 특이값(outlier)을 제거하기 위하여 식 (1)을 적용하였다. 특이값은 통계 그래프 중 하나인 박스플롯(boxplot)에서 일반적으로 사용되는 것을 기준으로 하였다[4]. 식 (1)에서 Q1은 파워값 분포에서 일사분위수이며, Q3는 삼사분위수이다. 마지막으로 특이 값이 제거된 파워 밀도 스펙트럼에 자연로그를 취하였다.

$$Q_1 - 1.5(Q_3 - Q_1) < x < Q_3 + 1.5(Q_3 - Q_1) \quad (1)$$

<그림 2>는 데이터의 구조를 나타낸 것이다. 즉, 총 10회 실험에 대해 그룹 I~ 그룹 III의 데이터가 존재하고, 각 그룹에 대해 32개의 채널 데이터가 있다. 각 채널 데이터를 구성하는 29개의 해밍창에 대해 각각 세타파, 알파파, 베타파, 감마파의 파워값이 계산된다. 최종적으로 세타파, 알파파, 베타파, 감마파의 특이값을 제거한 후 자연로그를 취하여 식 (2)의 데이터 구조에 저장한다. <그림 2>에



<그림 2> 뇌파 분석을 위한 데이터 구조

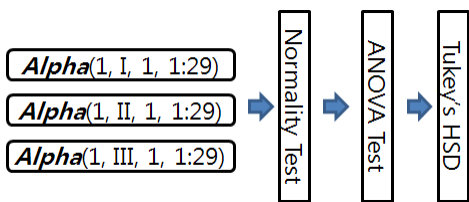
서 N은 총 실험 회수이며 T_{stim} 는 자극을 보여준 시간을 의미하며, 식 (2)에서 색인 i, j, k, l은 각각 실험 번호, 그룹 번호, 채널 번호, 해밍창 번호를 나타낸다.

$$\begin{aligned} & \text{Theta}^*(i, j, k, l) \\ & \text{Alpha}^*(i, j, k, l) \\ & \text{Beta}^*(i, j, k, l) \\ & \text{Gamma}^*(i, j, k, l) \end{aligned} \quad (2)$$

3. 실험결과

실험 분석을 통해 최종적으로 얻은 데이터 구조 Theta^* , Alpha^* , Beta^* , Gamma^* 에 대해 그룹 간 차이가 있는 지 비교하기 위하여 통계적인 방법을 이용하였다. 본 논문에서 사용된 통계적인 방법은 분산 분석(ANOVA, 유의수준 0.05)이며, 그룹 간 평균을 비교하기 위해서는 Tukey 다중 비교를 적용하였다. 통계적인 방법의 적용은 정규성 검정을 통해 정규분포를 가지는 데이터에 대해서만 적용하였다. <그림 3>은 통계처리 과정의 예시로 첫 번째 실험의 그룹 I(high valence-high arousal), II(medium valence-low arousal), III(low valence-low arousal)이 1번 채널에서 알파파의 파워값의 평균이 차이가 있는 지를 분석하기 위한 과정을 나타낸다. 이와 같은 과정은 각 피실험자마다 10회의 실험, 32개의 채널, 세타파, 알파파, 베타파, 감마파의 모든 조합에 대해 적용하여 그룹 간 파워값의 평균에 차이가 있는지 분석하였다.

분석 결과는 총 6가지로 구분이 가능하며, A, B, C, D, E, F의 종류로 <표 2>와 같이 정의하였다. A는 그룹 I, II, III가 모두 구분이 가능한 종류이며, B는 그룹 I과 II, 그룹 II와 III은 구분이 가능하지만, 그룹 I과 III은 구분이 불가능한 종류를 의미한다. 또한 C는 그룹 I과 III은 구분이 가능하지만, 그룹 I과 II, 그룹 II와 III은 구분이 불가능한 종류, D는 그룹 I과 II는 구분이 가능하지만 그룹 I과 III, 그룹 II와 III은 구분이 불가능한 종류를 나타낸다. E는 그룹 II와 III은 구분이 가능하지만, 그룹 I과 II, 그룹 I과 III은 구분이 불가능한 종류, F는 그룹 I, II, III가 모두 구분이 불가능한 종류를 의미한다. 6종류의 구분에서 A는 valence를



<그림 3> 그룹 간 차이의 통계적 비교의 예

<표 2> 분석 결과에 따른 구분

분석 결과	구분 가능한 그룹			비고
	I - II	I - III	II - III	
A	O	O	O	valence 3단계 구분 arousal 2단계 구분
B	O	X	O	arousal 2단계 구분
C	X	O	X	valence 2단계 구분
D	O	X	X	정서 인지에 사용하기 어려움
E	X	X	O	정서 인지에 사용하기 어려움
F	X	X	X	정서 인지에 사용하기 어려움

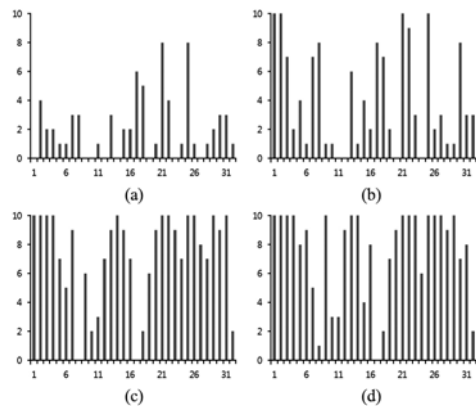
3단계(high-medium-low), C는 valence를 2단계(high-low)로 구분이 가능하다는 것을 의미하며, A와 B는 arousal을 2단계(high-low)로 구분할 수 있다는 것을 의미한다.

<표 3>은 정상적인 시각을 가진 30대 성인 남성에게 대하여 수행한 결과의 예를 보여주며, 모든 채널에서 세타파, 알파파, 베타파, 감마파로 valence와 arousal 구분이 가능한 회수를 전체 실험 회수에 대한 비율(%)로 나타낸 것이다. <표 3>에서 valence-arousal 열은 통계적 분석 결과에서 A 종류에 속한 비율을, valence는 A 또는 C에 속한 비율을, arousal은 A 또는 B에 속한 비율을 의미한다. 숫자가 높을수록 해당 채널의 신호가 valence 또는 arousal을 구분하는 데 효과가 크다는 것을 나타낸다. <표 3>을 보면, 피실험자의 경우 valence의 구분에는 알파파의 경우, Fp1, Fp2, Fp1-F3, F3-C3, Fp2-F4, 베타파의 경우, Fp1, Fp2, F3, F4, T7, Fp1-Fp2, F3-F4, T7-C3, O1-O2, Fp1-F3, F3-C3, C3-P3, Fp2-F4, F4-C4, Fp1-T7, T7-O1, Fp2-T8, 감마파의 경우에는 Fp1, Fp2, F3, F4, C4, P3, O2, Fp1-Fp2, F3-F4, O1-O2, Fp1-F3, F3-C3, C3-P3, Fp2-F4, F4-C4, C4-P4, P4-O2, Fp1-T7의 신호가 유의하게 사용될 수 있음을 알 수 있다. 즉, 다시 말하면 해당 채널의 뇌파 데이터는 valence 자극의 정도에 따라 주파수 영역에서 뇌파의 파워값이 다르기 때문에 해당 신호를 이용하여 valence를 판별할 수 있음을 의미한다. 또한 arousal의 구분에는 베타파와 감마파 모두의 경우, T7, T8, T7-C3, C4-T8, T7-T8, T7-O1, T8-O2의 신호가 유의하게 사용될 수 있음을 알 수 있었다. 다시 말하면, 해당 채널의 뇌파 신호가 주파수 영역에서 arousal 정서의 강도에 따라 파워값에 변화가 있다는 것을 의미하고 따라서 arousal 정서 인지에 해당 신호를 사용할 수 있음을 나타낸다. 여기서 유의함의 기준은 90% 이상 해당 정서의 구분이 가능한 것으로 하였다.

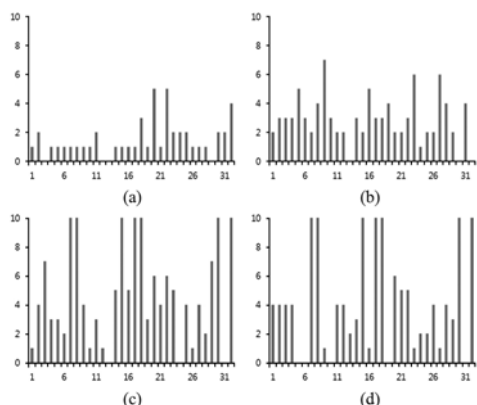
<표 3> 뇌파 분석 결과

CH		Theta(%)			Alpha(%)			Beta (%)			Gamma(%)		
		Valence /Arousal	Valence	Arousal	Valence /Arousal	Valence	Arousal	Valence /Arousal	Valence	Arousal	Valence /Arousal	Valence	Arousal
1	Fp1	0	0	10	20	100	20	10	100	10	40	100	40
2	Fp2	0	40	20	30	100	30	40	100	40	40	100	40
3	F3	0	20	0	30	70	30	70	100	70	40	100	40
4	F4	0	20	10	0	20	30	30	100	30	40	100	40
5	C3	0	10	10	10	40	50	10	70	30	0	80	0
6	C4	0	10	10	0	10	30	0	50	20	0	90	0
7	T7	0	30	10	20	70	20	90	90	100	50	50	100
8	T8	0	30	10	40	80	40	0	0	100	10	10	100
9	P3	0	0	10	10	10	70	30	60	40	10	100	10
10	P4	0	0	10	10	10	30	0	20	10	0	30	0
11	O1	0	10	20	0	0	20	10	30	30	10	30	40
12	O2	0	0	0	0	0	20	10	70	10	30	90	40
13	Fp1-Fp2	0	30	0	0	60	0	0	90	0	20	100	20
14	F3-F4	0	0	10	0	10	30	50	100	50	30	100	30
15	T7-C3	0	20	10	10	40	20	90	90	100	40	40	100
16	C3-C4	0	20	10	0	20	50	20	70	50	10	80	10
17	C4-T8	10	60	10	30	80	30	0	0	100	0	0	100
18	T7-T8	20	50	30	20	70	30	20	20	100	20	20	100
19	P3-P4	0	0	10	10	20	40	10	60	30	0	70	0
20	O1-O2	0	10	50	0	0	20	50	90	60	50	90	60
21	Fp1-F3	10	80	10	20	100	20	40	100	40	50	100	50
22	F3-C3	10	40	50	30	90	30	60	100	60	50	100	50
23	C3-P3	0	0	20	30	30	60	40	90	50	10	100	10
24	P3-O1	0	10	20	0	0	10	0	70	0	10	60	20
25	Fp2-F4	20	80	20	20	100	20	40	100	40	20	100	20
26	F4-C4	0	10	10	10	20	20	10	100	10	40	100	40
27	C4-P4	0	0	10	10	30	60	40	80	40	10	100	10
28	P4-O2	0	10	10	0	10	40	20	70	20	40	90	40
29	Fp1-T7	0	20	0	0	10	20	70	100	70	30	100	30
30	T7-O1	10	30	20	0	80	0	90	90	100	70	70	100
31	Fp2-T8	10	30	20	10	30	40	0	100	0	0	80	0
32	T8-O2	0	10	40	0	30	0	20	20	100	20	20	100

<그림 4>, <그림 5>는 <표 3>의 결과를 그래프로 도식화 한 것이다. <그림 4>(a) ~ <그림 4>(d)는 세타파, 알파파, 베타파, 감마파에 대하여 채널별 valence 구분이 가능한 경우의 수를 보여주고 있다. 즉, x축은 32개의 채널 번호를 의미하며 y축은 총 10회의 실험 중 통계적으로 valence 구분이 가능하다고 판단된 횟수를 의미한다. <그림 4>를 보면, 90% 이상을 유의함의 기준으로 했을 때, 세타파의 경우 valence 구분이 가능한 채널이 없으며, 베타파와 감마파의 경우 valence 구분이 가능한 채널이 상대적으로 많음을 알 수 있다. 또, <그림 5>는 각 파워 밴드에 대하여 채널별 arousal 구분이 가능한 경우의 수를 보여준다. <그림 5>를 보면 세타파와 알파파로는 arousal 구분이 가능한 채널이 없으며, 베타파와 감마파의 경우는 7개의 채널에서 arousal 구분이 가능함을 알 수 있다.



<그림 4> 총 10개 실험 중 valence 구분이 가능한 경우의 수(x축은 채널 번호, y축은 valence 구분이 가능한 경우의 수를 의미함) (a) 세타파 (b) 알파파 (c) 베타파 (d) 감마파



〈그림 5〉 총 10개 실험 중 arousal 구분이 가능한 경우의 수(x축은 채널 번호, y축은 arousal 구분이 가능한 경우의 수를 의미함) (a) 세타파 (b) 알파파 (c) 베타파 (d) 감마파

4. 결론 및 논의

본 논문에서는 valence-arousal의 정서 차원 모델에서 정서의 상태를 인지하는 데 있어 의미 있는 전극의 위치 및 주파수 특징을 통계적 방법을 통하여 분석하는 방법을 제시하였다. 본 논문에서 제시된 실험 결과를 예로 들면 valence의 경우 Fp1, Fp2, Fp1-F3, F3-C3, Fp2-F4 위치에서 알파파로 구분이 가능하였음을 의미한다. 서론에서 기술한 바와 같이 기존의 많은 연구자들은 뇌의 전기적 활동과 valence의 관계를 밝히기 위해서 전두엽에서의 좌/우 비대칭적 특성에 집중하였다. <표 4>에서 보면 전두엽에 위치한 전극인 Fp1, Fp2, F3, F4, Fp1-Fp2, F3-F4에서 모두 valence이 구분이 가능함을 보임으로써, 본 연구 결과가 기존 연구 결과를 포함함을 알 수 있다. 그러나 제시된 실험 결과는 전두엽 이외의 상당 부분에서도 valence의 구분이 가능하다는 것을 보여주고 있으며, 이는 다양한 뇌파 채널 정보를 활용하면 valence를 좀 더 정확하게 인지할 수 있음을 의미한다. Arousal의 경우에는 우측 두정엽(parietal lobe) 및 우측 측두엽(temporal lobe)이 관련

이 있다는 기존에 연구 결과가 보고된 바 있다. Heller[7]의 연구가 대표적인데, 이 연구결과에 따르면 우측 두정측두엽(parietotemporal) 지역이 arousal과 관련이 있다고 주장하였다. <표 4>를 보면 우측 두정측두엽 지역인 T8에서 O2사이의 지역에서는 arousal을 구분하는데 유의한 결과가 나왔는데, 예를 들면 T8과 T8-O2에서 arousal을 구분하는데 통계적으로 유의한 100%의 성공률이 보이고 있어, 우측 두정측두엽 지역이 arousal과 관련이 있다는 기존 연구 주장과 일치한 결과를 보였다.

일반적으로 뇌파를 이용하여 정서 인지를 할 경우 많은 특징들을 이용할 수 있다. 본 논문의 예를 보더라도 12전극에서 총 128개의 특징이 존재하며, 만일 <그림 1>의 전극을 모두 이용할 경우에는 특징의 수는 기하급수적으로 늘어나게 된다. 그러나 이러한 특징들 중에는 정서 인지와 무관한 특징들이 존재할 수 있고 따라서 모든 특징을 이용하는 것에 비해서 정서 인지에 유의한 특징을 선택적으로 이용하는 것이 신뢰도를 높일 수 있는 방법일 것이다. 따라서 본 연구의 방법은 이러한 많은 수의 특징들에서 정서 인지에 유의한 특징을 선택하는 방법으로 이용될 수 있다.

참고문헌

- [1] Center for the Study of Emotion and Attention, International Affective Picture System(IAPS) : Technical Manual and Affective Rating, NIMH-Center for the Study of Emotion and Attention, University of Florida, Gainesville, FL, 1999.
- [2] Chung, S. Y. and Yoon, H. J.; "A Framework for Treatment of Autism Using Affective Computing," in *Proceedings of Medicine Meets Virtual Reality(MMVR)* 18, Newport Beach, CA, USA, February 8-12, 2011.
- [3] Crabbe, J. B., Smith, J. C., and Dishman, R. K.; "Emotional and Electroencephalographic Responses during Affective Picture Viewing after Exercise," *Psychology and Behavior*, 90 : 394-404, 2007.

〈표 4〉 기준전극 및 쌍극 몽타주를 이용한 분석 결과의 예

	기준전극 몽타주	쌍극 몽타주		
		횡방향	종방향(좌반구)	종방향(우반구)
valence	알파파	Fp1, Fp2	-	Fp1-F3, F3-C3, Fp2-F4
	베타파	Fp1, Fp2, F3, F4, T7	Fp1-Fp2, F3-F4, O1-O2	T7-C3, Fp1-F3, F3-C3, C3-P3, Fp1-T7, T7-O1 Fp2-F4, F4-C4, Fp2-T8
	감마파	Fp1, Fp2, F3, F4, C4, P3, O2	Fp1-Fp2, F3-F4, O1-O2	Fp1-F3, F3-C3, C3-P3, Fp1-T7 Fp2-F4, F4-C4, C4-P4, P4-O2
arousal	베타파	T7, T8	T7-T8	T7-C3, T7-O1 C4-T8, T8-O2
	감마파	T7, T8	T7-T8	T7-C3, T7-O1 C4-T8, T8-O2

- [4] Devore, J. L.; *Probability and Statistics for Engineering and the Science*, Duxbury Press, 34, 1995.
- [5] Fox, N. A.; "If It's Not Left, It's Right : Electroencephalograph Asymmetry and the Development of Emotion," *American Psychologist*, 46 : 863-872, 1991.
- [6] Fox, N. A.; Dynamic Cerebral Processes Underlying Emotion Regulation, In : N. A. Fox (Ed.), *The Development of Emotion Regulation : Behavioral and Biological Considerations*, *Monographs of the Society for Research in Child Development*, 59 : 152-166, 1994.
- [7] Heller, W.; "Neuropsychological Mechanisms of Individual Differences in Emotion, Personality, and Arousal," *Neuropsychology*, 7(4) : 476-489, 1993.
- [8] Lang, P. J., Bradley, M. M., and Cuthbert, B. N.; "Emotion, Motivation, and Anxiety : Brain Mechanisms and Psychophysiology," *Biological Psychiatry*, 44(12) : 1248-1263, 1998.
- [9] Müller, M. M., Keil, A., Gruber, T., and Elbert, T.; "Processing of Affective Pictures Modulates Right-Hemispheric Gamma Band EEG Activity," *Clinical Neurophysiology*, 110 : 1913-1920, 1999.
- [10] Schaaff, K. and Schultz, T.; "Towards Emotion Recognition from Electroencephalographic Signals," in *Proceedings of the 2009 International Conference on Affective Computing and Intelligent Interaction*, Amsterdam, The Netherlands, 792-796, 2009.
- [11] Schmidt, L. A. and Trainor, L. J.; "Frontal Brain Electrical Activity (EEG) Distinguishes Valence and Intensity of Musical Emotions," *Cognitive and Emotion*, 15(4) : 487-500, 2001.
- [12] Takahashi, K.; "Remarks on Emotion Recognition from Bio-Potential Signals," in *Proceedings of the 2nd International Conference on Autonomous Robots and Agents*, Palmerston North, New Zealand, December, 13-15, 2004.
- [13] Wundt, W.; *Grundzüge der Physiologischen Psychologie*, Leipzig : Engelmann, 1905.

<부 록>

High valence and high arousal pictures : 1710, 4310, 4680, 4220, 4210, 4180, 8170, 2340, 4002, 4150, 8501, 8370, 4652, 4664, 5700, 4670, 5833, 4250, 8470, 4232, 4651, 4608, 8300, 4142, 4300, 8190, 4220, 4311, 8420, 8510

Medium valence and low arousal pictures : 7233, 7705, 7175, 7950, 7110, 5130, 5731, 2190, 7035, 7006, 7025, 7187, 7224, 2630, 2840, 7020, 5020, 4500, 7004, 2320, 7090, 7040, 5030, 2200, 4571, 2570, 7031, 2850, 5740, 4510

Low valence and high arousal pictures : 9570, 3064, 3060, 3120, 3063, 9560, 3261, 3140, 3168, 3010, 3350, 3110, 3069, 3130, 3080, 3016, 3010, 3266, 3225, 9810, 3015, 3000, 9405, 3000, 3102, 3530, 3062, 3071, 3100, 9040