

fMRI와 TRS와 EEG를 이용한 뇌파분석을 통한 사람의 감정 인식

Brain-wave Analysis using fMRI, TRS and EEG for Human Emotion Recognition

김호덕 · 심귀보*

Ho-Duck Kim and Kwee-Bo Sim

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

많은 연구자들은 인간의 사고를 functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), Time Resolved Spectroscopy(TRS), Electroencephalography(EEG)등을 이용해서 두뇌 활동 영역을 연구하고 있다. 주로 의학 분야와 심리학의 영역에서 두뇌의 활동을 연구하여 간질이나 발작을 알아내고 거짓말 탐지 분야에서도 사용된다. 본 논문에서는 사람의 두뇌 활동을 측정하여 인간의 감정을 인식하는 연구에 중점을 두었다. 특히, fMRI와 TRS 그리고 EEG를 이용해서 사람의 두뇌 활동을 측정하는 연구를 하였다. 많은 연구자들이 한 가지 측정 장치만을 사용하여 측정하거나 fMRI와 EEG를 동시에 측정하는 연구를 진행하고 있다. 현재에는 단순히 두뇌의 활동을 측정하거나 측정 시 발생하는 잡음들을 제거하는 연구들에 중점을 두고 진행되고 있다. 본 연구에서는 fMRI와 TRS를 동시에 측정하여 얻은 두뇌 활동 데이터를 가지고 감정에 따른 활동 영역의 EEG 신호를 측정하였다. EEG 신호분석에 있어서 기존의 뇌파만을 가지고 특징을 찾아내는 것을 넘어서 각각의 채널에서 기록되는 뇌파의 파형을 주파수에 따라서 분류하고 정확한 측정을 위해 낮은 주파수를 제거하고 연구자가 필요한 부분의 뇌파를 분석하였다.

Abstract

Many researchers are studying brain activity to using functional Magnetic Resonance Imaging (fMRI), Time Resolved Spectroscopy(TRS), Electroencephalography(EEG), and etc. They are used detection of seizures or epilepsy and deception detection in the main. In this paper, we focus on emotion recognition by recording brain waves. We specially use fMRI, TRS, and EEG for measuring brain activity. Researchers are experimenting brain waves to get only a measuring apparatus or to use both fMRI and EEG. This paper is measured that we take images of fMRI and TRS about brain activity as human emotions and then we take data of EEG signals. Especially, we focus on EEG signals analysis. We analyze not only original features in brain waves but also transferred features to classify into five sections as frequency. And we eliminate low frequency from 0.2 to 4Hz for EEG artifacts elimination.

Key Words : functional Magnetic Resonance Imaging(fMRI), Time Resolved Spectroscopy(TRS), Electroencephalography (EEG), 감정인식, 뇌파

1. 서 론

사람의 생체신호를 이용한 연구는 의학 분야뿐만 아니라 공학이나 심리학 등에서도 많은 연구가 진행되어가고 있다. 특히, 사람의 생체 신호 중에서도 뇌파에 관한 연구가 빠르게 진행되어져 가고 있다. 본 논문에서는 생체신호 중에서 뇌파에 관한 연구를 중점을 두고 뇌파를 분석해서 사람의 감정을 인식하는 방향으로 논문을 기술하였다. 뇌를 연구하는

분야에서 주로 사용하는 측정방법으로 fMRI와 EEG등을 이용해서 연구를 하고 있다. 또한 한 가지 측정 장비를 사용하지 않고 여러 가지 측정 장비를 같이 사용해서 측정하는 방법도 이용되고 있다. EEG 신호측정은 뇌에서 일어나는 작은 전기적인 신호들을 측정하는 것인데, 이 신호의 잡음을 제거하고 연구자가 원하는 신호들을 얻기 위한 연구들도 하고 있다. G.J.M Huiskamp는 fMRI를 스캐닝하는 동안 EEG를 측정하고 사람의 혈류 및 심장 박동에 의해서 생기는 잡음들을 Independent Component Analysis(ICA)를 이용해서 제거하였다[1, 12]. Zhongming Liu는 EEG를 가지고 통합된 fMRI 위해서 새로운 다중 모델 이미지 전략을 제안하였다[2]. J. C. de Munck 역시 fMRI을 스캐닝하면서 EEG 신호를 측정하고 그 측정되어지는 신호들을 신호처리의 측면에서 연구를 했다. 그리고 펄스에서 알파파를 가지고 연구를 진행하였다 [3]. 이와 같이 연구들이 한 가지의 측정 방법이 아닌 여러 가지를 동시에 사용해서 측정하는 것이 근래에 연구 방향이

접수일자 : 2007년 8월 24일

완료일자 : 2007년 11월 14일

* 교신 저자

감사의 글 : 이 논문은 산업자원부의 뇌신경정보학연구사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구비지원에 감사드립니다.

라고 할 수 있다. 본 논문에서는 기존에 하던 연구에 약간의 방향과 방법을 바꿔서 연구를 하였다. 기존의 뇌파 측정의 이유는 발작이나 수면상태 등의 사람의 상태를 이용한 의학 분야나 정신학적인 측면에서 연구 되었지만, 본 연구는 공학적인 측면에서 적용을 위해 사람의 감정을 인식하는 방향으로 연구를 하였다. 그리고 연구 방법에서는 fMRI와 TRS를 동시에 측정한 후에 EEG를 측정하는 방법을 선택하였다. 특히, 측정된 EEG 신호를 분석하는데 중점을 두고 연구를 하였다. Junya TANAKA는 실험에서의 EEG 측정 기술의 개발을 연구하면서 보다 더 정확한 신호추출에 중점을 두었다. 추출을 위해서 ICA를 사용하였다[5]. EEG의 잡음을 제거하기 위한 것이 많은 연구의 중점으로 되고 있는 현실이다. 그리고 ICA 분석을 통한 방법이 주류를 이루고 있다. Arnaud Delorme는 12-Hz의 특정 주파수만을 이용해서 EEG에 수반되는 학습에 의해 조절되는 변화를 연구하였다[6]. Tarun Madan은 Power Spectral Density를 이용한 EEG 분석도 이루어 졌다[7]. 또한 이런 EEG 신호들의 data Mining에 대한 연구도 있다[8]. 본 연구에도 EEG 신호를 측정하는데 Fast Fourier transform(FFT)에 의한 Power Spectrum 분석을 하였다. 그리고 실험상에서 목의 움직임, 맥박, 눈의 깜박임과 같은 낮은 주파수에 발생하는 잡음들을 제거하기 위해서 0~4Hz의 δ 파를 시플레이터 상에서 제거하고 분석을 했다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 실험의 데이터의 추출 및 방법에 대해서 설명하였다. 3장에서는 방법에 대해서 실험데이터를 추출을 위한 실험 설명 및 실험 장치에 대해서 다룬다. 3장 실험 결과를 설명하였다. 그리고 4장에서는 토론 및 향후 내용에 대해서 논의하는 순서로 이루어졌다.

2. 실험 데이터의 추출 및 방법

2.1 fMRI와 TRS 실험 방법

먼저, fMRI와 TRS를 감정에 따라 동시에 측정하여 두뇌의 활성영역을 살펴보았다. fMRI와 TRS의 동시 실험은 충남대 손진훈 교수에 의해서 세계최초로 실험되었다.

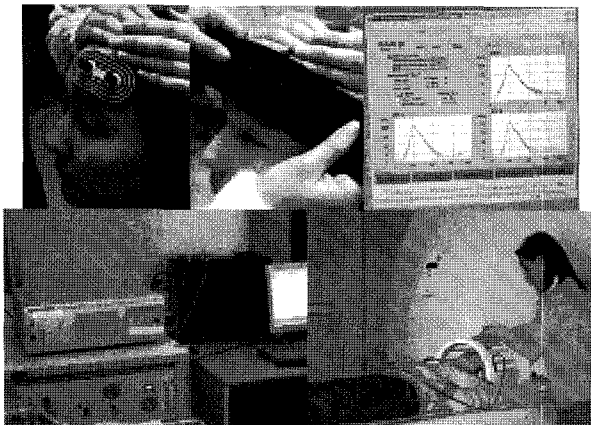


그림 1. TRS 내부 장치 및 fMRI 동시측정 실험 과정
Fig. 1. TRS inner part and fMRI measurement processing

그림 1과 같이 실험 장치를 꾸미고 실험을 하였다. 여기서

TRS측정 근적외선(700-1000 nm)을 뇌 조직으로 통과시켜 그때 흡수되고 산란되는 광량을 측정하여 뇌 혈류속의 헤모글로빈의 변화를 측정하는 기술방식이다. 인지 및 정서실험을 통해서 실험하는 동안 혈류내의 oxyhemoglobin, doxy hemoglobin, total hemoglobin의 농도와 SO2를 측정하였다. TRS를 통해서 fMRI만을 사용했을 때보다 보다 더 세밀한 변화를 알 수 있게 만들었다[9]. 그리고 fMRI의 사진을 통해서 활성화 되는 부분에 EEG 실험 장치를 하고 신호를 측정하는 방법을 선택하였다.

2.2 EEG 신호 측정 방법

그림 2를 보면 머리표면위에 뇌파전극을 부착하는 위치는 표시하고 머리에 전극을 부착한 모습의 그림을 보여준다. 전극 부착을 위한 좌표는 국제적으로 명명된 MCN 시스템을 사용하지만, 본 논문에서는 채널이 8채널이라서 작은 채널에 일반적으로 사용하고 있는 10/20전극시스템을 사용하였다. 그리고 실험에서 실험의 자극은 사진의 자극이 아닌 시청각 자극을 사용하여 감정 유발을 하였다.

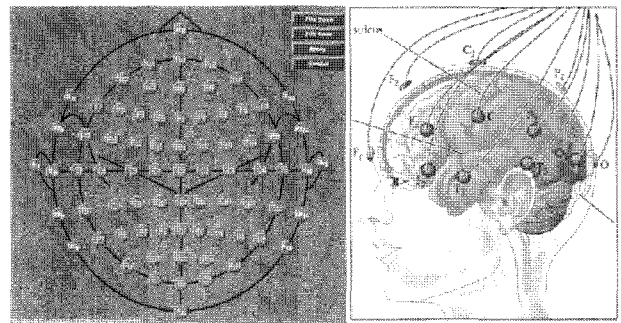


그림 2. MCN 실험 좌표 및 EEG 실험 전극
Fig. 2. MCN Experiment Coordinate and EEG Experiment electrode

EEG 실험에서는 8개의 전극 센서를 피 실험자의 두피에 부착하고 측정 실험을 하였다. 측정된 결과 값들은 RS-232 시리얼 포트를 이용해서 PC에 데이터로 전송되어 진다. 이 측정 장비는 8개의 채널을 가진 LAXTHA에서 제공되는 QEEG-8장비를 사용해서 실험 측정을 하였다.

2.3 실험 감정 유발

사람의 심리 상태의 구조를 규명하기 위한 주요 이론적 접근으로 크게 차원모형과 기본정서모형의 두 가지로 주로 접근해 왔다. Wundt가 쾌/불쾌, 흥분/침착, 긴장/이완의 세 가지 차원으로 구성한 것으로부터 차원적 분류가 시작되었으며 이에 Russell은 기존의 연구들을 통합하여 쾌/불쾌와 각성/비각성의 보편적 두 가지 차원으로 정서를 분석하기도 하였다[10]. 차원모형과는 달리 각 정서경험에 의해서 개별적으로 다루고자 하는 연구도 진행 되었다. 특히, 범주적 모형에 근거한 기본정서 이론을 주도해온 Ekman은 행복(happy), 놀람(surprise), 공포(fear), 분노(anger), 혐오(disgust), 슬픔(sad)의 6가지의 정서가 기본정서라고 주장하였다[11]. 본 논문에서는 사람의 기본 감정을 Ekman의 정의에 기준으로 해서 6가지 감정을 정하고 그 6가지 감정들을 유발 시켜서 감정에 따른 뇌파를 분석 하였다. 본 논문에 정한 감정은 기쁨, 두려움, 슬픔, 즐거움, 화남, 혐오의 6가지를 잡았다. 그리고 감정 유발을 위해서 일반적인 사진을 보여주는 방법이 아닌

시청각 자료를 사용하였다. 시청각 자료는 한국인의 일반적인 정서에 맞춘 시청각 자료를 사용하였다. 대부분을 영화의 한 부분이나 동영상들을 보여주면서 실험을 하였다. 감정 실험의 순서는 그림 3과 같이 먼저 실험을 설명하고 30초 간격으로 휴식을 취하게 하고 기쁨 → 두려움 → 슬픔 → 즐거움 → 화남 → 혐오의 순서대로 1분30초간의 동영상을 보여주면서 감정을 유발하였다[9]. 실험 장소는 실험실 작은 방에서 실시하였는데, 보다 더 정확한 감정 유발을 위해 시청각 상영 시에는 주의 배경을 어둡게 해서 시청각자료에 집중할 수 있게 실험공간을 설치하였다.

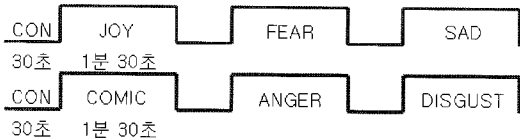


그림 3. 시청각 자극의 순서
Fig. 3. Audio-Visual Stimulus Order

2.4 EEG 신호 분석

EEG 신호 데이터는 8개의 채널로 구분이 되어서 측정된 신호들은 그림 4와 같이 매우 복잡한 패턴으로 진동하는 파형의 형태가 나오게 된다. 본 논문에서는 각각의 측정된 신호들을 Fast Fourier transform(FFT)에 의해서 주파수 별로 분석하는 Power Spectrum 분석을 사용하였다. 그림 5는 측정된 뇌파를 Power Spectrum 분석을 통해서 나온 신호들을 나타낸 그림이다. 여기서 5가지의 색으로 주파수를 분류했다. 이 5가지 색은 표 1과 같이 주파수 영역으로 분류한 것을 나타내는 것이다.

특히, 뇌파의 분석에서 가장 주안점이 되고 있는 잠음 문제의 해결에도 해결방법을 제시하였다. 각각의 측정된 신호에서 눈의 움직임에 의한 안전도 혼입, 안면 근 수축에 의한 근전도 혼입, 몸 움직임 또는 전극선 흔들림에 의한 drift에 의한 잡음들은 낮은 주파수에서 일어나는 현상이므로 0~4Hz의 낮은 주파수의 δ 파를 제거하고 각각의 뇌파를 분석하였다.

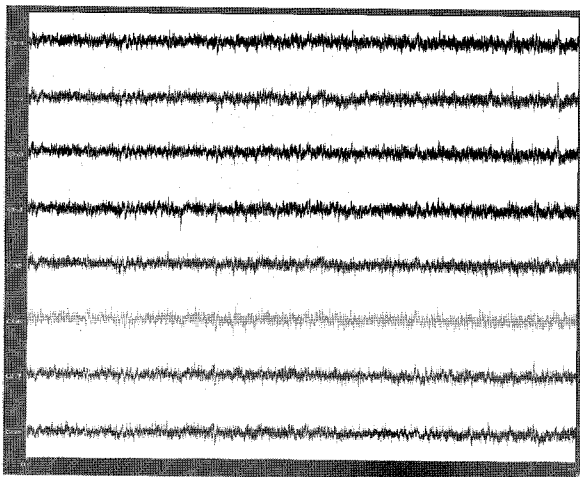


그림 4. 측정 뇌파 신호
Fig. 4. Recorded Brain-Waves Signals

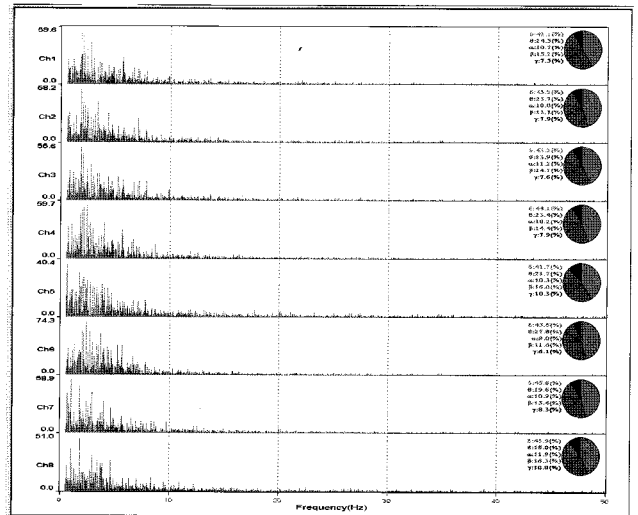


그림 5. 측정 뇌파의 Power Spectrum
Fig. 5. Power Spectrum of Brain-Waves

표 1. EEG 신호의 주파수별 분류
Table 1. Frequency division of EEG Signals

EEG Level	주파수 대역
δ wave	0 ~ 4 [Hz]
θ wave	4 ~ 8 [Hz]
α wave	8 ~ 13 [Hz]
β wave	13 ~ 30 [Hz]
γ wave	30 ~ 50 [Hz]

실험에 의해 측정된 뇌파를 분석할 때 그림 6, 7과 같이 δ 파만을 제외하고 각각의 절대 파워 값과 상대 파워 값으로 나타낸다. 이 값들을 통해서 뇌파를 분석하였다. 이 분석을 통해 보다 정밀한 뇌파를 분석하고 감정에 따른 뇌파의 측정 결과를 확인 할 수 있다. 절대 파워 값들은 각각의 영역별로 분리한 값이고 상대 파워 값들은 (원하는 영역/ $\theta + \alpha + \beta + \gamma$)의 식을 이용해서 계산하여 나타내었다.

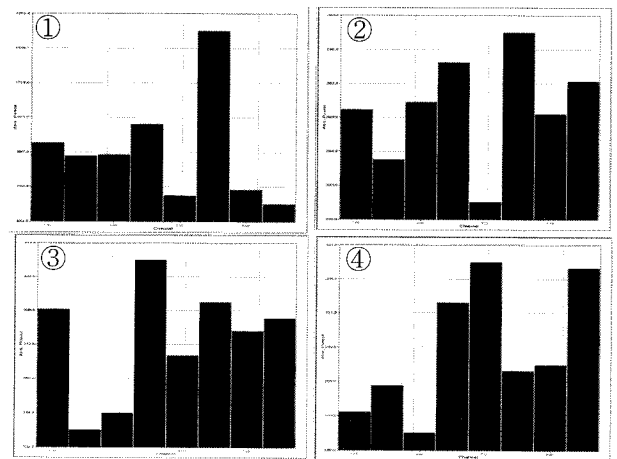


그림 6. EEG 신호의 절대 파워 값들
①: θ 파워 값, ②: α 파워 값, ③: β 파워 값, ④: γ 파워 값
Fig. 6. Absolute Power Values of EEG Signals

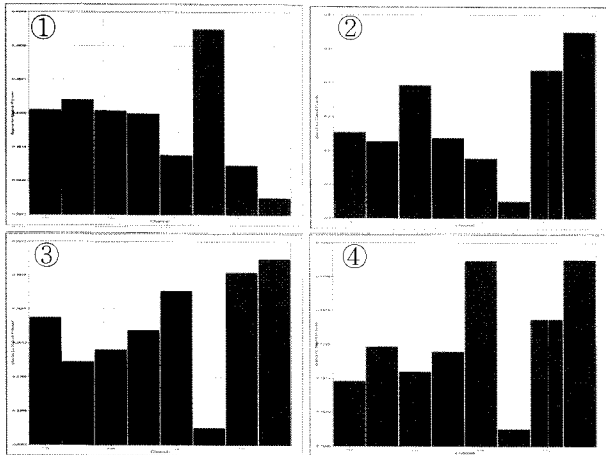


그림 7. EEG 신호의 상대 파워 값들
 (①:θ 파워 값, ②:α 파워 값, ③:β 파워 값, ④:γ 파워 값)
 Fig. 7. Relative Power Values of EEG Signals

절대 값과 상대 값들을 나타낼 때에 많은 잡음 요소들을 제거한 뒤 분석을 통해 보다 감정에 따른 뇌파를 보다 정확하게 분석할 수 있다.

3. 실험 결과

3.1 fMRI와 TRS 실험 결과

그림 8은 TRS로 측정된 oxy hemoglobin의 양이 증가함에 따라 활성화(intensity of boxel)가 증가한 두뇌영역과 TRS로 측정된 SO₂가 증가함에 따라 활성화(intensity of boxel)가 증가한 두뇌영역을 나타낸 그림이다.

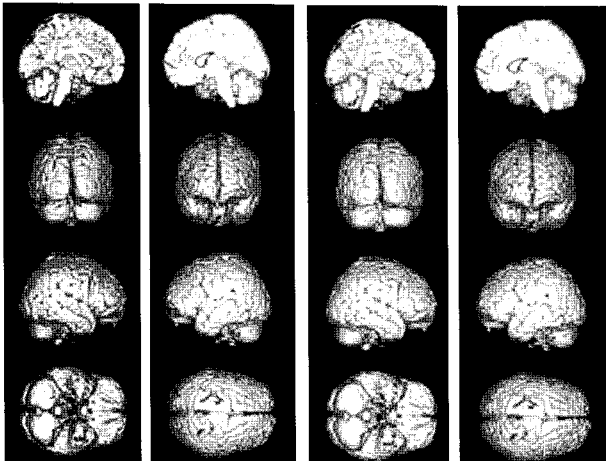


그림 8. TRS로 측정된 두뇌 영역
 Fig. 8. Brain areal of Recorded TRS

TRS로 측정된 oxy hemoglobin의 양을 증가 시켰을 때는 두뇌에서 R/L, Anterior Cingulate, R, Medial Frontal Gyrus, L, Insula, R, Cerebellum이 활성화가 되었고 SO₂ 증가함에 따라서는 L, Mid. Frontal Gyrus, R, Mid. Frontal Gyrus, R, Cerebellum 영역이 활성화 되는 것을 볼 수 있다.

그림 9는 TRS로 측정된 total hemoglobin의 양이 증가함에 따라 활성화(intensity of boxel)가 증가한 두뇌 영역으로

L, Pons, L, Midbrain 두 부분이 활성화 된 것을 알 수 있다.

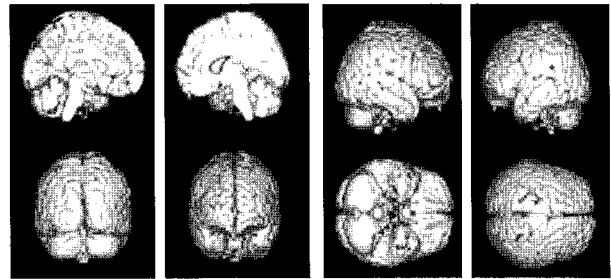


그림 9. TRS로 측정된 두뇌 영역
 Fig. 9. Brain area of Recorded TRS

그림 10은 6가지 감정에 따라 활성화된 두뇌 영역을 나타내는 fMRI의 사진들이다. 사진들을 통해서 각각의 감정에 따라 활성화 되는 부분을 알 수 있다.

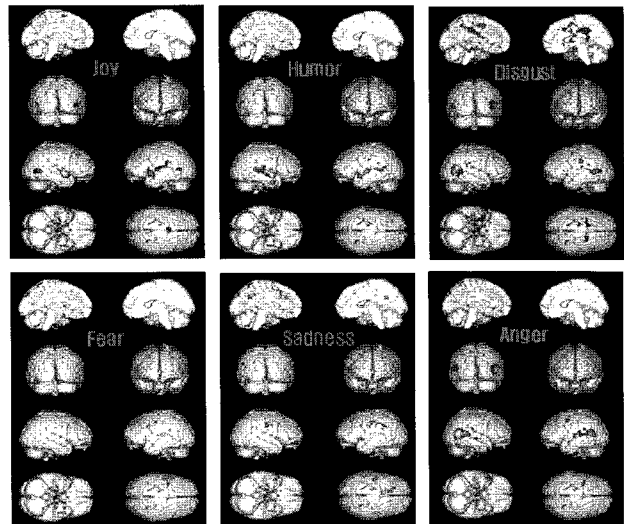


그림 10. 감정에 따라 fMRI로 측정된 두뇌 영역
 Fig. 10. Brain area of Recorded fMRI as emotions

3.2 EEG 실험 결과

EEG 실험도 fMRI의 실험과 같이 6가지 감정을 유발하기 위해서 시청각 자료를 사용하여 실험을 하였다. 그림 11은 EEG 실험을 위해 전극을 부착하고 시청각 자료를 보면서 실험을 하는 모습을 보여준다.

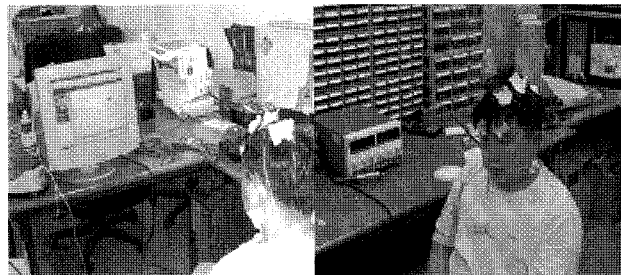


그림 11. EEG 실험 모습
 Fig. 11. The Picture of EEG Experiment

실험 후에 감정에 따라 5가지 주파수의 영역으로 나누고 1~4Hz의 영역은 주파수는 제거하고 4~50Hz에 대한 각각의 상대 값을 계산하였다. 그리고 그 계산 값을 분석하는 방법으로 EEG 신호의 결과를 분석하였다. 그림 12는 EEG 신호의 예를 보여준다. 그림 12에서 보여주는 파형은 피 실험자의 화남에 대한 감정의 뇌파를 보여준다.

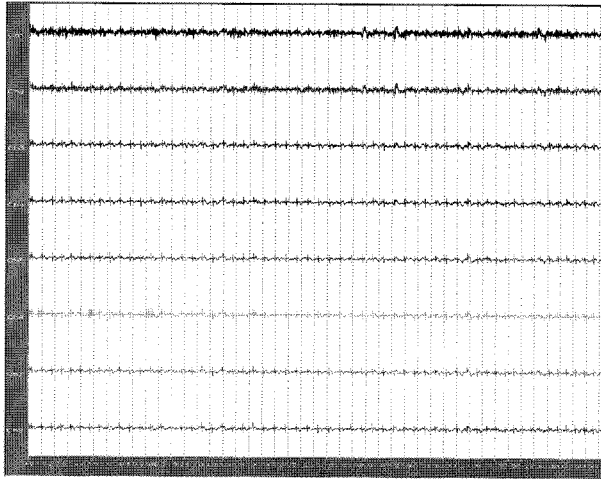


그림 12. 측정된 뇌파 (“예 : 화남”)
 Fig. 12. Recorded Brain-wave (“Ex : Angry”)

그림 13은 측정된 뇌파를 Fast Fourier transform(FFT)를 이용해서 파워 스펙트럼으로 분석 한 결과를 보여준다.

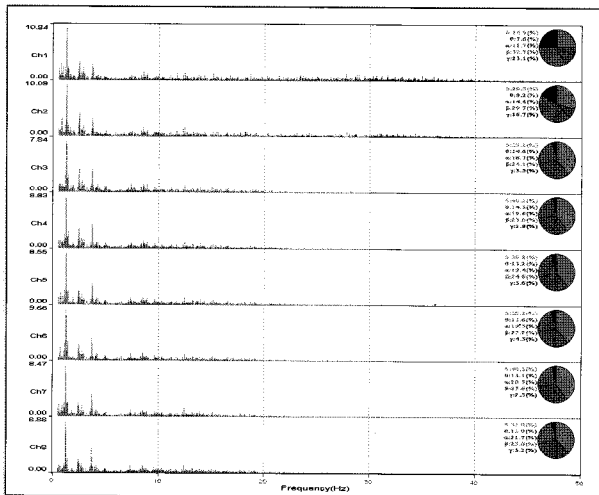


그림 13. 파워 스펙트럼으로 변환된 뇌파 (“예 : 화남”)
 Fig. 13. Brain-wave by Power Spectrum (“Ex : Angry”)

표 2는 그림 13의 파워 스펙트럼 분석 결과에서 주파수에 따른 상대 값에 의해서 분석한 결과 값을 나타낸 것이다. 상대 값은 2.2절에서 설명한 방법으로 주파수를 분류하고 분석<원하는 영역의 주파수 범위/4Hz~50Hz(= $\theta + \alpha + \beta + g$)>에 따라서 계산되었다.

표 2. 상대 파워 값 (“예 : 화남”)
 Table 2. Relative Power Values (“Ex : Angry”)

	Ch.1	Ch.2	Ch.3	Ch.4	Ch.5	Ch.6	Ch.7	Ch.8
θ 파 (4~8 Hz)	0.100 716	0.131 698	0.240 196	0.239 372	0.217 154	0.223 811	0.219 903	0.207 256
α 파 (8~13 Hz)	0.156 531	0.207 793	0.307 133	0.328 137	0.318 901	0.321 712	0.343 432	0.344 600
β 파 (13~30Hz)	0.435 296	0.423 231	0.395 950	0.384 714	0.405 696	0.381 978	0.395 601	0.397 270
g파 (30~50Hz)	0.307 981	0.237 536	0.057 436	0.048 349	0.058 997	0.073 322	0.041 733	0.051 553

그림 13의 화남에 관한 실험 결과를 보면 4개의 주파수 영역에 8개 채널에서의 크기 값이 다르다는 것을 볼 수 있다. 그런데 이런 비율은 피 실험자에게 실험했던 자극들에 따라서 다르다는 것을 실험을 통해서 알 수 있다. 비슷한 비율이지만, 조금씩의 차이를 보여준다. 이러한 차이점을 이용해서 피 실험자가 어떠한 감정을 느끼고 있는지를 뇌파를 통해서 알 수 있게 된다.

4. 결 론

본 논문은 TRS와 fMRI의 사진을 통해서 감정에 따른 뇌 활성 부분을 알고 그 부분에 EEG 신호 측정에 그 위치에 자극 센서를 가지고 측정 하였다. 그리고 측정된 EEG 신호는 FFT를 이용한 Power Spectrum 분석을 통해서 분석을 한다. 특히, 몸의 움직임, 심장박동, 눈꺼풀의 움직임 같은 1초에 4~5회도 되지 않는 낮은 주파수의 잡음들이 섞여있는 δ 파를 제거하고 분석을 하였다. 그리고 얻은 데이터들은 각각의 특정 범위의 주파수로 나누고 주파수마다의 상대적인 값을 사용하여서 감정인식에 사용하였다. 실험 결과를 보면 disgust(혐오) 감정은 다른 EEG 신호의 큰 차이를 보였지만, fear와 joy, anger감정과 sad감정은 비슷한 뇌파신호를 결과로 얻을 수 있었다.

차후에는 α 나 β 의 영역만이 아니라 우리가 원하는 주파수의 영역을 분석해야하고 분석에 있어서도 감정에 따른 많은 변화를 보이는 주파수를 연구해서 보다 작은 주파수에서도 더 명확한 감정을 알 수 있는 연구가 필요하다. 그리고 이 뇌파 분석에 있어서 Fuzzy System, Genetic Algorithm, Neural Network 같은 신경망을 이용한 연구도 같이 진행되어야 할 것이다. 또한 공학적인 접근을 위해서 이런 감정값들을 이용해서 사람의 감정에 따른 다양한 서비스 제공도 필요하고 뇌파만이 아닌 다른 센서와 융합하는 기술 또한 필요할 것이다. 그리고 뇌파 측정에 있어서 보다 편리하고 강한 측정방법의 개발도 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] Kazuhiko, Takahashi, "Remarks on Emotion Recognition from Multi-Modal Bio-Potential Signal," *IEEE International Conference on Industrial Technology (ICIT)*, 2004.

[2] G. J. M Huiskamp, "Reduction of the Ballistocardiogram Artifact in Simultaneous EEG-fMRI using ICA," *Proc. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, September 2005.

[3] Zhongming Liu, Bin He, "A New Multimodal Imaging Strategy for integrating fMRI with EEG," *Proc. of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference*, August 2006.

[4] J.C. de Munck, SI Goncalves, PWJ Pouwels, JPA Kuijter, RM Heethaar, FH Lopes da Silva, "Signal Processing Aspects of Simultaneously Recorded EEG, Pulse and fMRI," *Proc. of the 3rd IEEE International Biomedical Imaging : Macro to Nano*, April 2006.

[5] Mark D. Korhonen, David A. Clausi, M. Ed Jernigan, "Modeling Emotional Content of Music Using System Identification," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics-Part B : Cybernetics*, vol. 36, no. 3, June 2006.

[6] Junya Tanaka, Mitsuhiro Kimura, Naoya Hosaka, Hiroyuki Sawaji, Kenichi sakakura, Kazushige Magtani, "Development of the EEG measurement technique under exercising," *Proc. of the 2005 IEEE Engineering in Medicine and Biology 27th Annual Conference*, September 2005.

[7] Arnaud Delorme, Scott Makeig, "EEG Changes Accompanying Learned Regulation of 12-Hz EEG Activity," *IEEE Trans. of Neural System and Rehabilitation Engineering*, vol. 11, no. 2, June 2003.

[8] Tarun Madan, Rajeev Agarwal, M.N.S. Swamy, "Compression of long-term EEG using Power Spectral Density," *Proc. of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS*, September 2004.

[9] Pari Jahankhani, Kenneth Revett, Vassilis Kodogiannis, "Data Mining an EEG Dataset With an Emphasis on Dimensionality Reduction," *Proc. of the 2007 IEEE Symposium on Computational Intelligence and Data Mining*, pp. 405-412, April 2007.

[10] 이옥현, 석지아, 박미숙, 엄진섭, 권애란, 손진훈, "부정 정서와 관련된 뇌 활성화 영역", *Proc. of KFIS Spring Conference*, vol. 12, no. 1, 2006.

[11] Russell, J.A., "Evidence of convergent validity on the dimensions of affect," *Journal of Personality and Social Psychology*. 36. 1152-1168.

[12] Ekman, P, "Universals and cultural differences in facial expressions of emotion," *In J. Cole (Ed.), Nebraska Symposium on Motivation 1971*. 19. 207-283. Lincoln, NE: University of Nebraska Press.

[13] Wakako Nakamura, Kimitaka Anami, Takeyuki mori, Osamu Saitoh, Andrzej Cichocki, Shun-ichi Amari, "Removal of Ballistocardiogram Artifacts From Simultaneously Recorded EEG and fMRI Data Using Independent Component Analysis," *IEEE Trans. Biomedical Engineering*, Vol.53, No. 7, July 2006.

저 자 소 개



김호덕(Ho-Duck Kim)

2005년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
 2006년 : 중앙대학교 전자전기공학부 대학원 석사과정 재학중

관심분야 : Evolvable H/W, Emotion Recognition, SLAM, Genetic Algorithm, DARS, etc.



심귀보(Kwee-Bo Sim)

1990년 : The University of Tokyo
 전자공학과 공학박사

[제17권 5호(2007년 10월호) 참조]

1991년 ~ 현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수

2006년 ~ 현재 : 한국퍼지 및 지능시스템학회 회장

E-mail : kbsim@cau.ac.kr
 Homepage URL : http://alife.cau.ac.kr