Proceedings of KFIS Autumn Conference 2007 Vol. 17, No. 2.

fMRI와 TRS와 EEG를 이용한 뇌파분석을 통한 사람의 감정 인식

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

김호덕, 심귀보
H0-Duck Kim and Kwee-Bo Sim

중앙대학교 전자전기공학부
(E-mail: kbsim@cau.ac.kr)

요 약

많은 과학자들은 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 두뇌활동을 측정하여 인간의 감정을 인식하는 연구에 중점을 두었다. 특히, fMRI와 TRS 그리고 EEG를 이용해서 사람의 두뇌활동을 측정하는 연구를 하였다. 많은 연구자들이 한 가지 측정 장치만을 사용하여서 측정하거나 fMRI와 EEG를 동시에 측정하는 연구를 진행하고 있다. 현재에는 단순히 두뇌의 활동을 측정하거나 측정시 발생하는 잡음들을 제거하는 연구들에 중점을 두고 진행되고 있다. 본 연구에서는 fMRI와 TRS를 동시에 측정하여 얻은 두뇌 활동 데이터를 가지고 감정에 따른 활동영역의 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.

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

1. 서 론

사람의 생체신호를 이용한 연구는 의학분야뿐만 아니라 공학이나 심리학 등에서도 많은 연구가 진행되어가고 있다. 특히, 사람의 생체신호 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]. Zhongming Liu는 EEG를 가지고 통합된 fMRI위해서 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 방향이라고 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

감사의 글 : 본 연구는 산업자원부의 뇌신경정보학 연구사업의 연구비 지원으로 수행되었습니다. 연구비 지원에 감사드립니다.

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 잡음들을 제거하기 위해서 0~4khz의 δ 파를 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

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

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, deoxy 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.

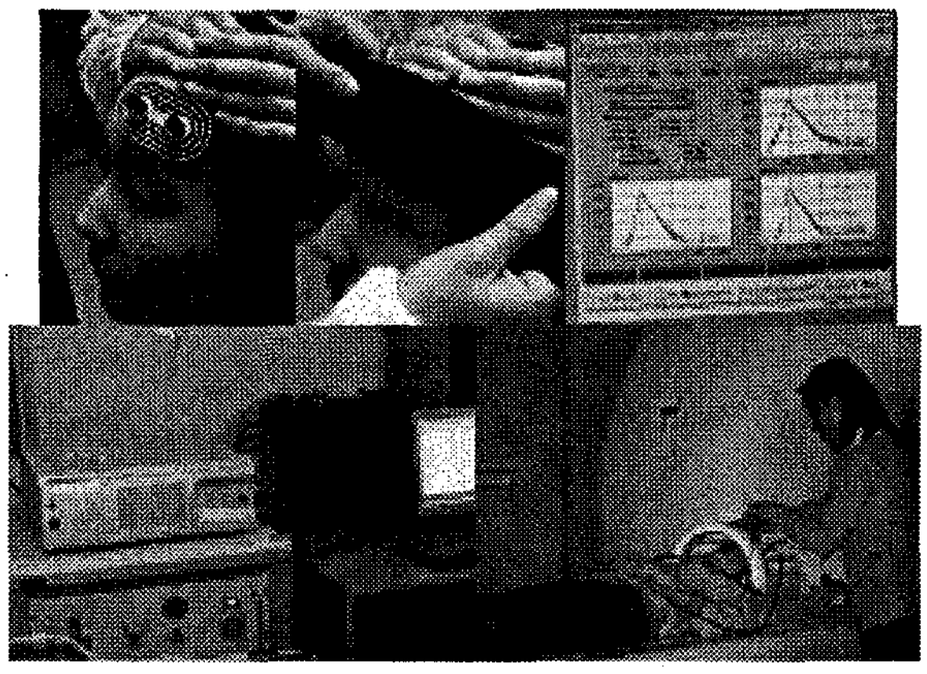

그림 1. TRS 내부 장치 및 fMRI 동시측정 실험 과정

그림 2를 보면 머리표면위에 뇌파전극을 부착하는 위치는 표시하고 측정하는 모습의 그림을 보여준다. 국제적으로 명명된 MCN 시스템을 사용하지만, 채널이 8채널이라서 일반적으로 사용하고 있는 10/20전극시스템을 사용하였다. 그리고 실험에서 실험의 자극은 사진의 자극이 아닌 시청각 자극을 사용하여 감정 유발을 하였다.

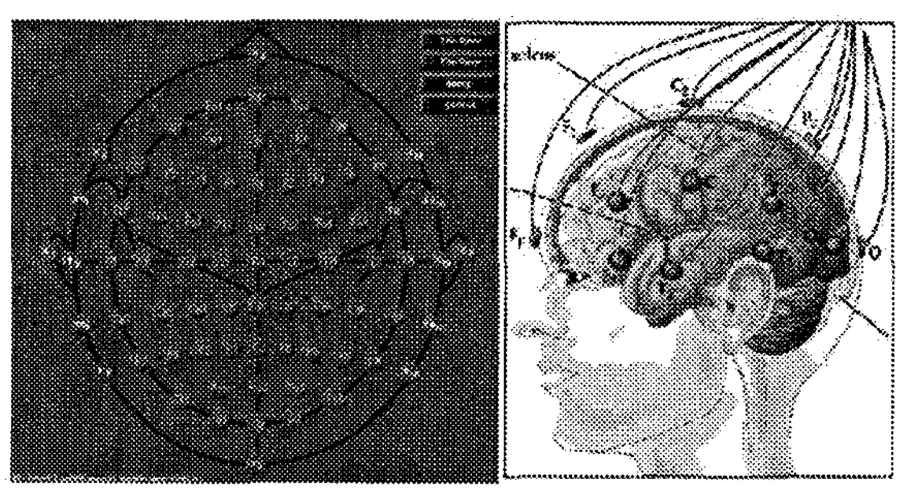

그림 2. MCN 실험 좌표 및 EEG 실험 부착

그림 3과 같이 먼저 실험 설명을 하고 30초 간격 휴식을 취하게 하고 기쁨→두려움→슬픔→즐거움→화남→혐오의 순서대로 자극을 하였다[9].

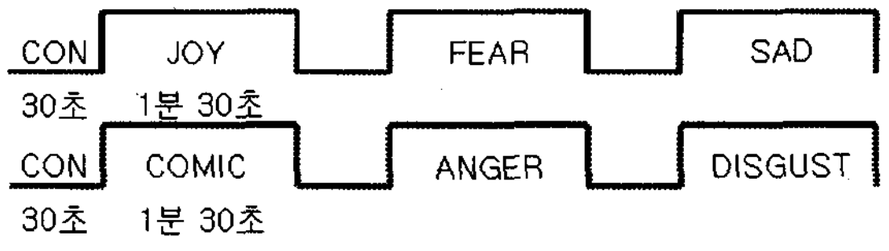

그림 3. 시청각 자극의 순서

2.1 EEG 신호 분석

EEG 신호 데이터는 그림 4와 같이 8개의 채널로 구분이 되어서 측정된 신호들이 나오게 된다. 본 논문에서는 각각의 측정된 신호들을 그림 5와 같이 Fast Fourier transfrom(FFT)

에 의한 Power Spectrum을 통해서 신호들을 분석하게 된다. Power Spectrum은 신호들을 표 1.과 같이 분류를 하게 된다. 각각의 측정된 신호에서 눈의 움직임에 의한 안전도 혼입, 안면 근 수축에 의한 근전도 혼합, 몸 움직임 또는 전극선 흔들림에 의한 drift의 잡음 등은 낮은 주파수에서 일어나는 현상이므로 0~4khz의 낮은 주파수의 δ파를 제거하고 각각의 뇌파를 분석하였다.

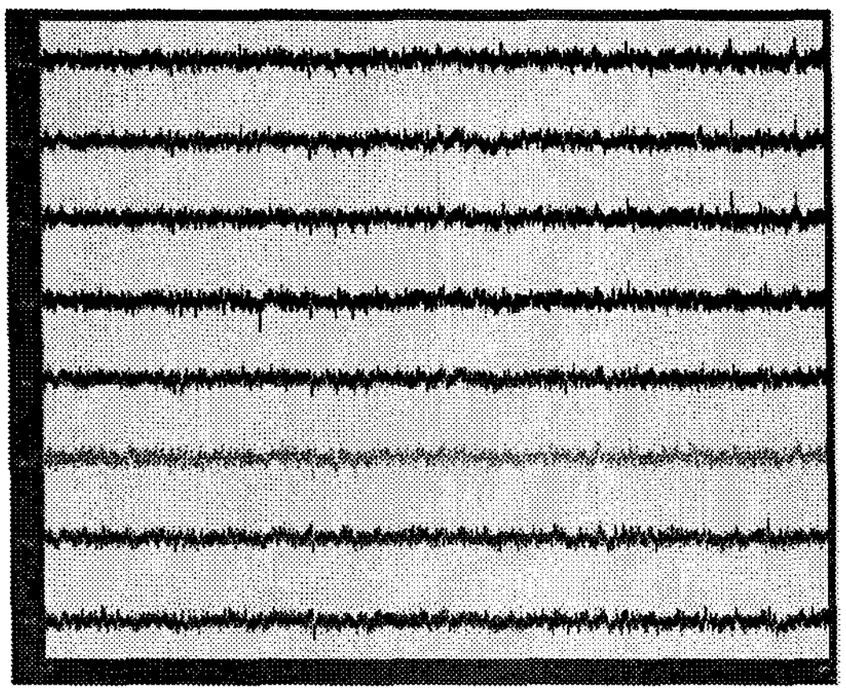

그림 4. 측정 뇌파 신호

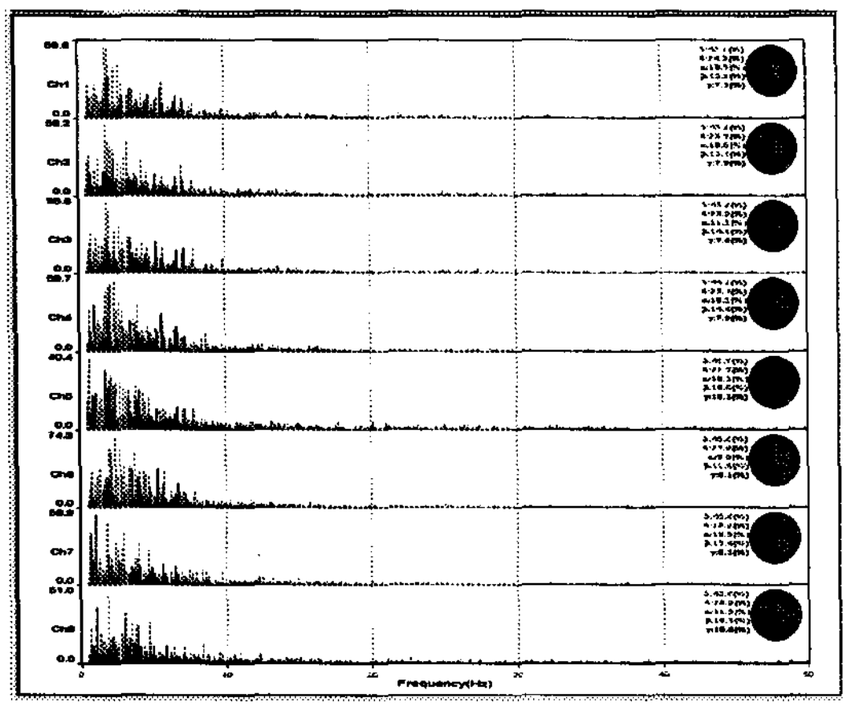

그림 5. 측정 뇌파의 Power Spectrum

표 1. EEG의 주파수 대역별 영역

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]

각각의 영역에 따라 절대 값을 구하게 된다. 절대 값에 따라서 그 감정에 따른 특징 값을 추출하게 된다. 추출된 값들은 절대 파워 값과 상대 파워 값을 통해 분석하게 된다.

3. 실험 결과

그림 6은 측정 실험의 뇌파를 분석한 것이다. δ 파만을 제외한 각각의 절대 파워 값이다. 그리고 그림 7은 각각의 상대 파워 값을 나타낸다. 절대 파워 값과 상대 파워 값을 통해서 뇌파를 분석하게 된다. 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/Θ+α+β+γ)의 식을 이용해서 계산하여 나타내었다.

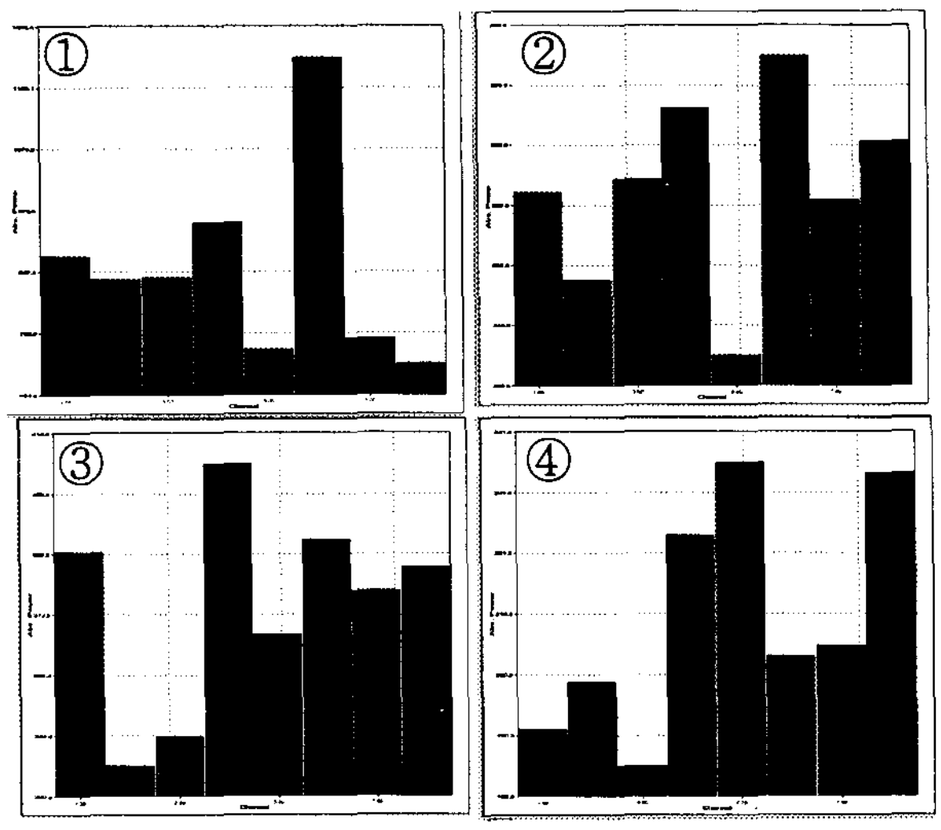

그림 6. EEG 신호의 절대 파워 값들
(①:Θ 파워 값, ②:α 파워 값, ③:β 파워 값, ④:γ 파워 값)

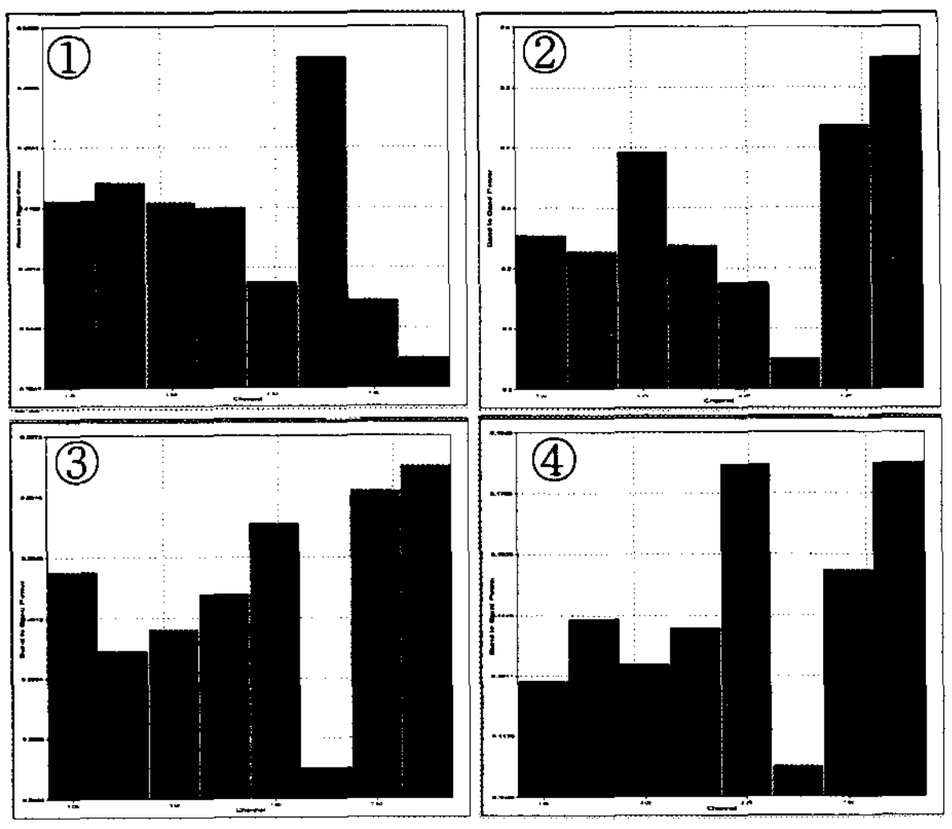

그림 7. EEG 신호의 상대 파워 값들
(①:Θ 파워 값, ②:α 파워 값, ③:β 파워 값, ④:γ 파워 값)

δ값을 같이 사용했을 때 Power Spectrum

분석은 잡음의 영향을 잘못된 값들이 많았지만 δ값을 제거함으로 더 정확한 데이터를 가져올 수 있었다.

4. 결 론

본 논문은 TRS와 fMRI의 사진을 통해서 감정에 따른 뇌 활성 부분을 알고 그 부분에 EEG 신호 측정에 그 위치에 센서를 가지고 측정 하였다. 그리고 측정된 EEG 신호는 Power Spectrum 으로 변환하고 많은 잡음들이 섞여있는 δ파를 제거하고 분석을 하였다. 감정에 따른 뇌 분석에 있어서 EEG 신호에서 측정값들의 자세한 분석이 필요할 것이다. α나 β의 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. 차후 공학적인 접근을 위해서 이런 감정값들을 이용하여 사람의 감정에 따른 다양한 접근이 필요하다. 감정에 따른 서비스 제공 및 뇌파의 측정에 있어서 보다 간편하고 측정하는 방법의 개발이 필요할 것이다.

참 고 문 헌

[1] 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.

[2] 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.

[3] J.C. de Munck, SI Goncalves, PWJ Pouwels, JPA Kuijer, 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.

[4] 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.

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

[6] 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.

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

[8] 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.

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