한국지능시스템학회 논문지 2008, Vol. 18, No. 2, pp. 251-256

EEG 신호의 Power Spectrum을 이용한 사람의 감정인식 방법 : Bayesian Networks와 상대 Power values 응용

Human Emotion Recognition using Power Spectrum of EEG Signals : Application of Bayesian Networks and Relative Power Values

염홍기 · 한철훈 · 김호덕 · 심귀보*

Hong-Gi Yeom, Cheol-Hun Han, Ho-Duck Kim, and Kwee-Bo Sim*

중앙대학교 전자전기공학부

요 약

많은 연구자들은 여러 개의 채널을 가진 Electroencephalogram(EEG) 신호를 기반으로 한 사람의 감정인식을 위해 두뇌와 컴퓨터의 인터페이스에 관한 연구를 하고 있다. EEG 신호를 이용한 연구들은 주로 의학 분야와 심리학의 영역에서 간질이나 발작 등을 알아내고 거짓말 탐지기로써의 역할로 많이 사용되어져 왔다. 최근에는 사람의 두뇌와 컴퓨터 간의 인터페이스에 관한 연구들이 뇌파를 이용한 로봇의 제어하거나 게임을 하는 등의 여러 가지 공학적인 접근으로써 많은 연구가 진행되고 있다. 특히, EEG 신호를 통해서 두뇌를 연구하는 분야에서 EEG 신호의 잡음을 제거해서 보다 정확한 신호를 추출하는 연구에도 많이 중점을 두고 있다. 본 논문에서는 사람의 감정에 따른 EEG 신호를 측정하고 측정된 EEG 신호를 5개 부분의 주파수 영역으로 분류하였다. 영역별로 분류된 EEG 신호들은 전체영역에 대한 상대적인 비율의 값으로 계산하게 된다. 그 값들은 Bayesian Networks를 통해서 현제 어떠한 감정을 나타내는지 확률 값으로 나타낸다. 그 결과 값에 따라 사람의 감정은 아바타로 표현하게 된다.

Abstract

Many researchers are studying about human Brain-Computer Interface(BCI) that it based on electroencephalogram (EEG) signals of multichannel. The researches of EEG signals are used for detection of a seizure or a epilepsy and as a lie detector. The researches about an interface between Brain and Computer have been studied robots control and game of using human brain as engineering recently. Especially, a field of brain studies used EEG signals is put emphasis on EEG artifacts elimination for correct signals. In this paper, we measure EEG signals as human emotions and divide it into five frequence parts. They are calculated related the percentage of selecting range to total range. the calculating values are compared standard values by Bayesian Network. lastly, we show the human face avatar as human Emotion.

Key Words : Electroencephalogram(EEG), 상대 파워 값, Bayesian Networks, 감정인식, Brain-Computer Interface(BCI)

1. 서 론

많은 연구자들은 Brain-Computer Interface(BCI)을 위해서 여러 가지 목적을 가지고 연구하고 있다. BCI의 연구에서 뇌파신호는 대부분 EEG신호를 사용해서 연구하고 있으면 빠르게 진행되고 있다. EEG 신호 측정은 뇌에서 일어나는 작은 전기적인 신호를 측정하는 것으로 대부분 연구자들이 쉽게 연구할 수 있기 때문에 많이 사용된다. Anna Caterina는 속임수 탐지기를 위해서 EEG 신호를 분석하였고, Junko Murakami는 사람의 행동을 감지하기 위해서 EEG 신호를 이용하였다[1,3]. Christos Papadelis는 심야운전에서의 졸음에 대한 EEG 신호를 이용해 사람의 뇌파를 분석하는 연구를 하였다[4]. Arao Funase는 EEG 신호를 측정한 다음 Independent Component Analysis(ICA)를 이용하여 EEG 신호에서의 잡음을 제거하고 BCI에 이용하였다[5]. 본 논문에서는 사람의 뇌파 신호를 측정에 있어서 사람의 감정에 따라 EEG 신호를 측정하였다. 측정된 신호는 Fast Fourier transform(FFT)을 사용하여 0~50Hz의 주파수영역을 5개의 영역으로 나누고 심장의 활동, 몸의 움직임, 눈의 깜박임 같은 것으로 인해서 생기는 잡음들이 많이 발생되는 0~4Hz영역의 δ파의 주파수를 제거하고 분석하였다. 각각의 영역으로 나누어진 주파수는 전체에 대한 부분적인 영역의 비율로 계산하게 된다. 그리고 축적된 DB와의 비교를 통해서 어떠한 감정에 가까운 뇌파인지 확률 값으로 나타나게 된다. 비교를 하기위해서 본 논문에서는

접수일자 : 2007년 3월 18일
완료일자 : 2008년 4월 1일
* 교신 저자
이 논문은 2007년 정부(교육인적자원부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-313-D00493). 연구비지원에 감사드립니다.

Bayesian Networks를 이용한 확률 추론을 사용하였다. Shiliang Sun은 교통 흐름을 예상하기 위한 방법으로 Bayesian Network를 사용하였고, Yan Sun은 알츠하이머 병의 진단을 위해 Naruhiko Shiratori는 수면 상태의 환자를 알기 위한 의학적인 진단을 위해서 사용하기도 했다[6~8]. Rui Zhang은 Wavelet Analisys와 Bayesian Network를 이용해서 청각에 의한 뇌간의 응답을 분류하는 연구를 하였다[10]. 이와 같이 최근에 Bayesian Networks는 여러 분야에서 확률 추론을 위해 많이 사용되고 있다. 또한, Kuzuhiko Takahashi는 EEG신호와 피부 전극 등을 이용한 여러 가지 생체신호로 감정을 인식하는 연구도 이루어 졌다[12]. Bayesian Network에 의해서 나온 결과는 텍스트와 아바타에 의해서 피실험자가 어떤 감정을 가지고 있는지를 표시하게 된다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 먼저 2장에서는 실험에 사용된 Bayesian Network와 상대 파워 값으로 분석하는 방법을 설명한다. 3장에서는 실험의 데이터의 추출 및 방법에 대해서 설명하고, 4장에서는 실험 결과에 대해서 다룬다. 마지막 5장에서는 토론 및 향후 방향에 대해서 논의 하는 순서로 구성되어 있다.

2. Bayesian Network와 상대 파워 값

2.1 Bayesian Network

베이지안 네트워크는 현제 지속적으로 변화는 불확실한 상황의 시스템에서 추론을 위한 강력한 장치로써 널리 적용되어지고 있다. 베이지안 네트워크는 확률 값이 모인 집합의 결합 확률 분포의 결정 모델이다. 베이지안 네트워크를 이용한 추론은 불확실한 상황을 확률 값으로 표시하고, 복잡한 추론 과정을 정량화된 노드 간의 관계로 단순화 시켜 피실험자의 감정을 기존의 DB와 비교 판단하는 방법으로 적합하다. 베이지안 네트워크는 노드의 연결 관계를 표현하는 방향성 비 순환 그래프(DAG : Conditional Acycli Graph)형태를 가지고 있으며, 네트워크를 구성하는 각 노드는 확률 변수로 나타낸다. 각 노드는 다수의 상태를 가질 수 있으며 각 상태에 대한 확률 값의 합은 1이 된다. 노드와 노드를 연결하는 호(arc)는 노드 사이의 인과관계를 나타내며 변수의 확률적인 인과 관계로 네트워크를 구성하고 특정 조건(Likelihood)이나 증거(Evidence)가 주어진 경우의 확률 즉, 조건부 확률 테이블(Conditional Probability Table, CPT)을 가지고 다음의 식 1과 같은 베이지안 규칙(Baye's Rule)을 이용하여 결과를 추론할 수 있다 [15].

$$P(x_i|x_j) = \frac{P(x_j|x_i)P(x_i)}{P(x_j)} \quad (1)$$

그림 1에서의 베이지안 네트워크가 조건부 독립이라고 가정하고 체인 규칙을 적용하면, 네트워크를 구성하는 각 노드에 대한 결합 확률을 다음 식과 같다.

$$P(x_1,x_2,x_3,x_4,x_5) = P(x_1)P(x_2)P(x_3|x_1,x_2)P(x_4|x_2)P(x_5|x_3) \quad (2)$$

일반적인 베이지안 네트워크 노드 사이의 확률 분포는 식 3과 같이 나타난다.

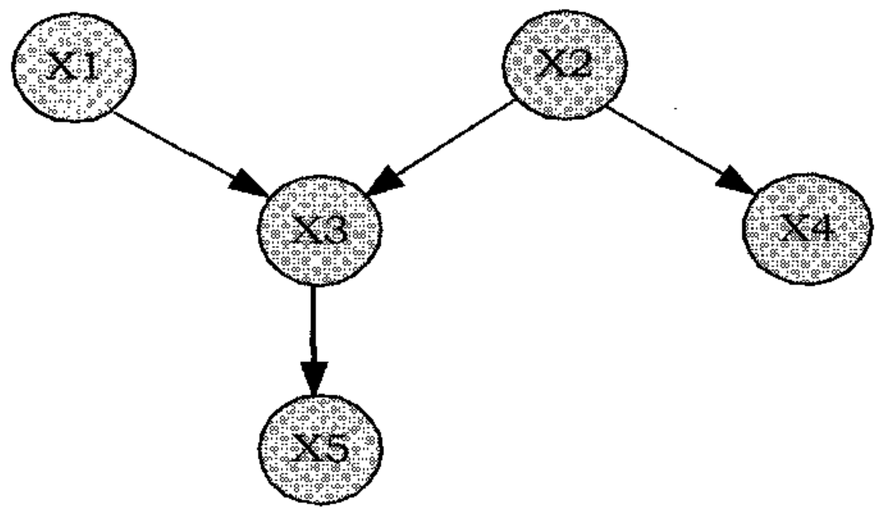


그림 1. 간단한 베이지안 네트워크의 예시
Fig 1. The example of simple Bayesian network

$$P(x_1,x_2,\ldots,x_n) = \prod_{i=1}^{n} P(x_i|Parent(x_i)) \quad (3)$$

2.2 상대 파워 값 분석

상대 파워 값 분석은 EEG 신호 데이터를 정확하게 분석하기 위한 방법이다. 먼저, 측정된 EEG 신호를 Fast Fourier transform(FFT)에 의해서 주파수 별로 분석하는 Power Spectrum 분석을 하게 된다. 분석에 의해서 5개의 주파수 영역으로 나누게 된다. 그림 2.는 EEG 신호를 Power Spectrum 분석에 의해서 나누어진 모습을 보여준다. 각각의 감정에 따라 5개의 영역으로 나누어진 EEG 신호를 보여주는데, 여기서 감정에 따라 영역의 비율이 달라지는 것을 알 수 있다. 이런 차이점을 이용해서 뇌파를 분석하게 되는 것이다.

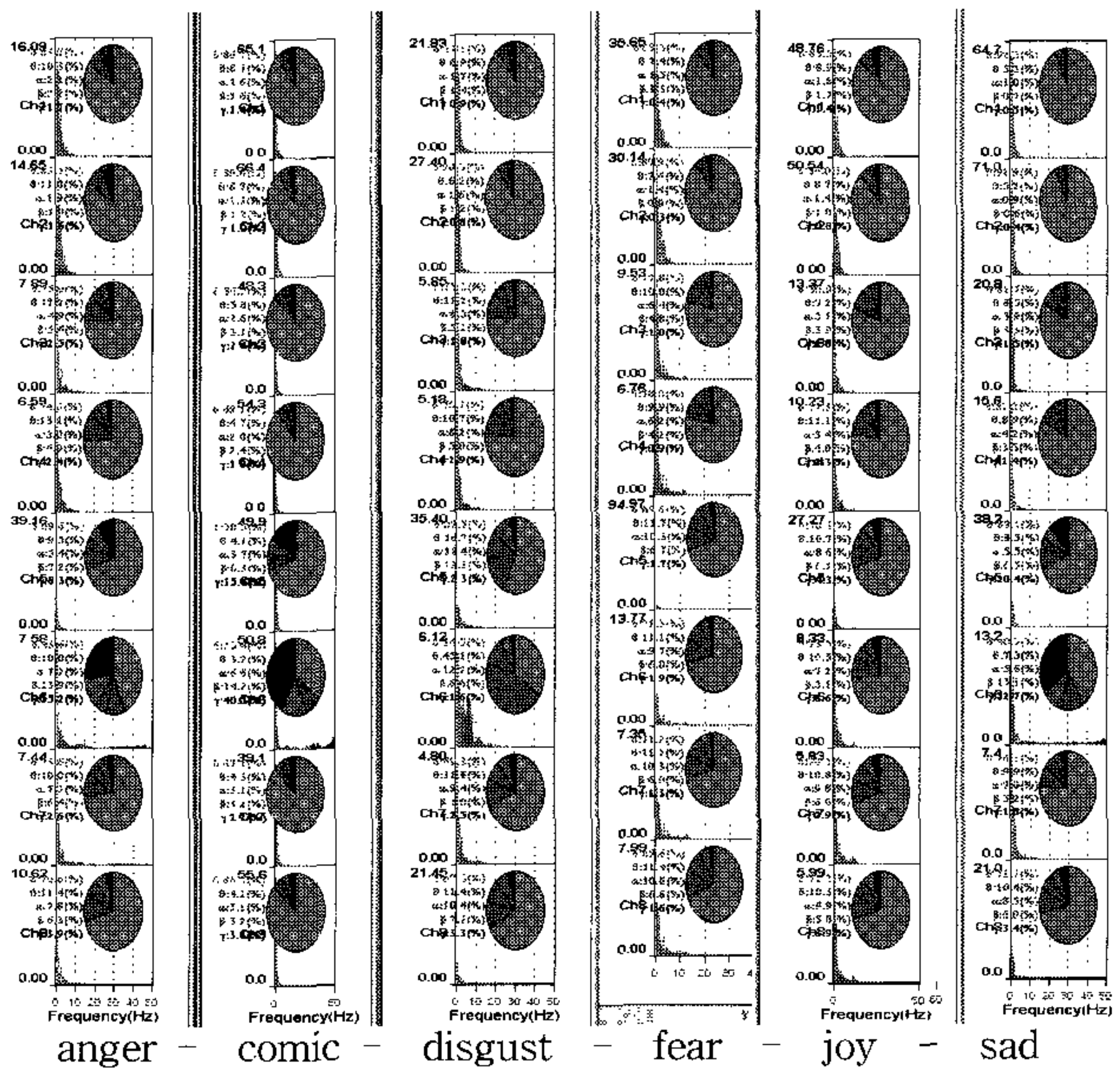


그림 2. 감정에 따른 EEG 신호의 Power Spectrum 분석
Fig 2. Power Spectrum Analysis of EEG Signals as Human Emotions

나누어진 EEG 신호는 많은 잡음들이 포함되어 있는 δ (0~4Hz영역)과 만을 제외하고 식 (4)에 따라 각각의 선택된 주파수 영역을 전체의 영역에 대한 비율로 표시하게 된다.

$$Ralative\ Power\ Value(\%) = \frac{Selecting\ Range}{Total\ Range} \quad (4)$$

3. 실험 방법 및 데이터 추출

3.1 감정유발 실험 방법

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. 차원모형 과는 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[15]. 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. Mark D. Korhonen은 사람의 감정을 모델링하기 위해서 여러 가지 음악을 사용하여 감정을 유발하는데 사용하였고, 음악에 따라서 감정을 얻을 수 있는 연구를 하였다[12]. 본 논문에서는 피 실험자의 감정을 유발하기 위해서 감성자극 사진이 아닌 시청각 자료를 사용하여서 감정을 유발하였다. 시청각 자료는 한국인의 일반적인 정서에 맞춘 시청각 자료를 사용하였으면 대부분을 영화의 한 부분이나 동영상들을 보여주면서 실험을 하였다. 보다 더 정확한 감정 유발을 위해 시청각 상영 시에는 주위 배경을 어둡게 해서 시청각자료에 집중할 수 있게 실험공간을 만들고 실험을 하였다. 그림 3은 EEG 실험을 하는 모습을 보여주고 있다. 시청각 자료는 컴퓨터 모니터에 의해서 감정을 유발하는 자극을 3분정도 보여주고 그 때 신호를 측정하게 된다.

그림 3. EEG 실험 모습
Fig. 3. The Picture of EEG Experiment

3.2 EEG 신호 측정 방법

EEG 신호 측정 방법은 일반적인 방법을 사용하였다. 그림 4과 같이 두피에 8부분의 위치를 정하고 뇌파 전극을 풀을 이용해서 부착하고 테이프로 고정을 하고 실험을 하였다.

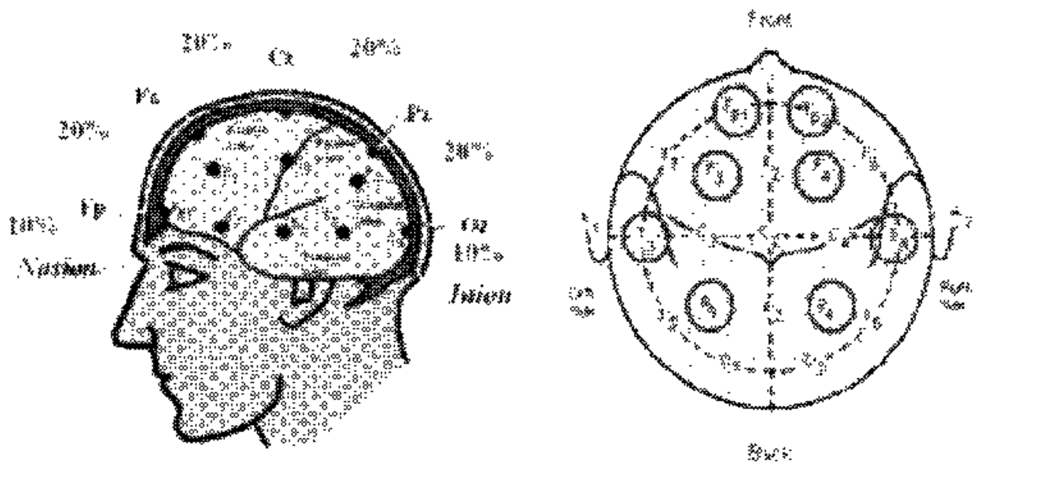


그림 4. EEG 실험 전극의 좌표
Fig. 4. Coordinate of EEG Experiment Electrode

본 실험에서 사용한 EEG 신호 측정 장비는 8채널을 사용할 수 있는 장비를 사용하고 있기 때문에 10/20 전극 시스템을 사용하여서 부착하는 위치를 정하였다. 8개의 전극 센서들은 피 실험자의 두피에 부착되어지고 시청각 자료를 볼 때 신호 측정이 이루어지게 된다. 측정된 결과 값들은 RS-232시리얼 포트를 이용해서 PC에 데이터로 전송되어진다. 그리고 전송된 데이터들은 프로그램에 의해서 숫자값으로 변환하게 된다. 사용된 측정 장비는 8개의 채널을 가진 LAXTHA에서 제공되는 QEEG-8장비를 사용해서 실험 측정을 하였다.

3.3 EEG 신호 분석 방법

측정된 8개 채널의 EEG 신호는 복잡한 패턴의 진동 파형의 형태로 측정되어진다. Tarun Madan은 long-term의 EEG 신호를 Power Spectral Density를 이용해서 압축하는 연구를 하였다[14]. 본 논문에서도 측정되어진 파형을 Fast Fourier transform(FFT)을 이용한 Power Spectrum으로 변환하게 된다. 그림 5를 보면 EEG 신호를 Power Spectrum으로 변환한 모습을 보여준다. 변환할 때, 5개의 영역으로 나누어서 변환하게 되고 각각 다른 색으로 표현한다. 그리고 그림 4와 같이 일반적으로 나누어주는 주파수의 범위에 따라 인위적으로 델타 δ파(0.2~3.99 Hz), 쎄타 θ파(4~7.99 Hz), 알파 α파(8~12.99 Hz), 베타 β파(13~29.99 Hz), 감마 γ파(30~50 Hz)로 구분해서 분석을 하였다.

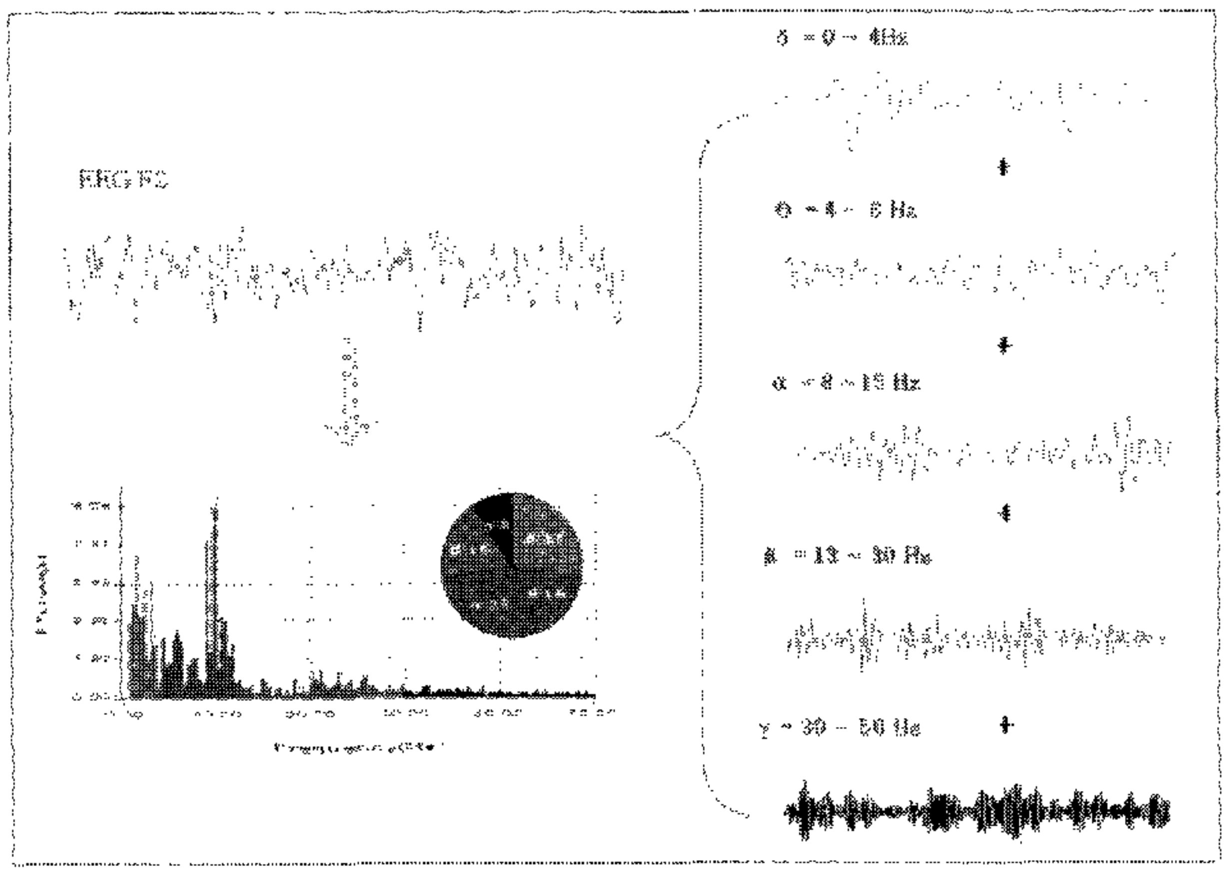


그림 5. Power Spectrum 변환
Fig. 5. Power Spectrum transformation

뇌파의 분석에서 가장 많은 연구가 이루어지고 주안점이 되고 있는 잡음 문제의 해결을 위해서 본 논문에서는 측정된 신호에서 0~4Hz의 낮은 주파수의 δ파를 제거하였다. 이 범위의 주파수를 제거한 이유는 심장의 박동, 눈과 입의

안면의 움직임 그리고 전극선의 흔들림 등의 잡음들은 낮은 주파수에 영향을 주기 때문이다. 각각의 영역으로 변환된 신호들은 그림 6와 같이 상대 파워 값으로 계산하게 된다. 상대 파워 값들은 식(4)을 이용해서 계산한다.

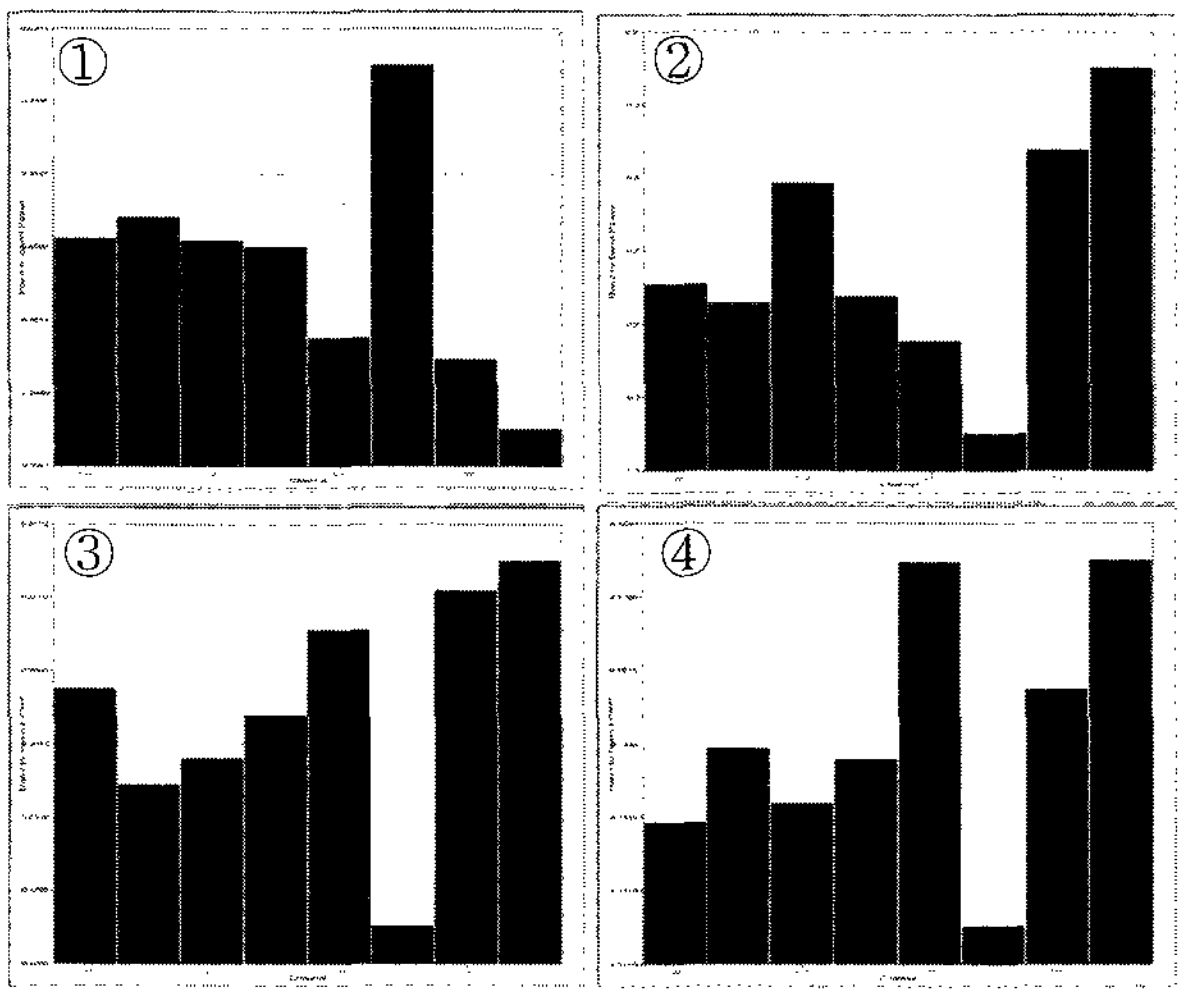


그림 6. EEG 신호의 상대 파워 값들
(① : θ파, ② : α파, ③ : β파, ④ : γ파)
Fig. 6. Relative Power Values of EEG Signals

3.4 분석된 EEG 신호의 비교 방법

상대 파워 값으로 계산된 현제 피실험자가 어떤 감정을 가지고 있는지를 판단하기 위해서 DB와 비교를 통해서 감정을 판단을 하였다. 그러나 비교한 결과는 사람들마다의 차이가 많은 단점을 가지고 있었다. 이 단점을 보완하기 위해서 확률 추론을 통해서 감정을 판단하기로 하였다. DB의 평균을 판단 기준으로 하고 얻어진 데이터와 비교하여 어떠한 감정에 가까운지를 확률로 표시하게 된다. 본 논문에서는 확률 추론 방법으로 베이지안 네트워크를 사용하였다. 베이지안 네트워크를 이용하기 위해서 Norsys Corp.의 Netica 소프트웨어(Norsys Software Corp., Vancouver, BC, Canada)의 Limitation Mode를 사용하여 추론 모델에 이용하였다. 그림 7은 베이지안 네트워크의 구성을 보여주고 있다.

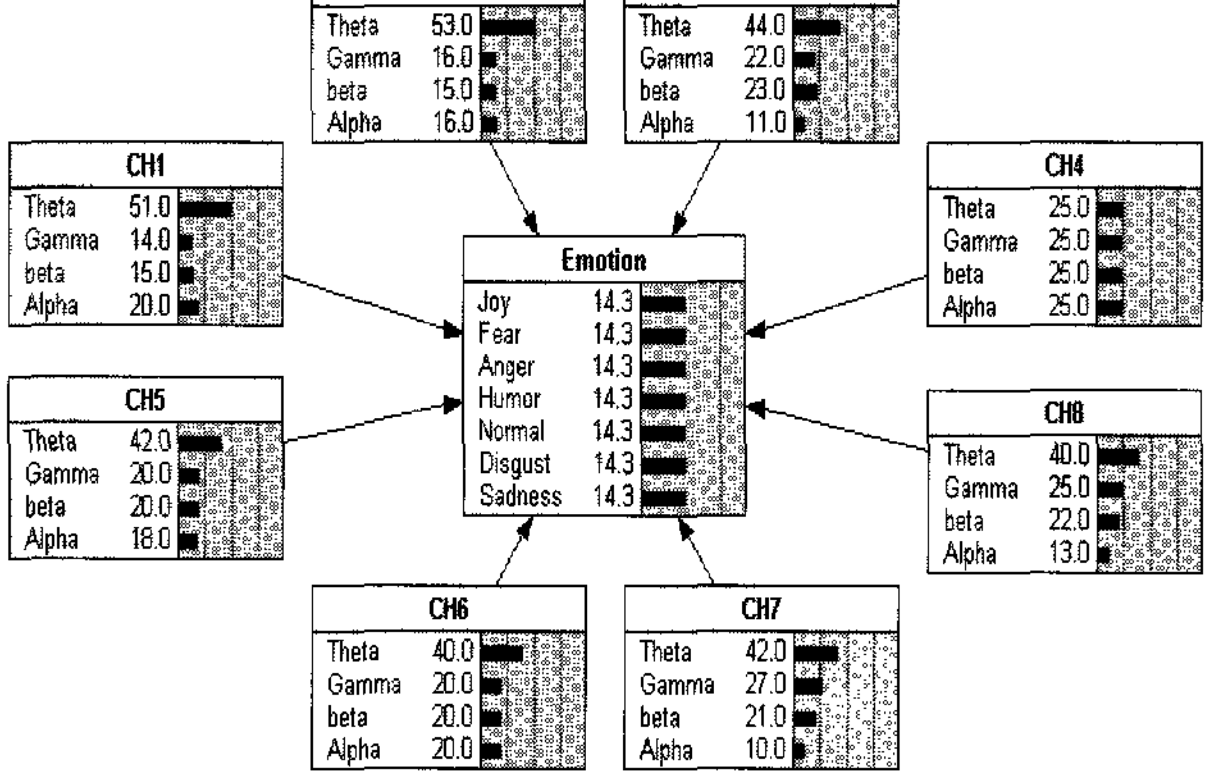


그림 7. 감정 인식 베이지안 네트워크 구성
Fig. 7. Bayesian Networks Structure for Emotion Recognition

4. 실험 결과

4.1 EEG 실험 결과

EEG 실험도 fMRI의 실험과 같이 6가지 감정을 유발하기 위해서 시청각 자료를 사용하여 실험을 하였다. 실험 후 결과 파형을 Power Spectrum 분석을 통해서 그림 2와 같은 결과를 뽑을 수 있었다. 그림 2를 보면 각각의 감정에 따라 조금씩의 차이를 보이는 것을 알 수 있다. 특히, comic이나 disgust 같은 것들의 확연한 차이를 보이는 것을 볼 수 있었다. Power Spectrum 분석 후 상대파워 값을 계산하게 되는데 계산된 값들은 각각이 비율로 표시되어 진다. 그림 8은 파워 스펙트럼 분석 결과에서 주파수에 따른 상대값에 의해서 분석한 결과 값의 예를 나타낸 것이다. 상대파워 값은 식(4)(원하는 영역의 주파수 범위/ 4Hz~50Hz(=θ+α+β+g))에 의해서 계산되어진다.

	Ch.1	Ch 2	Ch.3	Ch.4	Ch.5	Ch.6	Ch.7	Ch.8
θ파 (4~8Hz)	0.1007	0.1316	0.2401	0.2393	0.2171	0.2238	0.2199	0.2072
α파 (8~13Hz)	0.1565	0.2078	0.3071	0.3281	0.3189	0.3217	0.3434	0.3446
β파 (13~30Hz)	0.4353	0.4232	0.3959	0.3847	0.4057	0.3819	0.3956	0.3973
γ파 (30~50Hz)	0.3079	0.2375	0.0574	0.0483	0.0589	0.0733	0.0417	0.0516

그림 8. 상대 파워 값 ("예 : 화남")
Fig. 8. Relative Power Values ("Ex : Angry")

감정에 따른 결과들은 사람들마다 약간씩의 차이가 있기 때문에 베이지안 네트워크를 이용한 확률 추론을 통해서 비교를 하게 된다. 그림 9은 베이지안 네트워크를 구성하고 변환한 모습을 보여주고 있다.

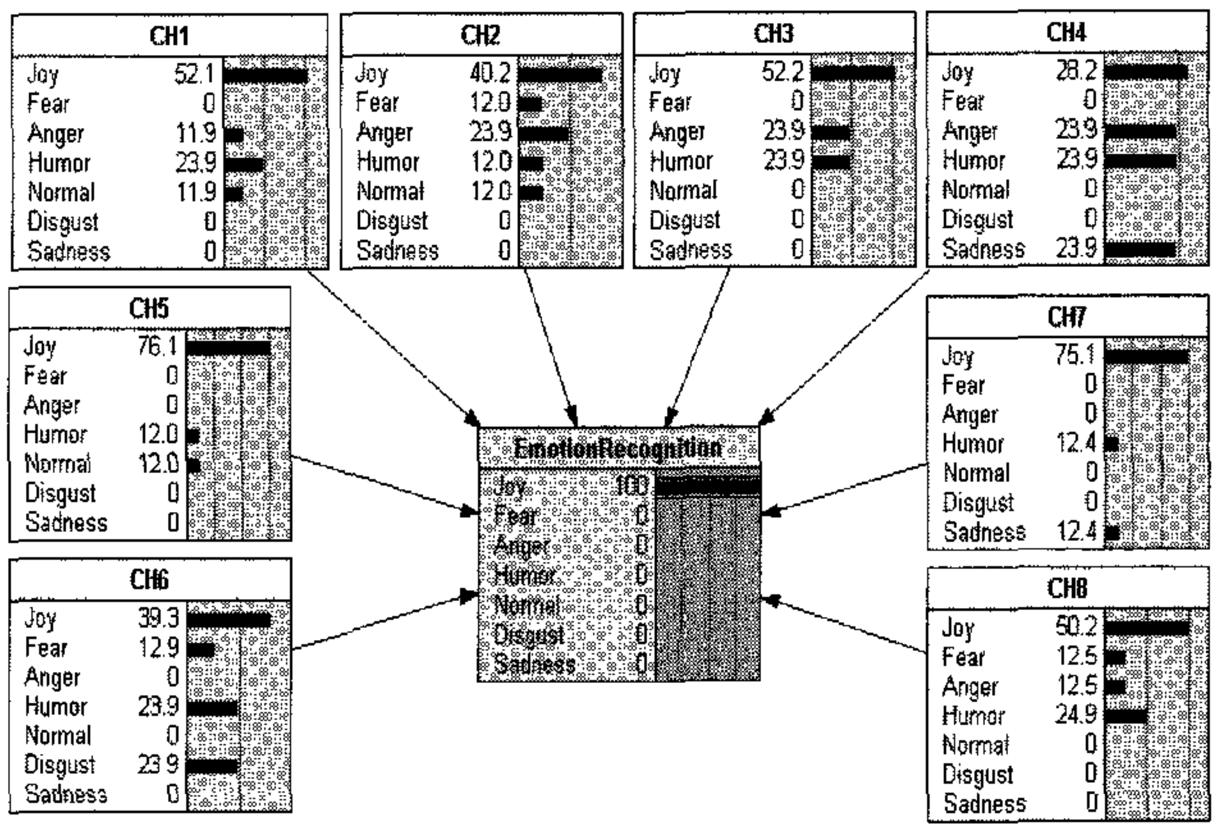


그림 9. 변환한 베이지안 네트워크
Fig. 9. Compiled Bayesian Networks

베이지안 네트워크로 비교한 후 가장 큰 확률을 가진 감정을 피실험자의 감정으로 정의하게 된다. 시뮬레이션을 통해서 그 감정을 문자와 아바타로 표현을 하게 된다. 이 표현 시스템은 차후 다른 기계와의 인터페이스를 위한 초기 단계에서의 연구라고 할 수 있다. 각각의 감정에 따른 아바

타의 표현을 위해서 전달되는 데이터를 이용해서 사용자가 원하는 서비스까지도 제공할 수 있게 되는 것이다. 그림 10은 시뮬레이션의 결과를 보여주는 것이다.

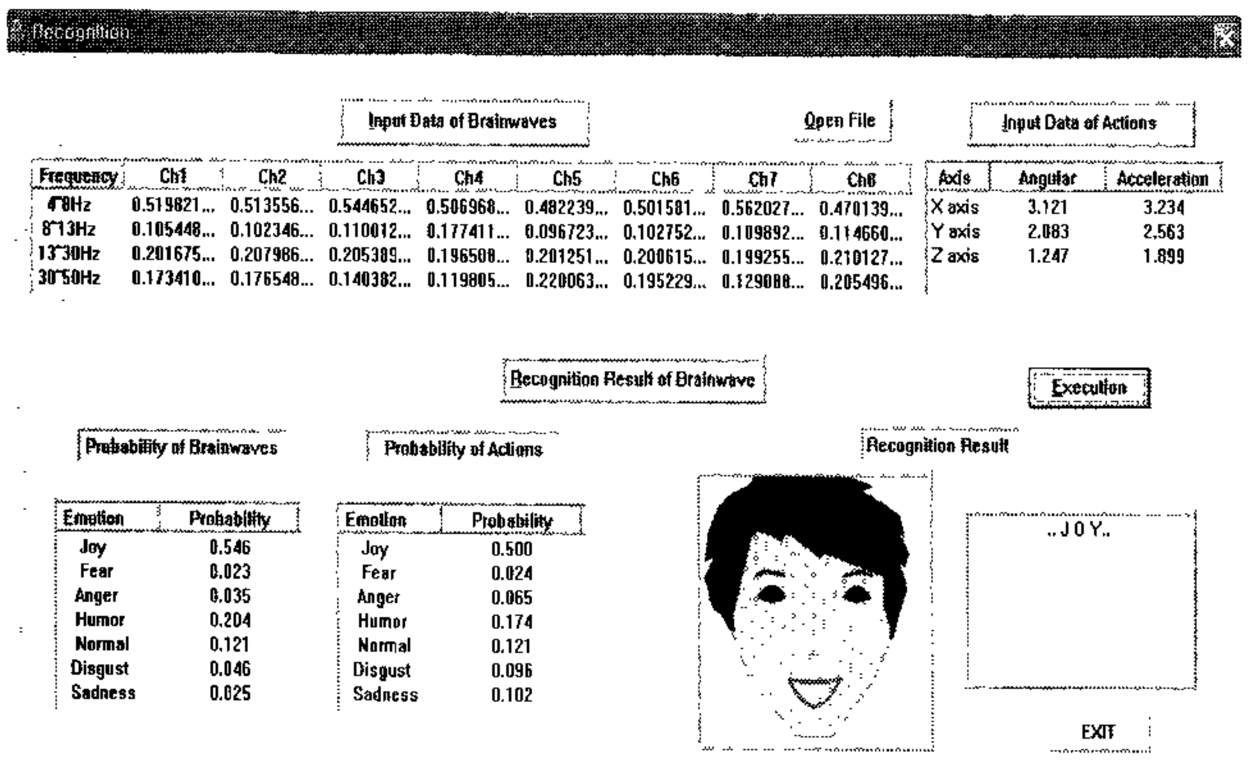


그림 10. 감정인식 시뮬레이션
Fig. 10. Emotion recognition Simulator

그림 10에서와 같이 Open file을 통해서 뇌 신호가 저장된 파일을 열어서 입력받아서 처리한 다음 베이지안 네트워크를 통해서 확률 값으로 표현하게 된다. 그리고 그 확률 값에 따라서 아파타로 표현하는 것을 보여준다. 그림 10에서는 '기쁨'이라는 감정 결과를 보여주고 있다.

5. 결론 및 향후방향

본 논문은 감정에 따른 사람의 뇌파를 분류하고 분류된 결과를 기존 DB와 비교하여 확률 추론에 의해서 사람의 감정을 인식하게 되는 것이다. 이 과정에서 사람의 감정을 자극하기 위해서 시청각 자료를 사용하였고 뇌파들은 Fast Fourier transform(FFT)을 사용하여 Power Spectrum으로 변환하였다. 또한, 뇌파의 잡음을 제거하기 위해서 잡음이 많이 들어있는 영역을 제거하고 분류된 Power Spectrum 값에서 상대적인 값으로 계산하였다. 마지막으로 비교과정에서 확률 추론하기 위해서 베이지안 네트워크를 사용해서 비교 결과를 나타나게 된다. 그 결과 값들은 확률 값으로 나타나게 되는데 가장 큰 확률을 피실험자의 감정이라고 정의하고 그 감정에 따른 아바타를 시뮬레이션을 통해서 보여주게 된다. 결과적으로 베이지안 네트워크를 통한 결과 값들은 확률적인 값을 나타내고 변화하는 사람들의 감정에 빠른 변화 값을 보여줄 수 있다. 확률 값을 비교해 보면 fear, joy, anger, disgust의 감정들은 큰 확률의 차이로 나타나지만, anger와 sad는 비슷한 확률을 가져오는 것을 알 수 있었다.

차후에는 주파수에서 일정한 주파수의 특징을 찾아서 연구하고 감정에 따른 분석이 아닌 인지에 관한 연구가 많이 필요하다. 그리고 뇌파 분석에 있어서 실시간의 사람의 생각을 인지를 통해서 인터페이스 하는 기술 개발이 필요하다. 뇌파 뿐만 아니라 다른 여러 가지 센서를 같이 사용하여서 이용한다면 장애인이나 노인을 위한 서비스에 적용될 뿐만 아니라 많은 부가가치적인 연구가 이루어 질 수 있다고 생각된다.

참 고 문 헌

[1] Anna Caterina Merzagora, Scott Bunce, Meltem and Banu Onaral, "Wavelet analysis for EEG feature extraction in deception detection," *Proc. of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference*, August 2006.

[2] Luke Rankine, Nathan Stevenson, Mostefa Mesbah, and Boualem Boashash, "A Nonstationary Model of Newborn EEG," *IEEE Transactions on Biomedical Engineering*, Vol.54, No.1, January 2007.

[3] Junko Murakami, Shin-ichi Ito, Yasue Mitsukura, Jianting Cao and Minoru Fukumi, "Detection of the Human-Activity Using the FCM," *proc. of International Conference on Control, Automation and Systems*, October 2007, pp. 1883-1886.

[4] Christos Papadelis, Chrysoula Kourtidou-Papadeli, Panagiotis D.Bamidis, Ioanna Chouvarda, "Indicators of Sleepiness in an ambulatory EEG study of night driving," *Proc. of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference*, August 2006, pp. 6201-6204.

[5] Arao Funase, Tohru Yagi, Allan K. Barros, Andrzej Cichocki and Ichi Takumi, "Single trial method for Brain-Computer Interface," *Proc. of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference*, August 2006, pp. 5277-5281.

[6] Shiliang Sun, Changshui Zhang, and Guoqiang Yu, "A Bayesian Network Approach to Traffic Flow Forecasting," *IEEE Transactions of Intelligent Transportation Systems*, Vol.7, No.1, March 2006. pp. 124-132,

[7] Yan Sun, Shipin Lv, Yiyuan Tang, "Construction and Application of Bayesian Network in Early Diagnosis of Alzheimer Disease's System," *proc. of International Conference on Complex Medical Engineering*, May 2007, pp. 924-929.

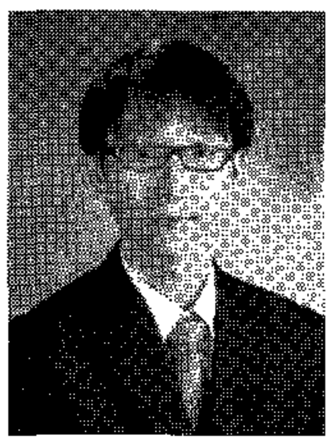
[8] Naruhiko Shiratori and Naohito Okude, "Bayesian Networks Layer Model to represent anesthetic practice," *proc. of International Conference on Systems, Man and Cybernetics*, October 2007, pp. 674-679.

[9] Kyu-Baek Hwang and Byoung-Tak zhang, "Bayesian Model Averaging of Bayesian Network Classifiers Over Multiple Node-Orders : Application to Sparse Datasets," *IEEE Transactions on Systems, Man and Cybernetics-Part b: Cybernetics*, Vol.35, No. 6, December 2005, pp. 1302-1310.

[10] Rui Zhang, Gerry McAllister, Bryan Scotney, Sally McClean, Glen Houston, "Classification of the Auditory Brainstem Response(ABR) using Wavelet Analysis and Bayesian Network," *proc. of Symposium on Computer-Based medical Systems*, June 2005, pp. 485-490.

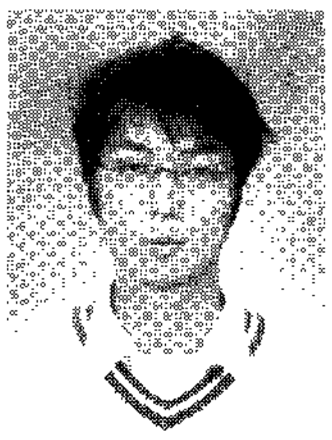
[11] Kazuhiko, Takahashi, "Remarks on Emotion Recognition from Multi-Modal Bio-Potential Signal," *IEEE International Conference on Industrial Technology(ICIT)*, 2004.
[12] Mark D. Korhonen, David A. Clausi, M. Ed Jernigan, "Modeling Emotional Content of Music Using System Identification," *IEEE Trans. on Systems, Man, and Cybernetics - Part B : Cybernetics*, vol. 36, no. 3, June 2006.
[13] 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.
[14] 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.
[15] Russell, J.A., "Evidence of convergent validity on the dimensions of affect," *Journal of Personality and Social Psychology*. 36. 1152-1168.
[16] 고광은, 장인훈, 심귀보, "사용자환경정보 기반 Context-based Service 추론 모델," *퍼지 및 지능시스템 학회 논문지*, Vol.17, No. 7, pp 907-912.

저 자 소 개



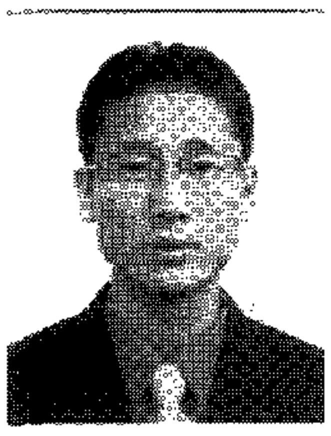
염홍기(Hong-Gi Yeom)
2008년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
2008년 ~ 현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Wearable robot, Application of Bio-signal 등



한철훈(Cheol-Hun Han)
2008년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
2008년 ~ 현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Computer vision system, Emotion Recognition, Intelligent Robot 등



김호덕(Ho-Duck Kim)
2005년 : 중앙대학교 전자전기공학부 공학사
2008년 ~ 현재 : 중앙대학교 대학원 전자전기공학부 석사과정

관심분야 : Evolvable H/W, Emotion Recognition, SLAM, enetic Algorithm, DARS 등

심귀보(Kwee-Bo Sim)
1990년 : The University of Tokyo 전자공학과 공학박사
1991년 ~ 현재 : 중앙대학교 전자전기공학부 교수

[제18권 1호(2008년 2월호) 참조]

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