

A Study on Comfortableness Evaluation Technique of Chairs using Electroencephalogram

金 東 浚*
(Kim Dong Jun)

Abstract - This study describes a new technique for human sensibility evaluation using electroencephalogram(EEG). Production of EEG is assumed to be linear. The linear predictor coefficients and the linear cepstral coefficients of EEG are used as the feature parameters of sensibility and pattern classification performances of them are compared. Using the better parameter, a human sensibility evaluation algorithm is designed. The obtained results are as follows.

The linear predictor coefficients showed the better performance in pattern classification than the linear cepstral coefficients. Then, using the linear predictor coefficients as the feature parameter, a human sensibility evaluation algorithm is developed at the base of a multi-layer neural network. This algorithm showed 90% of accuracy in comfortableness evaluation in spite of fluctuations in statistics of EEG signal.

Key Words : human sensibility evaluation, linear prediction, neural network, comfortableness.

1. 서 론

고도 산업화가 진행되면서 제품의 필수 기능에 대해서는 이미 상당한 수준으로 발전하여 거의 포화 수준에 이른 경우가 상당히 많다. 따라서 최근에는 기능보다는 소비자의 감성에 맞추기 위한 노력에 많은 투자가 이루어지고 있다. 이러한 흐름에 부응하여 발생된 연구분야가 감성공학(human sensibility ergonomics)이다. 감성공학은 인간의 생리적, 심리적 감성 특성을 분석하고, 이를 제품의 설계나 생산에 반영하려는 것을 목표로 하는 학문분야로서, 미국, 일본, 유럽 등에서는 이미 오래 전부터 연구가 진행되어 왔고, 우리 나라에서는 10여년전부터 활성화되어 많은 기업, 연구소 및 대학에서 연구결과를 발표하고 있다. 감성공학의 핵심 주제중의 하나는 인간의 감성이나 쾌적성을 측정/평가하는 기술로서, 감성의 정확한 측정 및 평가는 인간 중심의 기술개발을 통한 제품의 경쟁력을 높일 수 있을 것이다.

감성 평가 기술은 혈압, 심전도, 맥박, 피부온도, 뇌파 등 생체 신호를 이용하는 방법과 설문에 의한 주관 평가 방법으로 크게 구분할 수 있다. 보통 일반인을 대상으로 하여 비교적 빠른 시간에 간편하게 평가하는 데에는 주관 평가 방법이 편리하여 많이 이용되고 있다. 하지만, 피검자 스스로도 자신의 감성을 판단하기 어려운 미묘한 때에는 생체 신호를 같이 이용하면 더욱 정확한 결과를 얻을 수도 있을 것이다. 또한 말이나 글을 쓸 수 없는 유아나 장애인, 환자 등의 감성 상태는 관찰만으로 판단하기에는 어려움이 클 것

이다. 이 때 이용되는 생체 신호 중에서는 뇌파가 많이 이용되는데, 이는 뇌파가 두뇌 활동에 대한 정보를 가장 많이 포함하고 있을 것으로 기대되기 때문이다. 그러나 뇌파는 다양한 뇌의 활동으로 인하여 신호의 특성이 매우 복잡하며, 개인 차이는 물론이고, 동일인일지라도 기분, 날씨 등 여러 주위 환경 등에 따라 신호의 통계적 특성이 매우 다르게 나타날 수 있다. 그러므로 이런 복잡한 뇌파 신호에서 원하는 정보를 정확하게 얻어내기에는 상당한 어려움이 따르고, 이것이 뇌파를 이용한 감성공학 연구에서 큰 장애물로 남아 있다. 그러나 실험과 신호처리 과정을 세심하게 설계하여 효과적으로 원하는 정보를 얻어낼 수만 있다면, 인간의 정신적 활동, 감성 및 심리적 상태에 대한 근사한 추정도 가능할 것이다.

뇌파와 감성 또는 감정간의 연구를 살펴 보면, Davidson은 긍정적 감성과 부정적 감성에 따라 머리 앞쪽의 좌우 뇌파의 전력이 비대칭적으로 나타난다는 것을 입증하였다[1]. Dawson은 유아의 감정 표현 형태는 전두엽(frontal lobe)의 뇌파 활동성의 비대칭성과 관련이 있다는 것을 보고하였고, Yoshida는 앞쪽 2채널 뇌파의 α 파 fluctuation을 이용하여 쾌적성과 정신적 각성도와와의 상관관계를 연구하였다[2]. 또한 Musha 등은 10채널 뇌파의 FFT(fast Fourier transform) 스펙트럼에서 θ , α , β 대역의 상호상관 계수(cross-correlation coefficients)를 특징 파라미터로 이용하여 4가지 감정으로 하여 선형적으로 매핑하는 ESAM(emotion spectrum analysis method)이란 방법을 개발하여 감정을 정량화한 연구를 발표하였다[3]. 그리고 Anderson 등은 가운데와 뒤쪽의 6채널 뇌파를 AR(auto-regressive) 모델링하여 수학 연산, 편지 쓰기 등의 5가지 정신적 작업을 분류하는 연구를 발표하였다[4]. 이러한 연구들은 나름대로의 성과를

* 正 會 員 : 淸州大學校 理工大 情報通信 工學部 副教授 · [工博
接受日字 : 2003年 8月 4日
最終完了 : 2003年 9月 23日

거두었으나, 뇌파의 개인차가 너무 크고 변화가 심하여 한계를 포함하고 있다.

본 연구에서는 뇌파의 발생을 선형적이라 가정하여 선형 예측기 계수(linear predictor coefficients)와 선형 켈스트럼 계수(linear cepstral coefficients)를 추출하여 뇌파의 감성 파라미터로서의 성능을 비교해 본 후, 변별력이 더 우수한 파라미터를 이용하고, 통계적 특성의 변화가 심한 뇌파 신호에 가장 적합한 쾌적성 평가 기술을 개발하고자 한다. 이를 위하여 안정(relaxation), 쾌적(comfortable), 불편적(uncomfortable)의 3가지 감성 상태의 뇌파를 수집하고, 전처리와 선형 예측 분석을 통해 선형 예측기 계수와 선형 켈스트럼 계수를 추출하였으며, 이들 파라미터와 신경회로망(neural network)을 이용한 패턴분류 실험을 수행하여 각 파라미터의 변별력을 비교한다. 그리고 나서 많은 템플릿(template)을 이용하여 근사한 템플릿을 골라 활용하는 쾌적성 평가 알고리즘을 개발한다.

II. 본 론

2.1 전처리 및 특징 파라미터 추출

뇌는 감각 정보의 처리, 행위나 본능 조절 등 신체의 모든 기능을 조절한다. 이런 기능들을 조절하는 뇌신경세포는 항상 끊임없이 활동하고 있는데, 이 때 생성되는 전기적 변화를 전극에 의해 측정된 것이 뇌파이다. 뇌파에는 기억, 학습, 판단 등 정신활동 상태에 대한 모든 정보가 담겨있는데, 두뇌의 활동 상황에 따라 다양한 모양으로 나타난다.

뇌파 신호는 수십 μV 정도의 작은 진폭으로 나타나는 미약한 신호이므로 외부의 잡음과 아티팩트(artifact)에 매우 민감하다. 특히 직류 성분이나 전원의 간섭은 뇌파의 정확한 분석에 치명적인 영향을 미칠 수 있다. 그리고 뇌파에서 감성에 영향이 없다고 알려진 주파수 대역은 경우에 따라 제거되어야 한다. 또한 본 연구의 실험은 피검자가 눈을 뜬 상태에서 하기 때문에 눈 깜박임도 큰 아티팩트로 작용한다. 따라서 이들을 적절히 처리하기 위한 전처리 과정은 디지털 필터링과 눈 깜박임 제거 과정으로 구성된다. 그림 1은 전처리 과정을 나타낸 블록선도이다.

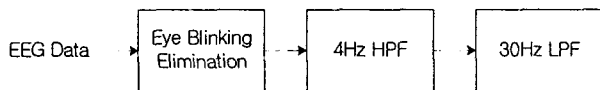
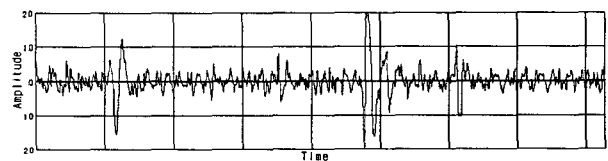


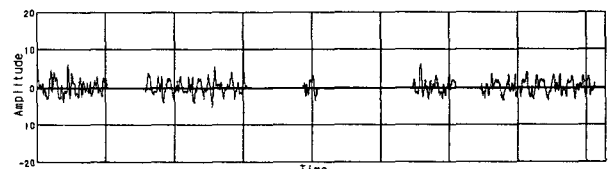
그림 1 전처리의 블록선도
Fig. 1 Block diagram of preprocessing

눈 깜박임 제거 과정은 눈깜박임 신호가 뇌파 신호에 비해 진폭이 매우 크다는 사실을 이용하여 해당 부분을 검출하여 제거하기로 하였다. 이를 위해 먼저 눈 깜박임 신호와 순수 뇌파를 구별해 내기 위한 문턱값을 구하였다. 이는 읽어들인 데이터의 전체길이에 걸쳐서 그것의 평균을 계산한 다음, 평균값의 4배를 문턱값으로 설정하였다. 그리고 눈 깜박임 부분을 찾기 위해서, 먼저 눈 깜박임 부분의 피크값을 검출한다. 이를 위하여 읽어들인 데이터를 절대값으로 바꾼 후에, 각각의 포인트에서 기울기 부호를 검색한 다음,

현재 포인트를 기준으로 뒤로 2 포인트에서의 기울기가 +, 앞으로 2 포인트에서의 기울기가 -인 지점을 찾는다. 그리고 그 피크가 눈 깜박임 신호의 피크인지, 아니면 순수 뇌파에 포함된 피크인지를 구별하기 위해서 그 피크값을 문턱값과 비교한다. 그 지점에서의 피크값이 문턱값보다 크면 눈 깜박임 신호로 간주한다. 이제 눈 깜박임 신호가 끝나는 지점을 찾기 위해서는 눈 깜박임 피크 지점에서부터 부호가 두 번 바뀌는 지점을 찾는다. 이 위치를 눈 깜박임 신호의 끝으로 볼 수 있겠지만, 뒤에 남아 있는 영향을 고려하여 약간의 여유 구간을 두고, 일정 구간을 더 건너편 지점을 새로운 뇌파 처리를 위한 시작점으로 설정한다. 그림 2는 개발된 눈 깜박임 제거 기법을 적용하여 눈 깜박임을 제거한 실험의 한 예를 나타내고 있다.



(a) 눈 깜박임이 포함된 파형



(b) 눈 깜박임 제거 파형

그림 2 눈 깜박임 제거 실험

Fig. 2 Eye blinking elimination

디지털 필터는 뇌파 신호에서 증폭기의 전원 등에 의한 직류 오프셋(offset)과 감성 연구에는 거의 사용되지 않는 대역인 δ 파 성분을 제거하기 위하여 4Hz의 차단 주파수를 갖는 고역통과필터를 4차 IIR 형태로 구성하였고, 고주파 잡음을 제거하기 위하여 차단주파수 30Hz의 저역통과필터를 4차 IIR로 구현하여 사용하였다. 이와 같이 전처리가 끝난 뇌파 신호를 이용하여 특징 파라미터 추출을 위한 과정으로 들어간다.

생체 시스템의 동작은 매우 복잡한 비선형 시스템으로 볼 수 있을 것이나, 비선형 시스템은 모델링이 복잡하고, 구현 시 많은 연산량을 필요로 한다. 그러나, 본 연구와 같이 실시간 시스템으로 구현해야 하는 경우에는 문제가 될 수 있다. 그리고 시스템이 비선형적 특성을 가져도 선형 모델링으로 분석 차수를 높게 설정하면 근사한 결과를 얻을 수 있다고 알려져 있으므로 많은 뇌파 연구에서 선형 모델링 방법을 이용하고 있다.

선형 예측기 계수는 현재 신호를 이전 신호들의 선형 결합으로 나타낸 예측된 샘플간의 오차를 최소 제곱 기준(least squares criterion)을 적용하여 선형 예측 분석을 하여 구해진다. 최소 제곱의 방법은 블록 추정이나 회귀적 추정에 의해 공식화된다. 블록 추정에서는 입력 데이터가 어느 정도의 안정성(stationarity)이 있다고 보는 길이의 블록 단위로 처리하고, 회귀적 추정에서는 매개변수가 매 샘플마다

갱신된다.

본 연구에서는 선형 예측 분석을 위하여 6차의 Burg 알고리즘을 이용하였다[5,6]. Burg 알고리즘을 이용한 선형 예측 분석에서 얻어지는 대표적인 두 특징 파라미터인 선형 예측기 계수와 선형 캡스트럼 계수[7]를 추출하여 감성 파라미터로서의 성능을 비교해 보았다. 그림 3은 이 두 가지 특징 파라미터의 성능 비교를 위한 실험의 구성도이다.

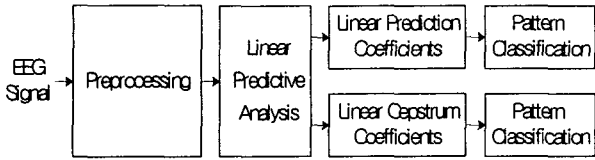


그림 3 특징 파라미터의 성능 비교 실험
Fig. 3 Performance comparison experiments of feature parameters

그림에서 알 수 있듯이, 선형 예측을 통해 얻어진 두 파라미터를 이용하여 파라미터의 변별력을 비교하기 위해 패턴 분류 실험을 수행하였고, 패턴 분류기로는 신경 회로망을 이용하였다.

2.2 감성 분류 및 감성 평가

전처리 과정을 마친 뇌파의 감성 특징 파라미터는 패턴 분류 실험을 통하여 변별력을 비교한 후 이를 안정, 쾌적, 불쾌적의 3개 출력으로 분류할 수 있는 감성 평가 기법을 개발하고자 한다. 이를 위하여 신경회로망 중에서도 패턴 분류기로 많이 이용되는 다층 퍼셉트론(multi-layer perceptron, MLP)을 이용하였다. 이 때 신경 회로망은 뇌파의 감성 파라미터를 특정 감성으로 비선형적으로 사상(mapping)시키는 역할을 한다. 그 구조는 그림 4와 같다.

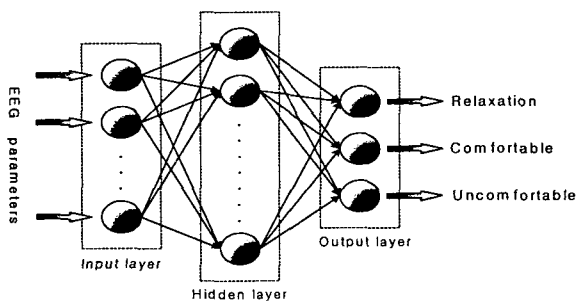


그림 4 신경회로망의 구조
Fig. 4 Structure of the neural network

신경회로망의 입력층(input layer)의 노드(node) 수는 60개(6차×10채널)의 구조를 가지며, 뇌파에서 추출된 특징 파라미터가 입력되고, 노드 수가 60개인 은닉층(hidden layer)을 통과한 후, 출력층(output layer)의 노드 수를 3개로 하는 60-60-3의 구조를 갖게 된다. 여기서 출력층의 노드 수는 쾌적성 평가의 결과인 안정, 쾌적 및 불쾌적에 해당하는 노드의 수로 정한 것이다. 다층 퍼셉트론 회로망은 보통 많이

활용하는 오차 역전파(error backpropagation) 학습 알고리즘으로 학습시켰다.

뇌파는 개인차는 물론 동일한 사람도 시점, 기분, 기온 등 여러 주변 환경과 심리 상태에 따라 전혀 다른 뇌파처럼 특성이 변하기도 한다. 따라서 하나의 기준 템플릿만으로는 패턴 분류가 거의 불가능하거나 성능이 열악할 것이다. 더구나 불특정 피검자(사용자)에 대한 감성을 평가하기 위해서는 하나의 템플릿으로는 거의 불가능하다. 이는 연구를 진행하면서 많은 실험을 통해 확인하였다. 따라서 본 연구에서는 다수의 피검자로부터 얻은 뇌파 데이터를 이용하여 생성된 템플릿들을 사용하여 실험시 입력되는 테스트 데이터 중에서 초기의 안정 상태의 뇌파 파라미터와 가장 근사한 성능을 나타내는 템플릿을 찾아 그 피검자의 감성 평가를 위한 템플릿으로 활용하는 다중 템플릿을 이용하는 감성 평가 기법을 개발하였다. 그림 5는 본 연구에서 개발한 감성평가 알고리즘의 구성도를 나타낸 것이다.

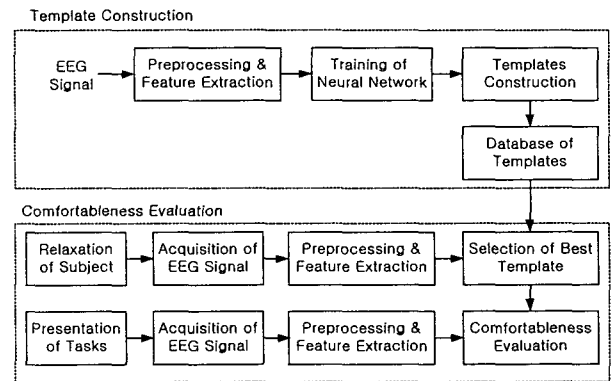


그림 5 템플릿 구성 및 쾌적성 평가의 블록선도
Fig. 5 Block diagram of template construction and comfortableness evaluation

먼저 여러 피검자의 감성에 대한 뇌파를 학습시켜 생성된 신경회로망의 가중치(weights)를 템플릿 데이터 베이스로 저장해 둔다. 그리고 감성평가 테스트를 할 때에는 안정 상태인 뇌파의 앞 부분을 이용하여 데이터 베이스에서 가장 근사한 뇌파의 템플릿을 선택하여 신경회로망에 가중치로 읽어들이는 것이다. 그리고 나서 신경회로망의 출력 곡선을 관찰하여 감성을 평가할 수 있다.

2.3 실험 및 결과

2.3.1 실험

뇌파 데이터 수집 시스템을 위한 주요 구성품은 신뢰성 있는 제품으로 구입하였고, 연결 장치 및 구동 소프트웨어는 직접 구현하였다. 소프트웨어는 Visual C++ 6.0을 사용하여 개발하였다. 뇌파 수집 장치는 미국 Electro-cap International사의 20채널 전극 캡(electro-cap), (주)정상테크 노사의 EEG 증폭기, 미국 Data Translation사의 A/D 변환기(모델명 DT-9804) 및 노트북컴퓨터로 구성되어 있다. A/D 변환기는 USB 포트를 이용하는 것으로 하여 데스크탑과 노트북에서 같이 실험하였다. 그림 6은 본 연구에서 구성

한 뇌파 수집 및 분석 시스템을 개략적으로 나타낸 것이다.

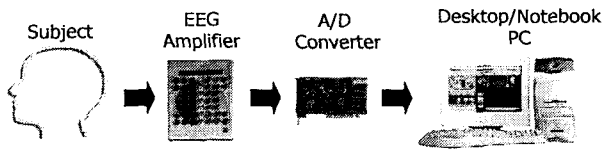


그림 6 뇌파 수집 및 분석 시스템
Fig. 6 Compositions of EEG recording and analyzing system

피검자의 두피로부터 전극 캡을 통해 검출된 뇌파는 이득 약 2000의 EEG 증폭기로 증폭되고, 증폭된 뇌파는 128Hz의 샘플링 주파수와 12bit의 해상도로 A/D 변환되고, 변환된 신호는 노트북이나 데스크탑 PC에 의해서 처리된다. 전극의 위치는 국제 전극배치법의 기준에 의한 10채널(Fp1, Fp2, F3, F4, T3, T4, P3, P4, O1, O2)를 사용하였다.

뇌파 데이터의 수집은 2차에 걸쳐 진행하였는데, 1차는 감정 표현에 익숙한 연극동아리 소속 대학생 4명과 감정 표현이 잘 안 되는 일반 대학생 6명을 대상으로 피검자 당 약 4~5일에 한번씩 총 3회의 동일한 실험을 진행하였다. 2차에는 일반 대학생만 10명을 선정하여 실험하였다. 이 중에서 7명은 동일한 방식으로 각각 3회의 뇌파 수집 실험을 하였고, 나머지 3명은 1번의 실험만 하였다. 실험은 안정, 쾌적 및 불쾌적에 대한 감성을 유발하기 위해 편안한 의자(쇼파)와 작고 불편한 낚시용 간이의자를 task로 선정하여 뇌파 데이터 수집 실험을 하였다. 모든 피검자는 오른손잡이이며, 여학생의 경우 생리기간을 피하여 실험하였고, 각 피검자에게는 실험 당일에 중추 신경계 및 자율신경계에 영향을 줄 수 있는 담배, 카페인, 약물, 음주 등을 피하도록 하였다. 데이터 수집 환경은 비교적 조용한 대학 교수의 연구실에서 실험실 조건에 적합한 온도(23~26℃)와 습도(50~65%)를 조성한 상태에서 이루어졌다. 실험 순서는 안정, 쾌적, 불쾌적의 순서로 하였다. 안정과 쾌적 상태는 어느 정도 비슷한 감성 상태로도 볼 수 있기 때문에 실험은 편안한 의자(쇼파)에서 데이터 수집을 하였으며, 그와 반대로 불쾌적 상태의 실험은 불편한 낚시용 간이의자에 앉게 한 후, 다리를 꼬고 있는 상태에서 실험을 하였다. 특정 상태에서 다른 감성의 상태로 진행하기 전에는 약 5분간 휴식을 취하게 하였다. 1차 실험에서 수집된 데이터로는 특징 파라미터 비교 실험 및 신경회로망의 출력 노드 수 결정에 관한 실험을 수행하였고, 2차로 수집된 데이터로는 개발된 자동 평가 알고리즘의 신뢰도를 평가하고자 하였다.

수집된 뇌파 데이터에서도 초기의 20초는 초기의 과도 부분으로 판단하여 제외하고, 중간에 약 1분간의 데이터를 이용하여 실험하였다. 1초의 데이터를 한 프레임(frame)으로 하여 신경회로망의 학습은 앞부분 20 프레임의 평균치를 이용하였고, 패턴 분류시에는 학습에 사용된 프레임들을 제외하고, 나머지 데이터를 이용하여 테스트하였다.

2.3.2 결과 및 고찰

먼저 1차로 수집된 10인의 데이터를 사용하여 특징 파라미터의 변별력 비교를 위한 실험을 수행하였다. 이는 신경

회로망을 이용한 패턴 분류 성능을 고찰하여 최적의 파라미터를 선정하고, 감성 평가 알고리즘을 위한 최적의 신호처리 기법을 연구하기 위한 실험이었다. 표 1~3은 이러한 실험의 결과를 나타낸 것이다. 표 1은 신경회로망의 출력에서 최대값을 나타내는 노드에 해당하는 감성을 인식된 것으로 결정한 결과를 보여주고 있다. 표 2의 실험에서는 3개의 출력에서 최대값을 나타내는 노드가 안정 출력이면 두 번째로 큰 노드가 해당 감성과 일치하는지를 확인하여 결과를 판정하였다. 즉, 쾌적과 불쾌적 상태에서도 안정에 해당하는 출력을 나타내는 것은 피검자의 뇌가 잠시 집중력을 잃은 것으로 보고, 그 부분을 안정 상태로 간주하여 쾌적과 불쾌적의 분류 범주에서 제외하는 것이다. 그리고 표 3은 안정 상태의 데이터를 학습과 테스트에서 제외하고, 쾌적과 불쾌적의 데이터로만 학습시키고, 테스트해 본 결과이다.

표 1 세 감성의 감성 인식 결과
Table. 1 Classification results of three sensibilities (단위 : %)

파라미터	감성별 인식률			평균
	R	C	U	
LPC	84.2	19.5	45.6	49.8
LCC	78.8	9.9	33.7	40.8

표 2 뇌파의 특성을 고려한 감성 인식 결과
Table. 2 Classification results of sensibilities considering the features of EEG (단위 : %)

파라미터	감성별 인식률		평균
	C	U	
LPC	77.6	63.3	70.5
LCC	22.6	86.3	54.5

표 3 쾌적, 불쾌적의 감성으로만 실험한 인식 결과
Table. 3 Classification results using only comfortable and uncomfortable sensibilities (단위 : %)

파라미터	감성별 인식률		평균
	C	U	
LPC	94.0	59.0	76.5
LCC	98.5	27.8	63.2

실험 결과를 살펴보면, 선형 예측기 계수를 이용한 방법의 성능이 선형 캡스트럼 계수의 결과에 비해 세 가지 실험 결과 모두 훨씬 더 높게 나타났다. 따라서 이 실험에서는 선형 예측기 계수가 가장 변별력 있는 뇌파의 감성 파라미터임을 알 수 있었다. 표 1의 결과에서는 피검자의 초기 안정 상태의 뇌파를 이용하여 이와 가장 근사한 템플릿을 읽어들이므로 안정에 해당하는 인식률이 대체로 높게 나타났지만, 표 2에서처럼 안정의 출력을 제외한 나머지 감성의 인식률을 보면 안정으로 치우친 인식률이 나머지 감성들의 인식률로 분배된 것을 알 수 있다. 표 3에서는 신경회로망의 출력 노드를 쾌적, 불쾌적인 두 가지로 하였지만, 안정의 감성도 쾌적한 감성과 비슷한 긍정(positive) 감성으로 볼 수 있

므로, 인식 결과가 불쾌적인 감성보다 쾌적한 감성으로 치우친 경향을 볼 수 있었다.

이상의 실험 결과를 토대로 쾌적성 평가 알고리즘은 뇌파의 감성 파라미터로는 선형 예측기 계수를 이용하고, 신경회로망의 출력 노드 수는 안정, 쾌적, 불쾌적의 3개로 최종 결정하였다. 그리고 10인의 뇌파 데이터 중에서 본인의 주관 평가에서 가장 잘 된 것이라고 지정한 데이터 중에서 실험 일지에서 가장 잘 된 것으로 평가된 순간의 데이터를 신경회로망에 학습시켜서 그 가중치를 템플릿 데이터 베이스로 저장하였다.

그림 7은 개발된 감성 평가 알고리즘을 이용하여 안정, 쾌적, 불쾌적 상태의 뇌파에 대하여 적용해 본 결과의 예를 나타낸 것이다. 그림의 수평축은 시간을 나타내고, 수직축은 해당 감성의 지표(정도) 값을 나타낸다.

그림에서 보는 바와 같이, 쾌적 상태의 뇌파가 입력되면 신경회로망의 쾌적에 해당하는 출력이 높고, 반대 경우에는 불쾌적 상태의 출력이 높은 것을 알 수 있다. 그러나 어떤 경우에는 쾌적과 불쾌적의 출력 중에서 한 가지는 변화를 나타내지 않고, 다른 하나만 감성 상태를 나타내는 경우가 있었으나, 안정에 해당하는 출력을 보조 데이터로 관찰하면 판단이 가능하였다. 이와 같이 쾌적성을 판단하여 실험시의 상황과 일치한 것은 30회의 실험 중에 27회로서 90%에 달하였다. 이는 학습시 사용된 본인의 데이터를 제외한 템플릿 중에서 가장 근사한 것을 선정하여 쾌적성을 평가한다는 사실을 고려할 때 매우 고무적인 결과라고 볼 수 있을 것이다.

본 연구에서는 많은 뇌파 데이터를 이용한 다양한 실험을 통하여 얻은 결과를 토대로 하여, 선형 예측기 계수를 특징 파라미터로 선정하였고, 많은 템플릿과 신경회로망을 이용한 감성 평가 알고리즘을 완성하였다. 개발된 알고리즘은 피검자의 초기 안정 상태의 뇌파를 기준으로 그 뇌파와 가장 근사한 템플릿을 읽어들이어 쾌적성을 평가하도록 개발하였다. 쾌적성 평가 알고리즘이 적용된 감성 평가 소프트웨어에는 또한 기존의 많은 연구에서 감성을 표현하는 지표라고 알려진 α 파와 β 파의 전체 파워에 대한 상대적인 파워비를 곡선으로 디스플레이하게 하였다. 그외에도 전처리 필터의 사용여부 선택, 이득 조절, 파일 설명 입력 기능, 텍스트 파일로의 변환 및 저장, 파형 진행시 시간 디스플레이 등의 기능들이 개발되어 내장되어 있다. 그림 8은 주어진 task의 감성에 대한 쾌적성 평가 결과가 나타나고 있는 소프트웨어 실행 화면의 한 예를 보여주고 있다.

그림의 좌측 큰 부분은 16 채널 뇌파 원신호를 나타내고, 우측 위의 두 윈도우는 전전두엽인 Fp1, Fp2의 α 파와 β 파의 전체 파워에 대한 상대적인 파워비 변화 곡선을 나타낸 것이다. 우측 아래의 세 윈도우가 본 연구에서 제안한 방식의 쾌적성 평가 결과를 막대 그래프 형태로 디스플레이한 것으로서, 우측 부분이 불쾌적 감성에 해당하는 부분이다. 매우 불쾌적인 상태로 갈수록 안정 상태의 출력이 낮아지면서, 불쾌적의 상태는 점점 높아지는 것을 관찰할 수 있다. 본 연구에서 개발한 알고리즘은 수집된 모든 데이터에 대하여 비교적 양호한 결과를 나타내었다. 그러나 좌/우 전전두엽의 α 파와 β 파의 파워비 쾌적에서는 감성과의 상관성을 거의 발견할 수 없었다.

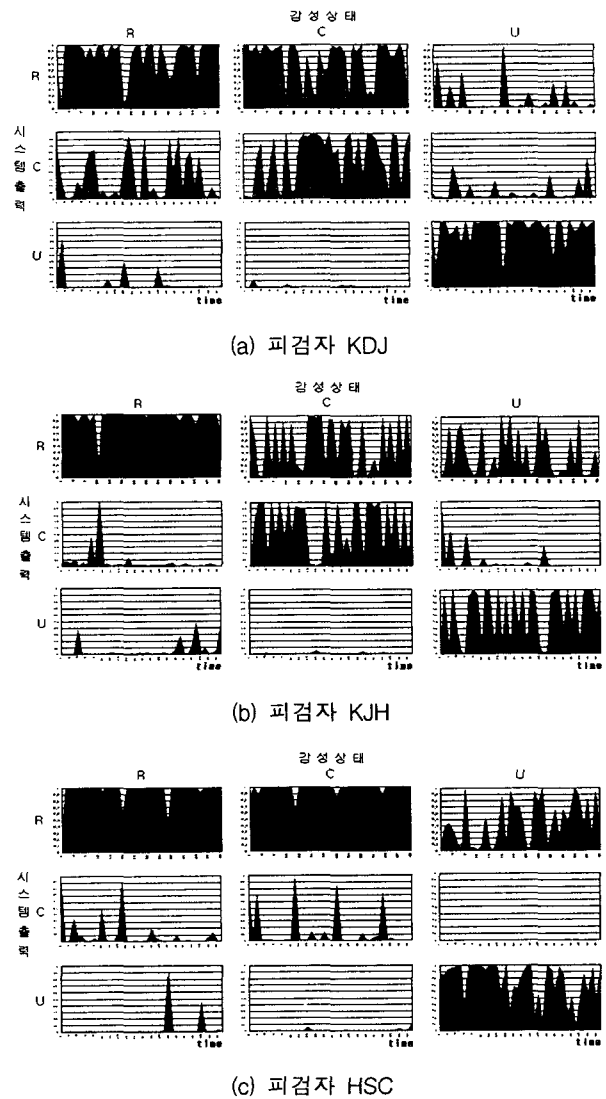


그림 7 쾌적성 평가 결과의 예

Fig. 7 Examples of comfortableness evaluation results

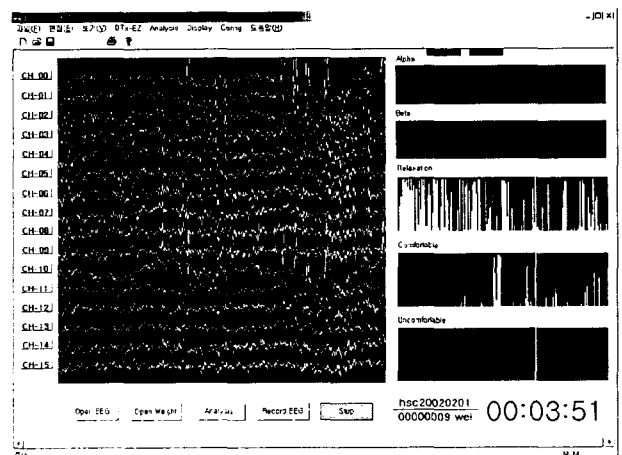


그림 8 쾌적성 평가 소프트웨어의 예(불쾌적 상태)

Fig. 8 Example of comfortableness evaluation software (uncomfortable state)

III. 결 론

본 연구에서는 뇌파의 발생을 선형적이라 가정하여 선형 예측기 계수와 선형 캡스트럼 계수를 추출하여 뇌파의 감성 파라미터로서의 성능을 비교해 본 후, 변별력이 더 우수한 파라미터를 이용하고, 통계적 특성의 변화가 심한 뇌파 신호에서도 피검자에 관계없이 쾌적성을 평가할 수 있는 감성 평가 알고리즘을 개발하고자 하였다. 개발 과정에서 실험을 통하여 얻어진 결과는 다음과 같다.

첫째, 선형 예측기 계수와 선형 캡스트럼 계수를 이용한 감성별 패턴 인식 성능의 비교를 통한 뇌파의 감성 파라미터로서의 성능 평가에서는 선형 예측기 계수가 패턴별 변별력이 선형 캡스트럼 계수보다 월등히 우수한 결과를 나타내었다. 선형 캡스트럼 계수는 일부 감성을 구분해내는 인식률은 매우 높고, 반면에 다른 감성에서는 현저히 떨어져서 기록이 매우 심하였고, 평균적으로도 선형 예측기 계수보다 성능이 떨어짐을 확인할 수 있었다. 둘째, 본 연구에서 개발한 감성 평가 알고리즘은 학습시 활용된 본인의 데이터를 제외하고, 나머지 템플릿 중에서 가장 근사한 템플릿을 검색하여 이를 토대로 감성 평가를 함에도 불구하고, 90%의 쾌적성 평가가 가능함을 확인할 수 있었다. 이것은 통계적 특징 변화가 매우 심한 뇌파를 취급하면서도 피검자에 관계없이 활용이 가능하다는 것을 의미하며, 더 다양한 뇌파의 가중치를 데이터 베이스화하여 템플릿으로 이용한다면 더 개선된 결과를 낼 것을 기대할 수 있을 것이다.

개발된 쾌적성 평가 알고리즘은 말이나 글 혹은 행동으로써 자기 감성을 표현할 수 없는 환자들이나 그 밖의 유아, 노인 등이 본인의 감성을 표현하는 수단으로써 이용이 가능할 것이고, 일반인을 대상으로할 때에도 잘 설계된 주관적 평가 기법과 결합되면 더욱 신뢰성 있는 쾌적성 평가가 가능할 것이다.

감사의 글

이 논문은 2003학년도 충청대학교의 학술연구조성비(일반과제)에 의하여 연구되었음.

참 고 문 헌

- [1] R. J. Davidson, "Anterior cerebral asymmetry and the nature of emotion", *Brain and Cognition*, vol.20, pp.125-151, 1992.
- [2] T. Yoshida, "The estimation of mental stress by 1/f frequency fluctuation of EEG", *Brain topography*, pp.771-777, 1998.
- [3] 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.

- [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, 1996.
- [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] 이석필, "인공지능 기법에 의한 근전도 신호의 패턴 인식에 관한 연구", 연세대학교 박사학위 논문, pp.16-17, 1997.
- [8] T. Musha, S. Kimura, K. I. Kaneko, K. Nishida, and 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.
- [9] H. Matsunaga and H. Nakazawa, "만족감 계측을 위한 기초적 연구", *일본 인간공학*, vol.34-4, pp.191-201, 1998.
- [10] M. T. Hagan, H. B. Demuth, and M. Beale, *Neural Network Design*, PWS Publishing Co., 1996.

저 자 소 개



김 동 준 (金東浚)

1963년 4월 14일생. 1988년 연세대학교 전기공학과 졸업. 1990년 동 대학원 전기공학과 졸업(석사). 1994년 동 대학원 전기공학과 졸업(공학박사). 현재 충청대학교 이공대학 정보통신공학부 부교수

Tel : 043-229-8460

Fax : 043-229-8460

E-mail : djkim@chongju.ac.kr