

은닉 마코프 모델을 이용한 정신질환자의 뇌파 판별

이경일¹, 김필운¹, 조진호², 김명남³

¹경북대학교 대학원 의용생체공학과, ²경북대학교 전자전기컴퓨터학부

³경북대학교 의과대학 의공학교실

(2004년 2월 25일 접수, 2004년 6월 10일 채택)

The Classification of the Schizophrenia EEG Signal using Hidden Markov Model

K. L. Lee¹, P. U. Kim¹, J. H. Cho², M. N. Kim³

¹Dept. of Medical and Biological Eng., Kyungpook National University

²School of Electrical Engineering and Computer Science, Kyungpook National University

³Dept. of Biomedical Eng., School of Medicine, Kyungpook National University

(Received February 25, 2004. Accepted June 10, 2004)

요약 : 본 논문에서는 은닉 마코프 모델을 이용하여 정상인과 정신분열증 환자의 뇌파에 대한 새로운 자동 판별 방법을 제안하였다. 특징 파라미터로는 통계적 정상구간에 대한 분산과 알파파, 베타파, 세타파의 전력비를 이용하였다. 실험 결과, 정상인의 경우에는 90.9%, 정신분열증 환자의 경우에는 90.5%의 높은 판별 정확성을 보였으며 이는 제안한 시스템이 복잡한 신호처리과정을 이용하는 시스템보다 효과적임을 알 수 있다. 따라서, 은닉 마코프 모델이 뇌파와 같은 복잡한 생체신호의 분석과 판별에 사용될 수 있으며 제안한 방법이 임상적인 진단에 상당한 도움이 될 것으로 기대된다.

Abstract : In this paper, a new automatic classification method for the normal EEG and schizophrenia EEG using hidden Markov model(HMM) is proposed. We used the feature parameters which are the variance for statistical stationary interval of the EEG and power spectrum ratio of the alpha, beta, and theta wave. The results were shown that high classification accuracy of 90.9% in the case of normal person, and 90.5% in the case of schizophrenia patient. It seems that proposed classification system is more efficient than the system using complicate signal processing process. Hence, the proposed method can be used at analysis and classification for complicated biosignal such as EEG and is expected to give considerable assistance to clinical diagnosis.

Key words : Classification, EEG, Schizophrenia, HMM, Feature parameter

서론

사회 및 경제발전의 고도화에 따른 정신적인 고통과 스트레스의 증가가 사회의 문제로 대두됨과 동시에 이에 대한 편리하고 실용적인 진단법 및 치료법의 연구에 대한 관심이 증폭되고 있다. 이에 따라 생체신호의 분석과 이를 이용한 치료에 관한 연구도 활발하게 이루어지고 있다. 생체신호들 중에서 뇌의 활동에 관계된 전기신호인 뇌파(electroencephalogram, EEG)를 이용한 정신질환의 판별과 스트레스의 분석에 관한 연구도 활발히 진행되고 있으며 몇몇 주목할 만한 결과도 보여주었다. Finley는 정신분열증 환자의 경우 정상인에 비하여 알파파(alpha wave)가 감소한다는 사실을 발견하였고, Ciannitrapani는 베타파(beta

wave)가 증가함을 발견하였다[1]. 따라서, Finley의 알파파 비율에 따른 분석과 Ciannitrapani는 베타파 비율에 따른 분석을 시도하였으며, Hazarika 등은 웨이블릿변환과 신경망을 이용한 정신분열증환자의 분류에 관한 뇌파분석을 수행하였다.[1-6]. 그러나 정신분열증(schizophrenia)과 같은 정신질환들에 대해서는 정신상태가 뇌파에 확연히 드러나지 않아서 다양한 신호처리에도 불구하고 판별이 매우 어렵다. 또한 머리의 여러 부위에서 획득한 뇌파의 특성도 다양하기 때문에 이를 고려하기 위해서 다채널 데이터를 이용하여야 하므로 이에 따른 시스템의 효율도 현저히 낮은 실정이다[7]. 은닉 마코프 모델(hidden Markov model, HMM)은 확률모델로서 시변적 신호의 패턴 인식에 있어 효율적이며, 일정한 피실험 데이터의 특징 파라미터만 주어지면 높은 정확도의 판별과 패턴인식 프로그램으로 이용되어 질 수가 있다.

본 논문에서는 은닉 마코프 모델을 이용하여 정상인과 정신분열증 환자의 뇌파에 대한 새로운 자동 판별 방법을 제안하였다. 먼저, 정상인과 정신분열증 환자의 뇌파의 특성에 따른 통계적 정상구간(stationary interval)에서 특징 파라미터를 추출하여 일정한 구간의 시계열 데이터를 획득하였다. 그런 다음, 은닉 마코프 모델을 이용하여 정신분열

본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R01-2001-00489) 지원으로 수행되었음.
통신저자 : 김명남, (702-701) 대구시 중구 동인 2가 101번지 경북대학교 의과대학 의공학교실

Tel. 053)420-5266, Fax. 053)420-5264

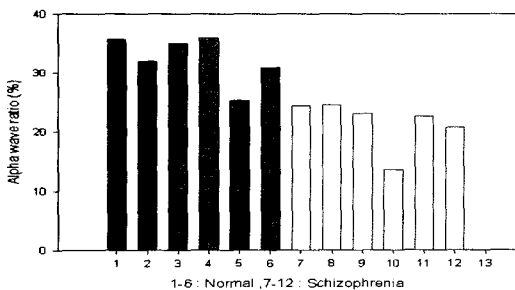
E-mai. kimmn@knu.ac.kr

증 환자와 정상인을 자동 판별하는 시스템을 제안하였다. 제안한 시스템에서는 10-20전극법으로 1분간 측정된 다채널 뇌파 신호 중에서 안구의 움직임이나 안면의 움직임에 의한 외부잡음의 유입이 가장 적은 뇌의 두정엽 Cz신호를 이용하였다. 그리고 뇌파의 통계적 정상구간에 근거하여 측정된 신호를 2초 간격으로 분할하고 분할한 구간에 대하여 시간영역의 평균 및 분산과 주파수 영역의 알파파와 베타파 및 세타파의 전력 스펙트럼 비율을 구한 다음, 이를 특징 파라미터로 하여 그 변화량을 적용한 은닉 마코프 모델 기반의 판별시스템을 제안하였다. 제안한 방법을 이용하여 뇌파 판별실험을 한 결과, 비교적 높은 정확도로 정상인의 뇌파와 정신분열증 환자의 뇌파를 판별할 수 있음을 확인하였다.

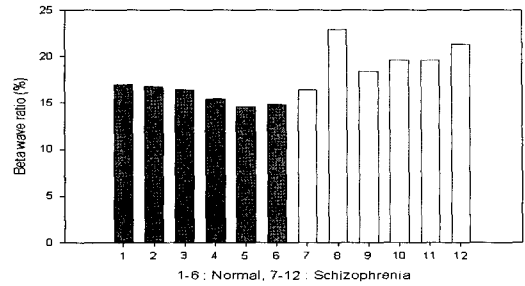
뇌파 및 은닉 마코프 모델

1. 뇌파 신호의 특징

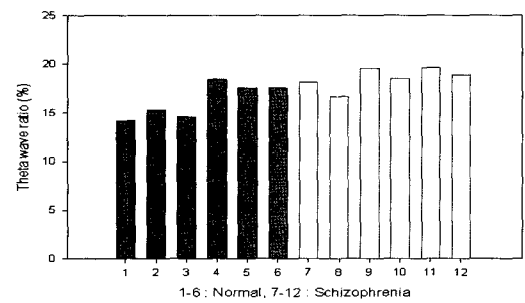
뇌파는 대뇌피질의 신경세포군에서 발생한 뇌의 전기활동을 증폭해서 시간에 따라 두피 상에서 기록한 것이다. 뇌파는 대략 0 Hz에서 30 Hz 사이의 대역폭에 따라 델타파, 알파파, 베타파, 세타파 등의 주파수로 나누어지며 비침습적으로 대뇌기능을 평가할 수 있는 수단이다[8]. 따라서 대뇌의 문제로 인한 정신질환을 분석하는 데 있어서는 뇌파를 측정하고 분석하는 것이 아주 중요한 문제이다. 일반적으로 뇌파는 정상인의 경우에는 알파파(8-13Hz) 비율이 증가하고, 비정상인의 경우에는 베타파(15-30Hz)와 세타파(5-7Hz)의 비율이 증가한다는 것이 알려져 있다. 정상인과 비정상인에 대한 뇌파의 주파수 분석 결과를 그림 1에 나타내었다. 그림 1(a)에서 정상인이 비정상인 보다 대체적으로 알파파 비율이 높으며 그림 1(b)와 그림 1(c)에서 비정상인의 베타파와 세타파 비율이 대체적으로 높음을 볼 수 있다. 그러나 이러한 단순 비율만으로는 정상인과 비정상인을 판별하기는 어렵다. 이는 생체신호의 특성상 외부잡음의 영향을 많이 받아 랜덤신호의 경향을 띄고 있으며 사람에 따라 그 비율의 정도가 틀리기 때문에 이에 뇌파 파형의 분석을 위해서는 잡음을 배제한 순수한 뇌파의 획득, 주파수 분석 등의 여러 신호처리 과정을 거쳐야 하는 어려움이 따르기 때문이다. 따라서 본 논문에서 제안하는 비정상인의 뇌파 판별시스템을 만드는데 있어서 뇌파의 특징분석은 매우 중요하다.



(a)



(b)



(c)

그림 1. 정상인과 비정상인에 대한 주파수 전력 스펙트럼 분포 (a) 알파파, (b) 베타파, (c) 세타파

Fig. 1. Frequency power spectrum distribution of the normal and schizophrenia. (a) Alpha wave, (b) Beta wave, and (c) Theta wave.

2. 은닉 마코프 모델

뇌파의 통계적 정상구간에 따른 변화정도를 이용하여 정상인 뇌파와 정신분열증 환자의 뇌파를 판별하기 위해서 시계열 신호에 대한 패턴인식과 판별에 용이한 은닉 마코프 모델을 이용하였다. 은닉 마코프 모델은 마코프 연쇄에 기초한 시계열 패턴의 생성과정에 대한 확률적인 모델이다 [9]. 은닉 마코프 모델에 의한 시계열 패턴 인식은 주어진 은닉 마코프 모델 기호열들 중에서 어느 은닉 마코프 모델에 속하는지를 통계적으로 추정하는 것이다. 시계열 패턴 인식을 위해서는 은닉 마코프 모델의 구조를 결정하는 것이 중요한 문제이다. 은닉 마코프 모델의 대표적인 구조 2가지는 그림 2에서 보여진 바와 같이 ergodic 모델과 left-right 모델이 있다. ergodic 모델은 어떤 신호가 처음의 상태에서 다시 그 상태로 돌아올 수 있는 신호인 경우 이용되며 left-right 모델은 초기 상태와 마지막 상태가 따로 존재하는 신호에 대해 이용된다. 예를 들면 ergodic 모델은 음성인식에서 하나의 음절을 인식해 낼 때 유용하며 단어나 문장의 전체를 인식할 때는 left-right 모델이 유용하다.

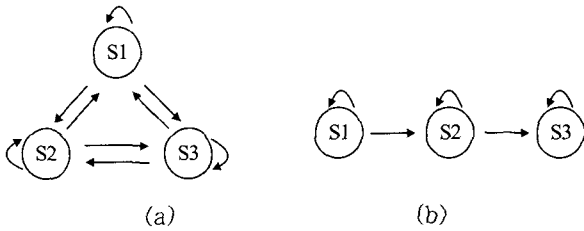


그림 2. 일반적인 은닉 마코프 모델 구조 (a) Ergodic 모델, (b) Left-right 모델

Fig. 2. General HMM structure. (a) Ergodic Model, (b) Left-right Model.

이론에 따른 은닉 마코프 모델을 적용한 예를 보면, 그림 3에서와 같이 음성신호 인식에서 음성신호를 음소나 음절에 따라서 분리하여 그 상태에서의 특징 파라미터가 나오는 상태열의 최대 확률값을 구하여 패턴인식 시스템을 만드는 것이 일반적이다[10]. 이 외에도 문자인식, DNA 구조 인식 시스템 등에 은닉 마코프 모델이 많이 이용되어지고 있다.

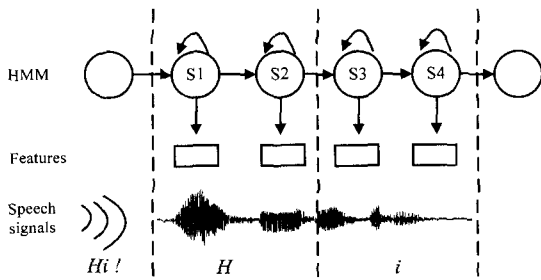


그림 3. 음성인식에 적용된 은닉 마코프 모델
Fig. 3. Speech recognition using HMM.

제안한 은닉 마코프 모델 판별시스템

1. 뇌파 신호의 특징 파라미터 추출

일반적으로 은닉 마코프 모델 인식을 많이 적용하는 음성신호 등은 랜덤신호이지만 통계적 추정이 뇌파 신호에 비해 용이하여 여러 특징 파라미터를 통한 인식시스템의 구축이 가능하다. 뇌파 신호의 경우에는 거의 잡음에 가까운 랜덤신호이며 은닉 마코프 모델은 랜덤신호를 통계적으로 묘사할 수 있는 알고리즘이다. 즉, 이러한 뇌파신호를 은닉 마코프 모델과 같은 알고리즘에 적용하기 위해서는 뇌파 신호 고유의 특징에 따른 통계적 특징 파라미터의 추출이 아주 중요하다. 따라서 본 논문에서는 은닉 마코프 모델 판별시스템의 적용할 뇌파 데이터의 특징추출에 있어서 주파수 특성과 상관된 특징을 따르는 통계적인 정상구간내에서 특징 파라미터를 추출하였다. 먼저, 데이터의 통계적 특성이 변하지 않는 즉, 뇌파 데이터가 가우스 확률 분포를 가지는 정상구간의 길이를 정한다. 실험적으로는 뇌파의 경우에 128Hz로 샘플링시 256샘플 이하를 통계적

정상구간으로 볼 수가 있다[11]. 뇌파 데이터의 길이가 N 인 k 번째 구간의 분산 σ^2_k 는

$$\sigma^2_k = \frac{1}{N} \sum_{n=1}^N x^2(kN+n) \quad (1)$$

이 된다. 여기서, n 은 1, 2, 3, ..., N 이다.

전체 뇌파 파형이 알파파와 베타파, 세타파의 비율에 의한 영향으로 통계적 정상구간의 변화량이 정상인과 비정상인에서 다르게 나타난다는 것에 근거하여 은닉 마코프 모델 판별시스템을 위한 특징 파라미터를 제안하였다. 이에 따라 정상인의 경우에 각성상태의 알파파 비율이 증가하고 비정상인의 경우에는 알파파 비율이 감소한다는 점, 그리고 비정상인에서 베타파 비율과 세타파 비율이 증가한다는 점을 이용하여 뇌파 데이터의 통계적 정상구간에서의 평균과 분산과 알파파, 베타파 그리고 세타파 주파수 전력 스펙트럼 비율의 변화량을 특징으로 하여 파라미터를 추출하였다. 뇌파 신호의 특징 파라미터 추출과정을 그림 4에 나타내었다.

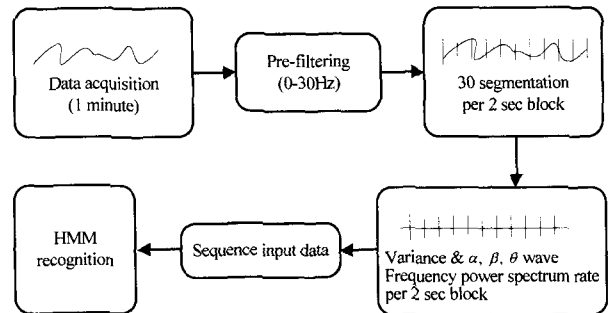


그림 4. 제안한 뇌파 특징 파라미터 추출과정
Fig. 4. The proposed feature parameter extraction of EEG signal.

2. 은닉 마코프 모델 판별 시스템

본 논문에서 제안한 비정상인의 뇌파판별을 위한 은닉 마코프 모델 구조는 그림 5에서처럼 어떤 신호를 정상인과 비정상인 상태를 가지는 신호임을 가정하고 그 상태에서의 특징 파라미터를 학습하여 최적의 은닉 마코프 모델 구조를 형성한다. 다음으로 임의의 신호를 입력하여 그 신호에 해당하는 가장 높은 출력확률을 나타내는 은닉 마코프 모델 구조를 그 신호의 패턴으로 인식하게 된다. 비정상 뇌파를 판별하기 위하여 먼저 은닉 마코프 모델 이론에 근거하여 뇌파 데이터의 상태를 정상과 비정상 상태의 2개의 상태로 이루어진 시계열 데이터로 가정하였다. 그리고 정상인의 은닉 마코프 모델 구조와 비정상인의 은닉 마코프 모델 구조를 실험적으로 만들고 그에 따른 상태 천이확률을 Baum-Welch 알고리즘을 통하여 최적화하여 판별시스템에 적합한 은닉 마코프 모델 구조를 생성하는 것이다. 제안된 은닉 마코프 모델 알고리즘은 그림 6에서 나타내었다.

전체적인 은닉 마코프 모델 판별시스템을 그림 7에서

나타내었다. 먼저 가정한 은닉 마코프 모델 구조에 따라 정상인 6명과 비정상인 6명의 학습패턴에 대한 4개의 특징 파라미터를 추출하고 각각의 파라미터에 대한 은닉 마코프 모델 구조의 상태의 수와, 출력기호의 수를 결정한 다음, Baum-Welch 알고리즘을 이용하여 최적화된 은닉 마코프 모델 구조의 파라미터를 추정하였다.

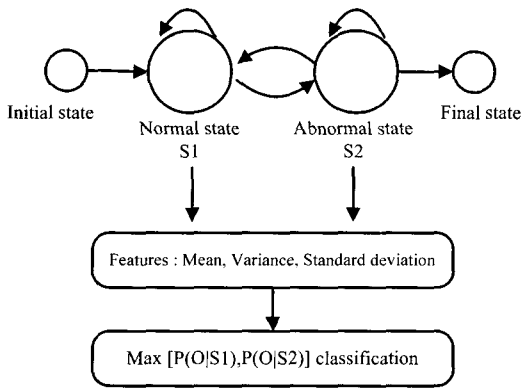


그림 5. 제안한 뇌파의 은닉 마코프 모델 구조
Fig. 5. The proposed HMM structure of EEG signal.

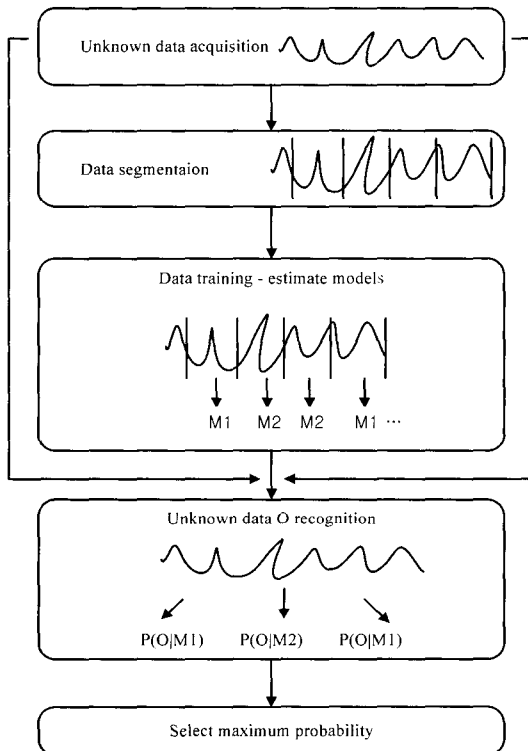


그림 6. 뇌파 데이터 판별을 위한 제안한 은닉 마코프 모델 알고리즘
Fig. 6. The proposed HMM algorithm for classification of EEG signal.

다음으로 인식대상이 되는 실제 수집된 뇌파에서 통계적 정상구간에서의 평균과 분산을 구하고 FFT를 이용하여 알파파 전력 스펙트럼 비율, 베타파 전력 스펙트럼 비율, 세타파 전력 스펙트럼 비율을 구하여 제안된 뇌파 판별 시스템에 입력하였다. 전향 알고리즘과 후향 알고리즘을 이용하여 입력된 뇌파 데이터의 특징 파라미터에 대한 출력 확률을 은닉 마코프 모델 구조별로 계산하여 4개 특징 파라미터의 입력에 대한 각 구조의 출력확률로 정상인과 정신분열증 환자를 인식하였다.

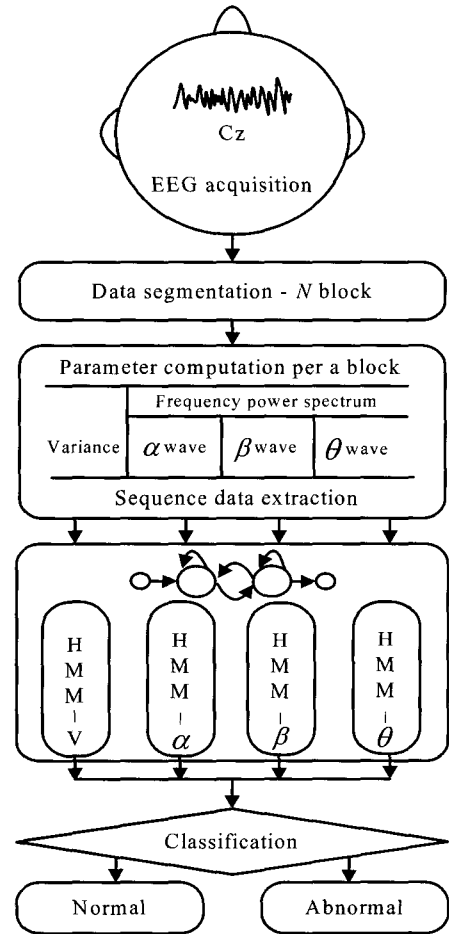


그림 7. 제안한 정신분열증 환자의 뇌파 판별 시스템의 구조
Fig. 7. The proposed structure of classifier for schizophrenia EEG.

실험 결과

1. 뇌파 신호의 수집 및 분석

실험에 사용된 뇌파 데이터는 경북대학교 병원의 정신과에서 정신분열증 환자로 진단된 환자 27명과 정상인 17명을 대상으로 10-20 전극법을 이용하여 1분간 측정된 다채널 데이터 중 잡음유입이 가장 적은 두정엽(Cz)의 뇌파 데이터이다. 데이터 획득에는 Neuroscan사의 scan 4.0을

이용하여 초당 125회 샘플링 및 12 bit의 분해능을 가지는 A/D 변환기를 사용하였다. 실험의 전반에 걸쳐 소프트웨어 툴로써 MathWorks사의 Matlab을 이용하였다. 정신분열증 환자의 성별분포는 29세 이하의 성인 15명과 30세 이상의 성인 12명이다. 그리고 정상인은 모두 29세 이하의 성인이다.

수집한 뇌파에 대하여 판별시스템에 입력한 시계열 데이터를 생성하였다. 1분간 측정된 신호를 2초 간격의 구간으로 나눈 다음 각각의 구간에 대한 분산을 구하고, 그 각각의 구간에서의 알파파, 베타파, 세타파의 주파수 전력스펙트럼 비율을 구하여 하나의 데이터당 30개의 데이터를 가지는 시계열 데이터를 생성하였다. 이 시계열 데이터중 정상인과 비정상인, 각각 6명의 데이터로 최적의 은닉 마코프 모델을 찾기 위해 학습을 하였으며, 통계적 정상구간에서의 특징 파라미터들 간의 상관성을 알아보았다.

그림 8, 9, 10, 11에서 보듯이 단순히 30구간으로 나누어진 뇌파 데이터의 특징 파라미터 시계열을 보면 정상인과 정신분열증 환자의 특징 파라미터의 상관성을 분석하기가 어려움을 볼 수 있다. 정상인과 비정상인의 뇌파의 특징에 있어서 주파수 대역별 분포 정도가 일정하게 정해진 것이 아니라는 것을 알 수 있다.

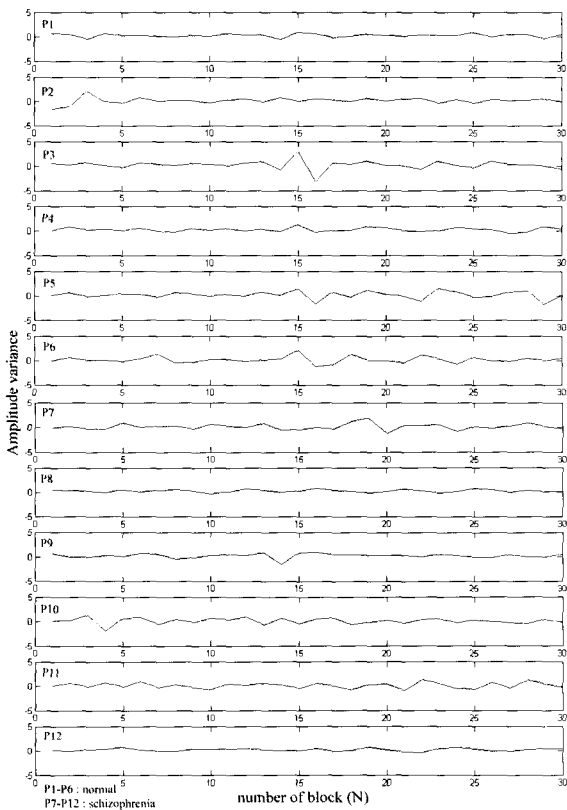


그림 8. 통계적 정상구간에서의 정상인과 비정상인의 분산
Fig. 8. Normal and schizophrenia variance in the stationary interval.

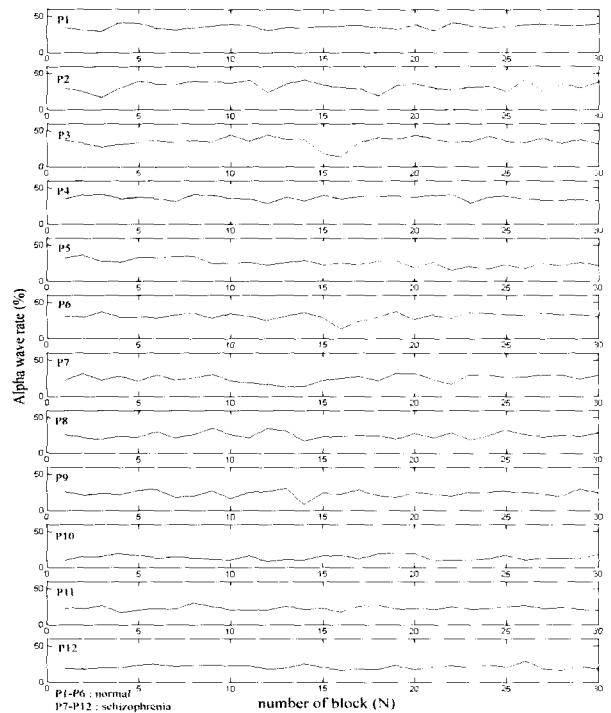


그림 9. 통계적 정상구간에서의 정상인과 비정상인의 알파파 비율
Fig. 9. Normal and schizophrenia alpha wave rate in the stationary interval.

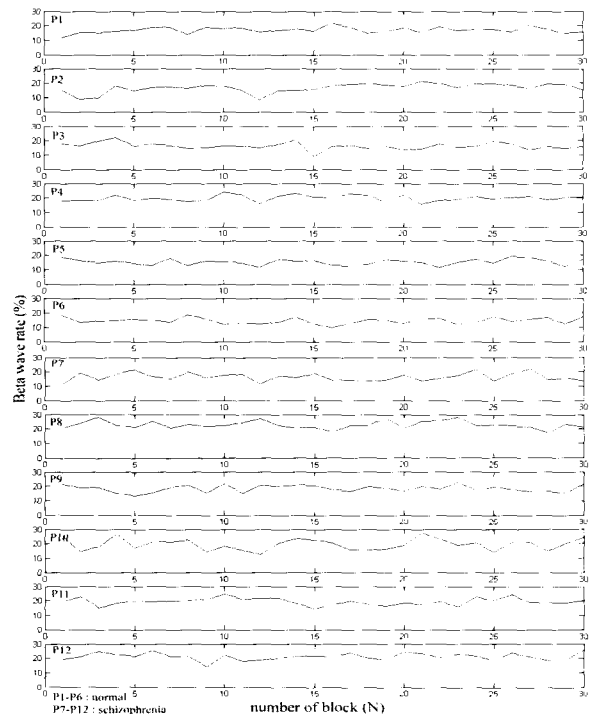


그림 10. 통계적 정상구간에서의 정상인과 비정상인의 베타파 비율
Fig. 10. Normal and schizophrenia beta wave rate in the stationary interval.

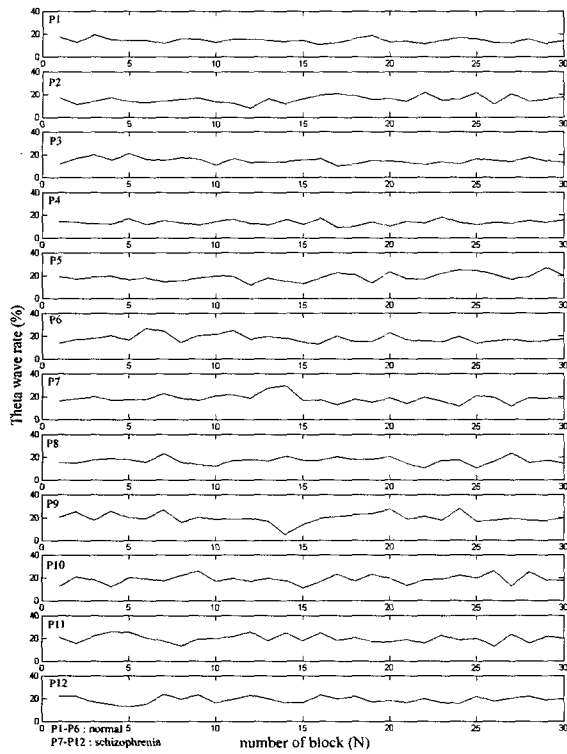
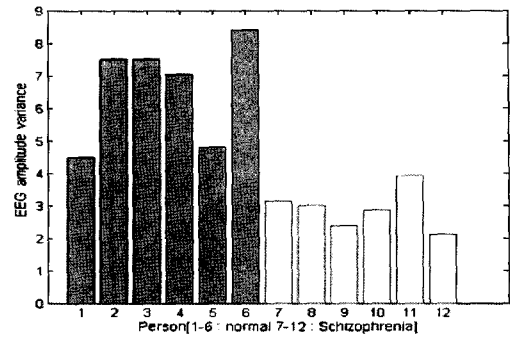
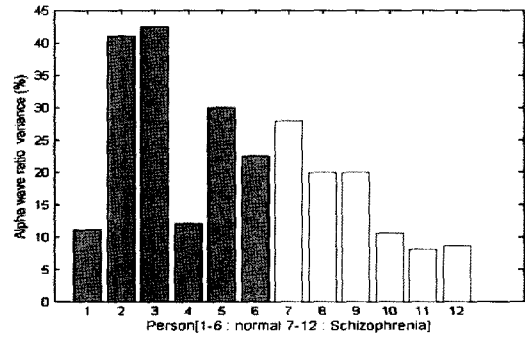


그림 11. 통계적 정상구간에서의 정상인과 비정상인의 세타파 비율
 Fig. 11. Normal and schizophrenia theta wave rate in the stationary interval.

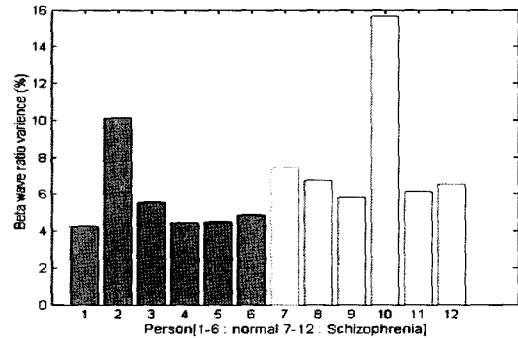
그림 12(a)에서 보면 데이터의 분산을 보면 일반인의 분산이 비정상인보다 크다는 것을 알 수 있으며, 그림 12(b)에서 알파파 비율의 변화정도도 정상인이 비정상인보다 대체적으로 크다는 것을 확인하였다. 또한 그림 12(c)와 (d)에서 보듯이 베타파나 세타파의 비율의 변화 정도에 있어서는 비정상인이 정상인보다 대체적으로 크다는 것을 알 수 있다. 그림 12에서의 정상인과 비정상인 사이의 유의한 관계를 확인하기 위하여 통계적인 분산분석법(ANOVA test)를 수행하였으며 이를 통하여 각각의 경우에 통계적으로 유의한 차이가 있음을 확인하였다.($p < 0.05$) 이러한 결과에서 볼 때, 정상인의 경우에는 알파파 비율이 증가하고, 비정상인의 경우에는 베타파와 세타파의 비율이 감소함에 따라서 전체적인 뇌파도 영향을 받는다는 것을 알 수 있다. 이에 따라 본 논문에서 제시한 통계적 정상구간의 변화정도를 특징 파라미터가 판별시스템에 이용이 가능함을 확인하였다.



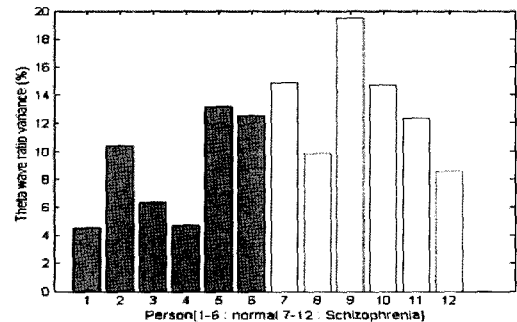
(a)



(b)



(c)



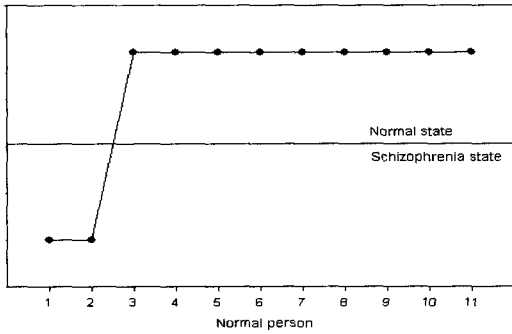
(d)

그림 12. 통계적 정상구간에서의 정상인과 비정상인 뇌파에 대한 (a) 분산의 변화, (b) 알파파 비율의 변화, (c) 베타파 비율의 변화, (d) 세타파 비율의 변화

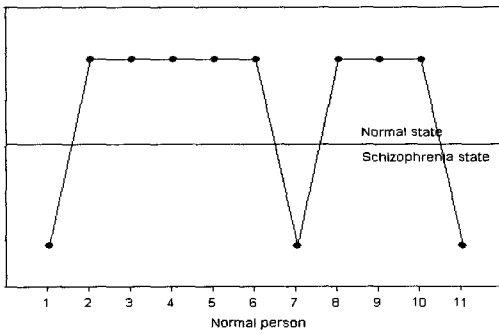
Fig. 12. (a) Variance, (b) alpha wave variance, (c) beta wave variance, and (d) theta wave variance for normal and schizophrenia EEG in the stationary interval.

2. 은닉 마코프 모델 판별결과

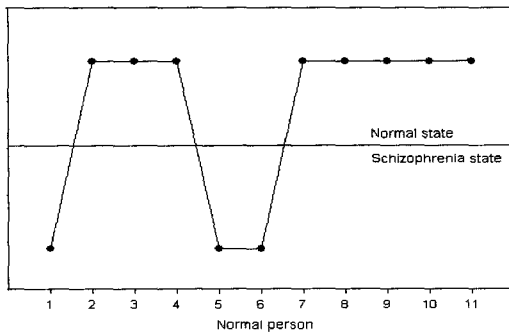
수집된 정상인과 비정상인의 뇌파의 통계적 정상구간 내에서 추출된 분산과 알파파, 베타파, 세타파의 전력스펙트럼 비율의 특징 파라미터를 값으로 한 시계열 데이터의 입력에 대한 판별결과를 실험하였다. 그 결과를 그림 13과 그림 14의 그래프로 나타내었다. 결과를 보면 정상인의 경우 분산을 이용한 판별율이 가장 높았으며 다음으로 주파수 분석을 통한 알파파와 베타파 비율에 따른 판별율, 세타파에 따른 판별율 순으로 결과가 나타났다. 비정상인의 경우에는 알파파 전력 스펙트럼 비율을 이용한 판별율이 가장 높았으며 다음으로 분산, 세타파, 베타파 주파수 전력 스펙트럼 비율을 이용한 판별율 순으로 결과가 나타났다.



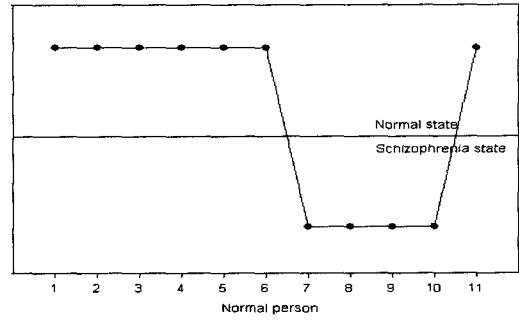
(a)



(b)



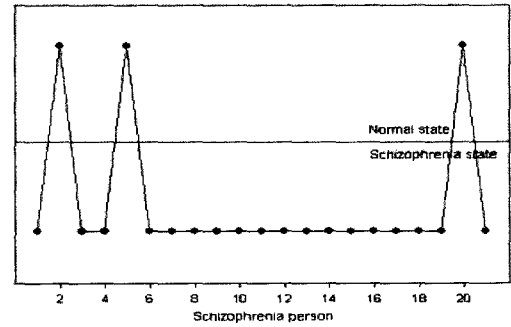
(c)



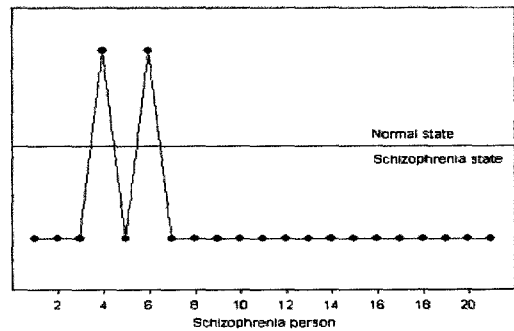
(d)

그림 13. 정상인의 4개의 파라미터에 대한 제안한 은닉 마코프 모델 판별결과 (a) 분산에 의한 판별, (b) 알파파 비율에 의한 판별, (c) 베타파 비율에 의한 판별, (d) 세타파 비율에 의한 판별

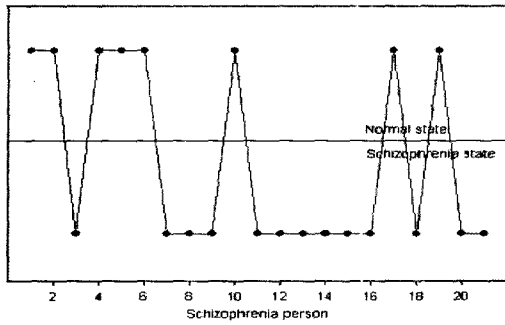
Fig. 13. The classification results of normal person 4 parameters using the proposed HMM classifier. (a) The classification using variance, (b) The classification using alpha wave, (c) The classification using beta wave, (d) The classification using theta wave.



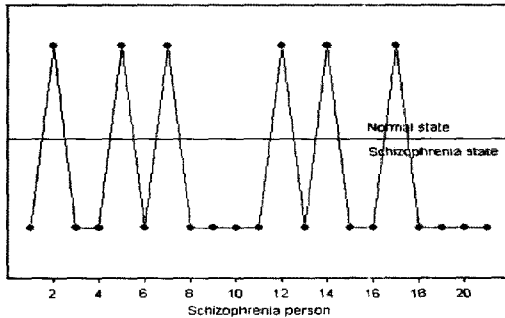
(a)



(b)



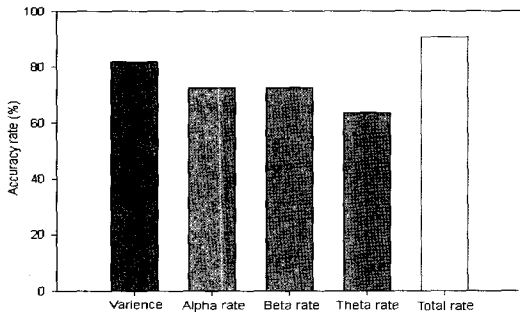
(c)



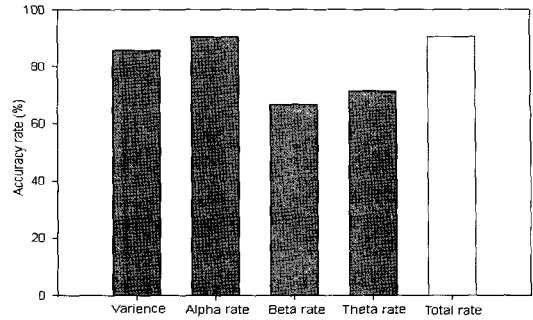
(d)

그림 14. 정신분열증 환자의 4개의 파라미터에 대한 제안한 은닉 마코프 모델 판별결과 (a) 분산에 의한 판별, (b) 알파파 비율에 의한 판별, (c) 베타파 비율에 의한 판별, (d) 세타파 비율에 의한 판별
 Fig. 14. The classification results of schizophrenia person 4 parameters using the proposed HMM classifier. (a) The classification using variance, (b) The classification using alpha wave, (c) The classification using beta wave, (d) The classification using theta wave.

실험결과에서 보면 분산과 알파파 전력스펙트럼 비율에 의한 판별율이 다른 특징 파라미터에 비해 보다 더 정확하다는 것을 알 수 있다. 이는 뇌파 데이터의 전체적인 변화량이 알파파 비율과 많은 연관성을 두고 있으므로 생각할 수 있으며, 이론상으로는 비정상인에서 베타파와 세타파의 비율이 증가한다는 것이 알려져 있으나 그 변화량이 알파파의 비율보다 그 영향이 적은 것으로 판단된다. 앞서 실험한 뇌파 데이터의 특징 파라미터 사이의 상관성 실험의 결과와 일치함을 알 수 있다.



(a)



(b)

그림 15. (a) 정상인과 (b) 비정상인에 대한 제안한 4개의 파라미터에 대한 전체 은닉 마코프 모델 판별율
 Fig. 15. The classification accuracy rate of 4 parameters using the proposed HMM classifier for (a) normal and (b) schizophrenia person.

이에 본 논문 실험에서는 4개의 특징 파라미터를 종합하여 판별율을 높이기 위해 적합한 판별방법을 결정하였다. 각각의 4개 파라미터의 결과에서 3개 이상의 파라미터 입력결과가 비정상이면 정신분열증 환자로 판단하며 2개의 파라미터 입력 결과가 비정상이면 분산과 알파파 비율의 영향이 큰 점을 고려하여 이 두 파라미터의 입력결과가 모두 비정상이면 정신분열증 환자로 판단하기로 하였다. 정상인의 경우에도 비정상인과 같은 판별법으로 판단하였다. 이 방법을 고려한 최종적인 판별 성능은 그림 15에서 보였다. 이상의 실험결과들을 고려하면, 통계적 정상구간 내에서 뇌파신호의 분산과 알파파와 베타파 그리고 세타파의 주파수 전력스펙트럼 비율을 특징 파라미터로 한 은닉 마코프 모델 판별 시스템의 판별율이 정상인의 경우 90.9%이고 정신분열증 환자의 경우 90.5%로 높은 정확도를 보였다.

고찰

비교적 단순한 통계적 신호처리만을 이용하여 뇌파 신호를 시계열 데이터로 만들어 통계적 정상구간에 따른 각 특징 파라미터의 변화량을 모두 고려한 은닉 마코프 모델 판별시스템이 우수한 판별 정확도를 가짐을 알 수 있었다. 일반적으로 패턴인식에 자주 이용되는 인공신경망과 은닉 마코프 모델을 비교해 보면, 인공신경망은 비선형 현상들을 분석하는데 유용하며, 학습을 통해 분석하여 분석시간이 짧고 비용이 작아 패턴인식, 예측, 분류 등에 효과적이다. 그러나 학습을 통해 찾은 최적의 가중치들은 그 신뢰도가 낮으며, 새로운 데이터가 추가될 경우 학습을 처음부터 다시 시도해야 한다는 단점이 있다. 은닉 마코프 모델은 연속적인 랜덤신호와 동적인 신호의 인식에 유리하므로 시변적인 신호의 모델링에 적합하다. 그러나 복잡한 신호에 적합한 특징의 추출과 그 신호에 적합한 최적의 모델을 구성하기가 어렵다는 것이다. 시간에 따라 랜덤하게 변화하고 특성이 불명확한 뇌파신호에 대해서는 인공신경망보다 은닉 마코프 모델이 적합할 것으로 판단된다. 그리

고 특징 추출에 있어서 뇌파의 통계적 정상구간에서의 파라미터 추출은 기존 연구자들의 단순한 통계적 특징추출과 주파수 분석, 웨이블릿을 이용한 특징 추출보다 뇌파의 구간별 변화를 고려했다는 점에서 보다 적합한 임상적인 참고에 유리할 것이다. 간단한 신호처리를 통한 특징 파라미터의 추출과 뇌파에 적합한 은닉 마코프 모델을 판별시스템에 적용함으로써 실시간으로 뇌파를 분석하고 판단할 수 있다는 점에서 시스템의 효율성이 우수할 것으로 판단된다.

결 론

본 논문에서는 뇌파의 통계적 정상구간에 근거한 분산과 알파파, 베타파 그리고 세타파의 주파수 전력스펙트럼 비율에 따른 변화 정도를 특징 파라미터로 한 은닉 마코프 모델을 이용한 비정상인 뇌파의 판별 시스템을 제안하였다. 먼저, 10-20 전극법으로 측정된 다채널 뇌파신호에서 외부잡음과 신체의 움직임으로 인한 신호의 왜곡이 가장 작은 뇌의 두정엽 뇌파 신호를 이용하여 통계적 정상구간에 따라서 데이터를 나누어 분산, 알파파 비율, 베타파 비율, 세타파의 비율에 따른 변화 정도를 특징 파라미터로 한 시계열 데이터로 추출하였다. 이 데이터를 제안한 은닉 마코프 모델 판별 시스템에 적용하여 정상인과 비정상인 뇌파의 판별 실험을 한 결과, 기존의 신경망을 이용한 연구 결과[6]와 비슷한 정상인의 경우 90.9%, 정신분열증 환자의 경우 90.5%의 비교적 높은 판별정확도를 보였다. 단순한 통계적 신호처리와 주파수 분석을 이용하여 추출한 제안된 특징 파라미터를 이용한 결과 높은 판별 정확도를 나타내었다. 결론적으로 복잡한 신호처리를 통한 판별시스템보다 제안한 뇌파 데이터 특징벡터의 추출에 의한 판별시스템이 시스템 효율성 면에서도 뛰어날 것으로 판단된다. 그리고 단순 학습에 의한 판별시스템이 아니라 데이터의 시계열 분석에 의한 확률적 모델로서 은닉 마코프 모델이 뇌파와 같은 복잡한 생체신호에서도 적절히 이용할 수 있음을 확인하였다. 본 논문에서 제안한 비정상인 뇌파에 대한 은닉 마코프 모델 판별 시스템이 실제 임상에 있어서도 유의한 결과를 확인할 수 있었으며 이러한 정신분열증의 자동판별

방식은 정신과 영역에서 뇌파에 포함되어 있는 정보만을 이용하여 정신질환을 진단하는 가능성을 보였으며 향후 이를 개선해간다면, 정신질환 진단 보조 시스템으로서의 역할을 충분히 해낼 수 있을 것으로 사료된다.

참 고 문 헌

1. D. Giannitrapani and L. Murri, *The EEG of mental activities*, New York: Karger, 1988
2. K. Finely, "On the occurrence of rapid frequency potential changes in the human electroencephalogram", *American Journal of Psychiatry*, Vol. 101, pp. 194-200, 1944
3. D. Kemali and L. Vacca, "Schizophrenia and EEG spectral analysis", *Electroencephalography And Clinical Neurophysiology*, Vol. 36, pp.1355-1358, 1979
4. J. Volavka, M. Matousek, and J. Roubicek, "EEG frequency analysis in schizophrenia", *Acta Psychiat. Scand*, Vol. 42, pp. 237-245, 1996
5. N. Hazarika, J. Chen, A. Tsoi, and A. Sergejew, "Classification of EEG signals using the wavelet transform," *Proceeding of 13th Int. Con. on Digital Signal Processing*, Vol. 1, pp. 89-92, 1997
6. 정주영 등, "다채널 뇌파의 웨이블릿 계수와 신경망을 이용한 정신분열증의 판별", *의공학회지*, 제24권 제2호, pp. 99-106, 2003
7. 이경일 등, "Hidden Markov Model을 이용한 비정상인 뇌파의 판별", 제 29회 대한의용생체공학회 추계학술대회 논문집, pp. 149, 2003
8. 김대식 등, *뇌파 검사학*, 고려의학, pp.1-39, 1999
9. 김상운, *식별알고리즘을 중심으로 한 패턴인식입문*, 홍릉과학출판사, pp.137-152, 1997
10. 이진상 등, *음성인식*, 한양대학교 출판부, pp. 53-74, 103-127, 2001
11. 이종욱 등, *대역 분할 부호화 기법을 이용한 EEG 데이터 압축에 관한 연구*, 연세대학교 대학원 석사학위 논문, 1993