# 웨이브렛 변환과 파워 스펙트럼 분석을 이용한 EEG의 안정 상태 인식에 관한 고찰

*김영서, **길세기, ***임선아, ***민홍기, ****허웅, **홍승홍
*서울보건대학 의료공학과, **인하대학교 전자공학과
***인천대학교 정보통신공학과, ****명지대학교 전자공학과
e-mail : yskorea@sh.ac.kr

# Recognition of Stable State of EEG using Wavelet Transform and Power Spectrum Analysis

*Young-Seo Kim, **Se-Kee Kil, ***Seon-Ah Lim,
***Hong-Ki Min,****Her-Woong, **Seung-Hong Hong
*Department of Biomedical Engineering, Seoul Health College
**Department of Electronic Engineering, Inha University
***Department of Information & Telecom. Engineering, University of Incheon
****Department of Electronic Engineering, Myoungji University

## Abstract

The subject of this paper is to recognize the stable state of EEG using wavelet transform and power spectrum analysis. An alpha wave, showed in stable state, is dominant wave for a human EEG and a beta wave displayed excited state. We decomposed EEG signal into an alpha wave and a beta wave in the process of wavelet transform. And we calculated each power spectrum of EEG signal, an alpha wave and a beta wave using Fast Fourier Transform. We recognized the stable state by making a comparison between power spectrum ratios respectively.

## 1. 서 론

웨이브렛(Wavelet) 변환은 신호처리, 압축과 복원, 웨이브렛 신경회로망 등에 널리 사용되고 있는 도구로서, 일반적으로 주파수 분석에 많이 사용하는 푸리에 변환과 달리 주파수 축으로의 데이터 변환 시 시간 정보를 잃어버리지 않는 장점이 있다[1]. 주파수 영역의 신호처리 시 어느 특정한 위치에서 어떤 특정한 일이 일어나는가 하는 것은 상당히 중요한 문제일 수 있다. 따라서 본 논문에서와 같이 시간의 진행에 따른 각 주파수 대역의 스펙트럼의 변화를 추적하는 경우, 웨이브렛은 적절한 방법이라 할 수 있을 것이다. 따라서 본 논문에서는 웨이브렛을 이용하여 EEG 신호를 alpha파, beta파에 해당하는 주파수 대역별로 분해하고, 분해 된 각 신호의 파워스펙트럼 및 EEG 신호의 스펙트럼을 구한 후 alpha의 스펙트럼과 beta의 스펙트럼의 비율을 계산하였다. 본 논문에서 alpha파의 스펙트럼 비율을 구한 이유는 alpha파는 주로 안정 상태에서 검출되는 것으로 널리 알려져 있기 때문이다.

## 2. 신호의 추출 및 스펙트럼 분석

본 연구에서 사용한 EEG 데이터는 전극(electrode)을 통해 검출된 생체신호를 256hz의 샘플링주파수로 A/D변환하여 text file로 database화한 데이터로 8개의 EEG 채널 중에서 Alpha파가 강하게 나타나는 전두엽 검출신호(6번 채널)을 사용하여 실험을 진행하였다[2].

EEG 신호의 샘플링 주파수가 256hz이므로 나이키스트의 원리에 따라 0 ~ 128 Hz를 유효한 주파수 범위로 볼 수 있으며 신호를 웨이브렛을 사용하여 7단계까지 분해하면 아래의 표 1과 같이 주파수 범위를 나타낼 수 있다.

| level | A | frequency | D | frequency |
|---|---|---|---|---|
| 1 | $cA_1$ | 0 Hz ~64 Hz | $cD_1$ | 64 Hz ~ 128 Hz |
| 2 | $cA_2$ | 0 Hz ~32 Hz | $cD_2$ | 32 Hz ~ 64 Hz |
| 3 | $cA_3$ | 0 Hz ~16 Hz | $cD_3$ | 16 Hz ~ 32 Hz |
| 4 | $cA_4$ | 0 Hz ~8 Hz | $cD_4$ | 8 Hz ~ 16 Hz |
| 5 | $cA_5$ | 0 Hz ~4 Hz | $cD_5$ | 4 Hz ~ 8 Hz |
| 6 | $cA_6$ | 0 Hz ~2 Hz | $cD_6$ | 2 Hz ~ 4 Hz |
| 7 | $cA_7$ | 0 Hz ~1 Hz | $cD_7$ | 1 Hz ~ 2 Hz |

표 1. 레벨에 따른 주파수 대역
Table 1. Frequency bandwidth according to level.

일반적으로 EEG는 두피상 뇌파, 피질뇌파, 심부뇌파, 시상뇌파로 나눌 수 있으며, 본 연구에서 사용한 데이터는 두피상 뇌파이다. 또한 EEG는 주파수에 따라 약 8 ~ 12 Hz의 alpha 파, 약 13 ~ 34 Hz의 beta 파, 4 ~ 7 Hz의 theta 파, 0.3 ~ 3.5 Hz의 delta 파로 분류할 수 있다. alpha 파는 사람에게 있어서 가장 우세한 파형으로 정신적으로 안정 시, 눈을 감고 조용한 환경에서 전극을 두정부(전두엽) 및 후정부에 고정 시 잘 나타나는 뇌파이다[3]. 본 연구에서는 안정상태를 기반으로 실험을 진행 하였으므로 EEG 중 alpha 파와 beta 파만 검출하여 사용하였다. 위의 표 1에 나타낸 것처럼 alpha 파의 주파수는 7단계로 분리된 웨이브렛 component 중 $cD_4$에 포함되어 있다. $cD_4$를 다시 웨이브렛 분해하면 아래의 그림 1처럼 $cD_4A_1$(8 ~ 12 Hz)와 $cD_4D_1$(12 ~ 16 Hz)로 나눌 수 있다.

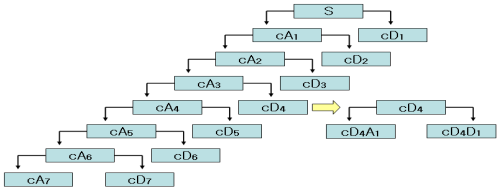


그림 1. 웨이브렛 변환을 이용한 $cD_4$ 신호의 분해

Fig. 1. Signal decomposition of $cD_4$ component using wavelet transform

파워스펙트럼 해석(Power spectral analysis)은 수행하는 방법에 따라 상관함수법, FFT법 및 선형예측모델법이 있다. 일반적으로는 상관함수법과 FFT법을 사용되며 데이터의 길이를 충분히 길게 얻을 수 없는 경우에는 보통 선형예측모델법을 사용한다. 본 연구에서는 EEG의 파워스펙트럼을 구하기 위해 FFT에 의한 파워스펙트럼 추정 방법을 사용하였다. 선형예측모델법은 데이터의 길이가 짧은 경우에는 상관함수법이나 FFT법에 비해 우위를 보일 수 있으나 본 연구에서 사용한 EEG의 데이터는 약 20분 이상의 데이터(256 Hz, 360,000 샘플이상)로 충분히 긴 길이이므로 복잡한 계산 방법에 비해 장점이 거의 없다고 할 수 있다. 또한 상관함수법과 FFT법의 경우, 위에서 설명한 대로 유한 길이의 윈도우 함수를 사용하면 거의 같은 방법이라 할 수 있어 비교적 사용이 편리한 FFT법을 사용하였다.

$$\widehat{P}_m = \widehat{P}_m \Delta f = \frac{1}{(N\Delta T)^2}|X_m|^2$$

$$= \left|\frac{1}{N}\sum_{n=0}^{N-1} x_n \exp(-j2\pi mn/N)\right|^2 \quad (1)$$

## 3. 실험 결과

그림 2에 본래의 EEG 신호 파형과 추출된 alpha 파, beta 파를 도시하였다. 아래의 그림 3은 총 20 분간의 1분당 alpha_spectrum / EEG_spectrum,

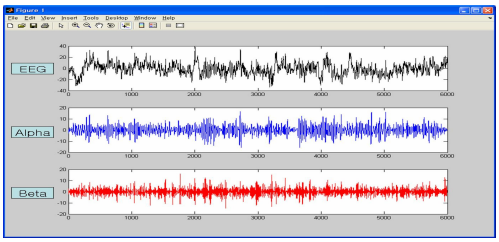


그림 2. alpha 파 및 beta 파의 검출

Fig. 2. Extraction of alpha wave and beta wave

beta_spectrum / EEG_spectrum 및 alpha_spectrum / beta_spectrum값을 도시하였다. 그림에서 가로축은 시간(단위 : 분)을 나타내며 세로축은 스펙트럼의 비를 나타낸다.

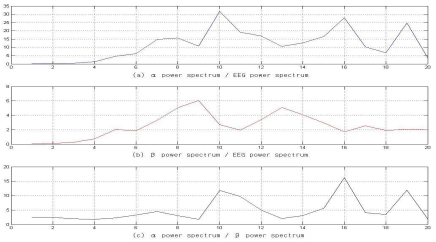

그림 3. EEG 파워 스펙트럼 결과

Fig. 3. The result of power spectrum of EEG

## 4. 결론

본 연구에서 사용한 데이터는 시간을 동기화시킨 총 13개의 채널 신호(1개의 시간 채널, 8개의 EEG 채널, 1개의 EMG 채널, 2개의 호흡신호 채널)로 구성된 데이터이며, 이 데이터를 각 채널별로 분리하여 Matlab ver 7.1+sp3 을 이용, 실험을 진행하였다. 획득된 총 92개의 생체 신호 데이터 중 20 분 미만의 짧은 데이터 등 33명의 데이터는 무효처리하고 총 56명분의 데이터에 대해 웨이브렛을 이용하여 EEG 신호의 alpha파, beta파를 추출하였으며, alpha, beta, 전체 EEG 신호의 파워스펙트럼 분석을 행하였다.

※ 본 연구는 한국보건산업진흥원의 일부 지원에 의하여 수행되었음.

## 참고문헌

[1] Rioul, Olivier and Martin Vetterh, "Wavelets and signal processing," IEEE Signal Processing Magazine, October 1991, p.14-18

[2] K. Kopitzki, P. C. Warnke, and H. Timmer, "Quantitive analysis by renormalized entropy of invasive EEG recodings in focal epilesy", Phys. Rew. E. 58(4) 1998

[3] J. Barlow, "The Electroencephalogram: Its Patterns and Origins", MIT Press, 1993