

웨이블릿 변환을 이용한 EEG 신호의 분석에 관한 연구

*김기현, *박두환 *조현우, *이기영, **이준탁

*동아대학교 전기공학과, *동아대학교 전기공학과, *한국전력, *한국전력 **동아대학교 전기전자컴퓨터공학부

On the Analysis of EEG Signals using Wavelet Transform

*Kim Ki-Hyun, *Park Doo-Hwan, *Jo Hyun-Woo, *Lee Ki-Young, and **Lee Joon-Tark

*Dept. of Electrical Engineering, Dong-A Univ., *Dept. of Electrical Engineering, Dong-A Univ.,

*KEPCO, *KEPCO, **School of Electrical, Electronics and Computer Engineering, Dong-A Univ.

Abstract - 생체신호는 생리학이나 해부학에서 주로 다루어졌으나, 최근 컴퓨터 시스템의 발전으로 공학적인 접근이 활발히 진행되고 있다. 특히 뇌의 정보를 보여주는 EEG(Electroencephalogram) 신호의 각 주파수 대역 별 에너지 분석은 의학분야에서도 매우 큰 비중을 두고 있다. 특정 뇌신경 관련질환이 갖는 대역별 주파수 특징과 Spike등을 분석하는 것은 치료와 예방에 아주 좋은 방법의 하나가 될 수 있다. 본 논문에서는 신호처리에서 높은 효율을 보이는 Wavelet Transform을 이용하여 알츠하이머병의 EEG 신호를 분석하였다.

된다. 특히 수열의 길이N이 증가하면 계산량은 급격하게 증가하게 된다. N점 수열의 이산 푸리에 변환은 다음과 같이 주어진다.

$$X(k) = \sum_{n=0}^{N-1} x(n)W_N^{kn}, \quad 0 \leq k \leq N-1$$

또한, N점 수열에 필요한 DFT 계산의 수는 N 제곱에 비례하고, 다음과 같이 표시된다.

$$C_N = O(N^2)$$

1. 서 론

인간의 뇌 분야에서 EEG 신호의 분석에 관한 접근 기록은 계속 되어 왔고 이는 의학 분야에서 뇌 기능을 실시간으로 표현해내는데 매우 주목받는 방법이 되었다. EEG 신호 분석은 뇌의 장애로 인해 발생한 질병치료의 접근에 가장 관련성이 높다. EEG 신호는 오랜 기간동안 그 기록을 누적하고 있으며, 이를 바탕으로 뇌의 전기적 활동의 전위를 연구하는데 쓰이고 있으며, 뇌 관련 질환의 치료에 있어 EEG 신호의 분석 결과를 바탕으로 손상 부위를 검출해 낼 수 있다면 뇌 관련 질환의 치료에 매우 높은 효과를 보일 것으로 기대된다. 따라서 본 논문에서는 뇌신경 관련 질환인 알츠하이머병 환자와 정상인의 EEG 신호를 대상으로 하여, 기존의 신호처리 분야에서 널리 사용되어져 온 Fourier Transform과 제안하는 Wavelet Transform의 파형을 비교 분석하여, Wavelet Transform의 우수성을 입증하고, EEG 신호의 처리 및 해석 분야에 보다 적합함을 보이고자 한다.

1965년 Cooley와 Tukey는 DFT의 연산 양을 대폭 감소시킨 기법인 FFT(Fast Fourier Transform)를 발표하였다. 이후 FFT는 많은 신호처리 기법에 적용되었다.

2.1.2 Wavelet Transform

최근 들어 Wavelet Transform은 보다 나은 신호처리 기법으로 채택되고 있다. Wavelet Transform은 1982년 프랑스의 Morlet에 의해 고안되어, 현재 음향 및 화상분야 등에 응용되고 있다. Fourier Transform에 비해 Wavelet Transform은 시간-주파수 해석이 가능하고, 고주파 성분을 갖는 특이점의 검출에도 적합하다. 신호 s(t)의 Wavelet Transform은 기저함수 $\Psi(t)$ 의 평행이동과 확장된 템플릿 $\Psi((t-b)/a)$ 에 의해 얻어진다.

$$C_{a,b} = \int_{-\infty}^{\infty} s(t) \Psi\left(\frac{t-b}{a}\right) dt$$

그리고, 정규화 시키면 매 스케일마다

$$\sum_{k=0}^{N-1} |\Psi(s\omega_k)|^2 = N$$

을 가진다.

2. 본 론

2.1 EEG 신호에서의 특징 추출

현재 EEG 신호는 장기간 계속해서 기록과 누적을 진행해 오고 있다. EEG 신호는 신경계의 정보를 가지고 있다. 기록된 EEG 신호는 이러한 신경계 질환의 해법을 찾아내는데 매우 중요한 의학적 도구가 되고 있다.

본 논문에서는 알츠하이머병 환자와 정상인의 EEG 신호를 참고 데이터로 선정하고 이를 해석함에 있어 기존의 신호처리 분야에서 기본적인 방식으로 많이 채택되었던 Fast Fourier Transform을 통한 방법과 제안하는 Continuous Wavelet Transform을 비교 분석하여 각 신호의 특징을 추출해 내고, 이 과정에서 Continuous Wavelet Transform의 결과가 보다 우수함을 입증하고자 하였다.

2.1.1 FFT(Fast Fourier Transform)

DFT는 시간 영역과 주파수 영역에서 모두 이산적 성질을 가지는 유일한 변환이고, 유한 수열에 대해서 정의

2.2 Datasets

분석을 위한 EEG 신호의 검출 및 선정기준은 크게 시간적 반응과 공간적 반응으로 구분 하였고 그 내용은 다음과 같다. 시간적 반응은 1024 데이터 포인트들의 시계열에서의 결과에서 8초간 각 시간에 대해 128Hz의 샘플링 율로 누적된 데이터에 의해 검토하였다. 측정된 아날로그 신호는 8 bit digitizer를 이용하여 디지털로 변환 하였다. Band-Pass 필터는 0.1Hz ~ 30Hz, 12 dB/octave roll-off를 사용하였다. 공간적 반응은 두 상부에 배치한 전극을 통해 얻어진 누적된 데이터에 준하여 검토하였다. EEG 신호 검출은 국제표준에 의거하였다. 즉, 10~20개의 전극이 배치된 시스템을 이용하였고, 두 상부에 19지점의 전극을 배치하여 동시에 측정된 EEG 신호를 이용하였다.

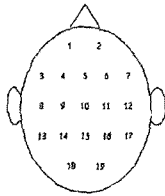


그림 1. 두 상부 전극배치도

2.2.1 Examples Datasets

변환 순차	FFT	변환 순차	CWT
1	A/Oe	5	A/Oe
2	N/Oe	6	N/Oe
3	A/Ce	7	A/Ce
4	N/Ce	8	N/Ce

FFT : Fast Fourier Transform
 CWT : Continuous Wavelet Transform
 A: 알츠하이머병 환자 N : 정상인
 Oe : 눈 뜬 상태 Ce : 눈 감은 상태

표 1. 참고 데이터 실험 별 유형 및 비교표

2.3 결과 및 고찰

2.3.1 결과 파형 비교

아래 그림들은 각 모델들의 상태별 EEG 신호에 대해 FFT와 CWT를 수행한 결과 파형이다.

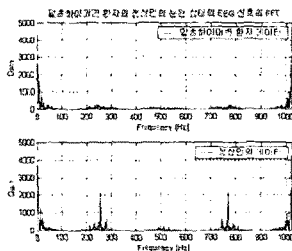


그림 2. FFT 결과 파형(A/OE와 N/OE)

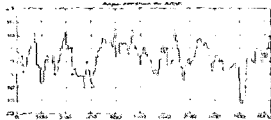


그림 3. Approximation (A/OE)

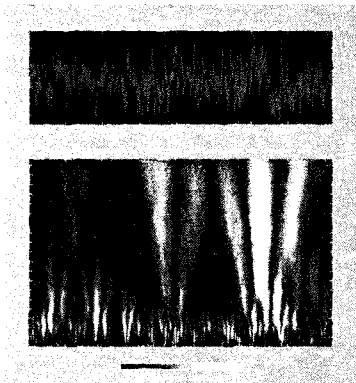


그림 4. CWT 결과 파형(A/OE)

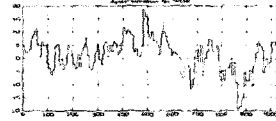


그림 5. Approximation (N/OE)

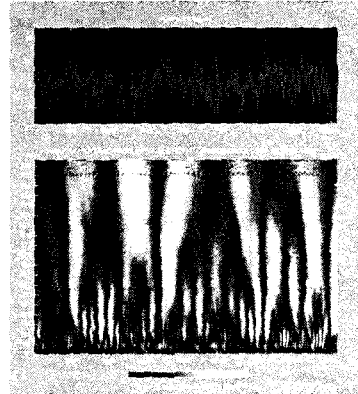


그림 6. CWT 결과 파형(N/OE)

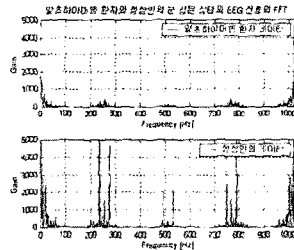


그림 7. FFT 결과 파형(A/CE와 N/CE)

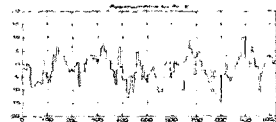


그림 8. Approximation (A/CE)

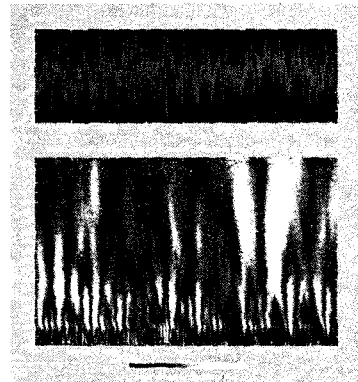


그림 9. CWT 결과 파형(A/CE)

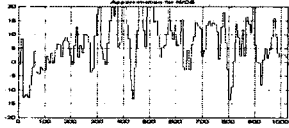


그림 10. Approximation (N/CE)

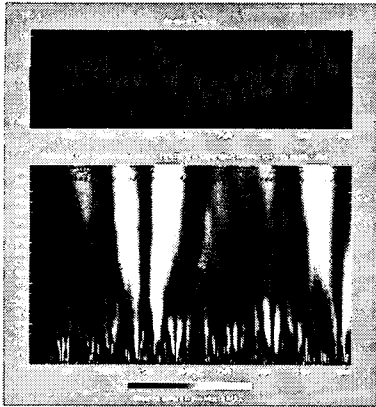


그림 11. CWT 결과 파형(N/CE)

그림. 2의 FFT 결과에서는 200~300 point 사이의 Spike 외에는 특별한 차이를 볼 수 없다. 이는 그림 7.의 FFT 결과에서도 비슷한 결과를 볼 수 있다. 그림 4.와 그림 6. 그리고 그림 9.와 그림 11.에서는 각 신호가 가지는 에너지의 차이를 확인할 수 있다. 눈을 감거나 뜬 상태에서도 뇌의 활동은 계속해서 진행되는데, 알츠하이머병 환자의 에너지는 정상인의 그것에 비해 현저히 낮음을 볼 수 있다. 데이터 수집의 시간이 8초인 점을 감안하면, 일일 평균 뇌 활동 시간에서 알츠하이머병 환자의 뇌 활동은 정상인에 비해 매우 뒤쳐짐을 알 수 있다.

2.3.2 결과 고찰

위 결과 그림에서 알츠하이머병 환자와 정상인의 EEG신호에서 차이를 볼 수 있다. 또한 이들 각각의 모델상태의 신호를 FFT 한 결과와 CWT의 결과비교에서 CWT의 결과가 더 많은 데이터를 가지며, 더 자세한 분석자료가 될 수 있음을 보여준다. 알츠하이머병 환자의 뇌 활동은 FFT와 CWT의 비교에서도 보는 바와 같이 정상인의 파형에 비해 상대적으로 적은 반응을 보인다. FFT에서 알츠하이머병 환자와 정상인의 차이는 순간적인 Spike외에는 별다른 차이를 보이지 않지만, CWT에서는 상호간의 두드러진 차이를 확인할 수 있다.

3. 결 론

본 논문에서 수행한 연구는 EEG 신호 처리에 대한 검출 및 측정 많은 방법들 중 하나를 보여주었다. 이러한 증명들을 통해 데이터의 특징과 분류에 대한 기술이 발전 할 것이다. 시뮬레이션에서 확인 한 바 Wavelet Transform은 Fourier Transform에 비해 더 나은 결과를 보여주었으며, 이는 EEG 신호 처리분야에도 더 많은 발전을 가져 올 수 있음을 보여주는 것이라 하겠다. 즉, Wavelet Transform은 EEG 신호의 검출과 분석에 대해 기존의 주파수 대역에서 진행된 Fourier Trans보다 더 나은 시간-주파수 평면상의 결과를 확인 하였다. 향후 뇌 신경관련 질환에 있어서, 더욱 정밀한 분석을 통해 특정 질환의 징후신호를 포착하고, 상해시킨다면 의학적 치료에도 크게 기여할 것으로 기대된다.

(참 고 문 헌)

- [1] Carsten Allefeld and Jürgen Kurths, "Multivariate Phase Synchronization Analysis of EEG Data", International Symposium on Nonlinear Theory and its Applications, Xi'an, PRC, October 7-11, 2002
- [2] Sun, M. and Scialabasi, R. J., "The forward EEG solution can be computed using artificial neural networks", IEEE Trans Biomedical Engineering, 47:1044-1050, 2000
- [3] K. Kopitzki, P. C. Warnke, and H. Timmer, "Quantitative analysis by renormalized entropy of invasive EEG recordings in focal epilepsy", Phys. Rev. E, 58 (4), 1998
- [4] M. Roessgen et al, "Seizure detection of newborn EEG using a model based approach", IEEE Trans. Biomedical Eng., Vol 45, No. 6, pp.673-685 June 1998
- [5] J. Barlow, "The Electroencephalogram: Its Patterns and Origins", MIT Press, 1993
- [6] F. Mormann, K. Lehnertz, P. David, and C. E. Elger, "Mean Phase coherence as a measure for phase synchronization and its application to EEG of epilepsy patients", physica D, 144:358-369, 2000.