

전력 스펙트럼 밀도를 이용한 근전도 신호의 주파수 해석
김 광순^o · 변 윤식 · 박 상희
연세대학교 전기공학과

Frequency analysis of EMG signals using power spectrum density
Kim Kwang Soon, Byun Youn Sik, Park Sang Hui
Dept. of Electrical Eng., Yonsei Univ.

Abstract - This paper describes the use of power spectral density in the examination of the electromyogram (EMG). The EMG signals were obtained with surface electrodes from the biceps brachii muscle. Shifts of the high-energy regions of the power spectra can be inferred from the changes in the mean frequency. This paper is consistent with result that most information of EMG signal is located 10-200 Hz.

I. 서론

근육을 수축할 때 생기는 근전도 신호를 안정한 신호로 가정하고 피검자의 어두박근에서 검출한 피로하지 않은 상태와 피로한 상태의 근전도 신호를 전력 스펙트럼 밀도를 이용하여 주파수 영역에서 해석하였다. 이러한 근전도의 주파수 해석은 근전도 제어 시스템의 개발을 위하여 적합한 신호 정보를 제시하며, 임상적 진단 방법에 도움을 줄 것이다.

II. 근전도 신호의 전력 스펙트럼 추정

근육의 수축력은 일반적으로 10Hz 가량 되는 운동 신경 펄스의 발생 비율의 변화와 작용하는 운동 단위 수의 변화에 의해 조정된다. 수축 정도가 작을 때 적은 수의 운동 단위가 작용하고 수축하고자 하는 힘이 커질 때 발생 비율이 증가하고 작용하는 운동 단위의 수도 증가한다. 근전도 신호의 주파수 특성은 그 전력 스펙트럼을 구해 보면 쉽게 알 수 있다. 실제로 근전도 신호의 모든 스펙트럼 해석은 신호를 이산 데이터 샘플링하는 A/D 변환기로 먼저 신호를 디지털화 하여 컴퓨터를 이용하여 해석하였다.

본 논문에서는 근전도 신호의 전력 스펙트럼을 얻기 위하여 periodogram 방법을 이용한 신호 처리 기법을 근전도 신호 해석에 응용하였다. 이 방법은 전력 스펙트럼 추정에 FFT 알고리즘을 이용한 Welch의 기법에 기초를 두었다.

전력 스펙트럼을 추정하기 위하여 길이 L 인 각 세그먼트에

대하여 modified periodogram을 구한다. 즉, data window $w_d(n)$, $n=0, \dots, L-1$, 을 취하여 시퀀스 $x_1(n)w_d(n), \dots, x_k(n)w_d(n)$ 을 형성한다. 이것을 Fourier transform시키면

$$X_i(f) = \sum_{n=0}^{M-1} x_i(n)w_d(n)e^{-j\frac{2\pi f}{M}n} \quad 0 \leq f \leq M-1, \quad 0 \leq i \leq K-1 \quad (1)$$

1번째 modified periodogram은

$$S_i(f) = |X_i(f)|^2 \quad 0 \leq f \leq M-1, \quad 0 \leq i \leq K-1 \quad (2)$$

그리고 normalized radian frequency $2\pi f/M$ 에서 스펙트럼 추정을 하기 위하여 평균했다.

$$S_{xx}(2\pi f/M) = \frac{1}{KU} \sum_{i=0}^{K-1} S_i(f) \quad 0 \leq f \leq M-1 \quad (3)$$

여기서, $U = \sum_{n=0}^{M-1} w_d^2(n)$

본 논문에서 사용된 window는 Hamming window이며

$$w_d(n) = 0.54 - 0.46 \times \cos(8 \times \text{Atan}(1.0) \times (n-1)/(L-1)) \quad (4)$$

로 표시된다.

근전도 신호의 전력 스펙트럼 밀도 함수를 비교하기 위하여 전력 스펙트럼의 평균 주파수와 주파수에 대한 분산을 계산한다.

$$\bar{f} = \frac{\int_{f_0}^{f_c} f \cdot S_{xx}}{\int_{f_0}^{f_c} S_{xx}} \quad 0 \leq f \leq f_c \quad (5)$$

$$\text{VAR} = \frac{\int_{f_0}^{f_c} (f-\bar{f})^2 S_{xx}}{\int_{f_0}^{f_c} S_{xx}} \quad 0 \leq f \leq f_c \quad (6)$$

III. 실험 방법

상측 팔의 근육 박근에 전극 2개를 부착시키고 하측 팔의 중앙 부위에 접지 전극을 부착시켰다. A/D 변환기를 구동시키는 프로그램을 컴퓨터의 기억 장소에 load시키고 근전도 신호추출장치를 작동시키며 상태를 확인한다. 피검자는 움직임없이 안정한 상태를 유지하면서 Calibration 시켰다. 증폭 장치의 이득과 오프셋을 조정한다. 피검자의 근육 수축에 따른 근전도 신호를 발생시키며 오실로스코프로 확인한다. A/D 변환기를 구동시켜 근전도 신호를 컴퓨터의 기억 장소에 입력시킨다. 컴퓨터의 기억 장소에 저장된 근전도 신호의 data를 보조 기억 장치에 기억시키고 Cyber 170-825에 입력시킨다.

본 실험에 사용되는 근전도 신호는 일정한 힘의 크기와 등 일한 위치를 주위 환경을 고려하여 검출하여야 한다. <그림 1>은 인체에서 얻어낸 근전도 신호의 검출 과정을 나타내는 블록 선도이다.

IV. 고찰

대부분의 근전도 신호 정보가 10-200Hz 에 분포되어 있으며 전력 스펙트럼의 고에너지 영역 천이는 평균 주파수의 변화로 해석할 수 있다. <그림2참조>

V. 참고 문헌

1. E. Kwatny, D.H. Thomas, and H.G. Kwatny: An application of signal processing techniques to the study of myoelectric signals. IEEE trans. BME. vol.17, No.4, pp303-313, 1970
2. L. Lindström and J. Petersen: Power spectrum analysis of EMG signals and its application. Prog. clin. Neurophysiol., vol.10, Ed. J.E.Desmedt, pp1-51, 1983
3. L. Lindström and R.I. Magnusson: Interpretation of myoelectric power spectra: A model and its application. Proc. IEEE, vol.65, pp653-662, May 1977
4. G.F. Invar and A.E. Noujaim: On surface EMG spectral characterization and its application to diagnostic classification. IEEE trans. BME vol. BME 31, No.9, pp597-603, sept.1984
5. L.R. Rabiner and B. Gold: Theory and application of digital signal processing. chapter 6, pp399-419. Prentice-Hall, Inc. Englewood Cliffs, N.J., 1975
6. P.D. Welch: The use of fast fourier transform for the estimation of power spectra. A method Based on time averaging over short, modified periodograms. IEEE Trans. Audio and Electroacoust., vol. AU-15, No.2, pp70-73, June 1967

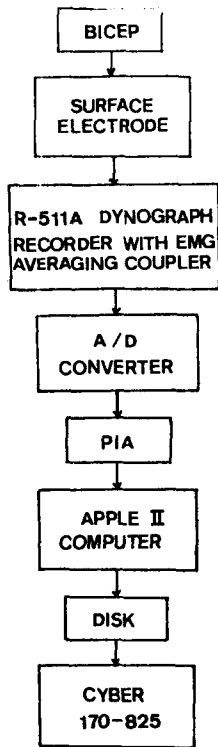


Fig. 1. The obtaining process of EMG signals

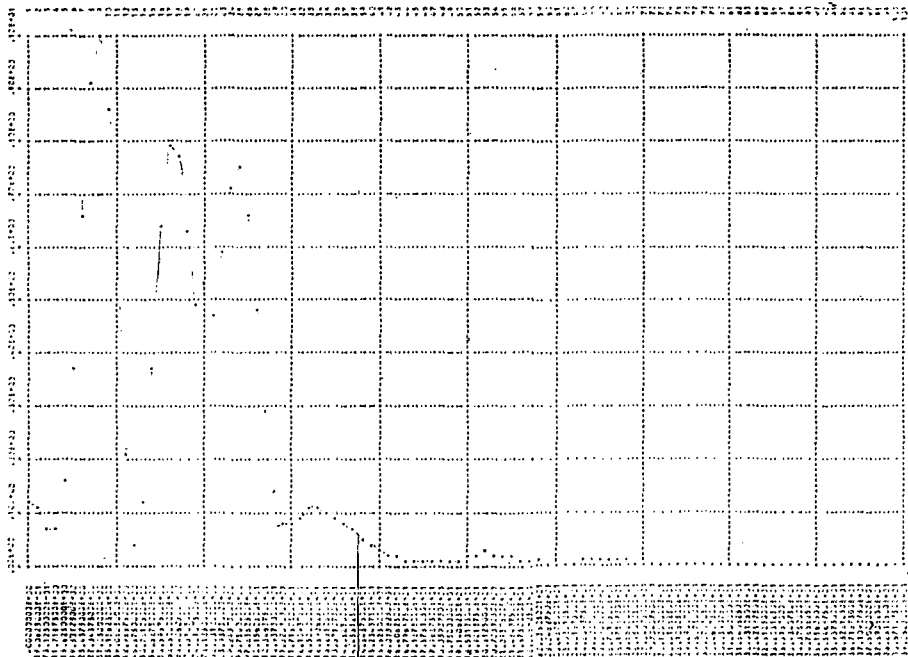


Fig. 2 Power spectrum