

자기회귀과정을 이용한 EMG 신호의 기능별 분류에 관한 연구
 A study on functional discrimination of EMG signal using
 autoregressive process

김도운 *	연세대학교
변운식	공과대학
박상희	전기공학과

1. 서론

의수 (artificial arm)는 정상적인 팔의 활동 능력을 완전히 대신 하지는 못하지만, 생체 시스템과 적절히 연결만 된다면 절단 수술환자들에게 많은 도움을 가져다 줄 수 있다.

인간과 기계 사이의 상호 연결의 한 방법으로서 근전도 (EMG: electromyography) 신호를 제어 신호로 사용하는 의수에 대한 연구가 1950년대에 소개된 이후, 스웨덴 팔, 유라 팔, 보스론 팔 등 그 결과가 활발하게 발표되고 있다. 또한 Kwatny 등 여러 사람이 근전도 신호를 스펙트럼 밀도와 상관관계 계산에 의하여 해석하였고, 근전도 신호의 패턴 인식 방법이 1970년대초에 제안된 이후 계속 연구되어 오고 있다.

본 논문에서는 팔의 근전도 신호에 대한 기능별 분류를 위하여 시계열 분석법 (time series analysis) 을 사용하였다. 서로 다른 4가지의 기능 즉, 팔꿈치의 신전운동과 굴곡운동, 전박의 회내운동과 회외운동에 대하여 근전도 신호를 측정하고 시계열 분석법 중 하나인 자기회귀과정²⁾ (autoregressive process) 으로 표현된 근전도 신호의 매개변

수를 구하여 기능별로 분류하였다.

2. 본론

(1) 근전도 신호의 시계열 해석

안정한 (stationary) 시계열은 선형 모델로 나타낼 수 있다. 만일 근육에 가해지는 자극이나 혈액 또는 산소의 공급이 일정하게 유지된다면 근전도 신호는 안정한 성질을 가질 것이다. 그렇지만 일반적인 경우는 근육의 상태변화가 없을 지라도 근육 시스템의 생리적인 성질로 인하여 불안정한 (non-stationary) 성질을 갖는다. 그러나 신호의 단일 표본 기록을 짧은 시간안에 취해서 여러개로 나눈 각 신호의 시간평균으로 계산된 통계적 성질이 각 구간에 대하여 크게 변화하지 않으면 그 신호는 안정한 신호로 볼 수 있다는 Bendat 와 Piersol 의 제안에 근거하여 근전도 신호의 표본 기록을 짧은 시간안에 취하면 안정성을 만족할 수 있음이 실험적으로 밝혀졌다. 부분 안정성 (piecewise stationarity) 을 만족하는 근전도 신호는 다음과 같이 선형 프로세스인 자기회귀 과정으로 표현된다.

$$Y_k = \sum_{i=1}^p \phi_i Y_{k-i} + w_k$$

- Y_k : 측정된 근전도 신호의 시계열
- μ : 자기회귀 과정의 차수
- ϕ_i : 자기회귀 매개변수
- w_k : 백색 잡음

(2) 근전도 신호의 검출

근전도 신호는 표면전극을 사용하여 검출할 수 있다. 표면전극을 사용하는 데 고려해야 할 중요한 점은 전극과 피부사이의 임피던스를 최소화 하고, 전극을 정확한 위치에 고정하여야 하는 것이다. 그러므로 전극을 부착하기 전에 부착부의를 깨끗이 닦아내고 페이스트 (paste)를 바른 후에 점착성 레이프를 전극을 고정시킨다.

전극에서 추출된 근전도 신호는 그림 1에 나타난 바와 같이 차동증폭기, 필터, A/D 변환기를 통하여 마이크로 프로세서에 기억된다. A/D 변환기는 ADC 0809를 사용하였다.

이 A/D 변환기의 샘플링 신호, 클럭신호, 구동신호, 출력시동 신호는 마이크로 프로세서의 프로그램에 의하여 조정된다.

(3) 기능별 분류를 위한 매개변수의 계산

근전도 측정장치를 통해서 4가지의 기능별로 추출된 신호를 사용하여 자기회귀 과정에 대한 매개변수를 구하였다. 신호처리용 컴퓨터는 APPLE II 시스템을 사용하였고 매개변수의 계산에 사용된 알고리즘은 다음의 순환형 최소 제곱법⁹⁾ (recursive least square algorithm) 을 BASIC 언어로 프로그래밍하여 사용하였다.

$$\begin{cases} \hat{\phi}_{k+1} = \hat{\phi}_k + P_{k+1} Y_{k+1} [Y_{k+1} - Y_{k+1}^T \hat{\phi}_k] \\ P_{k+1} = P_k - P_k Y_{k+1} (1 + Y_{k+1}^T P_k Y_{k+1})^{-1} Y_{k+1}^T P_k \\ Y_{k+1} = [Y_k, Y_{k-1}, \dots, Y_{k-p}]^T \\ \hat{\phi}_{k+1} = [\phi_1, \phi_2, \dots, \phi_p]^T_{k+1} \end{cases}$$

3. 결론

대부분의 근전도 신호 해석 방식은 근전도 신호를 공간적으로 가중하며 해석하는 방식으로 여러 위치에서의 신호 추출이 필요하므로 전극이 여러 개 필요한 데 비하여, 본 논문에서는 단일 위치에 주전극을 부착하여 신호를 검출하고 해석하므로써 전극의 수를 감소시킬 수 있었다.

자기회귀 과정의 정보내용은 대부분 1차 매개변수에 들어있다. 실제로 근전도 신호에 대한 자기회귀과정의 매개변수를 순환형 최소 제곱법으로 계산하여 본 결과 1차매개변수, 2차 매개변수를 사용하면 본 논문에서 설정한 4가지의 기능을 분류할 수 있음을 알 수 있었다.

4. 참고 문헌

1. Bendat, J.S., Piersol, A.G.: Measurement and Analysis of Random Data. John Wiley & sons, Inc., 1966.
2. Box, J.E.P., Jenkins, G.M.: Time Series Analysis forecasting and control. Holden-Day, Inc., 1970.
3. Graupe, D.: Identification of System. Van Nostrand Reinhold Company, 1972.
4. Graupe, D.: Cline, W.K.: Functional Separation of EMG Signal Via ARMA Identification Methods for Prosthesis Control Purposes. IEEE Trans. System, Man, and Cybernetics, Vol. 5, No.2. 252-259, 1975.

5. Graupe, D., Magnussen, J., Beex, A.A. :
 A Microprocessor System for Multifunctional
 ional Control of Upper Limb Protheses
 via Myoelectric Signal Identification.
 IEEE Trans. Auto. Control, Vol. 23, No.
 4: 538-544, 1978.

6. Graupe, D., Salah, J., Kohn, K.H. :
 Multifunctional Prosthesis and Orthosis
 Control via Microcomputer Identificat-
 ion of Temporal Pattern Differences
 in Single Site Myoelectric Signals, J.
 Biomed. Eng. Vol. 4:17-22, 1982.

7. Mendel, J.M. : Discrete Techniques of
 Parameter Estimation, Marcel Dekker
 Inc., 1973.

8. 이규진, "마이크로 프로세서를 이용한
 근전도 신호의 패턴분류", 연세대학교
 대학원 석사학위논문, 1983

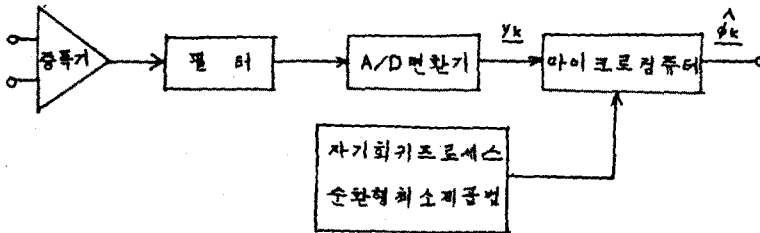


그림 1 근전도 측정장치의 블록선도