

# 인공팔의 제어를 위한 근전도 신호의 패턴분류

이규진 · 안상면 · 권영철 · 이명호

= Abstract =

## Pattern Classification of EMG Signal for Artificial Arm Control

Kyu-Jin Lee, Young-Chul Kwon, Sang-Myun An, Myoung-Ho Lee

This paper deals with the processing of statistical pattern classification of unifunctional EMG signal. The signal was detected from bicep and tricep of a simulated amputees instead of below the humerus amputees or paralyzed persons.

### 1. 서 론

제 2 차 세계대전 이래 외부의 동력을 사용하여 인공사지(artificial limb)를 동작시키려는 연구가 시작되었으며 반도체를 이용한 다양한 집적회로의 출현으로 그 실현 가능성이 더욱 높아졌다. 더우기, 마이크로 프로세서를 이용한, 보다 전문적이고 정확하게 생체신호를 해석할 수 있게 되었으며 나아가서는 이의 보철기구의 응용과 실용화가 가능해졌다. 인체의 손상되지 않은 근육에서 추출한 근전도 신호는 많은 학자들에 의해 전기적으로 구동되는 보철기구의 제어원으로 제안되었다. Graupe<sup>1)</sup>는 어깨 근육에서 근전도 신호로부터 제어 정보를 얻기 위하여 time series identification 방법을 사용하였다. Wirta는 실험대상자의 손상되지 않은 근육으로 부터 공동적으로 발생한 근전도 신호를 identify하기 위한 패턴 인식 방법을 제안하였으나 설계과정이 분명하지 않다. 본 논문에서는 특별히 환자가 의식적인 노력을 하지 않고 인공팔을 움직이도록 하기 위하여 이두박근과 삼두박근에서 공동 근전도 신호를 추출하고 이 신호를 A/D 변환한 후 이신호가 어떤 기능을 수행할 때 발생한 신호인가를 분류할 수 있는 방법에 관하여 연구하였다.

### 2. 근전도 신호해석

근전도 신호는 근육이 수축하거나 이완할 때 세포막 표면에 탈분극(depolarization)과 재분극(repolarization) 현상이 일어날 때 발생하는 신호로서 본 연구에서

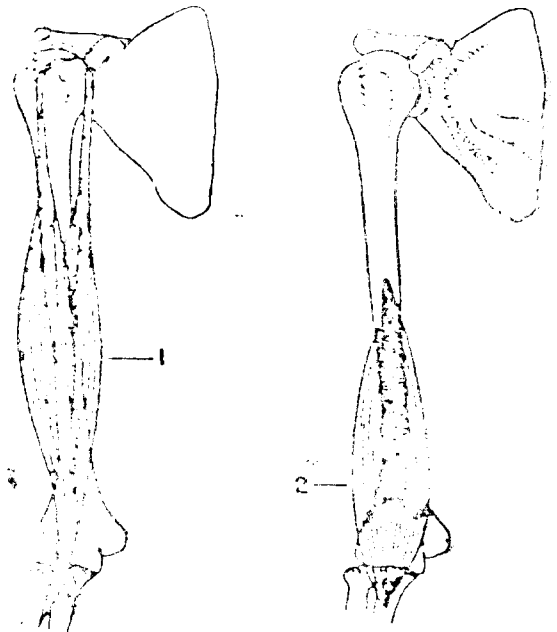


그림 2-1. 팔꿈치 신전운동  
Fig. 2-1. Elbow extension

<1983. 12. 1. 접수>  
연세대학교 전기공학과 Dept. of Electrical Eng., Yonsei University

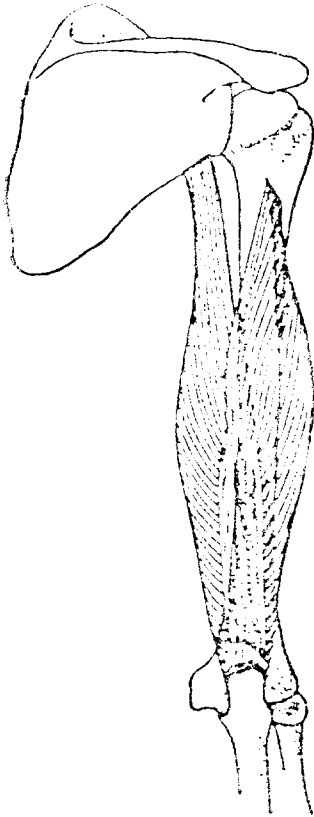


그림 2-2. 팔꿈치의 굴곡운동  
Fig. 2-2. Elbow flexion

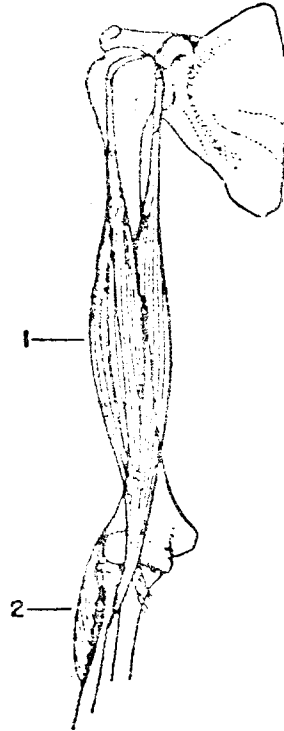


그림 2-3. 전박의 회내운동  
Fig. 2-3. Forearm pronation

는 다음의 4가지 기능에 대해서만 운동 패턴을 분류하였다.

- (1) 팔꿈치의 신전운동(elbow extension).
- (2) 팔꿈치의 굴곡운동(elbow flexion).
- (3) 전박의 회내운동(forearm pronation).
- (4) 전박의 회외운동(elbow supination).

그림 2-1은 팔꿈치의 신전운동을 일으키는 이두박근과 상완근(brachialis), 그림 2-2는 팔꿈치의 굴곡운동을 일으키는 삼두박근, 그림 2-3은 전박의 회외운동을 일으키는 이두박근과 회외근(supinator), 그림 2-4는 전박의 회내운동을 일으키는 원방내근(Pronator teres). 과 방회내근(pronator quadratus)을 각각 나타낸다.

근전도 신호는 모의 절단환자(simulated amputee)의 이두박근과 삼두박근에서 추출되는데 여기서, 모의절단환자란 전박부를 움직이지 못하도록 고정하고 지정된 기능만 수행하는 힘만을 가하도록 한 실험대상인을

말한다.

근전도 신호는 이두박근과 삼두박근으로부터 표면전극(surface electrode)을 이용하여 동시에 추출한다. 이 신호는 증폭기와 여파기를 거친 후 A/D 변환되어 마이크로 프로세서의 기억장소에 기억된다. 이 기억된 데이터를 다시 디스켓(diskette)에 저장한다. 이 저장된 데이터를 사용하여 (1) 평균(average), (2) 분산(variance), (3) 3차 모멘트(3rd moment), (4) 영위교차(zero-crossing) 등의 4가지 매개변수를 구하였다. 위에서 언급한 4개의 단일기능에 대하여 이두박근과 삼두박근에서 추출한 위의 4가지의 매개변수에 대한 각각의 값을 구하였다. 여기서 구한 각각의 매개변수에 대해 2 차원 평면에 플로팅하여 각 단일 기능이 어떤 군(cluster)을 형성하는가를 확인하였으며 이 군을 형성하는 매개변수를 이용하여 판정함수(decision function)을 구하여 임의의 근전도 신호가 어떤 기능에 대한 신호인가를 판정하였다.

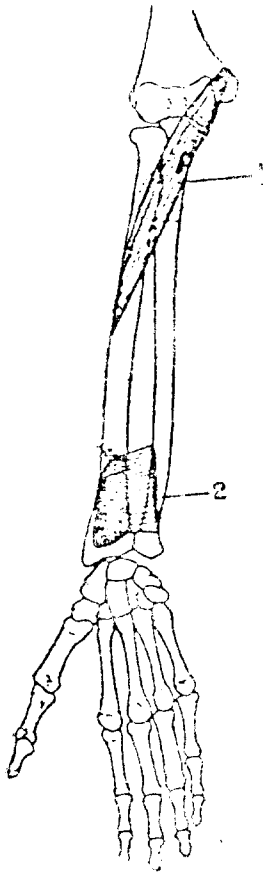


그림 2-4. 전박의 회외운동  
Fig. 2-4. Forearm supination

### 3. 실험

근전도 신호는 Ag-AgCl조성으로 된 표면전극을 사용하여 추출하였다. 전극의 위치는 이두박근의 경우 팔에 힘을 주어 굽힐때 가장 두드러지게 튀어나오는 부분에 주 전극(main electrode), 안 쪽으로 3cm 정도 떨어진 부분에 기준 전극(reference electrode), 바깥 쪽으로 3cm 정도 떨어진 부분에 접지전극(ground electrode)을 놓는다. 삼두박근의 경우에도 팔에 힘을 주어 펼때 가장 두드러지게 튀어나온 부분에 주 전극, 안쪽 3cm 정도에 기준전극, 바깥 쪽 3cm 부위에 접지 전극을 놓아 측정하였다. 이렇게 이두박근과 삼두박근에서 추출한 근전도 신호는 그림 3-1과 같은 블럭 시스템을 통하여 마이크로 프로세서의 기억장소에 기억시켰다.

#### 3-1. 전치증폭기

전치 증폭기는 그림 3-2에서 보는 바와 같이 차동 증폭기, 지역통과 여파기, 고역통과여파기, 증폭기 그리고 낮치여파기(notch-filter)로 구성되어 있다. 팔에서 추출한 근전도 신호는 수 백  $\mu V$ 의 작은 신호와 잡음이 섞여 있으므로 차동증폭기를 통하여 증폭시켜야 한다. 차동증폭기의  $25K\Omega$  가변저항으로 이득과 레벨을 조정할 수 있다. 이 차동증폭기의 이득식은 다음과 같다.

$$A = \left( \frac{20k}{R} + 1 \right) \left( \frac{10k}{1k} \right) \quad (3-1)$$

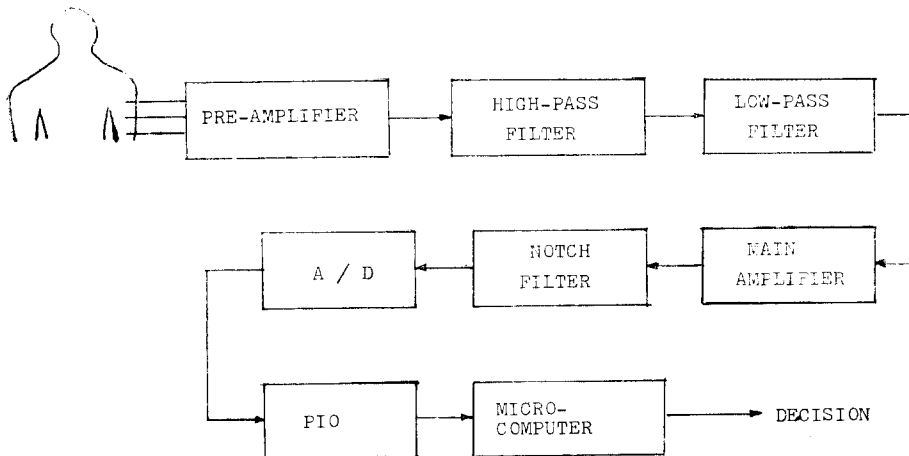


그림 3-1. 시스템 블럭선도  
Fig. 3-1. System block diagram



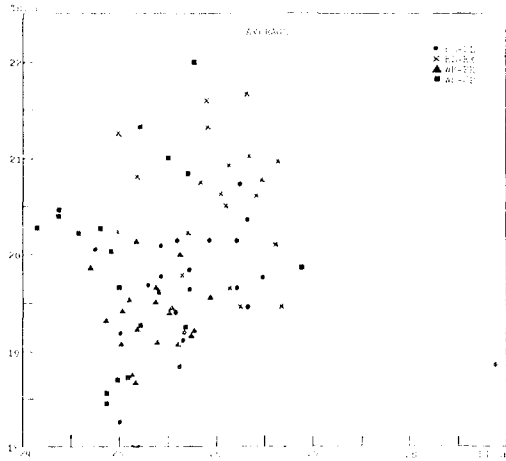


그림 3-3. 평균의 분포  
Fig. 3-3. Distribution of AVERAGE

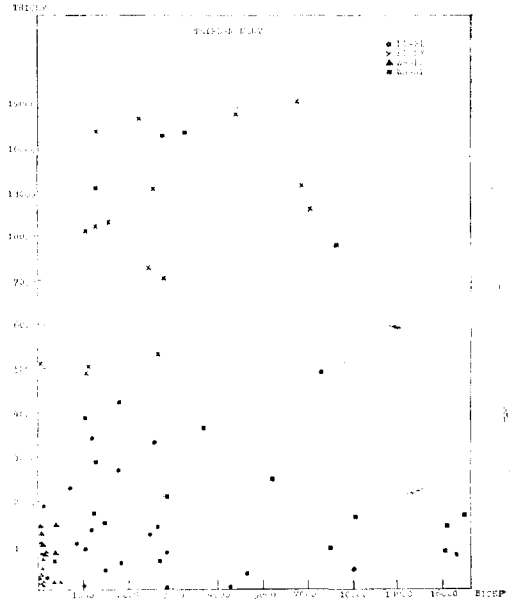


그림 3-4. 3차 모멘트의 분포  
Fig. 3-4. Distribution of Third Moment

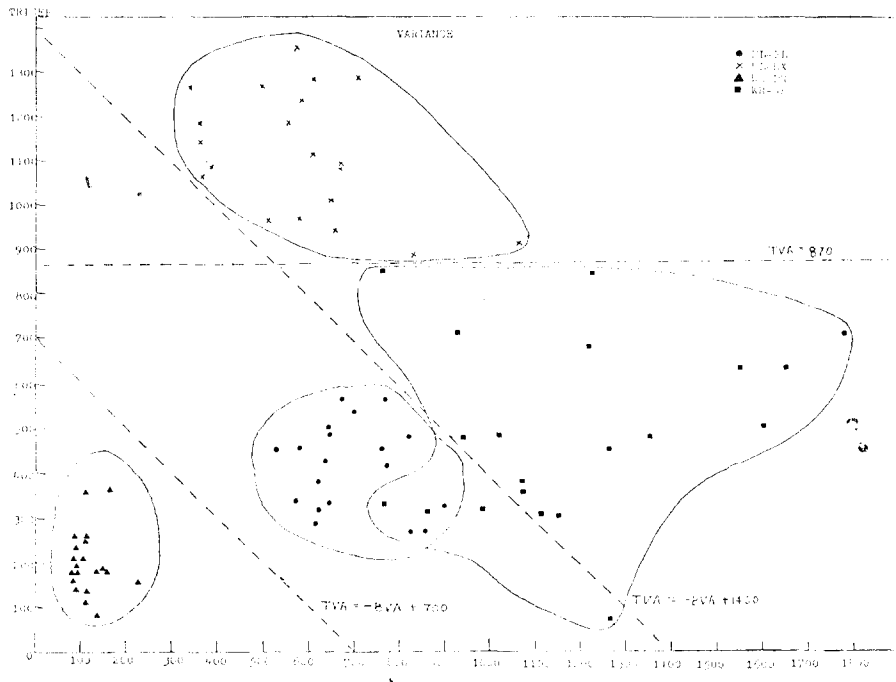


그림 3-5. 분산의 분포 및 결정함수  
Fig. 3-5. Distribution of variance and decision function

#### 4. 결과 고찰

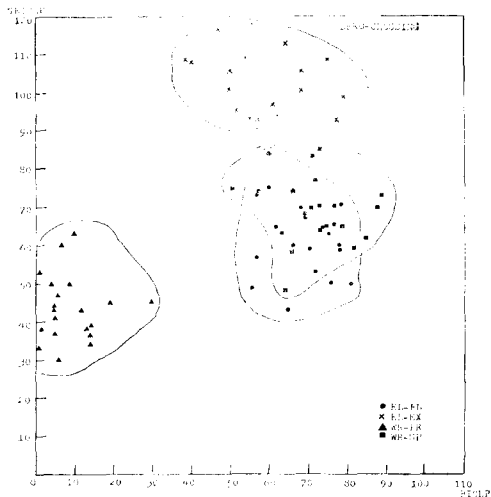


그림 3-6. 영위교차의 분포  
Fig. 3-6. Distribution of Zero crossing

본 연구에서 실험을 통하여 얻은 그림 3-3에서 그림 3-6에서 볼 수 있는 바와 같이 분산과 영위교차에 대한 얻어진 결과는 비교적 정확한 근전도 신호의 분류를 가능케하는 판정함수를 결정할 수 있는 매개변수임을 확인하였으며, 분산에 대하여 판정함수를 그림 3-5와 같이 결정하고 마이크로프로세서를 사용하여 판정하여본 결과 작 기능에 대한 데이터를 각각 20개씩 적용하였을 때 팔꿈치의 신전운동, 굴곡운동, 전박의 회내운동의 경우 100%의 판정을 하였으나 전박의 회외운동의 경우 판정도가 85%로 판정율이 다소 떨어진다면 전박의 회외운동의 경우 판정도가 다른기능보다 낮은 것은 이 운동을 주도하는 회외근이 이두박근과 삼두박근으로 부터 이두박근과 삼두박근으로부터 멀리 떨어져 있기 때문인 것으로 추정된다. 또한 근전도 신호의 크기가 부하의 크기에 따라 변화하는 것을 볼 수 있었는데 이 현상을 이용하면 부하의 변화에 따른 근전도 신호의 분류가 가능하리라 생각된다.

#### 5. 결 론

본 연구를 통하여 다음과 같은 결론을 얻을 수 있었다.

1. 분산과 영위교차는 근전도신호를 이용한 기능의 패턴 분류에 매우 효과적인 매개변수로 사용될 수 있다.
2. 분산을 이용하여 판정함수를 유도하여 근전도 신호를 판정하여 본 결과 96.7%의 비교적 정확한 판정을 할 수 있었다.
3. 전박의 회외운동의 보다 정확한 판정을 하기 위해서는 새로운 측정 위치나 매개변수를 구해야 한다.
4. 근전도 신호의 크기에 따라 변화한다.

#### 참 고 문 헌

- 1) George N. Saridis, Thomas P. Gootee, "EMG Pattern Analysis and Classification for a prosthetic Arm", *IEEE Trans. on BME*, Vol. BME-29, No.6 June 1982, pp.403-412
- 2) Danniell Graupe, William K. Cline, "Functional Separation of EMG Signals via ARMA Identification Methods for Prosthesis Control Purpose", *IEEE Trans. on SMC*, Vol SMC-5, No.2, March 1975, pp. 252-259.

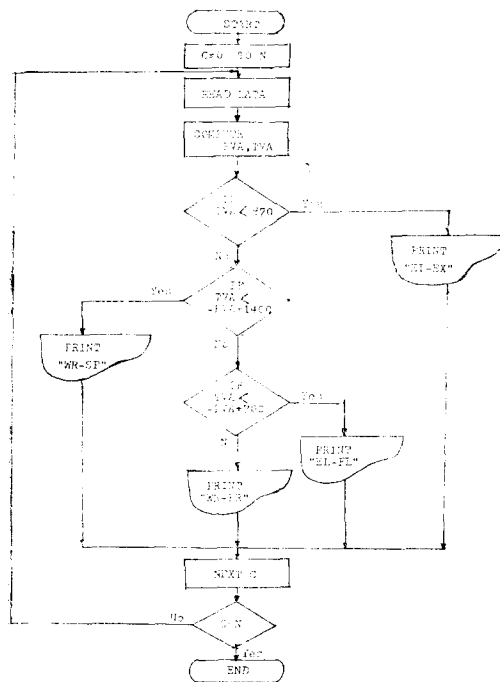


그림 3-7. 결정함수의 플로우차트  
Fig. 3-7. Flow chart of decision function

- 3) John G. Kreifeldt, "Signal Versus Noise Characteristics of Filtered EMG Used as a Control Source", *IEEE Trans. on BME. Vol.BME-18. No.1, January 1971*, pp.16-22.
- 4) J.V. Basmajian, H.C. Clifford, W.D. McLeod, H.N. Nannally, "Computer in Electromyography", *Butterwrths*, 1975.
- 5) Lowery Lee Thompson, "The Electromyographer's Handbook", *Lite, Bron and Company*, 1981
- 6) J. T. Tou, R..C Gonzalez, "pattern Recognitoin Principles", *Addisonwesley Publishing Company, Inc.*, 1974.
- 7) Rodnay Zaks, "Programing the 6502", *SYBEX*, 1980
- 8) Rodnay Zaks, "6502 Application Book", *SYBEX*, 1980.
- 9) H.P. Moore, "A Handbook of Active Filters", *prentice-Hall, Inc.*, 1980.