하계학술대회
논문86-5-1

EMG 패턴인식을 이용한 팔의 동작 판정
(Motion classification of arm by EMG pattern recognition)

홍 석 교 아주대학교
고 영 길 아주대학교
유 근 호 육군사관학교
류 상 환* 아주대학교

1. 서 론

최근 마이크로컴퓨터의 급속한 발달과 함께 인간의 수.족을 대신할수 있는 의수.의족에 대한 관심또한 커져 왔다. 이에따라 근전도신호(EMG SIGNAL)를 이용하여 팔의 동작을 판정하는 방법도 다양하게 발전해 온바.현재 이에대한 연구는 크게 두가지로 나눌수 있다. 그 첫째는 Graupe 등의 시계열 분석이론으로 EMG 신호를 시계열 (time series) 로 취급하여 미리 추정한 변수와 비교하여 동작을 판정하는 방법이고, (1) (5) 둘째는 Saridis 등이 제안한 패턴인식 이론으로 Kwatny 등이 제안한 " EMG 신호는 Gaussian random signal이다."라는 이론을 바탕으로 임의의 특성공간 (feature space)에서의 패턴을 구하고 그것을 식별하여 동작을 판정하는 방법이다. (2) (3) (6) 그런데 Graupe등이 제안한 방법은 1 개의 신호를 사용하여 동작을 판정하기 때문에 신호의 정보를 충분히 활용할 수 없는 단점이 있게된다. 이에 본 논문에서는 Saridis등이 제안한 패턴인식 이론을 이용하여 다음의 팔의 7 가지 기본동작에 대해 16 bit microcomputer 인 IBM PC 로 동작을 판정해 보았다.

* 7 가지 기본동작 *

. 손목 안으로 돌리기 (WRIST PRONATION)
. 손목 밖으로 돌리기 (WRIST SUPINATION)
. 팔을 아래로 펴기 (ELBOW EXTENSION)
. 팔을 위로 굽히기 (ELBOW FLEXION)
. 팔을 안으로 돌리기 (HUMERAL ROTATION IN)
. 팔을 밖으로 돌리기 (HUMERAL ROTATION OUT)
. 정지동작 (NO MOTION)

2. 본 론

2-1 근전도 신호의 확률적 모델

2-1-1 근전도 신호의 특성

사람의 근육으로부터 나오는 근전도 신호는 대략 다음과 같은 특성을 갖는다는 것이 알려져 있다.(2)

. 근전도 신호는 1200 HZ 이상의 고주파성분이 없다.
. 대부분의 패턴정보는 영교차수(ZERO CROSSING NUMBER) 와 분산(Variance) 에 밀접한 관계가 있다.

각 동작에 대해 분산과 영교차수의 정보는 분리할수 있는 군을 형성한다.

2-1-2 특성공간 (feature space)

위에서 얻은 EMG 신호의 특성을 바탕으로 패턴인식에 필요한 특성공간은 다음과 같이 정의되는 변수들로 만들수 있다.

$$IAV = \sum_{I=1}^{N} |S(I)|$$

$$ZCR = \sum_{I=1}^{N} S_z(I)$$

$S(I)$: 정규화된 신호

$S_z(I)$: $\begin{cases} 1 & : Z(I) < 0 \\ 0 & : Z(I) \geq 0 \end{cases}$

$$Z(I) = S(I) \times S(I+1)$$

2-1-3 판정함수(Decision function)

위의 각 변수들로 구성된 각각의 특성공간에서 임의로 추출된 신호벡터 X_a 는 그림 2-1 과 같이 기준벡터 X_r 과 서로 직교하는 벡터 X_s , X_h 의 합으로 표시될수 있다.

즉 $X_a = X_r + X_s + X_h$

이것을 다시 써보면

$$\begin{bmatrix} X_a^b \\ X_a^t \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} X_r^b \\ X_r^t \end{bmatrix} + S \begin{bmatrix} X_r^b \\ X_r^t \end{bmatrix} + h \begin{bmatrix} -X_r^t \\ X_r^b \end{bmatrix} \cdots (2-1)$$

여기서 X_a 는 임의의 벡터이고, X_r 는 미리 측정하여 얻은 SAMPLE 들의 평균치이다.

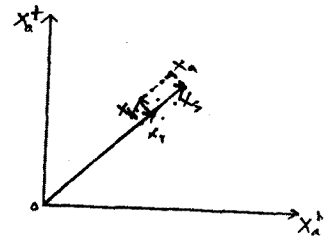


그림 2-1 : 특성공간에서의 임의의 벡터 표시.

성분벡터 s,h 를 평균이 0 이고 분산이 σ_s^2 , σ_h^2 인 정규분포를 갖고 서로 독립인 확률변수로 가정하면 임의의신호 X_a 의 X_r 에 대한 확률밀도함수 $P(X_a|X_r)$ 은 다음과 같이 표시될 수 있다.(4)

$$P(X_a|X_r) = \frac{1}{2\pi\sigma_s\sigma_h} \exp\left(-\frac{1}{2}\left(\frac{s^2}{\sigma_s^2} + \frac{h^2}{\sigma_h^2}\right)\right) \cdots (2-2)$$

여기서 $s, h, |J|, \sigma_s^2, \sigma_h^2$ 은 다음과 같이 나타내어 진다.

$$s = \frac{X_a^b X_r^b + X_a^t X_r^t}{(X_r^b)^2 + (X_r^t)^2} - 1$$

$$h = \frac{X_a^t X_r^b - X_a^b X_r^t}{(X_r^b)^2 + (X_r^t)^2}$$

$$J = \begin{bmatrix} \frac{\partial X_a^b}{\partial h} & \frac{\partial X_a^b}{\partial s} \\ \frac{\partial X_a^t}{\partial h} & \frac{\partial X_a^t}{\partial s} \end{bmatrix}^{-1}$$

$$\sigma_s^2 = \frac{1}{((X_r^b)^2 + (X_r^t)^2)^2}\left(\sigma_b^2 (X_r^b)^2 + 2X_r^b X_r^t \sigma_{bt}^2 + (X_r^t)^2 \sigma_t^2\right)$$

$$\sigma_h^2 = \frac{1}{((X_r^b)^2 + (X_r^t)^2)^2}\left(\sigma_b^2 (X_r^t)^2 - 2X_r^t X_r^b \sigma_{bt}^2 + (X_r^b)^2 \sigma_t^2\right)$$

여기서 σ_b^2 , σ_t^2 , σ_{bt} 는 각 성분의 분산(Variance) 및 그들의 공분산(Covariance) 를 나타낸다.

확률밀도 함수를 (2-2) 와 같이 정의하면 동작은 다음과 같은 우도확률(Likelyhood probability) $H(W_r, X_a)$ 와 판별량(Decision measure) $D(X_a)$로 판정할 수 있게된다.

$$H(W_r, X_a) = \frac{\prod_{i=1}^{n} P(x_i|W_r)P(W_r)}{\sum_{r=1}^{m}\prod_{i=1}^{n} P(x_i|W_r)P(W_r)} \quad \text{----(2-3)}$$

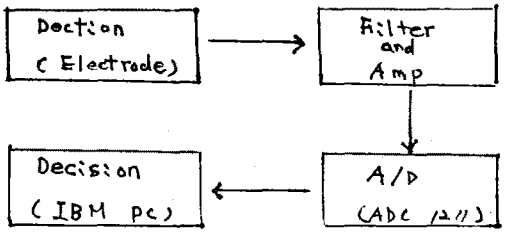
$$D(X_a) = \max\{ H(W_i, X_a) \} \quad \text{-----(2-4)}$$

여기서 X_a 는 측정된 Sample 이고,

W_r, $r=1,\cdots 7$ 과 W_i, $i=1,\cdots 7$ 는 7 개의 동작을 나타낸다.

2-2 실험 및 결과

2-2-1 전체 구성도



○ 그림 2-1 전체 구성도

2-2-2 검 출 (Detection)

silver/silver chloride 전극으로 2 두박근과 3 두박근에 각각 2 개씩, 그리고 GROUND 로 1 개를 붙여 신호를 검출 하였다.

2-2-3 여과 와 증폭 (Filtering and Amplify)

EMG 신호의 특성으로 부터 HPF (10 HZ), LPF (2 KHZ), 60 HZ notch filter 를 사용하여 여과하였고, 증폭은 약 5000 배 정도로 차동증폭 하였다. 입력측 저항은 인체와의 정합(matching) 을 위해 약 22 M ohm 으로 하였다.

2-2-4 A/D 변환

고해상도 (high resolution) 를 위해 12 bit A/D 변환기 인 ADC 1211 을 사용 했으며, sampling 주파수는 약 8 KHZ 로 하여 한번에 1024 개 (2 두박근 ,8 두박근 각 512 개) 의 sample 값을 얻었다. 위와같은 과정으로 얻은 신호의 예가 그림 2-2 에 있고, 각 신호에 대한 특성공간 에서의 패턴형성은 그림 2-3 과 같이 나타난다.

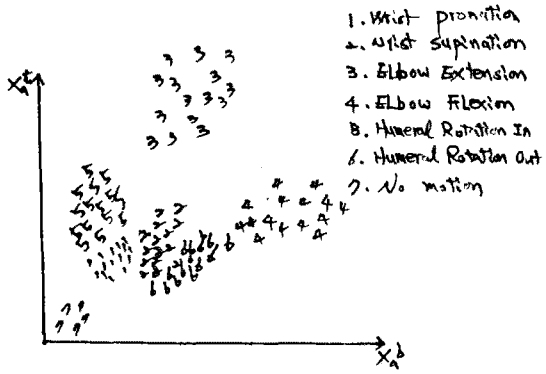


그림 2-3 동작 패턴

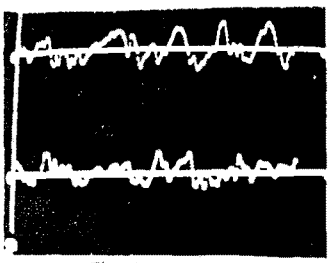


그림 2-2-1 Elbow Extension

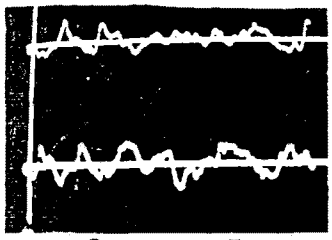


그림 2-2-2 Elbow Flexion

2-2-5 컴퓨터 계산

얻은 sample 과 위 식(2-4) 를 이용하여 동작을 판정하는 흐름선도는 그림(2-4)이다.

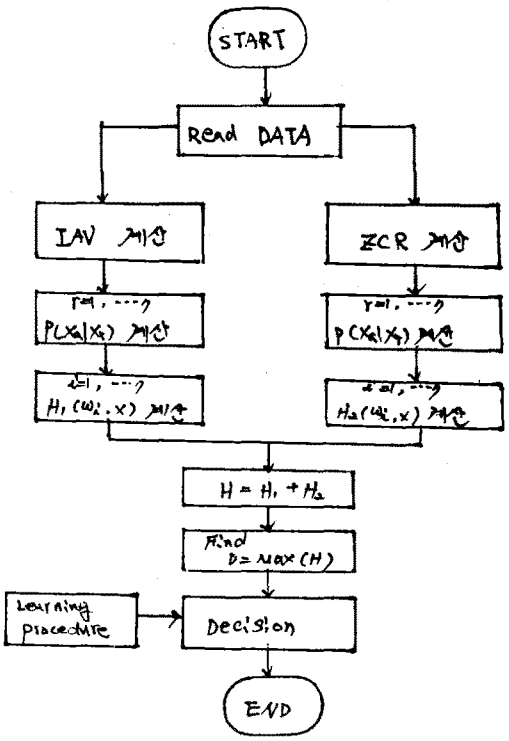


그림 2-4 판정의 흐름선도

2-2-6 결 과

이러한 과정들로 부터 IBM PC 로 동작을 판정한 결과가 다음 표 1 과 2 에 나타나 있다.

표 1 숙련되지 않은 여자의 판정결과

	1	2	3	4	5	6	7
1	13					2	
2		11			4		
3			14			1	
4				15			
5			3	1	11		
6	2					13	
7							15

표 2 숙련된 남자의 판정결과

	1	2	3	4	5	6	7
1	14					1	
2		15					
3			15				
4				15			
5					15		
6						15	
7							15

3 결 론

위 표1 과 2 에 나타난 것과 같이 각 동작에 대해 만족할 만한 결과를 얻을수 있었으며,실험으로 인해 다음 몇 가지 사실도 알 수 있었다.

첫째 남자와 여자의 패턴은 약간은 다르지만 어느정도는 비슷하다.

둘째 동일한 피검자 일지라도 신호는 붙이는 전극의 위치와 상당히 밀접한 관계를 갖는다.

셋째 반복된 훈련으로 오인식률(Misclassification rate) 을 줄일수 있다.

넷째 신호의 특성상 필터뱅크에 의한 판정 방법도 가능할 것이다.

본 논문 에서는 기본동작에 대해서만 다루었는데 앞으로 남은 과제는 2 중 . 3 중 동작에 대해 연구해 보는것과 전극수를 줄이고 판정 하는 방법의 개발이라 할수 있을 것이다.

4 참 고 문 헌

1) Graupe D., Cline W.K.:"Functional seperation of EMG signals via ARMA Identification methods for prosthesis control purpose ",IEEE Trtans.on Syst., Man, and Cybernetics,Vol.SMC-5,pp.252- 259, March 1975

2) Saridis G.N.,Gootee T.P.:"EMG pattern Analysis and classification for a prosthetic arm," IEEE Trans. on Biomed. Eng., Vol.BME-29, PP.403- 409,June. 1982

3) Lee S.,Saridis G.N.:"The control of a prosthetic arm by EMG pattern recognition,"IEEE Trans.on Automatic Control, Vol.AC-29,No 4,pp.290-302,Apr.1984

4) J.T.Tou, R.C. Gonzalez:"Pattern recognition principles"Addison-Wesly publishing Co. 1974

5) 김 종 문 ,홍 석 교 ,고 영 길," 근전도신호의 시계열 해석을 통한 의수의 마이크로 컴퓨터 제어 ",아주대학교 논문집,제 7 권,pp.49-56,1984

6) 홍 석 교 ,"EMG 패턴인식을 이용한 인공팔의 마이크로프로세서 제어 ",전기학회논문지 제 33 권 제 10호 ,pp.381-386,10.1984