

휴먼 인터페이스를 위한 팔운동 근전신호 패턴인식에 관한 연구

김경률*, 윤광호, 김낙교, 남문현
건국대학교

Pattern Recognition of EMG signals in arm movements for Human interface

Kyoung Ryul Kim*, Kwang ho Yoon, Lark Kyo Kim, Moon Hyon Nam
Dept. of Electrical Engineering, Konkuk University

Abstract - This thesis aims to investigate new approaches to the control strategies of human arm movements and its application for the human interface. By analyzing myoelectric signal(MES) from the arm movements of the normal human subjects, neurological informations obtained patterned could be used to identify different movement patterns of the arm movement. In this paper Artificial neural network for separation of the contraction patterns of four kinds of arm movements, i.e. and flexion and extension of the elbow and adduction and abduction of the forearm were adopted through computer simulation and experiments results were compared with the experimental added-load arm movements.

해부학적으로 팔(arm)이라하면 팔꿈치 관절에서 어깨 관절까지를 말하며 팔꿈치 관절에서 팔목 관절까지를 앞팔(forearm)이라고 한다. 팔꿈치의 굴곡운동은 팔꿈치를 구부리거나 각(angle)을 만드는 것으로서 이 운동은 상완 이두근(bicep brachii)과 상완근(brachialis)에서 일어나며, 신전운동은 팔꿈치를 곧게 펴는 것을 말하는 것으로 상완 삼두근(tricep brachii)에서 일어난다. 다음의 그림에는 팔의 해부학적 구조를 나타내었다.

1. 서 론

산업이 고도화됨에 따라 산업재해, 교통 사고, 운동 시 부상과 범죄 등에 의하여 정상적으로 사회활동을 하던 사람들이 사지의 결손을 가져왔다. 이러한 결손을 극복하기위해 의수나 의족과 같은 소극적인 보조장치를 이용해왔으나, 현재 의용 생체공학의 발전으로 종래의 소극적인 보조장치에서 탈피하여 전혀 다른 새로운 개념에 입각한 감각-운동 보조장치의 설계와 개발이 가능하게 되었다. 이러한 보조장치들은 대개 결손된 기능을 담당하는 신경계에 인위적 전기 자극을 가함으로써 유발된 신경세포의 활동을 통해 결손 기능을 회복 또는 보조하는 것이다. 본 논문은 운동 패턴에 따른 근육의 신호를 체계적으로 분석하고 신경망 알고리즘을 이용하여 인간의 근육운동에 대한 제어공학적 연구로 인간의 신경계 제어 시스템을 이해하고 생체신호를 제어입력으로 하는 제어 시스템의 연구와 인간과 기계의 인터페이스 시스템에 응용하기 위해 인간의 팔운동에 관한 근전신호를 연구한다.

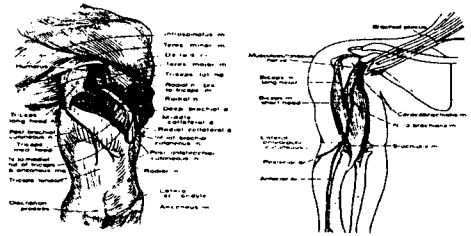


그림 2.1 팔의 해부학적 구조
Fig. 2.1 The anatomic structure of arm

2. 본 론

2.1 팔의 운동 시스템

일반적으로 팔 운동은 주로 이두근과 삼두근에 의해서 이루어지며 동근과 길항근이 서로 수축과 이완을 되풀이 하면서 행하여진다. 그러므로 팔이 굴곡운동을 할 때에는 이두근이 동근이 되고 삼두근이 길항근이 되며, 반대로 신전운동을 할 때에는 이두근이 길항근이 되고 삼두근이 동근이 된다. 이와같이 운동에 직접 관여하는 근육이 동근이 되고 운동에 제동을 가하는 근육이 길항근이 되어 어떠한 운동을 할 때 이러한 동근과 길항근이 한쌍이 되어 움직인다.

적응 법칙(Adaptive Laws)은 그 두 모델의 출력의 오차를 통해 추정 모델의 출력이 기준 모델의 출력을 따라가도록 파라미터의 값을 적용시켜 주는 역할을 한다. 즉, 기준 모델과 추정 모델의 출력 오차에 적응 기법을 적용해 그 오차를 영(零)으로 만들어 주는 파라미터 값을 추정해 내는 것이다.

2.2 신경회로망

1875년 이탈리아 해부학자 Golgi에 의해 뇌가 신경세포로 구성되어 있음이 알려졌고, 1940년에는 스페인의 해부학자 Cajal에 의해 뉴런이 정보를 교환한다는 것이 밝혀졌다. 생리학적으로 보면 사람의 뇌는 100~500억 개나 되는 신경세포로 구성되어 있는데 이들이 서로 복잡하게 결합되어 고도의 지적활동이 영위되고 있으며, 이러한 두뇌활동은 비교적 간단한 기능을 가진 뉴런이 많이 모여 그들의 상호작용에 의해 행해진다. 따라서 한 뉴런이 다른 뉴런들로부터 신호를 받아들여 그것을 합하여 흥분 여부를 결정한다. 이 흥분 여부에 따라 외부로 신호가 전달되며, 이러한 정보 처리과정을 통해 인간의 사고 과정이 이루어진다. 뉴런은 신호를 한 방향으로만 전달하며, 수상돌기가 인접 뉴런으로부터 신호를 받아들이고 축삭돌기가 내보낸다. 인간의 뇌는 수많은 뉴런을 조직적으로 결합한 시스템이다.

인공신경망의 학습에서 문제가 되는 것은 출력층의 오차는 측정이 가능하나 나머지 중간층에서는 각 뉴런들의 바라는 출력값을 알 수 없기 때문에 오차 측정의 기준이 없다는 점이다. 이 문제는 출력층의 오차를 역으로 전파하여 중간층의 오차를 반영시키자는 개념이 제안되면서 해결되었고, 이것이 오차 역전파 알고리즘이다.

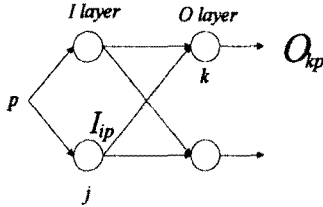


그림 2.3. 2층 뉴럴 네트워크의 구성
Fig. 2.3 Configuration of 2-layer N.N

2.3 신경 회로망

인공 신경회로망은 외부로부터 데이터를 입력받는 뉴런들로 이루어진 입력층과 신경회로망 내부의 신호를 주고받는 은닉층, 그리고 계산한 값을 외부로 출력하는 출력층의 3부분으로 되어 있다. 각층의 뉴런들은 다음 층의 뉴런들과 각각 연결되어 있고, 이 연결고리에 가중치를 부여하고 또한 조정함으로써 학습의 효과를 얻을 수 있다. 본 논문에서 채택한 신경 회로망 학습은 역전파(back propagation) 학습법을 사용하였다. 역전파 학습규칙은 만일 어떤신경 세포의 활성이 다른 신경세포가 잘못된 출력에 공헌을 하였다면 두 신경 세포간의 연결 가중치를 그것에 비례하여 조절해 주어야 한다는 것이다.

2.4 EMG신호를 이용한 모델제안

피검자로부터 팔운동의 근전신호를 얻기 위해 4가지 팔운동을 반복훈련 시켰으며, 팔꿈치를 굽힌 상태에서 최대한 빠른 시간에 목표치에 도달하도록 하였다. 실험시 피검자는 자연스럽게 앉은 상태에서 실험을 시작하였다. 근전신호를 검출하기 위해 이두근과 삼두근에 각각 한쌍의 표면전극을 사용하였고, 피검자가 운동시 QEMG-4(LMX3204)를 통하여 데이터를 검출하였다. 근전신호를 검출할때에는 피검자로부터 각운동에 대한 신호를 30회씩 반복 측정하였다. 두개의 채널(이두근, 삼두근)에서 각각 측정된 근전신호를 고속 푸리에 변환시키고 각 기능당 10개씩의 운동에서 앙상블 평균 스펙트럼(ensemble averaged spectrum)을 구하였다. 그리고 특징점을 주파수에 따라 비교하여 선정한 다음 적합성을 검토한 후 신경회로망으로 학습시켰다.

학습시 중간처리의 수는 6개로 하여 학습성능을 조사하여, 입력처리기 8개, 중간처리기 6개, 출력처리기 4개(팔의 운동기능)를 갖는 3층 신경회로망으로 학습시켰으며, 학습 알고리즘으로 역전파 알고리즘을 사용하여 4가지 운동을 무부하시와 부하시로 나누어 팔운동의 패턴을 분류하였다.

3. 실험

3.1 근전신호 검출장치

근전신호를 검출하기 위해 사용되는 전극에는 침전극(needle electrode)과 Ag-*AgCl* 부동 표면전극 등 여러 종류가 있다. 본 실험에는 표면전극(3M, 2237)을 사용하였고 데이터 검출에는 LAXTIA사의 QEMG-4(3204)를 사용하였다.

다음의 표는 실험장치의 사양이다.

Operational Input Voltage	
ordinary voltage	$\pm 5V$
Frequency Response, Filter Bandwidth	
Lower Frequency Response	0.1Hz
Upper Frequency Response	500Hz
Notch Interference Filter	50dB
High CMRR	106dB
Low Input offset Voltage	$\pm 200\mu V$
Low Input offset drift	$\pm 2\mu V/^\circ C$
Low Input Noise	$2\mu V(\sqrt{Hz})$
Low Non linearity Error	0.001%max
Inst.Amp Input Protection	Up to $\pm 40V$ (inst Amp)
Input Signal Range(Vpp)	Above $\pm 2\mu V$
Output Signal Range(Vpp)	Below 5V

표3.1 시스템 사양

table 3.1 Specification of system

3.2 실험방법 및 절차

본 실험에서는 신경학적으로 정상적인 성인을 대상으로 실시하였다. 근전신호를 검출하기 위해 이두근과 삼두근에 각각 한쌍의 표면전극을 사용하였고 피검자가 운동시 QEMG-4(LMX3204)를 통하여 데이터를 검출하였다.

신경회로망의 입력 데이터는 근전신호 특성을 충분히 반영하도록 선정해야 한다.

본 논문은 피검자에게서 검출한 근전신호를 주파수 해석법으로 특징점을 선정하였다.

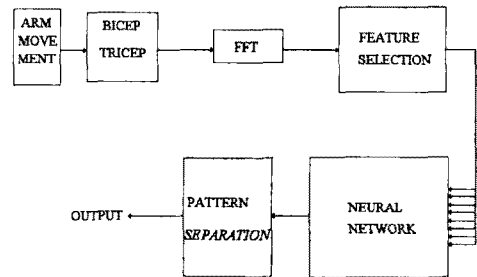


그림 3.1 패턴분리를 위한 실험절차의 블록선도
Fig 3.1 Block diagram for the pattern separation experiment

무부하시 4가지 팔운동을 나타내었다. 그리고, 부하시 팔운동을 나타내었고있다.

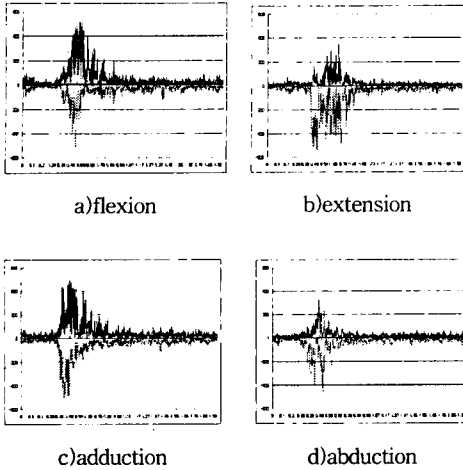


그림3.2 무부하시 네가지 팔운동

Fig.3.2 EMG patterns of four arm movement

패턴분류 결과 다음과 같은 결과를 얻었다. 무부하 운동시 패턴 분류결과는 굴곡운동시 95%의 인식률을 보였고 신전운동시 65%, 내전운동시 75%, 외전운동시 95%의 인식률을 보였다.

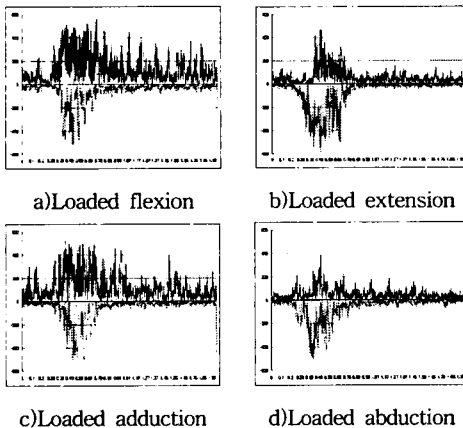


그림3.3 부하시 네가지 팔운동

Fig.3.3 EMG patterns of loaded four arm movement

부하운동시 다음과 같은 결과를 얻었다. 굴곡운동시 75%의 인식률을 보였고 신전운동시 75%, 내전운동시 75%, 외전운동시 95%의 인식률을 보였다.

4. 결 론

본논문은 인간의 근육운동의 제어공학적인 연구로서 생체신호를 제어입력으로 하는 인공 팔의 제어전략을 연구하는데 목적이 있다. 이를 위하여 정상인의 팔운동을 대상으로 하여 무부하시와 부하시의 네가지 패턴의 운동에 대한 근전 신호와 동특성을 측정하여 처리하고 각 기능에 따른 특징을 신경회로망을 이용하여 분리하였다. QEMG4를 이용하여 근전신호와 동특성을 측정하였다.

피검자의 이두근과 삼두근에서 운동시 발생하는 근전신호를 측정하여 패턴분리의 신호원으로 사용하였다. 각 패턴에 따라 양상을 평균을 취한 스펙트럼 데이터를 비교하여 특징점을 선정하고 역전파 알고리즘으로 학습시킨 신경회로망에 대해 각 운동 패턴의 분리를 실행하였다.

1. 시간 최적 팔운동은 3상형태의 근전신호를 제어전략으로 사용하고 있음을 알 수 있다.
2. 두개의 채널에서 얻은 근전신호를 주파수 해석법에 의해 특징점으로 선정한 것은 원신호의 부가적인 특징을 충분히 반영한 것으로 근전신호 분류에 타당하였다.
3. 실험결과 인식률은 무부하시 82.5%이고 부하시 80%로 약 2.5%의 오차로 무부하시의 패턴인식률이 더 높았다.

이상의 결과를 요약하면 팔운동의 3상형태의 근전신호는 운동제어 전략으로 휴먼인터페이스에 활용될 수 있으며, 본논문에서 제시한 신경회로망을 사용한 패턴분리 방법이 근전신호의 기능을 분리하는데 적합함을 알 수 있었다. 본 연구의 방법으로 실제 휴먼 인터페이스의 활용에 이용될 수 있을 것으로 생각되고 인식률이 높일 수 있는 특징점 선정과 알고리즘 개발이 필요하다.

[참 고 문 헌]

- [1] 박순달, 남문현, 이춘길, 소광섭, "뇌의 인공적 확장은 가능한가" 대우학술총서, 민음사, pp. 13-80, 1991.
- [2] Lippman R.P., "An introduction to computing with neural nets", IEEE ASSP Magazine, Vol. 3, No4, pp. 4-22, 1987.
- [3] Rumelhart D.E., McClelland J.L. and the PDP Groupes: Parallel Distributed Processing, MIT Press, vol. 1, 1986.
- [4] Khanna T., "Foundations of Neural Networks", Addison-Wesley Publishing Co., 1990.
- [5] Simpson P.K., "Artificial Neural Network". Pergamon Press, pp. 120-126, 1989.
- [6] 박종욱, 이주근, "Shape Pattern에 의한 필기체 한글 인식", 전자공학회 논문지, pp420-425, 1985.
- [7] Kilmasauskas, C., Guiver, J, and Pelton, G., Neuralworks Professional 2 and neuralworks Explorer, Vol, 1, Neural Computing, Neural ware Inc., Pittsburg PA, 1989.
- [8] Hudgins B., Parker P., Scott R., "A new strategy for multifunction myoelectric control", IEEE Trans. Biomed. Eng., vol 40, no. 1, pp. 82-94, 1993.
- [10] 홍성우, "보철제어를 위한 팔운동 근전신호의 기능분리" 박사학위 논문, 1993
- [11] 전창익, "인공의수 제어를 위한 근전도 신호의 진폭 추정과 패턴인식 기법에 관한 연구", 박사학위논문, 2002