

# 수신호를 이용한 가상 로봇의 제어 방식

정경권\*, 이정훈\*, 임중규\*\*, 정성부\*\*\*, 엄기환\*

\*동국대학교

\*\*호서전산전문학교

\*\*\*서일대학

## A Virtual Robot Control Method using a Hand Signals

정경권\*, 이정훈\*, 임중규\*\*, 정성부\*\*\*, 엄기환\*

\*Dongguk University

\*\*Hoseo Computer Technical College

\*\*\*Seoil College

E-mail : kihwanum@dongguk.edu

### 요 약

본 논문에서는 근전도(EMG) 신호를 이용하여 휴먼보조 장치나 원격 제어에 활용할 수 있는 가상 로봇 팔 제어 방식을 제안한다. 4개의 표면 전극에서 근전도 신호를 측정하여 SOM과 LVQ를 이용하여 동작을 분류하는 시스템이다. 인터페이스 프로그램은 PC 상에서 구성하였다. 제안한 방식의 실험결과 94%의 분류 성공률을 얻었다.

### ABSTRACT

In this paper, we proposed an electromyography(EMG) based control method of a virtual robot arm as an adaptive human supporting system or remote control system, which consists of an shoulder control part, elbow control part, and wrist control part. The system uses four surface electrodes to acquire the EMG signal from operator. It is shown from the experiments that the EMG patterns during arm motions can be classified sufficiently by using SOM and LVQ. The interface system based on PC environment is constructed to 3-D graphic user interface(GUI) program. Experimental results show that proposed method obtains approximately 94 percent of success in classification.

### 키워드

근전도(EMG), SOM, LVQ, 가상 로봇 제어

## 1. 서론

1768년 개구리 다리 근육을 사용한 실험에서 L. Galvani가 생물전기의 존재를 주장한 이후, 인체에서 측정 가능한 다양한 전기적 신호에 대한 연구가 진행되어 왔다. 1924년 인간의 뇌파(EEG, Electroencephalogram)를 측정한 H. Berger의 실험을 기점으로 전기생리학의 대상은 심전도(ECG), 근전도(EMG), 안구전도(EOG) 등으로 그 범위가 확대되어 왔다. 이들 생체신호는 인체의 상태를 나타내는 지표

로서 대부분 진단의학에 사용되었으며, 최근 들어 인간의 의사를 외부로 전달하는 인터페이스 장치의 신호 원으로 연구되고 있다. 이중 근전도 신호는 근육의 활동 시에 발생하는 전기적 신호로서, 척수에서 신경임펄스가 발생되어 운동뉴런을 활성화시키고, 이에 따라 운동단위(motor unit)내의 근섬유가 활성화되면서 발생하는 전위차이다[1].

2차 대전 이후 외부의 동력을 사용하여 인공사지(artificial limb)를 동작시키려는 연구가 활발해지면서 다양한 보철제어 방식이 연구되었다. 현재까지의 일

반적인 의수제어는 기계적 언어로 프로그램된 일련의 동작순서로 구동시키는 방식, 스위치의 조작에 의한 방식과 음성인식에 의한 방식 등이 있으나, 이들은 인간의 제어방식이 갖는 임의성, 실시간 동작 및 편의성을 만족시키는 문제에 많은 한계점이 있다. 의수 뿐 아니라 로봇 팔의 제어에 있어서 인간의 행동을 외부로 전달하는 가장 자연스러운 방식은 팔의 근육에 잔존하는 근전도를 해석하여 제어하는 방식이다[2-3].

근전도 신호는 근육의 수축 및 이완시에 발생하는 전기적 신호로서 10-2,000[Hz]의 주파수와 의 전압특성을 갖는다. 근전도 신호의 측정에는 보통 침 전극(needle electrode)과 표면 전극(surface electrode)이 사용되는데 일반적으로 피검자에게 고통도 없고 성능도 뒤지지 않는 전극용 전도젤이 발려져 있는 1회용 Ag/AgCl 표면 전극이 사용되고 있다. 팔의 근전도 신호의 측정에는 이두박근과 삼두박근에 각각 2개씩의 단극 전극을 사용하여 2 채널로 각각의 전위를 측정하는 경우와 이두박근과 삼두박근에 각각 1개씩의 쌍극 전극을 사용하고 접지전극을 사용하여 이들의 전위차를 1 채널로 근전도 신호로 추출하는 2가지 방법이 있다[4].

본 논문에서는 손으로 수신호를 표현 시 발생하는 근전도 신호를 입력받아 가상로봇을 지능적으로 제어하는 방식을 제안한다. 제안한 방식은 SOM으로 입력된 근전도 신호를 전처리하고, SOM의 출력을 LVQ를 이용하여 동작을 분류하는 방식이다. 근전도 신호와 같은 다차원의 신호를 SOM으로 2차원으로 처리하여 간단히 처리할 수 있다. 제안한 방식의 유용성을 확인하기 위하여 수신호를 동작 인식율을 검토하고 인식한 신호를 바탕으로 컴퓨터 상에 가상으로 제작된 로봇 팔의 제어를 수행한다.

## II. 가상 로봇 팔의 동작

본 논문에서는 수신호의 근전도 신호를 측정하여 가상 로봇 팔의 동작을 제어한다. 그림 1과 같이 가상 로봇 팔의 구성을 어깨, 팔꿈치, 손목의 3개의 관절로 구성하였고, 그림 2와 같이 조작이 가능한 GUI 형태의 프로그램을 이용하여 측정된 근전도 신호를 제안한 분류기로 분류하여 가상 로봇 팔을 작동시킬 수 있게 하였다.

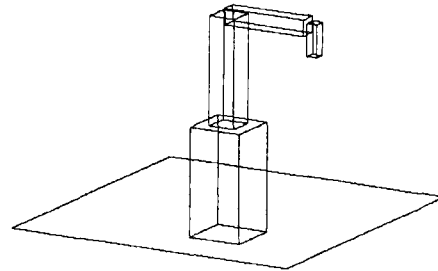


그림 1 가상 로봇 팔

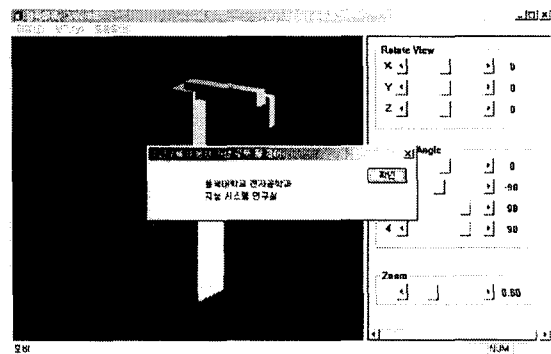


그림 2 가상 로봇 팔 프로그램

그림 3과 같이 실험대상으로 설정한 손동작은 수화의 일종으로 한글의 자음에 대한 14가지 동작 중에서 6가지 동작을 사용하였다.

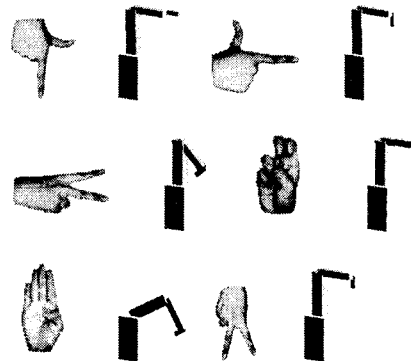


그림 3 가상 로봇 팔의 동작

## III. 제안한 방식을 이용한 근전도 신호의 분류

신경 회로망은 구조적으로 많은 양의 신호 및 데이터의 병렬 처리가 가능하고 특별한 기억 장치 없이 연

결 강도나 활성함수를 통하여 기본적인 데이터를 기억할 수 있는 기능이 있으며 선형 대수와 수치 해석을 이용함으로써 스스로 학습하여 자체적으로 성능을 개선하는 등의 많은 장점을 갖고 있으므로 여러 분야에 폭넓게 적용되고 있다. 1982년 Kohonen은 새로운 형태의 경쟁 네트워크인 SOM을 제안하였다. SOM은 경쟁 학습을 근간으로 하는 비지도학습 알고리즘이며 단일 뉴런층으로 구성된 신경회로망이다. LVQ 네트워크의 학습은 감독 학습을 갖는 경쟁 학습 법칙이다. 모든 감독 학습은 입력 벡터와 목적 벡터가 동시에 존재한다. LVQ 네트워크에서 목적 벡터는 서브클래스(subclass)를 구분하기 위한 하나의 표시가 되며, 이들 원소중 하나는 1의 값을 갖고 나머지는 0의 값을 갖도록 함으로써 경쟁층의 각 뉴런이 부분 클래스를 나타내도록 지시해준다[5-7].

제안하는 방식은 규정된 손의 동작에 대한 근전도 신호를 SOM과 LVQ 방식을 이용하여 분류한다. 제안한 방식은 전처리 과정으로 SOM을 사용하여 다차원의 근전도 신호를 2차원으로 처리하여 승리 뉴런을 LVQ의 입력으로 전달한다. 그림 4은 4개의 채널을 사용한 제안한 방식의 블록선도이다.

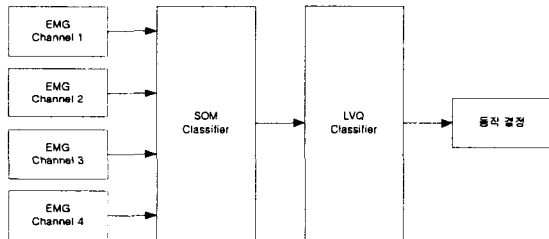


그림 4. 제안한 신호 분류 방식의 블록선도

#### IV. 실험 및 검토

근전도 신호를 정확하게 인식하여 그 신호를 보철용 팔이나 로봇 팔에 제어하기 위해서는 근전도 신호의 측정이 필요하다. 근전도 신호의 측정과 분류를 위한 전체적인 실험 시스템 구성도는 그림 5와 같다.

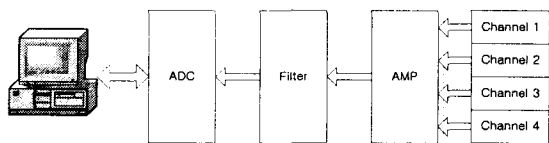


그림 5. 실험 시스템 구성도

그림 5에서 계측 증폭기(instrumentation amplifier)

는 스위치를 사용하여 10, 100, 200, 400까지 단계적으로 이득을 조정할 수 있도록 하였다. 고역 필터는 계측 증폭기의 DC-offset 및 전극과 피부사이의 화학작용에 의한 직류 성분을 제거하기 위하여, 저역 필터는 근전도 신호범위를 초과하는 고주파 노이즈를 차단하기 위하여 사용되었으며, 두 개의 필터가 5~1,200[Hz]의 대역 필터를 구성하였다. 그림 6은 제작한 실험 장치 사진이다.

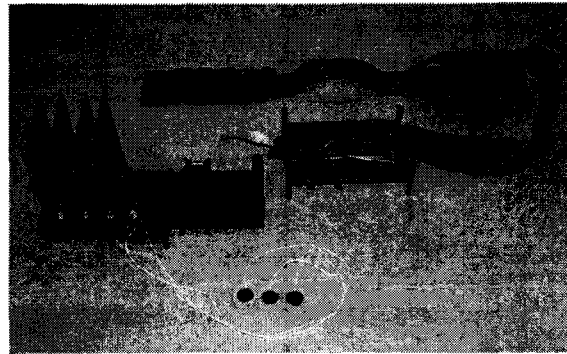


그림 6. 실험 사진

신호 측정시, 두 개의 Ag-Cl 전극(electrode)을 사용하여 인체 내 두 점간의 전위차를 차동 증폭기로 측정하게 되며(Bipolar lead), reference로 사용될 접지 전극이 추가된다. 전극의 위치는 그림 7과 같이 측정하려는 근육의 중간 지점에 근육의 중심선을 따라 배치하며, reference 전극은 신호를 측정하는 근육에서 되도록 멀리 그리고 뼈와 같은 전기적으로 중성인 조직위에 위치시킨다[18].



그림 7. 근전도 신호 측정 사진

제안한 알고리즘의 근전도 신호 분류를 확인하기 위하여 Pentium PC상에서 C++을 사용하여 학습 프로그램을 제작하였다[8-9].

SOM의 구성은 입력층 뉴런수 400개, 출력층 뉴런은 20 x 20의 2차원 feature map으로 구성하였다. 구성된 SOM의 이웃반경은 5에서 학습에 따라 점차 감소하여 최종적으로 1이 되게 하였고, 학습을 역시 0.9에서 학습에 따라 0.001까지 순차적으로 감소하게 설정하였다. 학습 회수는 10000번 수행하였다. LVQ의 구성은 입력층 뉴런수는 2개, 클래스는 6개, 각각의 클

래스마다 서브클래스를 5개씩 할당하였다. 학습율은 0.05로 하였고, 학습 회수는 1000번 수행하였다. SOM과 LVQ의 훈련을 위해 각각 동작마다 10개의 근전도 신호를 측정하였고, 동작 분류 시험은 각각의 동작마다 10개의 근전도 신호를 이용하였다. 그림 8은 학습용 근전도 신호의 SOM 출력 형상 지도(feature map)이고, 그림 9는 LVQ의 분류 결과이다.

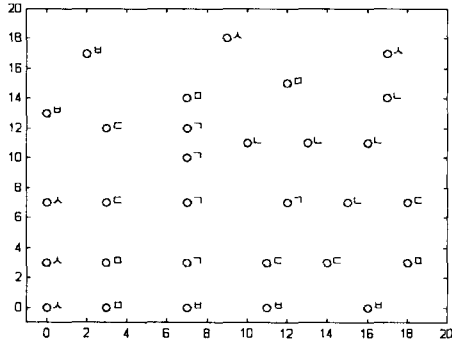


그림 8. SOM 출력

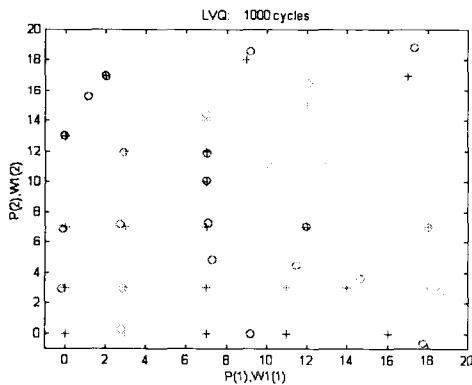


그림 9. LVQ 분류 결과

표 1은 제안한 방식의 최종 동작 분류 결과를 나타낸 것이다. SOM과 LVQ의 학습에 이용한 훈련용 근전도 신호는 100%의 분류를 하였고, 시험용 근전도 신호는 88%의 성공률을 확인하였다.

표 1. 최종 분류 결과 표

동작	훈련용 인식률(%)	시험용 인식률(%)
'ㄱ'	100	90
'ㄴ'	100	100
'ㄷ'	100	80
'ㅁ'	100	90
'ㅂ'	100	90
'ㅅ'	100	80

## V. 결론

본 논문에서는 SOM과 LVQ를 이용하여 근전도 신호의 동작을 분류하는 방식을 제안하였다. 제안한 방식은 SOM으로 근전도 신호의 복잡하고 다차원인 입력 패턴을 2차원으로 변환하고, LVQ는 분류하고자 하는 동작으로 사상한다. 제안한 방식에서 SOM으로 군집화된 결과를 LVQ를 이용하여 미세 분류를 수행하는 방식이다. SOM을 이용하여 다차원의 데이터를 2차원으로 변환이 가능하고, 전처리없이 근전도 신호를 바로 이용할 수 있는 장점 등이 있다. 제안한 방식의 성능을 확인하기 위하여 근전도 신호 측정 장치를 구성하여 수화의 근전도 신호를 측정하고, 동작을 분류한 결과 94%의 성공률을 얻었다. 제안한 방식으로 가상 로봇 팔의 움직임을 제어할 수 있게 구성하여 가상 제어 및 원격 제어의 응용 가능성을 확인하였다.

## 참고문헌

- [1] 김경성 "의용공학(Medical Engineering)" 청구문화사, 1993
- [2] Tony Khoshaba, Kambiz Badie et al "EMG pattern classification based on Back propagation neural network for prosthesis control" IEEE Engineering in MBS. vol. 12, no. 3, 1990.
- [3] Yasuharu Koike, Mitsuo Kawato "Estimation of dynamic joint torque and trajectory formation from surface electromyography signals using a neural network model" Biological Cybernetics, Springer-Verlag. 1995
- [4] Carlo J. De Luca "Surface EMG Detection and Recording". NeuroMuscular Research Center. 1997
- [5] Haganm Demuth Beale, "Neural Network Design", PWS Publishing Company, 1995.
- [6] Yong-Zai Lu, "Industrial Intelligent Control" Fundamentals and Applications, JOHN WILEY & SONS, 1996.
- [7] T. Kohonen, "The self-organizing map" Proc. IEEE, vol. 78, pp. 1464-1480, 1990
- [8] B. D. Ripley, "Pattern Recognition and Neural Networks", CAMBRIDGE UNIVERSITY PRESS, 1996.
- [9] Abhijit S. Pandya, Robert B. Macy, "Pattern Recognition with Neural Networks in C++", CRC PRESS, IEEE PRESS, 1995.