EEG 헤드셋을 이용한 로봇제어 성능 향상 연구

지상원, 허영인, 김세연, 장원앙, 이도훈
부산대학교 정보컴퓨터공학부
e-mail : {happybean,pnu_hyi,pants11,wonang,dohoon}@pusan.ac.kr

A Study on advanced performance of Robot control using EEG Headset

Sang-won Ji, Young-in Hu, Se-yeon Kim, Wonang Jang, Dohoon Lee
Department of Computer Science & Engineering, Pusan National University

요 약

뇌파 수집과 분석을 위한 상용 장비인 모바일 헤드셋 Emotiv를 이용한 BCI 연구가 있었다. 특히 Emotiv에서 제공되는 학습기능을 사용한 사례들에서 다양한 패턴을 학습한 경우는 인식률이 떨어지고 학습하는데 많은 시간이 소비된다. 본 논문에서는 Emotiv의 학습기능을 한 가지만 사용해서 인식률을 높이고 자이로센서를 이용하여 로봇을 4가지 방향으로 제어해서 원하는 경로로 이동가능 한 기능을 구현했다. 구현한 결과는 평균 85.67%를 보여 성공적이었다.

1. 서론

최근 사람의 신체 각 부분을 통솔하는 기능을 담당하는 뇌에 관한 연구가 활발하게 진행되고 있다. 인간의 뇌를 중심으로 한 중추신경계를 이용해 말초 신경계를 이용하는 근육의 도움 없이 컴퓨터를 제어하는 기술이 주목받고 있다. BCI(Brain-Computer Interface)는 뇌파를 측정하여 실시간으로 주파수, 진폭, 위상, 파형의 연속성과 또는 동작 상상, P300, SSVEP 등의 특징을 이용해서 사람과 컴퓨터 혹은 사람과 기계사이의 의사소통을 가능하게 한다[1].

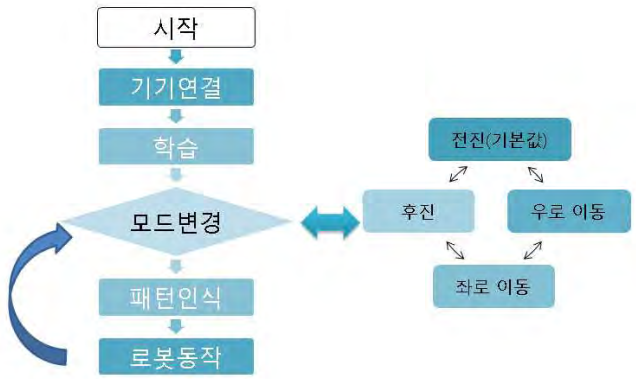
최근 BCI장비로 웨어러블 장비인 Emotiv가 있다[2]. Emotiv는 14개 뇌파측정 채널에 2.4GHz의 무선통신과 가볍고 2개축의 자이로센서도 있고 즉각적인 흥분, 좌절감 등의 감정검출이 가능하다. 또 윙크, 눈 깜빡임, 스마일등 표정의 검출이 가능하고, 집중, 지루함 등의 상태 검출가능하다. 무엇보다도 밀기, 당기기, 회전 등의 상상을 미리 학습시킨 다음에 동일한 상상을 할 때 학습해둔 패턴을 분석하여 어떤 상상을 했는지 검출이 가능하다.

Emotiv의 학습기능 중 평온한 상태, 밀기, 왼쪽 회전, 오른쪽 회전의 4가지 명령어를 순서대로 로봇의 전진, 후진, 좌로회전, 우로회전으로 매핑하여 로봇을 제어한 연구결과와[3], 사용자가 로봇에 부착된 카메라의 시야를 공유하면서 자이로센서를 이용하여 로봇이 움직일 방향을 결정하고 눈 깜빡임을 통해 로봇을 목적지로 이동시키는 연구결과가 있다[4].

전자의 경우 학습기능을 사용할 때 학습한 패턴이 2개 이상일 경우 패턴인식 능력이 크게 떨어진다. 학습기능을 이용한 로봇제어의 경우 4개의 패턴을 학습하여 패턴을 찾아내는데 각각의 패턴을 학습하는데 많은 시간이 뿐만 아니라 강력한 인식능력을 기대하기 어렵다. 또한 후자를 살펴보면 사용자가 착용하여 사용할 때 로봇의 시야를 공유할 수 있는 모니터가 필요하기 때문에 장비의 무게가 무겁고 로봇의 고정된 시야 외에서 일어나는 상황에 대한 즉각적인 대처가 불가능한 단점이 있다.

따라서 본 논문에서는 학습기능을 이용하되 인식 가능한 패턴을 1가지로 줄여서 인식률을 높이고, 자이로센서를 이용하여 전진, 후진, 좌로 회전, 우로회전의 4가지 모드를 변경가능 하도록 하여 로봇을 제어하고자 한다.

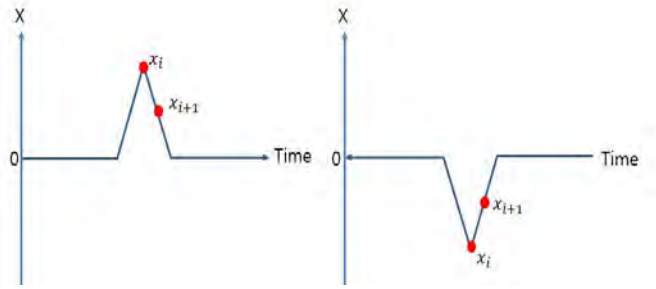
2. 설계



<그림 1> 시스템 흐름도. 시스템 시작 후 기기연결이 완료되면 '평온한 상태'와, '밀고 있다'고 생각하는 상태를 학습한 후, 로봇 이동 방향을 설정한다. 패턴('밀고 있다'라는 생각)이 인식되면 로봇이 설정한 이동방향으로 움직이고 다시 모드 변경모드로 돌아가 반복된다.

그림1은 전체적인 시스템의 흐름도이다. Emotiv와 Computer, NXT가 연결되면 각 사용자별로 '벽을 밀고 있다'라는 생각을 Emotiv를 이용하여 학습한 다음 현재 모드의 State에 따라서 로봇을 제어한다. 학습은 '평온한

상태'를 먼저 학습하고 이어서 '벽을 밀고 있다'라는 생각을 학습하게 되는데, 평온 상태와 밀고 있는 2가지 상태를 비교하여 밀고 있는 상태 일 때만 작동하는 원리이다. 항상 같은 상태를 유지하기 힘들고, 무의식중에 밀고 있는 상태가 발생할 수 있기 때문에 밀고 있는 상태가 오랜 시간 지속되면 작동하게 구현하였다.



<그림 2> 자이로 센서 측정값을 나타낸 그래프. 가로: 시간, 세로축의 크기는 움직인거리, 부호는 +(오른쪽), -(왼쪽). : 최대/최소값, χ_{i+1} : 최대/최소값 직후의 측정값

학습기능은 Emotiv의 내장기능을 이용하고, 모드를 변경하는 기능은 내장된 자이로센서를 이용해서 구현했다. 그림 2에서 가로축은 시간, 세로축은 자이로센서의 측정값을 나타낸다. X의 값은 정지한 상태인 0을 기준으로 오른쪽으로 움직이면 증가하고 왼쪽으로 움직이면 감소한다. 그림 2에서 (a)는 피험자가 정면을 바라보는 것을 기준으로 오른쪽으로 (b)는 왼쪽으로 움직였다가 다시 정면을 볼 때 측정된 센서 값을 표현한 그래프이다. 이런 움직임이 발생하면 모드 변경이 이루어지도록 구현했다. χ_i는 각 그래프에서 최대값/최소값이고, χ_{i+1}은 χ_i값 직후 측정된 센서 값이다. 식1에서 mf는 χ_i와 χ_{i+1}의 차이 값이 양수면 1, 음수면 -1이다. 그림 2의 (a)는 $_f$값이 1, 그림 2의 (b)는 M_f값이 -1인 경우이다. δ_+의 값은 400, δ_-의 값은 -400인데 이 수치는 피험자의 작은 움직임에도 모드의 변경이 이루어지는 것을 방지하기 위해서 실험을 반복해서 정한 χ_i의 한계값이다. 모드는 그림 1과 같이 전진모드, 후진모드, 좌회전모드, 우회전모드가 있다. 모드의 기본 값은 전진으로 구현했고 각 모드의 변경은 M_f가 1일 때, 전진모드 → 우회전모드 → 후진모드 → 좌회전모드로 변환되고 M_f가 -1일 때는 그 역방향으로 변환된다.

$$M_f = \begin{matrix} 1\,, & \chi_i - \chi_{i+1} > 0 \\ -1\,, & \chi_i - \chi_{i+1} < 0 \end{matrix} \qquad (1)$$
$$(\chi_i > \delta_+ \ , \ \chi_i > \delta_-)$$

<표1> 커맨드 매핑테이블, 모드에 따른 NXT 모터의 상태를 나타낸 표. 바퀴회전파워가 100%인 상태는 로봇모터의 최대출력상태. 회전량의 부호는 +(시계방향), -(반시계방향). 모드의 변경시 비프음이 출력된다.

모드	바퀴회전파워(%)		회전량(도)		비프음(삐)
	F	B	F	B	
전진	0	75	0	360	·
후진	0	75	0	-360	··
좌회전	75	75	1080	360	···
우회전	75	75	-1080	360	— ·

로봇의 제어는 표 1의 매핑테이블과 같다. 전진모드인 상태에서 커맨드가 입력되면 뒤쪽 모터만 모터의 출력을 75%로 하여 360° 회전하고 후진 모드인 상태에서 커맨드가 입력되면 뒤쪽 모터를 360° 역회전하여 이동한다. 또 우회전 모드인 경우 앞, 뒤 모두 75%의 동일한 파워와 앞바퀴는 1080° 회전, 뒷바퀴는 360° 로 회전하여 이동한다. 좌회전 모드는 앞, 뒤 모두 75%의 동일한 파워와 앞바퀴는 -1080° 회전, 뒷바퀴는 360° 로 회전하여 이동한다. 그리고 현재 모드의 상태를 쉽게 확인할 수 있도록 모드의 변경이 완료된 후 다음 모드변경이 이루어지지 않고 2초가 경과하면 전진모드인 상태는 짧은 비프음 삐, 후진모드는 삐삐, 좌회전모드는 삐삐삐, 우회전모드는 길게 삐이 소리가 난후 짧은 삐로 소리나게 구현하였다.

3. 실험결과

본 연구의 실험은 Intel B960 Dual Core 2.2Ghz Windows7 64bit 환경에서 진행했고, Visual Studio 2010 C#으로 구현했다. Emotiv의 Emotiv Research Edition SDK v2.0.0.20를 사용했고 로봇은 Lego의 Mindstorm NXT Robot 로봇을 사용했고 로봇의 제어는 블루투스 2.1 버전에서 ROBOTC를 이용해 구현하였다.

<표2> 실험결과, 피험자 20대 중반 남성 A, B, C가 100회 실험을 하였을 때, 성공률을 나타낸 표. 우측 평균은 개인별 평균 성공률, 하측 평균은 명령별 평균 성공률을 나타내다. 모드의 경우 각 모드별 50회 시행.

	전진(%)	후진(%)	좌(%)	우(%)	모드(%)	평균(%)
A	91	92	84	86	100	90.60
B	72	79	71	73	95	78.00
C	91	87	84	86	94	88.40
평균	84.67	86.00	79.67	81.67	96.33	85.67

실험은 건강한 20대 중반 남성 3명의 뇌파데이터를 이용했고 모드변경, 전진명령, 후진명령, 좌회전명령, 우회전명령을 각각 100회씩 하여 실제로 로봇이 움직인 상태로 평가했으며 결과는 표 2와 같다. 표 2를 보면 전진일 때 최고 91%이고 후진일 때 최저 71%의 인식률을 가지며 전체 평균은 85.67%인 것을 확인할 수 있다.

표 2를 보면 피험자 A와 C에 비교해서 B의 모드변경을 제외한 명령들의 인식률이 전반적으로 약 10% 정도 낮다. 이것은 동일 환경에서 실험을 한 것으로 볼 때 이것은 피험자의 피로도, 수면시간 등의 신체 상태와 초기 학습시의 집중도에 따라 결과가 다를 수 있다.

4. 결론

Emotiv의 학습기능과 자이로센서를 이용하여 피험자의 상태와 초기 학습한 데이터의 질에 따라 결과의 차이가 있었다. 하지만 유연한 방향 제어와 정밀한 로봇 제어는 하지 못했지만 기대했던 이동경로와 근사한 경로로 움직일 수 있다고 생각된다.

현재는 자이로센서가 2개의 축으로 이루어져있어 이차원적인 제어만 가능했는데 향후 자이로센서가 개선된다면 3차원적인 커맨드를 입력해 전, 후진시의 가속도나 좌, 우로 회전 시의 각도 등 보다 정밀한 제어가 가능해 질것으로 기대된다.

참고문헌

[1] Angel Perez Garcia, Ingrid Schjølberg, Serge Gale, "EEG control of an industrial robot manipulator," 2013 IEEE 4th International Conference on, 2-5 Dec. 2013.

[2] Emotiv, "http://www.emotiv.com".

[3] D. Wijayasekara, M. Manic, "Human Machine Interaction via Brain Activity Monitoring," 2013 The 6th International Conference on, 6-8 June 2013.

[4] Wonang Jang, Sangmin Lee, Dohoon Lee, "Development BCI for Individuals with Severely Disability using EMOTIV EEG Headset and Robot," 2014 International Winter Workshop on, 17-19 Feb. 2014.