

뇌파 EEG신호 분석 기반의 자동차 움직임 컨트롤

최용혁 서승우 권서경 권상은 이은주 고병철
계명대학교 컴퓨터공학부

e-mail: { dydgur2009, 5439088, seoseo227, 5293243 }@stu.kmu.ac.kr,
frigia@gw.kmu.ac.kr, niceko@kmu.ac.kr

Movement Control of a Car Based on Analysis of Brain EEG Signal

YongHyeok Choi SeungWoo Seo SeoGyoung Kwon SangEun Kwon
EunJu Lee ByoungChul Ko
Department of Computer Engineering, Keimyung University

요 약

최근 국내에서는 상용화된 뇌파기반 인터페이스(BCI) 구현을 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이 에 본 논문에서는 안전한 비침습형 뇌파 측정 방법을 사용하여 뇌전도(EEG)를 측정하고 증폭된 데이 터를 사용하여 RC카의 4방향 제어가 가능한 알고리즘을 제안한다. 뇌파측정기로 수집된 데이터 셋은 고속 푸리에 변환을 거쳐 사전 정의된 7가지 뇌파의 필터를 통해 집중도와 이완도를 검출하게 된다. 검출된 데이터는 아두이노 우노에 연결된 원격컨트롤러를 통하여 RC카의 전진 및 후진 제어를 담당한 다. 또한 추가로 설치된 자이로센서를 통해 입력된 전자신호는 칼만 필터를 이용하여 좌회전 및 우회 전 제어를 담당한다. 훈련된 실험자에 의해 실내·외에서 검출된 뇌파가 각기 다른 특성과 머리 회전만 으로 상황을 구분하여 RC카 제어를 할 수 있음을 확인하였다.

1. 서론

최근 인공지능 분야에 대한 관심이 증가하면서 사람의 두뇌 와 컴퓨터를 연결하는 뇌파기반 인터페이스(Brain Computer Interface, BCI)에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 이러 한 연구는 과거에는 주로 장애인용 인터페이스 개발이나 뇌파 의 기본적인 처리 및 인터페이스에 초점이 맞추어져 있었으나 최근에는 실용적이고 상업적인 용도의 연구들이 진행되고 있 다. 특히 인간의 뇌파를 인식하는 뇌 읽기(brain reading)와 뇌 에 기억을 집어넣는 뇌 쓰기(brain writing)에 대한 연구는 미 국과 유럽을 중심으로 의학과 IT기술을 융합하여 연구가 진행 중이다. 이러한 융합 기술의 대표 사례로써 말하지 않고 생각 만으로 의사소통하는 'Brain-to-Brain' Project[1], 신체적 장애 를 뇌파로 해결한 'Walk Again' Project[2] 등이 있다. 또한 기 술의 발전으로 대중화된 뇌파 측정 장비로 인해, 측정 뇌파정 보의 가공을 통해 의료, 학습, 게임 등 다양한 분야에서 활용 되고 있으며 IoT시대를 맞이하여 뇌파기반 인터페이스는 더욱 높게 평가받고 있다.

최근 국내에서도 뇌파기반 인터페이스 기술이 뇌 신경질환 치료 목적을 연구되고 있지만 뇌 과학 논문 점유율이나 뇌 과학 특허건수를 비교하였을 때, 아직은 뇌파 기반 인터페이스 의 역량이 미비한 것은 사실이고 상당한 기술력을 보유한 선진 국과 비교하면 상업화된 실용화 기술을 선보이지 못하는 실정 이다[3].

뇌파기반 인터페이스에서 가장 중요한 것은 뇌파의 측정 방 법이다. 사람은 어떤 행동이나 생각을 할 때 뇌에서 전기적인

신호를 발생시키는 데 이것을 뇌파라고 하며, 이 뇌파를 측정 하는 방법은 사람의 뇌에 직접 전극을 연결하는 침습형과 비침 습형으로 구분할 수 있다. 비침습형은 뇌의 신경세포가 일으키 는 자기장을 측정해 뇌의 활동을 기록하는 자기뇌파검사 (magnetoencephalography, MEG)와 뇌의 활동 중 발생한 전위 를 두피에서 측정한 뇌전도(electroencephalograph, EEG)를 사 용하는 방법이 있다. MEG방법은 외형이 크고 자기장으로 단절 된 공간을 확보해야하기 때문에 뇌파기반 인터페이스에서 EEG 방법을 사용한다. 이 방법은 휴대가 간편하며 비용이 저렴하여 실험자에게 안전하다는 장점을 가지고 있다[4]. 따라서 본 논문 에서는 EEG를 사용하는 Neurosky사의 마인드웨이브 모바일을 사용하여 뇌파를 측정한다.

마인드웨이브는 1채널의 장비로 이마에 부착하는 센서와 접 지를 하는 이어클립으로 구성 되어 있으며, 사용자의 이마에 부착된 센서에서 EEG 신호 측정 및 증폭하여 다른 장치로 전 달하게 되는데 이 데이터를 Neurosky에서 제공하는 SDK인 ThinkGear에서 고속푸리에 변환을 거쳐 사용자가 가공 할 수 있는 RAW형태의 입력 데이터를 얻을 수 있다. 이러한 가공을 거친 입력 데이터는 표 1과 같이 크게 델타파, 세타파, 알파파 등 7가지 대역으로 나눌 수 있다.

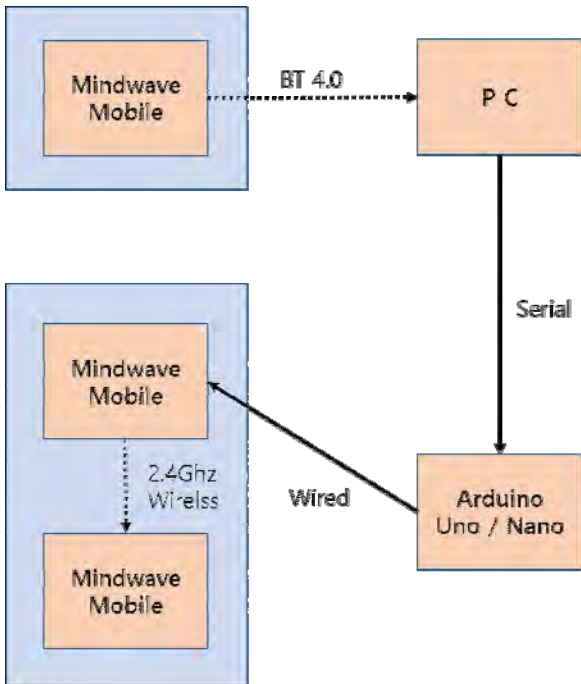
<표 1> 주파수 대역에 따른 뇌전도(EGG) 신호

뇌파 종류	진동수	정신상태
델타파(δ)	0-3 Hz	깊은 수면
세타파(θ)	4-7 Hz	수면
알파파(α)	8-12 Hz	안정, 휴식
저베타파(β_l)	13-20 Hz	작업 중
고베타파(β_h)	21-30 Hz	스트레스
감마파(γ)	31-50 Hz	스트레스 흥분
SMR파	12-15 Hz	각성, 준비

본 논문에서는 마인드웨이브에서 측정된 여러 뇌파를 필터하여 0에서 100사이의 값인 집중도(Attention)와 이완도(Meditation)를 검출하였다. 마인드웨이브 모바일은 1채널의 센싱만 지원하기 때문에 검출되는 뇌파가 제한적이므로 전, 후진 움직임은 뇌파를 이용하고 좌회전, 우회전 움직임은 자이로(gyro)센서를 이용하여 RC카를 제어하기 위한 뇌파 기반 인터페이스를 구현한다.

2. 뇌파 기반 인터페이스 설계

본 논문에서는 전체 프레임워크를 두 단계로 나누어 설계한다. 첫째, 마인드웨이브에서 전송된 EEG를 가공하고 맵핑한 뇌파를 찾아 신호 전달을 통한 전, 후진 컨트롤, 둘째, 자이로 센서를 사용하여 좌, 우회전 컨트롤이 가능하도록 한다.



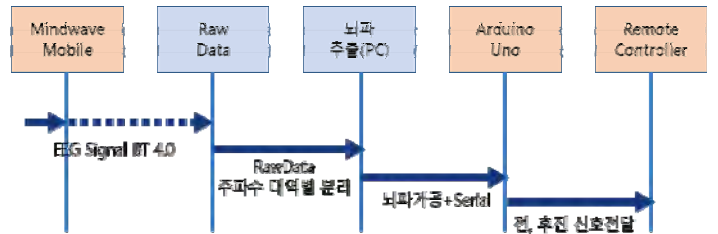
(그림 1) 전체 시스템 구성도

2.1 전진, 후진 움직임 컨트롤

마인드웨이브로부터 전송된 EEG 입력 신호는 사용자가 가공할 수 있는 RAW형태의 데이터로 가공되고 이때 사전 정의한 델타파, 세타파, 알파파 등 7가지 대역의 뇌파와 이 7가지 대역의 뇌파가 필터를 통해 집중도, 이완도를 검출한다. 이것은

매 1초 간격으로 RAW데이터로부터 10가지의 필터를 통하여 원하는 값을 수신 가능하게 한다. 필터로 원하는 데이터를 추출하여 블루투스 통신을 통해 PC로 값을 전송 하게 된다. 이후, PC에서 받은 신호를 분석하여 집중도와 이완도에 대한 결과 값을 도출하고, 아두이노 우노로 전달한다. 아두이노 우노에서는 연결된 원격컨트롤러를 통해 RC카에 전진 및 후진 신호를 보낸다. 이 때 전진 기능에 집중도를 후진 기능에는 이완도를 맵핑한다. 또한 이 두 가지 데이터에서 임계값을 적용하고 사전정의한 범위를 초과하는 경우 아두이노 시리얼 통신을 통해 'F','B'문자열을 전송하도록 한다. 이때 사용된 임계값은 실험을 통하여 확인한 결과 70에서 80 사이의 값이 집중도와 이완도 사이에 가장 높은 분별력을 보이므로 75로 정한다.

아두이노 우노는 PC로부터 상시 수신 대기 상태로 있으며 'F','B'문자열에 따라 RC카 리모컨에 제어 신호를 전달한다. 이러한 프로세스들의 흐름은 그림 2와 같다.

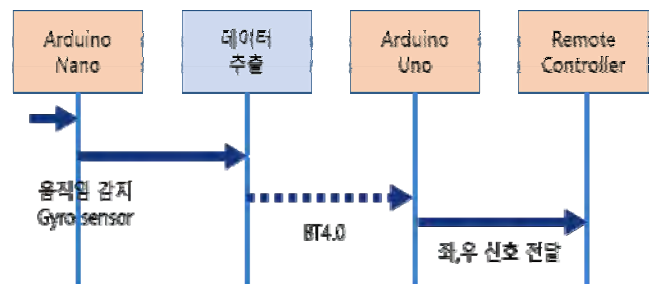


(그림 2) 전, 후진 프로세스 흐름

2.2 좌회전, 우회전 움직임 컨트롤

마인드웨이브 이외에 추가적으로 설치된 자이로센서에서 받은 데이터를 아두이노 나노로 전달하게 된다. 측정된 전자 신호를 칼만 필터를 통해 사용 가능한 값으로 바꾸어, 초기 값과의 차이가 600이상이면 'R', 'L' 문자열을 아두이노 우노로 전송한다. 이 후, 전, 후진 움직임과 같이 아두이노 우노에서 'R', 'L'문자열에 따라 좌회전 우회전 움직임 신호를 RC카 리모컨에 전달한다.

센서 부착위치는 움직임이 클수록 근육을 제어하는 뇌파가 강하게 발생하므로 뇌파 검출이 용이한 머리에 장착하여 뇌파 측정에 방해 요소를 최소화한다.

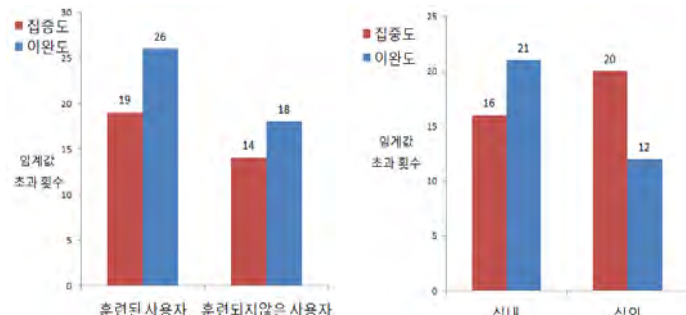


(그림 3) 좌, 우회전 프로세스 흐름

3. 실험 및 분석

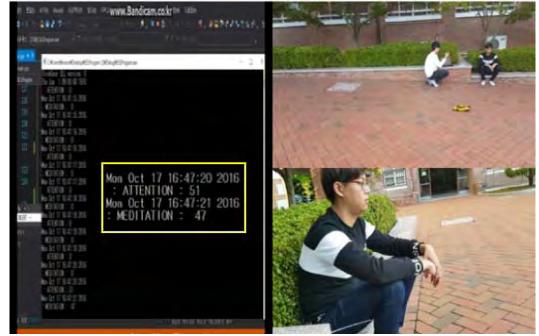
뇌파측정 장비에 대하여 훈련/비훈련에 따른 측정 결과와 실/내외에 따른 측정결과의 차이를 검증하기 위해서 측정경험이 15회 이상인 피 실험자를 훈련된 사용자, 미만인 피 실험자를 훈련되지 않은 사용자로 분류 하였다. 각 그룹은 15명으로 나누어 측정을 진행하였고 측정시간이 1분이 넘어 갈때 실험집중도가 급격히 떨어져 측정 시간은 1분으로 제한하여 수행 하였다. 실험 장소는 조용한 실내와 다수의 사람이 모여 있는 실외에서 측정하였다. 그림 4의 (a)와같이 실험에서 집중도의 임계값을 넘는 횟수가 훈련된 피실험자 그룹은 19회, 훈련 되지 않은 피실험자 그룹은 14회로 측정되었고 이완도의 임계값을 넘는 횟수는 훈련된 피실험자 그룹은 26회, 훈련되지 않은 그룹은 18회로 측정되었다. 그리고 그림 4의 (b)에서는 실내·외에서의 집중도의 임계값을 넘는 횟수는 각각 16, 20회로 실외가 높게 측정되었고 이완도의 임계값을 넘는 횟수는 각각 21, 12회로 실내가 실외에 비해 높게 측정되었다.

실험 결과에 따라 뇌파 기반 인터페이스는 실험자의 훈련 여부에 영향을 받으며 주변 환경 요인도 집중도와 이완도의 검출에 영향을 주는 것으로 분석된다.



(a) 훈련 유·무 따른 평균 결과 (b) 실내·외에 따른 평균 결과
(그림 4) 실험결과

이에 본 논문에서는 실내·외를 구분하기 위하여 집중도와 이완도의 가중치를 다르게 적용하였다. 실내의 경우에 이완도가 나올 확률이 집중도보다 높기 때문에 이완도에 높은 가중치를 높게 주고 후진을 우선시한다. 반대로 실외의 경우에는 집중도가 나올 확률이 이완도보다 높으므로 집중도의 가중치를 높게 주고 전진을 우선시 한다. 사용자의 주변 상황을 고려하여 다른 가중치를 사용함으로써 뇌파기반 RC카 제어 할 수 있음을 확인하였다.



(그림 5) 뇌파를 이용한 RC카 제어 시연

4. 결론

본 논문에서는 뇌파의 의미 분석을 통한 RC카 제어를 제안 하였다. 그 결과 실내외를 구분하여 뇌전도와 머리의 회전으로만 RC카를 제어할 수 있었다. 그러나 비침습적 뇌파 측정 장비의 문제점으로 뇌를 직접적으로 접촉하지 못하기 때문에 두개골에서 발생하는 신호의 감쇄와 노이즈가 발생할 뿐만 아니라 사람마다 훈련의 유무나, 뇌파 측정 장비를 사용할 때 환경에 따라 큰 차이를 보인다. 즉 뇌파 측정 장비를 사용하기 위해서 훈련이 필수이고, 뇌파 측정 시 환경도 중요하다.

향후 연구에서는 뇌파 신호를 보다 넓은 스펙트럼에서 분석할 수 있는 장비를 사용하여 이를 기반으로 자이로센서를 사용하지 않고 자동차를 사람의 생각으로 움직일 수 있도록 하고, 실내와 실외 사이의 뇌파를 분석하여 알고리즘에서 사용자의 상황을 구분하여 집중도와 이완도의 가중치를 다르게 해 성능을 향상 시키고자 한다.

감사의 글

본 논문은 교육부와 한국연구재단의 대학특성화사업(CK-1)의 연구기금으로 수행되었음.

참고문헌

- [1] R. P. Rao, A. Stocco, M. Bryan, "A Direct Brain-to-Brain Interface in Humans", PLoS One 9, e111332, 10.1371/journal.pone.0111332 PONE-D-14-32416, 2014.
- [2] V. Tristan, "EXiO-A Brain-Controlled Lower Limb Exoskeleton for Rhesus Macaques", IEEE Transactions on Neural Systems & Rehabilitation Engineering, Vol. 25, p131-141, 2017.
- [3] C. S. Nam, S. P. Kim, "뇌-컴퓨터 인터페이스 기술에 대한 국내·외 연구개발 동향 조사" Korean-American Scientists and Engineers Association(KSEA), 2015.
- [4] P. D. Girase, M. P. Deshmukh, "Mindwave Device Wheelchair Control" International Journal of Science and Research, vol. 5. no. 6, pp. 2172-2176, 2016.