

뇌 기계 인터페이스를 위한 무선 EEG 측정 장치 설계

김동완, 백승화, 백승은, 권순태, 박한조, 문대엽
 명지대학교 정보공학과

Design of Wireless EEG Measurement System for the Brain Machine Interface

D. W. Kim, S. H. Beack, S. E. Paek, S. T. Kwon, D. Y. Moon, H. J. Park
 School of information Engineering, Myongji Univ.

Abstract - 뇌 기계 인터페이스는 뇌에 직접 연결을 시도하는 인터페이스로서 인간의 의지 또는 생각을 컴퓨터가 인식할 수 있는 디지털 신호로 바꾸는 새로운 휴먼 컴퓨터 인터페이스 중 하나이다. 뇌신경의 신호 전달 과정이 전기적, 화학적 특성을 지닌다는 사실에 착안하여 뇌의 활동을 측정하는 많은 기술들이 개발되어 왔다. PET, fMRI, MEG, EEG 등을 포괄하는 brain functional imaging 기술 중 뇌 기계 인터페이스에서 가장 주목하고 있는 것이 바로 EEG 이다. 본 연구에서는 뇌 기계 인터페이스 시스템 개발에 필요한 무선 EEG 측정 장치를 설계하고, 무선 EEG 측정 장치와 컴퓨터간에 데이터 전송과 EEG 신호를 FFT 분석 하였다.

1. 서 론

뇌 기계 인터페이스(BCI: Brain Computer Interface)는 뇌와 컴퓨터의 직접 연결을 시도하는 인터페이스로서 뇌를 구성하는 뉴런 연합체에 의해 형성된 인간의 의지 또는 생각을 컴퓨터가 인식할 수 있는 디지털 신호로 바꾸는 새로운 휴먼 컴퓨터 인터페이스 중 하나이다. 신체를 통해 이루어지는 물리적 세계와의 소통만큼이나 네트워크상에서 이루어지는 디지털 세계와의 소통이 나날이 중요해지고 있는 가운데 더 평등하고, 더 편리하고, 더 자유롭게 컴퓨터를 사용하고자 하는 소비자의 욕구가 강해지고 있다. 뇌 기계 인터페이스는 이런 요구에 부합하여 의사 표현에 있어 마우스나 키보드, 혹은 음성 등의 입력 장치를 사용해야 하는 한계에서 벗어나 사지가 마비된 장애인에서부터 게임을 즐기려는 아이까지 오직 생각만으로 의료보조기구나 컴퓨터, 각종 전자기기 또는 기계 장치 등을 제어하고자 하는 것을 목표로 한다[1][2][3].

뇌신경의 신호 전달 과정이 전기적, 화학적 특성을 지닌다는 사실에 착안하여 뇌의 활동을 측정하는 많은 기술들이 개발되어 왔다. PET, fMRI, MEG, EEG 등을 포괄하는 brain functional imaging 기술 중 뇌 기계 인터페이스에서 가장 주목하고 있는 것이 바로 EEG(electroencephalogram) 이다.

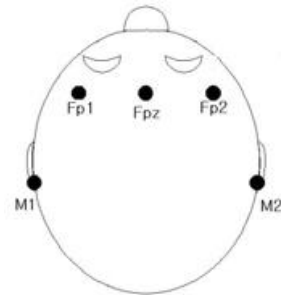
본 연구에서는 뇌 기계 인터페이스 시스템 개발에 필요한 무선 EEG 측정 장치를 설계하고, 무선 EEG 측정 장치와 컴퓨터간에 데이터 전송과 EEG 신호를 FFT 분석 하였다.

2. 본 론

2.1 생체신호의 측정

EEG신호의 검출을 위해서 두피에 부착되는 전극의 위치는 국제 10/20 전극 시스템에 따른다. 그림 1에서 보듯이 제시된 구형에서 EEG 활동은 단극 및 양극 유도법 모두에 의해 측정될 수 있다. 그림에서 Fp는 전-전두엽을 나타내고 M1, M2는 좌/우측 컷볼 영역을 각각 나타낸다. 양극 유도법의 경우 이마 정중앙 Fpz를 참조전극으로 하여 두개골의 횡단 중앙을 중심으로 좌측 및 우측 전-전두엽 영역 Fp1과 Fp2로부터 신호를 측정한다. 이와 같이 양극유도법은 측정 관심 영역에 두 개의 활성 전극을 위치시켜 각 피질 영역으로부터 검출된 전기적 전위차를 측정한다.

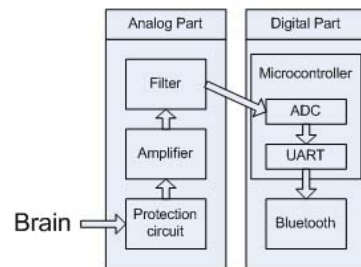
단극 유도법은 표준 참조전극 부착 영역이 사용되는 또 다른 EEG 측정 기법으로 관심 영역에 활성 전극을 부착하고, 참조전극이라 불리는 또 다른 전극을 불활성 영역, 즉 컷볼(M1, M2)이나 유양돌기 등에 부착한다. 본 연구에서는 유양돌기가 참조전극 위치로 사용되었다[4]. 측정은 Fpz전극을 접지 전극으로하여, 좌측 전-전두엽 영역 Fp1과 좌측 참조전극M1이 비교되고, 우측 전-전두엽 영역 Fp2와 우측 참조전극 M2가 비교된다.



<그림 1> EEG 측정을 위한 전극의 위치

2.2 시스템 구성

본 연구에서 제작한 EEG 측정 장치의 전체 구성은 그림 2와 같다.



<그림 2> EEG 측정 장치 구성도

전극을 사용자의 두피에 부착해 수집 마이크로볼트단위의 미세한 EEG 신호를 검출한다. 미세한 EEG 신호는 계측 증폭기 (instrumentation amplifier)와 연산 증폭기를 통해 큰 이득으로 증폭되고, 증폭된 신호는 잡음 제거를 위한 저역통과 필터와 고역통과 필터를 거치게 된다. 이렇게 잡음이 제거된 EEG 신호는 아날로그-디지털 변환 과정을 거쳐 블루투스 모듈을 통해 PC 또는 DSP모듈로 전송되어 FFT 나 다른 적절한 뇌 전위 신호 분석 방법들을 이용하여 기계 제어를 위한 디지털 신호처리 과정을 거친다[4][5].

2.2.1 아날로그부

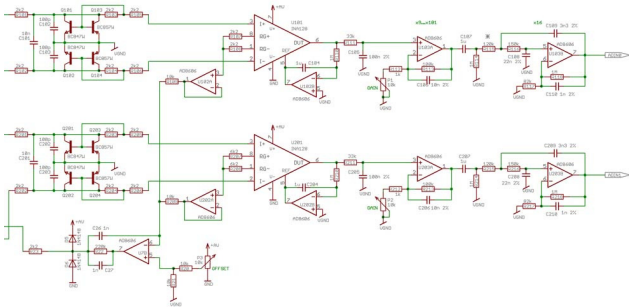


<그림 2> 아날로그부 블록도

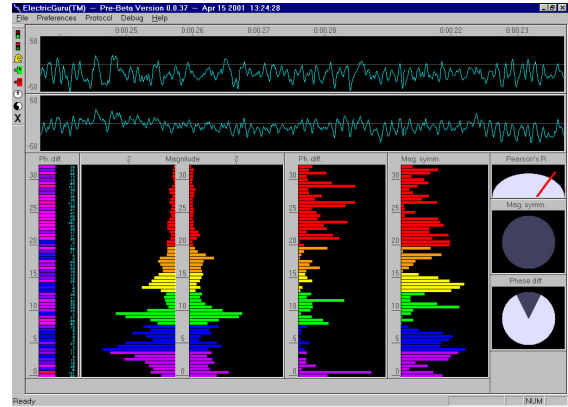
그림 2는 같이 두피로부터 추출된 원 EEG 신호의 아날로그 신호 처리를 위한 아날로그부의 블록도를 나타낸 것이다. 측정하려는 EEG 신호의 경우 주파수 1~500Hz의 주파수와 10~200uV의 진폭을 갖는다. 순수한 EEG 신호를 얻기 위해서는 동상성분을 제거하여 증폭하는 방법이 필요한데 그림 2의 계측 증폭기에서 이루어진다. 노이즈의 제거를 위해서 고역 통과 필터와 저역통과 필터를 사용하였으며, 신호의 분석이 용이하도록 신호크기를 올리기 위한 증폭기로 구성하였다[5].

그림 3의 회로도에서와 같이 계측 증폭기는 최대 120dB의 동상제거비를 갖는 TI사의 INA128 계측 증폭기를 사용하여 EEG 신호를 약 12배 증폭한다. 또한 가변저항을 통해 증폭 이득을 약 6~100배로 조절 가능한 증폭기와 16배의 이득을 갖는 59Hz 3차 저역 통과 필터 구성을 위해

Analog-Device사의 AD8606 연산 증폭기를 사용하였다. 따라서 아날로그부의 전체의 최대 이득은 19,200배이다.



<그림 3> 아날로그부 회로도



<그림 6> 측정 장치를 통해 취득한 EEG 신호

2.2.2 디지털부



<그림 4> 디지털부 블록도

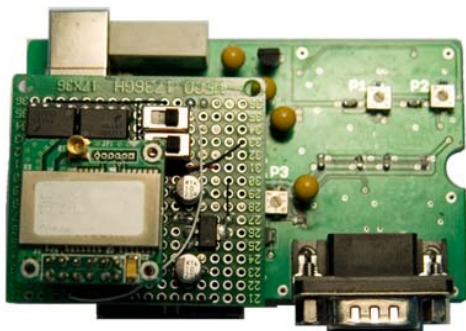
이 영역에서는 그림 4와 같이 아날로그부에서 먼저 전 처리된 EEG 신호를 입력으로 받아서 디지털 신호로 변환하는 ADC과정과 블루투스 모듈을 이용해 디지털 신호처리부로 전송하는 역할을 한다.

디지털부는 보드의 제어 및 ADC(Analog-to-Digital Conversion)를 위해서 ADC와 UART를 내장하고 있는 Atmel사의 Atmega8 마이크로컨트롤러를 사용한다.

아날로그 EEG 신호는 Atmega8에 내장된 10bit ADC를 이용해 256Hz의 샘플링 레이트로 디지털 신호로 변환된다. 변환된 EEG 신호는 블루투스 모듈을 통해서 디지털 신호처리부를 위한 PC 또는 DSP 모듈로 전송된다.

3. 결과 및 고찰

그림 5는 본 연구에서 설계한 EEG 측정 장치의 모습이다. 제작된 장치의 PCB 크기는 90mm x 5.4mm이다. 펌웨어 업데이트를 쉽게 하기 위해 보드에 SPI 포트를 실장하였으며 테스트를 위해서 USB를 통해서도 PC에서 데이터를 받아 볼 수 있도록 USB 인터페이스를 실장하였다.



<그림 5> 무선 EEG 측정장치

그림 6은 본 연구에서 설계한 EEG 측정 장치를 이용해 단극 유도법으로 그림 1의 Fp1-M1, Fp2-M2에서 취득한 EEG 신호를 디지털 필터링 및 FFT한 결과이다.

4. 결론

본 연구에서는 휴먼 컴퓨터 인터페이스 중 하나인 뇌 기계 인터페이스를 위한 무선 EEG 측정 장치를 설계하고자 하였다. 디지털 신호처리가 가능하도록 수십 마이크로볼트의 EEG 신호를 증폭하고 필터링하여 디지털 신호처리가 용이한 신호로 가공하고 무선 전송을 통하여 장치의 휴대 및 사용이 간편하도록 하였다. 또한 장치의 펌웨어 업데이트를 위한 SPI 포트를 실장하였다. 또한 장치의 테스트를 위해 USB 인터페이스를 적용하여 배터리 없이 PC의 전원을 사용하여 구동할 수 있으며 유선 데이터 전송 또한 가능하다. 개발된 무선 EEG 측정 장치는 작고 가볍게 제작되었으므로 뇌 기계 인터페이스 시스템에 적용한다면 EEG 신호를 이용해 의료보조기구나 컴퓨터, 각종 전자기기 또는 기계 장치 등을 제어 할 수 있는 수단이 될 것이다.

[참고 문헌]

- [1] Ebrahimi, T., Vesin, J.F., Garcia, G., Brain computer interface in multimedia communication. IEEE Signal Processing Magazine, 20(1): 14-24, Jan. 2003.
- [2] Wolpaw, J. R., Birbaumer, N., McFarland, D. J., Pfurtscheller, G., Vaughan, T. M., Brain-computer interfaces for communication and control. Clinical Neurophysiology, 113:767-791, 2002.
- [3] Blankertz, B., Muller, K. R., Curio, G., Vaughan, T. M., Schalk, G., Wolpaw, J. R., Scholgl, A., Neuper, C., Pfurtscheller, G., Hinterberger, T., Schroder, M., Birbaumer, N., The BCI competition 2003: Progress and perspectives in detection and discrimination of EEG single trials. IEEE Trans. Biomedical Engineering 51, 2004.
- [4] 변종길, 진경수, 박병우, "생체신호를 이용한 새로운 형태의 기계 제어 인터페이스 구현방법", 한국콘텐츠학회논문지, 제5권 제1호, pp.19~25, 2005
- [5] John G. Webster 원저, 의공학 교육연구회 역편, "의용계측공학", 1993.