

모바일기반으로 한 EEG 표시 및 장치개발에 관한 연구

A Study on mobile based EEG display and device development

이충헌*, 김규동**, 홍준의***, 권장우****, 이동훈*****

(Chung-heon Lee*, Gyu-dong Kim**, Jun-eui Hong***, Jang-woo Kwon****, Dong-hoon Lee*****)

Abstract - This research measures EEG signals which are generating on head skin and extracts brain concentration level related with brain activity. We have developed concentration wireless transmission system by displaying this EEG signal on PDA mobile device. The front head was used for measuring EEG signal and INA128 with TL084 and analog elements was used for measuring EEG signal, amplifying and filtering the signal. Measured analog EEG signals changed into digital signals by using ADC of PIC24FJ192 with 10bit resolution and 500Ks/s sampling rate. So The changed digital signals have transmitted to the PDA by using bluetooth. LabView 8.5 was also used for FFT transformation, frequency and spectrum analysis of the transferred EEG signal. As a result, a wave, β wave, θ wave and δ wave were classified. we extracted the concentration index by adapting concentration extraction algorithm. This concentration index was transferred into PDA by wireless module and displaying.

Key Words : EEG:FFT:LabVIEW:Concentration:Brain wave

1. 서론

최근 두뇌에 대한 관심이 높아지면서 뉴포퍼드백장치, 생체신호응용게임, 집중력훈련프로그램등[1][2]하여 집중력과 주의력을 높이고자 하는 장치들을 주위에서 많이 접할 수 있다. 대부분의 두뇌 활성 게임들은 게임을 통해 두뇌의 활성 정도를 확인 할 수 없으며 실제 EEG 측정을 이용하여 만들어진 게임들은 EEG 측정 장치와 신호처리라는 문제점 때문에 PC 또는 부피가 큰 장치로 개발되어 진다. 본 연구에서는 시간과 장소에 상관없이 뇌파신호인 EEG신호를 추출하여 표시함으로써 EEG신호를 언제 어디서나 적용할 수 있도록 휴대용 집중도 측정 장치를 개발하였고 이를 무선 전송하여 모바일장치에의 표시를 시도하여 보았다. 간편하게 EEG 신호를 측정하기 위하여 1채널 전극을 사용하여 전두엽에서 신호를 측정하였고 생체 신호 측정을 위해 INA128 칩을 이용하여 신호를 획득하였다. 획득되어진 신호는 EEG신호를 추출하기 위해 증폭 및 필터링 하였고, Notch 필터를 제작하여 외부의 전원 노이즈를 제거 하였다. 1채널을 통해서 측정된 EEG신호는 블루투스 통신을 통하여 PC 또는 각종 모바일 장치로 연동 될 수 있게 하였으며 LabVIEW를 사용하여 크게 α 파, β 파, θ 파, δ 파로 분류 할 수 있는 필터를 제작하여 주파수별로 파워스펙트럼을 구하였다. 이렇게 분류된 신호를 집

중도 추출 알고리즘에 적용하여 집중도 신호를 획득하였고 추출된 신호는 모바일 장치에 표시 하였다. 본 연구는 모바일을 기반으로 EEG신호를 표시하여 각종 뇌파를 이용한 게임, 뇌파훈련프로그램, 응용장치 개발에 활용이 되고자 한다.

2. 본론

2.1 EEG 신호의 특징

EEG는 대뇌피질내의 신경세포의 전기적 활동을 두피에 부착한 전극을 통하여 기록한 것으로, 뇌파는 1~50 Hz의 주파수와 약 10~200 μ V의 진폭을 가지며 1929년 독일의 생리학자 Hans Berger에 의해 처음으로 시도되었다.[3] 이 전기적 활동성은 후에 EEG라 명명하였고, EEG가 실험자의 정신

Table 1. Main EEG indicators

Indicator	Frequency Definition	State
Alpha wave(α)	8-12Hz	Awake
Low beta wave(β)	13-20Hz	Concentration, Activity
High beta wave(β)	21-30Hz	Tension, Excitement
Theta wave (θ)	4-7Hz	Sleep
Delta wave (δ)	0.5-3.5Hz	Deep Sleep
SMR wave	13-15Hz	Concentration
Mid-beta wave	15-20Hz	Concentration

적 상태에 따라 변한다는 것을 보였다.

뇌파상의 변화를 주는 요인은 개인차, 연령, 의식상태의 변화, 정신활동 및 지각자극, 신체의 생리변화 등이 있다. 뇌는 부위별로 그 기능이 세분화되어 있으며 의식 상태와 정신활동에 따라 뇌파가 수시로 변하여 특정한 패턴을 가지고 있

저자 소개

- * 李 忠 憲 : 동명대학교 메카트로닉스공학과 학사과정
- ** 金 奎 東 : 동명대학교 컴퓨터공학과 석사수료
- *** 洪 峻 義 : 동명대학교 컴퓨터공학과 박사과정
- **** 權 章 禹 : 동명대학교 컴퓨터공학과 부교수·공박
- ***** 李 東 勳 : 동명대학교 의용공학과 조교수·공박(교신)

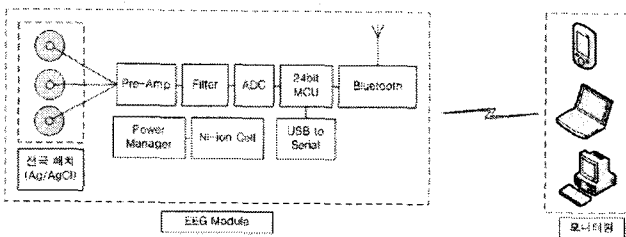
다. 예를 들어 α 파가 많이 발생하는 경우는 편한 상태나, 눈을 감았을 때, 집중을 할 때 혹은 창의적인 사고를 할 때이며 β 파가 많이 발생하는 경우는 각성상태, 의식적인 생동을 할 때, 불안하고 긴장을 할 때, 일반적인 작업을 하고 있는 상태이다. θ 파가 많이 발생하는 경우는 졸리거나, 깊은 명상 시 발생한다고 한다. 그리고 δ 파의 경우 정상인인 경우 각성 상태에 나타나면 뇌종양, 뇌염 등의 병적요인의 있다고도 볼 수 있으며 수면 시 많이 발생한다고 알려져 있다. 표 1.은 EEG 신호의 주파수별 뇌의 상태를 나타내고 있다.

EEG를 이용한 많은 연구는 1985년 Jasper가 제안한 전극 부착 위치에 근거하여 측정 위치를 선정한다. Jasper가 제안한 방법은 기준 점간의 거리를 10% 혹은 20% 떨어진 부위를 측정 위치로 잡는 것으로 보통 10-20 국제 시스템(International 10-20 System)이라 부르고 있다. 10-20 시스템은 전극의 위치와 대뇌피질의 하부 영역 사이의 관계에 기초를 두고 있다.[4][6]

2.2 EEG H/W 측정장치의 개발

2.2.1 EEG 측정장치 구성

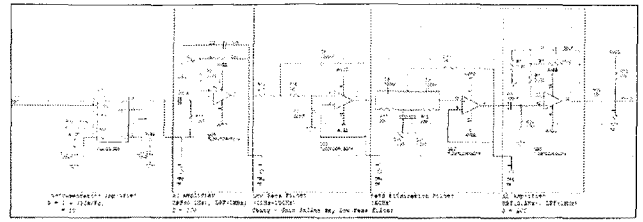
본 연구에서 측정 시스템의 구성은 1채널로 설계된 밴드타입의 전극에 Ag/AgCl 전극패치를 부착하여 EEG를 획득하였으며 획득된 EEG는 Pre-Amp 단을 이용하여 증폭 및 생체신호를 측정하였고 이를 통해 측정된 신호는 밴드패스 필터 영역을 통하여 전원 노이즈 제거 및 EEG의 근접 주파수 대역인 0~150Hz 영역을 얻게 되고 아날로그 신호는 24bit MCU에 부착된 ADC 통해 디지털로 변환되어 블루투스를 통하여 외부 장치로 연결 된다. 또한 작고 가벼운 Li-ion으로 전원을 설계하여 휴대가 용이하게 제작 하였으며 USB를 이용하여 간단히 충전 되도록 제작하였다.



2.2.2 EEG 필터설계

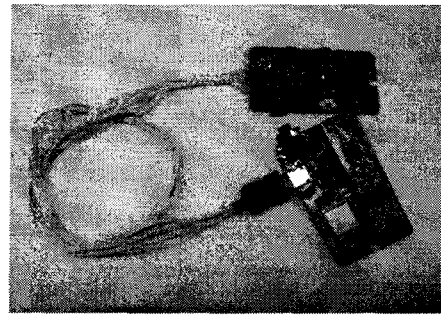
Ag/AgCl를 통해 입력된 생체전기는 전처리부의 INA128으로 입력되어 차동증폭 방식에 의해 필요 성분만 획득되고, 10배 정도 전위가 증폭된다. 전처리를 통해 획득된 성분은 0.1Hz의 high-pass 필터와 1KHz의 Low-pass 필터가 band-pass 필터가 설계된 1차 증폭단에서 100배가 증폭되어지고 Sallen-key 방식의 Low pass 필터 단을 통과 하면서 150Hz의 뇌파에 가까운 주파수 성분을 가지게 된다. 이후 Band Elimination Filter를 통한 영역에서 60Hz의 전원 노이즈를 제거 하게 되며 최종으로 2차 증폭단을 통과 하면서 100배를 더 증폭하게 되어 최종 가공된 신호가 출력된다. 가공된 아날로그 신호는 PIC24F192의 ADC기능을 통해 분해능 10bit, 샘플링 500Ks/s로 디지털로 신호로 변환되어지며 변환된 신호는 RF 또는 ZigBee, 블루투스등의 통신 등으로 전송되어진

다.



2.2.3 EEG 측정시스템 제작

EEG 측정 장치는 부착이 용이한 밴드타입의 형태로 전극을 제작하였고 Ag/AgCl 전극패치를 부착하였으며, 전극을 통해 입력된 신호는 아날로그 회로모듈을 통해 생체신호를 가공하게 된다. 가공된 아날로그 신호는 블루투스모듈과 MCU가 부착된 메인 모듈로 입력되고 디지털로 변환된다. 변환된 신호는 시리얼 방식을 통해 4자리의 16진수 코드로 블루투스를 통해 외부 장치로 전송되어진다. 회로를 동작시키기 위한 전원은 회로는 별도의 모듈로 제작되었으며 정전압 출력회로 이외의 Li-ion 전지를 위한 충전회로를 설계하였다. 충전은 USB 케이블을 이용하여 충전되게 된다.



2.3 EEG 신호처리 및 표시 인터페이스

2.3.1 EEG 신호처리

국제 10~20 시스템을 이용하여 전두엽에서 측정된, 신호를 FFT(Fast Fourier Transform)로 변환 후, 각 주파수 영역으로 분리하였다. FFT식은 (1),(2)와 같다.

$$H(f_n) = h_k e^{-j2\pi kn/N} = H_n \quad (1)$$

$$h_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} H_n e^{-2\pi kn/N} \quad (2)$$

FFT를 통한 각각의 주파수 대역별 값은 배열로 저장되어진다. 본 논문에서 집중지표와 관련 있는 SMR파(12~15 Hz), Mid-Beta파(15~20Hz), Theta파(4~8Hz)의 값을 전체 배열 값에서 추출해 내었다. 각 주파수 영역 별 값은 LabVIEW 8.5의 수치적분을 통해 구하였다. 수치적분은 Trapezoidal rule을 사용하였고 입력배열의 데이터를 샘플링 구간 간격으로 적분한 결과를 수치적분 값으로 반환하게 된다. 수식은 (3)과 같다.

$$\int_{t_0}^{t_1} f(t) dt = \sum_j \left\{ \frac{1}{2} (x[i] + x[i+1]) \right\} dt \quad (3)$$

j : 각 주파수 범위의 배열 갯수

최종적으로 집중도 지표를 추출하기 위한 수식은 식(4)를 사용하여 구하였다.[6]

$$\text{집중도지표식} = (\text{SMR} + \text{Mid_Beta}) / \text{Theta} \quad (4)$$

2.3.2. EEG 신호 모바일 표시

본 연구에서는 휴대용으로 제작된 EEG 측정 시스템을 이용하여 측정된 EEG 신호를 블루투스를 통해 PDA로 전송하였다. PDA로 입력된 Low-EEG 신호는 모바일용 LabVIEW를 사용하여 신호처리 과정을 거치게 되고 집중도 공식을 이용한 수식에 적용하여 집중지표를 추출하게 된다. PDA를 통하여 뇌의 집중 지표상태, Low-EEG, α 파, β 파, θ 파, δ 파 등의 대역을 표시하여 분석하거나 다른 응용 프로그램으로 적용가능하게 된다.

3. 결론

본 연구에서는 휴대용 형태로 제작한 EEG 측정 장치를 이용하여 EEG 신호를 실시간 획득하여 블루투스를 통하여 무선으로 전송해 보았으며 전송된 신호를 PDA 장치로 표시 하도록 시도하였다. 전두엽에서 측정된 EEG 신호는 INA128을 이용하여 생체신호를 획득하였고 수십 μ V대의 전압의 크기를 가진 EEG 신호를 10만배 증폭하여 0.1V대 집압으로 증폭하였고 EEG 성분을 가진 150Hz미만의 주파수 대역으로 주파수를 추출하여 보았으며 60Hz의 전원 노이즈 제거를 위한 필터를 제작해 보았다. 측정된 Low-EEG 신호를 PIC24F192를 사용하여 10bit, 500Ks/s의 ADC하여 블루투스방식을 이용해 PDA로 전송하였다. 전송된 Low-EEG 신호는 LabVIEW를 이용하여 FFT되어 집중지표를 추출하기 위한 신호인 SMR파, Mid-Beta 파, Theta 파의 대역으로 나누어진다. 각각의 나누어진 신호는 수치적분을 후 집중지표를 구하는 수식에 적용하여 최종의 집중도를 표시하였다. 본 연구는 휴대용 EEG 장치를 개발하여 시간과 장소에 구애 없이 사용가능한 EEG 신호를 측정할 제작하여 보았다. 본 연구를 통하여 기존의 뇌파 응용게임, 집중력훈련 프로그램뿐 아니라 뇌파를 적용한 장난감 또는 전자기기와 같은 독립형기기로 적용하여 뇌파를 이용한 시장을 확대 적용 할 수 있으며 블루투스를 이용한 인터페이스로 기존의 다른 기기 연동가능하게 하여 좀 더 다양한 분야로 응용 가능성을 제공하고자 하였다.

참 고 문 헌

- [1] Alexandre F. Kerkeni N. Ben Khalifa K. and Bedoui M. H. "Artificial Neural Networks to extract knowledge from EEG, BIOMED'04, Innsbruck, Springer, 2004.
- [2] G. Pfurtscheller et al., "Current trends in Graz brain-computerinterface (BCI) reseach" IEEE trans. Rehab. Engineering, Vol.8, pp. 216-219, 2000
- [3] 이경중, 윤영로 "생체전기현상", 한국정밀공학회지, 제 21권, 5-11, 2004
- [4] F. H. Patricia and Theda Sannit, "A review of international ten twenty system of electrode placement," Grass Instrument Company, 1974.
- [5] J.R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, and T. Vaughan, "Brain-Computer"
- [6] 이충현 외 4명, "뇌파기반 집중도 전송 및 BCI 적용에 관한 연구" 전자공학회 논문지, 제 46권, SC편, 2009
- [7] 고한우 외 11명, "생체신호처리", 영문각, 27-40 1997년