

## 머신 제어를 위한 뇌파 분석에 관한 연구

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

### A Study of brain wave analysis for Machine Control

Sun Tae Kwon, Seunghwa Beack, D.W. Kim, D.Y. Moon, H.J. Park, S.E. Beack,  
Department of Information Engineering, Myongji University, Korea.

**Abstract** - 현대 사회는 급속한 기술의 발전으로 인하여 공상과학영역에서나 볼 수 있었던 첨단 기술들이 실생활에서 구현되어지고 있다. 이러한 첨단기술 중 하나였던 뇌를 이용하여 각종 인터페이스를 제어하는 기술인 BCI 및 BMI 기술이 각광을 받고 있다. 이러한 기술들은 EEG 신호의 취득 및 분석 기술이 발전하면서 많은 발전을 이루었고 앞으로 그 발전 가능성은 무궁무진하다. 따라서 본 연구에서는 이러한 기술의 실현을 위해 획득된 뇌파 신호를 분석하여 기계장치를 제어 할 수 있도록 데이터의 처리 방법을 제안하였다. 이러한 데이터 처리 방법으로는 Fir(Finite impulse response)필터링과 ICA알고리즘의 구현, FFT 분석을 통한 주파수별 전력분포 계산의 과정이 있다. 이러한 과정 등을 통해 피검자가 원하는 EEG 데이터를 얻을 수 있게 된다.

#### 1. 서 론

현대 사회는 급속한 기술의 발전으로 인하여 공상과학영역에서나 볼 수 있었던 첨단 기술들이 실생활에서 구현되어지고 있다. 이러한 첨단 기술 중 하나였던 뇌를 이용하여 각종 인터페이스를 제어하는 기술인 BCI(Brain Computer Interface) 및 BMI(Brain Machine Interface) 기술이 각광을 받고 있다. 이 기술의 기본적인 이론은 뇌에서 발생하는 전기적인 신호인 EEG(electroencephalogram)도 인간의 유도 행동에 따라 규칙적인 반응을 나타낸다는 것이다. 따라서 어느 특정한 행동을 하였을 시 규칙적으로 발생하는 신호를 측정하여 기계장치의 제어에 이용한다면 우리가 의도한대로 제어가 가능하다는 것이다. 이 기술을 적용한 예로는 손이나 발 같은 물리적인 행동을 하지 않고도 뇌파의 분석만을 통하여 TV의 채널을 변경하거나 전등의 불을 켜고 끌 수 있는 Mind Switch라는 것이 있다. 또한 RC(Remote Control) car와 같은 완구에서도 생각만으로 자동차의 방향과 속도를 조종할 수 있는 것이다.

이러한 BMI & BCI기술은 현재도 여러 관련 분야에서 활발히 연구 중이며 실생활에 사용이 가능한 정도로 발전을 하였다. 우선 현재까지 이 기술의 이용한 연구동향은 EEG 와 EOG(electrooculogram) 또는 EMG(electromyograph)등의 신호들을 함께 이용하여 머신 제어 등에 사용하고 있다. 인터페이스 제어에 EEG외에 다른 생체신호를 함께 이용하게 되면 단일 신호를 이용하는 것보다 효과적이고 정확하게 제어 할 수 있게 된다. 하지만 이렇게 다른 생체신호를 함께 이용하다 보니 자연적으로 안구의 움직임 등의 물리적인 행동이 같이 나타나게 되어버렸다. 또한 복잡한 EEG신호보다는 다른 생체신호들을 측정하는 것이 쉽기 때문에 복잡한 인터페이스의 경우 EOG등의 다른 생체신호를 이용하고 EEG의 경우는 간단한 인터페이스에만 적용하는 약순환이 반복되고 있다. 따라서 본 연구에서는 EEG하나만으로도 효과적으로 기계장치를 제어 할 수 있도록 데이터의 분석방법을 제안하였다. 제안된 분석방법으로는 상세한 데이터를 얻기 위한 필터링 과정과 EOG등의 잡음을 좀 더 효과적으로 제거할 수 있도록 ICA(Independent Component Analysis)알고리즘을 적용하였으며 마지막으로 주파수별 전력분포 계산을 위한 FFT(Fast Fourier Transform)분석 방법을 제안하였다[1].

#### 2.1 뇌파 데이터

뇌파는 머리 표면에서 발생하는 전위로서 이 전위를 대뇌피질(celebral cortex)이나 머리표면에서 기록한 것을 뇌 전위도라 하여 약어로 EEG라고 나타낸다. 이러한 EEG는 사람마다 복잡하고 다르게 측정되지만 어떤 확실한 조건아래서는 보다 단순하고 규칙적인 활동을 나타낸다. 일반적으로 EEG는 약 10-100 uV의 진폭과 0.3-70Hz의 주파수 특성을 갖는 시계열 신호이기 때문에 표 1과 같이 주파수 별로 분류가 가능하다.

#### 2. 본 론

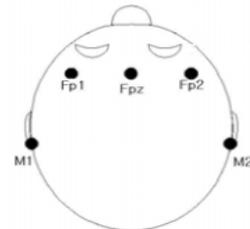
<표 1> 파형에 따른 뇌파 분류

파형	주파수(Hz)	진폭( $\mu V$ )	특성
Delta	0.1 - 3	100 - 200	깊은 수면
Theta	4 - 7	30이하	즐거움, 불만족
Alpha	8 - 13	30 - 50	이완, 안정
Beta	14 - 30	20 이하	정신적 활동과 긴장, 새롭고 신기한 자극
Gamma	31 - 50	10 이하	인지과제 수행(인지, 재인)

이러한 EEG 파형은 다음과 같은 상황에서 주로 발생을 하는데 우선 알파리듬의 경우는 눈을 감고 편안하게 쉬고 있는 성인에게서 우세하게 나타나는 EEG파형이다. 베타리듬은 눈을 뜨고 정신을 바짝 차리고, 외부 자극에 주의를 기울이거나 정신적인 계산을 하는 것과 같이 연속적으로 정신적인 노력을 기울일 때 나타나며, 눈을 감은 상태에서 눈꺼풀 밑에서 눈동자가 빠르게 움직이는 REM(rapid eye movement) 수면 동안에도 나타난다[5][7]. 따라서 위와 같은 상황을 재연한다면 우리가 원하는 EEG파형을 얻을 수 있다.

#### 2.2 뇌파 신호의 검출

본 연구에서는 뇌파 신호의 획득은 BIOPAC 사의 MP150 데이터 획득 장비와 USB 케이블로 장비에 연결되고 AcqKnowledge 3.7.3 소프트웨어를 내장한 PC를 사용하여 측정하였다. 사용된 전극은 재사용이 가능한 흡착식 또는 평면식 전극이 있으나 이 경우 동잡음에 민감하다는 단점이 있어 비교적 덜 민감한 3M사의 일회용 젤 접착식 전극을 사용하였다. EEG 신호의 검출을 위해서 두피에 부착되는 전극의 위치는 국제 10/20 전극 시스템에 따른다[2].



<그림 1> EEG 측정을 위한 전극의 위치

그림 1에서 보듯이 제시된 구현에서 EEG 활동은 단극(monopolar) 및 양극유도법(bipolar method) 모드에 의해 측정될 수 있다.[2] 그림에서 Fp는 전-전두엽(frontal pole)을 나타내고 M1과 M2는 좌/우측 컷볼 영역을 각각 나타낸다[2]. 양극 유도법인 경우 이마 정중앙 Fpz(center of pre-frontal)를 참조전극으로 하여 두개골의 횡단 중앙을 중심으로 좌측 및 우측 전-전두엽 영역 Fp1과 Fp2로부터 신호를 측정한다. 이와 같이 양극 유도법은 측정 관심 영역에 두 개의 활성 전극을 위치시켜 각 피질 영역으로부터 검출된 전기적 전위차를 측정한다. 이러한 양극유도법은 근육에서 발생하는 잡음에 비교적 자유롭기 때문에 특히 사용자가 아동인 경우에 적용하는 것이 바람직하다.

#### 2.3 뇌파 신호의 처리

우리는 위와 같은 과정을 거쳐 전극으로 측정된 EEG 데이터를 컴퓨터로 얻을 수 있다. 하지만 이 신호는 여러 가지 잡음을 가지고 있으므로 바로 머신 제어에 사용하기에는 어려움이 있다. 따라서 다음과 같은 신호처리 과정을 거치게 된다. 우선적으로 뇌에서 Raw EEG 데이터를 디지털 필터링 처리를 한 후 ICA 알고리즘을 이용하여 EOG의 잡음을

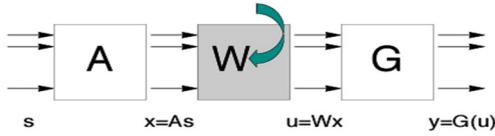
제한된 순수한 EEG 데이터를 추출, FFT분석을 통한 주파수별 전력분포 계산, FFT 분석 결과를 바탕으로 한 각 EEG파형 별 전력분포 연산을 행한다.

### 2.3.1 독립성분분석(ICA : Independent Component Analysis)

Raw EEG 데이터를 필터링 한 후 얻어진 데이터에는 필터로 처리할 수 없는 EOG잡음이 포함되어 있다. 따라서 이 잡음을 제거하기 위해서 사용하는 알고리즘 중의 하나로 독립성분분석 법이라고 부른다. 이 알고리즘은 선형적으로 해석하는 하나의 방법으로서, 채널의 개수와 같은 차원을 갖는 observed data  $\{x_t\}$ 가 원래 독립인 소스들의 선형 조합이라는 가정으로부터 시작한다.

$$x = As \tag{1}$$

따라서 식 (1)에서 행렬 A가 mixing matrix, S가 independent source 가 된다. 이 방법은 두파에서 측정된 뇌파가 뇌의 각 영역에서 발생한 독립적인 신호들과 눈 깜박임으로 인해 발생한 잡음들의 선형 조합이라는 가정과 잘 부합하기 때문에 뇌파의 잡음 제거에 널리 사용된다[5]. 이와 같은 알고리즘은 그림 2에서 간단히 나타내고 있다.



<그림 2> 기본 ICA 모델

따라서 이 알고리즘을 이용하여 측정된 뇌파에서 눈 깜박임으로 인해서 발생하는 잡음을 보다 효과적으로 제거 할 수 있다.

### 2.3.2 고속 푸리에 변환(FFT : Fast Fourier Transform)

FFT란 단순히 푸리에 변환을 이산화 하여 계산을 수행하는 이산 푸리에 변환의 계산에 있어 삼각함수의 주기성을 이용하여 계산속도의 효율을 높이는 알고리즘이다. 다시 말하면 이산푸리에 변환은 주기성을 이용하여 미리 계산한 항과 동일한 값을 갖는 항의 계산을 생략하는 기법으로 계산량을 줄이는 것이다. 1962년 Cooley와 Tukey에 의하여 제안되었으며 현재 사용하는 모든 소음 진동 분석기의 출현을 가능하게 한 방법이다. N개의 데이터 처리에  $N \log_2 N$ 번의 연산이 필요하다. 다음 식 (2)와 식(3)은 FFT의 기본 계산인 푸리에 변환과 역변환 식이다.

$$X(n) = \frac{1}{2\pi} \int_{2\pi} x(\Omega) e^{j\Omega n} d\Omega \tag{2}$$

$$x(n) = \sum_{n=-\infty}^{\infty} x(n) e^{j\Omega n} \tag{3}$$

## 3. 결과 및 고찰

머신 제어에 사용하기 분석되는 파형으로 가장 많이 사용되는 것이 알파파와 베타파 두 가지이다. 따라서 본 연구의 실험에서도 이 두 가지 파형을 분석대상으로 하였다. 실험 전 전극을 부착시의 미세한 거부감이라도 정확한 측정에 방해가 되기 때문에 이를 최소화하기 5분간 전극을 접착한 상태로 대기하였다. 또한 외부자극(빛, 소음)을 최소한의 줄이기 위해 외부와 철저히 통제된 장소에서 실험을 시행하였다. 정확한 데이터를 얻기 위해서 알파파의 경우 눈을 감은 상태에서 최대한 집중을 하였고, 베타파의 추출을 위해서는 눈을 뜬 상태에서 지속적인 연산을 수행 하였다. 실험 시간은 각각 30초의 시간동안 진행되었으며 sampling rate은 200Hz로 설정하였다. 이 과정을 통하여 다음 그림 3과 같이 ICA와 FFT과정을 거친 뇌파를 나타내었다.



<그림 3> FFT 분석데이터

위와 같이 주파수당 파워의 값을 나타낼 수 있다. 이 실험을 토대로 알파파, 베타파 등의 파형을 ICA와 FFT과정을 거쳐 PSD(Power Spectral Density) 수치로 계산할 수 있게 된다.

## 4. 결론

본 연구에서는 효과적으로 머신 제어를 하기위해 EEG 파형의 분석을 수행 하였다. 결과적으로 실험자가 특정 파형의 유도를 통해 그 값을 얻을 수 있다는 것을 알 수 있고 이를 바탕으로 발생하는 PSD 데이터 값을 이용하여 머신 제어에 사용 할 수 있다는 걸 알게 되었다. 하지만 이러한 뇌파의 분석에서 보여 지듯 반복 학습을 통하지 않고서는 피검자가 원하는 데이터 값을 얻기 힘들어 지속적인 학습을 통해 보다 정확한 데이터 값을 얻을 필요가 있다. 또한 이를 바탕으로 뇌파의 특성을 실시간으로 분석하여 feedback함으로써 피검자의 뇌파를 훈련시키는 과정과 훈련된 뇌파 양상을 궁극적인 머신에 적용시키는 단계가 요구된다.

### [참고 문헌]

- [1] 이혜경, “브레인 컴퓨터 인터페이스를 위한 기계 학습”, 정보과학학회지, 제25권, 28-34, 2007
- [2] 변종길, “생체신호를 이용한 새로운 형태의 기계 제어 인터페이스 구현방법”, 한국콘텐츠학회논문지, Vol. 5, No.1, 2005
- [3] 이용구, “뇌파의 입력패턴벡터 추출 및 패턴인식”, 한국 컴퓨터정보학회논문지, Vol. 11, No. 5, 2006
- [4] 조선영, “동작 관련 뇌파를 이용한 BCI”, 정보과학학회지, 제22권, 제2호, 2004
- [5] 오상훈, “독립성분분석에 의한 복합특징 형성”, 한국콘텐츠학회, Vol.1, No.1, 2003
- [6] Richrad G. Planzer, Experimental Laboratory Physiology BIOPAC LAB Exercise, KENDALL/HUNT PUBLISHING COMPANY, 2004
- [7] John G. Webster “Medical Instrumentation : Design and Application”, Wiley, 1997.