

# 움직임 관련 EEG 신호를 이용한 한국어 생성기 설계

이새벽\*, 임희석\*

\*고려대학교 컴퓨터교육과

e-mail:marsturn@korea.ac.kr

## Design of Korean Generator Using Move- ment Related EEG Signal

Sae-Byuk Lee\*, Heui-Seok Lim\*

\*Dept of Computer Science Education, Korea University

### 요약

본 논문에서는 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface) 기술을 중 움직임과 관련된 EEG(Electroencephalograph) 신호를 이용하여 한국어를 생성하기 위한 시스템 설계 방법을 제안한다. 뇌-컴퓨터 인터페이스의 정보변환율(Information Transfer Rate) 향상을 위하여 바이오피드백 방법과 기계학습 방법을 동시에 적용시킬 수 있는 방법과 움직임 관련 SMR(Sensorimotor Rhythm)과 한국어 음절, 어절 예측을 기술을 사용하여 ALS 환자 혹은 운동능력이 없는 사람들을 위한 한국어 생성을 위한 설계 방법에 대해서 연구하였다.

### 1. 서론

기계공학의 발달로 우리의 일상생활에서 기계를 사용하는 것은 매우 당연한 일이 되었다. 지금까지 인간의 기계 운용방식은 인간과 기계간의 어떤 특정한 인터페이스에 의해서 상호작용이 가능한 동기(synchronous) 운용을 통해서 가능했다. 대표적으로 컴퓨터에서의 동기 운용방식을 위한 인터페이스들은 손가락 움직임에 의한 지판입력, 혹은 손목 움직임에 의한 마우스 컨트롤 등 인간의 운동능력과 매우 밀접하게 관련되어 있다. 이런 인터페이스의 발전으로 인해서 기계를 효율적으로 사용할 수 있게 됨에 따라 인간은 기계의 힘을 빌려서 많은 일을 가능하도록 했다. 하지만 운동능력을 사용할 수 없는 사람, 혹은 운동능력을 사용할 수 없는 환경에서의 이런 동기의 운용은 많은 제약이 따를 것이다.

인간의 뇌에서 발생하는 뇌전도(EEG)신호는 뇌의 활성화와 인간의 사고의 연관성에 대해서 활발히 연구가 진행되고 있다. 그래서 이런 연관성을 바탕으로 EEG 신호를 활용한 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain

-Computer Interface)는 인간의 생각에 따라 반응하는 비동기의(Asynchronous) 운용을 위한 인터페이스를 실현 할 수 있다. BCI시스템은 인지적으로 정상 작동하는 뇌를 가지고 있지만, 전신 마비된 신체에 갇혀있는 "locked-in" 환자의 경우에 신체의 운동능력 없이 기계와 소통하는 채널을 제공해 줄 수 있다. 따라서 본 논문에서는 운동 능력 없이 움직임과 관련된 EEG 신호를 이용한 한국어 생성기의 설계 방법을 제안한다.

### 2. 이론적 배경

#### 2.1. 뇌-컴퓨터 인터페이스

Brain-Computer Interface(BCI)는 인간과 컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction)의 한 분야로 뇌에서 발생하는 생체 신호를 계측하여 원하는 목적에 이용하고자 하는 연구 분야로 언어나 신체의 동작을 거치지 않고 인간의 생체신호인 뇌파를 매개로 사용자 의사를 직접 시스템에 전달하는 인터페이스이다. BCI는 일반적으로 뇌의 신호를 측정하는 방

법에 따라 침습적(Invasive) BCI와 비침습적(Noninvasive) BCI로 구분할 수 있다. 침습적 BCI는 뇌 안에 직접 전극을 꽂아 뇌의 상태 및 신호를 추출하는 방법으로 최근 미국 듀크대 니콜텔리스 박사팀에서 원숭이의 뇌에 이식된 신호를 분석하여 로봇팔을 움직이게 한 것을 대표적으로 들 수 있다. 비 침습적 BCI는 뇌의 두피 혹은 외부에서 측정된 신호를 분석하여 뇌의 상태 및 신호를 측정하는 방식으로 fMRI(Functional Magnetic Resonance Imaging), NIRS(Near Infrared Spectroscopy), EEG(Electroencephalogram)이 있다.

### 2.1.1 BCI를 위한 운용방법

BCI 운용을 위한 두 가지의 방법이 있다. 첫 번째 방법은 뇌 활동의 자발적인 정규화된 학습방법이다. 바이오피드백(Biofeedback)이라고 하며, 뉴로피드백(Neurofeedback)이라고도 한다. 피험자의 훈련에 따라 뇌에서 발생하는 생체 신호를 제어하는 것을 의미한다. 두 번째 방법은 기계학습을 통한 시스템이 피험자의 뇌의 상태 혹은 의도를 통계적 표상의 추론을 할 수 있다.

### 바이오피드백(Biofeedback)

바이오피드백은 생체신호의 자발적인 반응이다. 생체신호는 심박, 혈압, 온도, 피부의 전도성, 근육의 활성화, EEG, 혈중산소농도(BOLD)와 시각, 청각, 촉각 정보와 매우 관련 있다. 따라서 피험자들에게 반복하여 바이오피드백 훈련을 하면, 자발적 혹은 지각적 운용을 통해서 뇌의 활성화를 조절하는 것을 배울 수 있다.

### 기계학습(Machine Learning)

피험자의 단일 시도로부터 기계학습 방법을 적용하여 학습 알고리즘을 추출하는 것이다. EEG 신호는 사람마다 신호의 강도나 특징이 다르므로 각 피험자들마다 독립적으로 적용되어야 한다. 기계학습을 이용하면 전극의 위치와 추출한 신호처리를 통하여 뇌상태의 시공간적 청사진을 추출할 수 있다.

BCI 시스템을 운용하는 방법으로 바이오피드백과 기계학습 방법을 유일하게 사용하진 않는다. 두 가지 관점에서 적절하게 운용되어야 보다 나은 BCI 시스템을 구축할 수 있다.

### 2.1.2 Sensorimotor Rhythm(SMR)

SMR은 EEG 신호에서 감각 운동과 관련된 특별한 파장을 포괄적으로 말한다. 특히 아치모양의  $\mu$ -rhythm(8-11Hz)를 포함하며, 종종  $\beta$ -rhythm(20Hz 주위)이 포함되기도 한다. SMR은 주로 뇌의 운동감각영역에서 획득하며, 주로 C3와 C4에서 기록된다.

최근 ALS환자들은 왼손 움직임 상상과 관련하여 P4에서 SMR이 변조되는 것을 보였다. SMR은 움직임 혹은 움직임 상상과 관련하여 ERD(Event-Related Desynchronization)양상을 보인다. 그리고 움직임 후에는 ERS(Event-Related Synchronization)양상을 보인다. 따라서 이런 신호를 특징으로 추출함으로써 BCI 운용에 쓰일 수 있다.

## 2.2. 예측기반 한국어 생성

한글은 초성, 중성, 종성의 자소조합으로 이루어졌다. 따라서 낱자를 생성하는데 적어도 2번이상의 자소를 입력해야 한다. BCI 시스템에서는 ITR(Information Transfer Rate)이 기존의 키보드, 마우스에 비해서 현저히 떨어지므로 언어예측 기술을 활용하여 성능을 향상시킬 수 있다.

### 2.2.1 음절예측

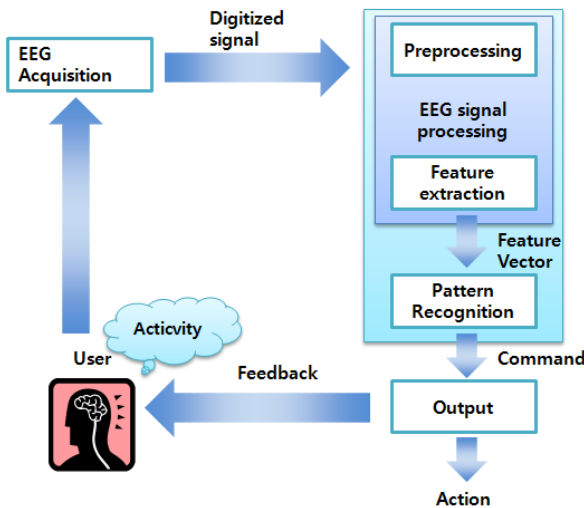
한글은 초성, 중성, 종성의 자소 조합으로 이루어져있기 때문에 한 글자를 입력하는데 2번이상의 자소를 입력해야 한다. BCI 시스템의 경우 2번의 자소를 입력하기 위해서는 복합자음을 포함한 자음이 총 19개, 복합모음을 포함한 모음이 총 22개 이므로 이진 선택으로 선택을 한다고 하면, 자음 4~5번, 모음 4~5번으로 최적의 경우 총 8번의 선택을 해야 한 글자를 생성할 수 있고 최악의 경우 중성 26자를 고려한다면, 총 15번의 이진선택을 해야 한 글자를 입력할 수 있다. BCI 시스템의 평균적인 분당 Bit rate가 40인걸 감안 하면, 1분 동안 2~4글자 밖에 쓰지 못하는 것이다. 따라서 음절예측을 통해서 사용자의 의도를 파악하여 선택횟수를 줄여야 한다.

### 2.2.2 어절예측

한국어는 평균 어절 길이가 2.7~3.2개의 글자로 이루어졌다. 따라서 한 어절을 입력하는데 1분 이상의 시간이 필요하다. 입력된 음절을 통하여 어절예측을 한다면 선택횟수 뿐만 아니라 입력시간을 단축할 수 있다.

### 3. 한국어 생성을 위한 BCI 설계

본 연구는 목적이 ALS환자 혹은 "Locked-in"상태에서도 외부와 대화가 가능하도록 하기위하여 한국어 생성을 위한 BCI 시스템 설계한다. BCI 시스템은 [그림 1]과 같이 EEG 신호 획득과 전처리, 특징 추출을 포함한 EEG 신호처리 방법과, 기계학습 방법을 이용한 패턴인식, 그리고 Feedback 및 출력 인터페이스의 구성된다.



[그림 1] 전형적인 BCI 시스템 구성도

#### 3.1. EEG 신호 획득

EEG 신호의 획득은 SMR BCI를 위하여 운동감각영역에서 획득한다. 뇌의 운동 감각영역은 주로 뇌의 중심열인 FCz, FC3, FC4, 혹은 Cz, C3, C4 나 PCz, PC3, PC4에서 채득하고 노이즈 제거를 위해 EOG나 Ref를 사용해야 한다. 추출할 신호는 왼손-오른손 움직임 상상과 발, 혹은 혀 움직임 상상에 관련된 전위이며 클래스는 분류의 정확도에 따라서 2~4개로 한다.

#### 3.2. EEG 신호 처리

EEG 신호에서 특징벡터를 추출하기 위해서 신호 처리 과정을 거쳐야 한다. 기계학습을 위한 단계이지만 시스템의 정확도에 가장 많이 영향을 미치는 단계이다. EEG 신호처리를 위해서 불필요한 데이터를 제거하고 데이터의 차원을 축소하기 위해 사용하는 여러 가지 방법들이 있다. 크게 시간적 필터링 방법과 공간적 필터링 방법이 있다.

시간적 필터링 방법은 EEG 신호는 시계열 데이터로 획득이 되므로 각 시간별로 파워가 높은 것을

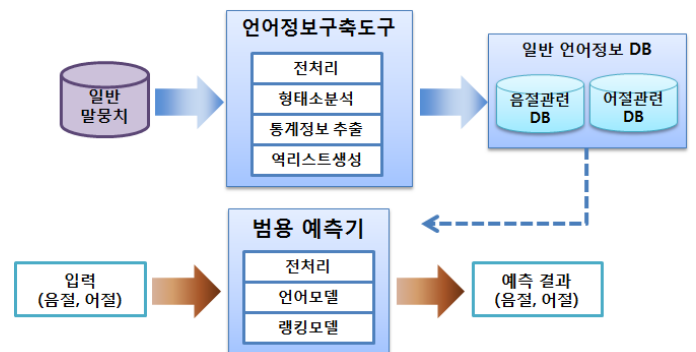
찾을 수 있다. 가장 널리 사용되는 방법은 푸리에변환(Fourier Transformation)이다. 푸리에변환은 시간 영역의 함수를 주파수영역의 함수로 변환하는 것으로 진폭 및 위상의 파형의 분석이나 필터 특성 분석 등에 중요하게 이용된다.

공간적 필터링 방법은 특정 자극과 관련된 뇌의 부위에서 획득한 EEG 신호를 다른 곳에서 획득된 신호와 연관성 혹은 차이를 고려해 필터링하는 방법으로 가장 단순한 방법인 Bipolar Filtering부터 독립성분분석(ICA)나 CSP(Common Spatial Pattern)까지 다양한 방법이 있다.

#### 3.3. 분류

EEG 신호에서 유의미한 정보를 추출하기 위해 사용하는 방법은 기계학습 방법이다. 기계학습 방법은 선형분류와 비선형분류로 구분할 수 있다. 선형분류는 선형분류가 가능한 두 개의 클래스를 이루는 데이터를 분류하는 판별식을 찾는 것이다. 최근에는 SVM(Support Vector Machine)이나 Kernel Trick기법을 활용하여 BCI에 적용시켜 높은 정확도를 보이기도 한다. 가장 널리 사용되고 있는 SVM은 비선형 분류 문제에 선형 분류를 적용시키는 것으로 초평면을 식별하는 것이다. SVM은  $N^2$ 개 ( $N$ 은 트레이닝 집합의 크기) 이상의 항을 갖는 수식으로 다루어진다. SVM은 일반화 측면에서 다른 분류기와 대등하거나 우수하다.

#### 3.4. 음절, 어절 예측



[그림 2] 음절, 어절 예측 시나리오

본 연구에서 제안하는 BCI시스템의 최종출력은 한국어 생성이다. 따라서 분류된 클래스를 가지고 한국어 생성을 위한 인터페이스와 음절, 어절 예측 모듈이 필요하다. 음절, 어절 예측 시나리오는 [그림

2]와 같이 코퍼스에서 역리스트 생성을 통하여 음절, 어절 통계 DB를 구축하여 색인하고 이를 바탕으로 입력된 자소에 따라 예측 하는 것이다.

[6] 윤준태, 김선호, 송만석, “전연적 연관 표를 이용한 한국어 구문분석” 정보과학학회논문지, 제24권 제11호, pages 1297-1206, 1997.

#### 4. 향후 연구 및 결론

본 논문에서는 “locked-in”상태, 즉 운동능력을 사용할 수 없는 상태에서 한국어 생성을 위한 BCI 시스템을 제안하였다. 이를 위해 EEG신호 획득, 신호처리, 분류, 한국어 음절 어절 예측의 설계방법에 대해서 설명했다.

본 시스템은 의사소통이 전혀 불가능한 전신마비 환자들에게 새로운 의사소통의 채널을 추가해 줌으로써 그들의 니즈(Needs)를 파악하여 그들의 생활을 보장해 줄 뿐만 아니라 그들에게 필요한 의료적 행위를 하는데 있어서 큰 의미가 될 것이다.

향후 움직임 관련 EEG 신호를 이용한 한국어 입력기를 구현할 것이며 구현을 위한 실험 및 평가방법에 대해서 연구가 진행되어야 할 것이다. 또한 BCI 분야에서 최대 이슈인 ITR(Information Transfer Rate) 향상을 위한 신호처리 기법 및 신호 획득 기법에 대한 연구가 진행되어야 한다.

#### 참고문헌

- [1] Andrea Kübler, Klaus-Robert Müller, “An Introduction to Brain-Computer Interfacing” Toward Brain-Computer Interfacing, pages 1-25. MIT press, Cambridge, MA, 2007.
- [2] Jaimie F. Borisoff, Steve G. Mason, Gary E. Birch, “Brain Interface Design for Asynchronous Control” Toward Brain-Computer Interfacing, pages 111-121. MIT press, Cambridge, MA, 2007.
- [3] Mikhail A. Lebedev, Jose M. Carmena, Joseph E. O’Doherty, Miriam Zacksenhouse, Craig S. Henriquez, Jose C. Principe, Miguel A. L. Nicolelis “Cortical Ensemble Adaptation to Represent Velocity of an Artificial Actuator Controlled by Brain-Machine Interface”, The Journal of Neuroscience, May 11, 2005.
- [4] Guido Dornhege, Matthias Krauledat, Klaus-Robert Müller, Benjamin Blankertz, “General Signal Processing and Machine Learning Tools for BCI Analysis” Toward Brain-Computer Interfacing, pages 207-233. MIT press, Cambridge, MA, 2007.
- [5] Guido Dornhege. “Increasing Information Transfer Rates for Brain-Computer Interfacing.” PhD thesis, University of Potsdam, 2006.