

## 안면근에 의해 발생하는 신호를 이용한 방향 제어

### Direction control using signals originating from facial muscle constructions

양은주 · 김응수

Eunjoo Yang, EungSoo Kim

대전대학교 대학원 전자공학과

Dept. of Electronics Eng, Graduate School, Daejeon University

#### 요 약

사람의 뇌 속에 있는 신경 세포들은 여러 정보 처리 활동을 하면서 전기적인 신호를 발생시키는데 이를 두피 표면에서 측정하는 것이 뇌파이다. 이러한 뇌파는 임상에서 주로 이용되어 왔으나 근래에는 이러한 뇌파를 이용하여 컴퓨터와 통신하거나 기기를 제어할 수 있는 이른바 BCI(Brain-Computer Interface)에 대한 연구가 대두되고 있다. BCI 연구의 궁극적 목표는 다양한 정신상태에 따른 뇌파의 특성을 파악하여 컴퓨터나 기기 등을 제어하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 좀더 정확하고 신뢰성 있는 기기 제어를 위해 피험자의 의지대로 발생시킨 잡파를 이용하여 방향 제어 시스템을 구현하였다. 뇌파에 포함된 잡파 중 구별될 수 있는 특징을 나타내는 잡파를 선택하고 이들의 패턴을 인식하고 분류한 후 이를 제어 신호로 변환하여 방향을 제어하는 시스템을 구현하였다.

#### Abstract

EEG is an electrical signal, which occurs during information processing in the brain. These EEG signals have been used clinically, but nowadays we are mainly studying Brain-Computer Interface (BCI) such as interfacing with a computer through the EEG, controlling the machine through the EEG. The ultimate purpose of BCI study is specifying the EEG at various mental states so as to control the computer and machine. This research makes the controlling system of directions with the artifact that are generated from the subject's will, for the purpose of controlling the machine correctly and reliably. We made the system like this. First, we select the particular artifact among the EEG mixed with artifact, then, recognize and classify the signals' pattern, then, change the signals to general signals that can be used by the controlling system of directions.

**Key word** : EEG, Brain-Computer Interface, Neural network

#### 1. 서 론

BCI(Brain-Computer Interface)[1-4]는 인간의 생각이나 심리 작용만으로 컴퓨터를 작동시키는 것을 말한다. 이 기술은 사람의 머리 속에서 생각하는 바를 읽어내 컴퓨터로 보내 그에 따라 작업을 수행토록 하는 것이다. 사람의 모든 행동과 학습, 기억 및 사고를 조절하는 것은 바로 뇌이다. 뇌는 수십억 개의 신경세포(neuron)들로 구성되어 있고, 이러한 신경세포들은 여러 정보처리 활동을 하면서 전기적인 신호를 발생하게 되는 데 이를 외부에서 측정하는 것이 뇌파이다 [17-18]. 뇌에서 발생하는 뇌파는 뇌 정보처리에 대한 유용한 정보를 포함하고 있으며 비침습적인 방법으로 측정될 수 있는 장점 때문에 뇌 기능 연구 및 임상 등에서 널리 쓰여지고 있으며, 현재에는 BCI의 연구에서도 유용하게 쓰여지고 있다.

BCI에 대한 연구는 국내외로 활발하게 진행되고 있으며

[1-16], 그 노력의 결과로 마인드 리딩, 전기 스위치의 ON/OFF, 워드 프로세서 및 컴퓨터 커서의 동작과 같은 연구의 성과를 이루었다. 그러나 BCI의 궁극적인 목표에 도달하기에는 아직 미흡한 수준이며 해결해야 할 여러 가지 문제점들이 있다. 우선은 다양한 정신상태에 따른 뇌파의 특성을 파악하는 것이 쉽지 않으며, 특정 상태에 따른 뇌파의 분류가 결코 확실적으로 구분되어지지 않는다는 것이다. 따라서 정확도를 가져야 할 기기조작에 적용하기에는 위험부담 요소가 많다.

따라서 사용자의 의지대로 확실하고 정확하게 발생시킬 수 있는 신호를 대상으로 BCI를 구현해 보고자 한다. 뇌파를 기록할 때 본래의 뇌파 이외의 여러 전위가 유입되는 일이 있는데 이러한 것을 잡파라고 한다[17-18]. 뇌파는 극히 미약한 전위이기 때문에 이것을 증폭해서 기록할 때, 여러 가지 잡파가 섞이기 쉽다. 이러한 잡파는 뇌파를 정확히 판독하거나, 분석하는데 오차를 증가시키는 원인이 되어왔다. 따라서 이러한 잡파를 분리, 제거하기 위한 노력이 계속되어 왔으며, 최근에는 정확한 측정을 위한 측정 장비의 개발, 주축성분분석(Principal Component Analysis, PCA)과 독립성분 분석(Independent Component Analysis, ICA) 등에 대한 연구가 진행되고 있다.

접수일자 : 2003년 2월 4일

완료일자 : 2003년 6월 19일

감사의글 : 본 연구는 KOSEF 목적기초연구

(R05-2002-000-00526-0)의 지원으로 수행되었음.

이러한 잡파는 종종 그들의 특징적인 모양과 분포에 따라 인식되며 많은 경우 명확한 판정은 기록 도중 검사자에 의해 이루어질 수 있다. 근육의 움직임에 의한 EMG[5], 심장의 박동에 의한 ECG, 안구의 움직임에 의한 EOG[10]등과 같이 특징적인 모양과 분포를 나타내는 대표적인 잡파의 경우, 이 중 몇 가지는 피험자가 의도적으로 발생시킬 수 있고 일정한 패턴을 나타내므로 컴퓨터와 통신하거나 기기를 제어하기 위한 제어 신호로써의 사용이 가능하다.

본 연구에서는 안면근에 의한 잡파의 일정한 패턴을 발견하였으며[16], 안면근 신호를 인식하고 분류할 수 있는 최적의 네트워크를 구성하였다. 최적의 네트워크 구성을 위한 다양한 실험을 통해 대단히 높은 분류 인식률 결과를 얻었다. 이렇게 분류된 잡파를 컴퓨터 명령어로 바꾸어 스크린상의 물체 또는 실제 기기의 방향을 제어하는 신호로써 사용하였다. 즉, 특정 잡파를 이용하여 이를 인식하고 구별한 후, 이를 전기 신호로 변환하여 방향 제어 인터페이스를 구현하였다. 이러한 시스템의 구현을 통하여 전신이 마비된 환자나 중증 장애인 혹은 가상 현실이나 게임 등에 활용되는 인터페이스를 구현할 수 있다.

## 2. 관련 연구

BCI(Brain-Computer Interface)는 뇌파를 통해 컴퓨터를 제어하는 인터페이스 관련 기술을 말한다. 이러한 BCI에 대한 연구는 국내외로 활발하게 진행 중이며 현재까지 뇌파를 기반으로 하는 BCI의 연구는 순수 뇌파를 이용한 연구와 EOG를 이용한 연구 성과들이 있었다.

1991년 뉴욕 주립대학의 월포(Wolpaw)교수팀은 뇌파를 이용해 컴퓨터 화면의 커서를 움직이는 실험에 성공하였다. 이는 단순히 마음 속으로 컴퓨터 커서를 움직이는 상상을 함으로써 화면의 커서를 상, 하, 좌, 우로 움직여 보았다.

오스트리아 그라츠 공대의 퍼츠첼러(Pfurtscheller)교수팀은 정상인의 손, 발 동작을 가려내는 뇌파를 집중적으로 연구, 신체 장애인을 위한 의료장비의 개발에 희망을 던져주고 있다. 1990년대 초반에는 왼쪽 손가락, 오른쪽 손가락, 발가락, 혀의 움직임을 50개 이상의 뇌파 채널을 이용해 구분하는 시험적 연구를 시도했고 1990년대 중반에 들어서는 동작에 따른 상상만으로 중심엽의 6개 채널에서 측정된  $\mu$ 파만으로 해당 동작을 구분하는 연구 결과를 내었다.

튀빙엔 대학의 임상심리학·행태신경생물학 연구소장인 닐스 비어바우머(Niels Birbaumer) 교수는 일종의 '생각을 옮겨 주는 프로그램'을 개발하였다. 완전 마비된 환자들의 머리에 전극을 부착하고 이 전극단자들을 통하여 두개골에서부터 나오는 뇌파만으로 컴퓨터 모니터상의 커서를 조정하였다. 최근에는 이 환자들이 철자를 선택해낼 수 있을 뿐만 아니라 뇌파로 화면을 조정하여 인터넷 항해까지 할 수 있는 정도이다.

EOG를 이용한 연구로써, 보스턴 대학의 테세(Tecce)등은 EOG를 이용한 간단한 워드 프로세서를 개발했다. 이 시스템은 사용자 얼굴의 여러 지점에 전극을 부착하고 이를 컴퓨터에 연결하여 눈이 움직일 때의 전압 차이를 측정함으로써 이 수치를 이용하여 컴퓨터 스크린 위의 커서 위치를 바꾸는 시스템으로, 사용자가 눈을 움직일 때 커서도 따라 움직인다. 손으로 마우스를 움직이게 하는 대신 눈의 움직임을 이용하여 사용자들은 컴퓨터에 명령하게 되는 것이다. 이 워드 프로세서는 1분에 2~3자 정도를 쓸 수 있다.

디저먼(Degermann)등은 비디오 카메라를 이용하여 눈의 움직임으로부터 정보를 추출하여 사용자와 컴퓨터 사이에 실시간으로 정보를 주고받을 수 있는 'Eyegaze'란 시스템을 만들었다.

이처럼 BCI에 대한 연구는 다양하게 이루어지고 있으며 이미 미국, 호주, 일본 등에서는 시제품이 제작, 상용화돼 관심을 끌고 있기도 하다. 그러나 현재의 BCI기술 수준은 현재 입출력 도구를 대체할 정도의 정확성을 결여하고 있다는 점에서 보다 활발한 연구가 필요하다.

## 3. 시스템 구성

본 연구의 목적은 뇌파에 포함된 특정 잡파를 이용하여 전동 휠체어와 유사한 기기의 방향을 제어하고자 한다. 먼저, 사용자는 가고자 하는 방향으로 이동하기 위해 해당되는 특정 잡파를 의도적으로 발생시킨다. 두 번째는 뇌파기를 통해 이 신호를 기록한다. 세 번째는 측정되는 뇌파를 일정한 구간으로 구분하고 전처리 한 후 학습 신경회로망에 입력시킨다. 끝으로 신경망을 통해 나온 출력을 명령어로 변환한 후 제어 신호로 사용하게 된다. 이러한 시스템의 기본적인 구성은 그림 1과 같다.

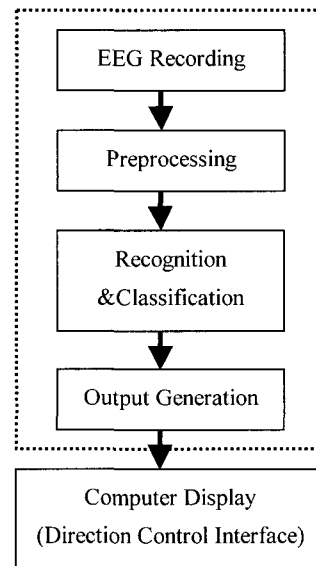


그림 1. 시스템 구성

Figure 1. Configuration of system

본 연구에서는 특정 잡파를 이용하여 시스템을 구현한다. 잡파의 종류에는 eye blinking (eye opening and closure), eye movement artifact, rectus spike, sweating artifact, muscle artifact, pulse artifact, EKG artifact, movement artifact, human artifact 등 여러 가지가 있다. 이러한 잡파 중 제어 신호로 사용할 수 있는 잡파를 선택하는 것은 중요한 문제이다. 따라서 먼저 특징적인 모양과 분포를 갖는 특정 잡파를 발견하기 위하여 다양한 잡파를 의도적으로 발생시켜 뇌파를 측정하였다. 뇌 질환을 가지고 있지 않은 정상 성인 22명을 대상으로 국제 표준 전극배치법인 10-20 system을 이용하여 그림 2에서처럼 Fp1, Fp2채널에 전극을 붙인 후 뇌파를 측정하였다.

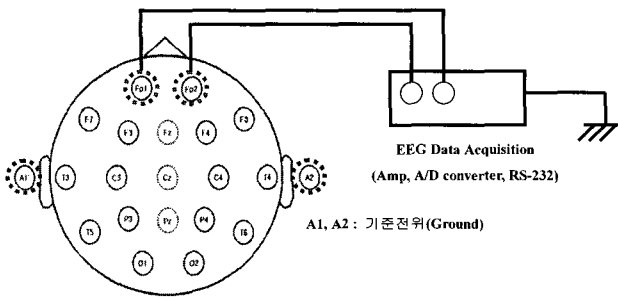


그림 2. 국제전극 배치법 10-20 system 및 뇌파 측정  
Figure 2. International 10-20 system and measured of the EEG.

뇌파는 미세하고, 잡음에 민감하기 때문에 측정시 혼합되는 잡파는 다양하다. 따라서 의도하는 잡파만이 포함된 뇌파를 측정하기 위해 피험자는 다른 잡파가 발생되지 않도록 주의한다.

특징적인 분포와 모양을 갖는 잡파를 찾기 위해 다양한 상태에서의 잡파를 기록하였다. 눈 깜박임에 의한 잡파는 매우 큰 전위 변화를 일으키며 가장 특징적인 파형을 나타내었다. 그러나 눈 깜박임에 의한 잡파는 의도적으로 발생시키지 않아도 무의식 중에도 자주 발생되며 또한 다른 잡파를 발생시킬 경우 그것과 혼합될 가능성이 높다. 따라서 이를 제어 신호로 사용하기는 적합하지 않다. 안면근에 의한 잡파는 눈 깜박임에 의한 잡파와 마찬가지로 특징적인 분포와 모양을 나타낸다. 이 잡파는 무의식 중에 발생되지 않으며, 의도했을 경우에만 발생시킬 수 있으므로 제어 신호로써 사용 가능하다. 또한 약간의 훈련을 통하여 그림 3와 같이 동일한 패턴을 발생시킬 수 있음을 확인하였다. 그림 3은 30초 동안 안면근에 의한 잡파만을 의도적으로 발생시켜 기록한 뇌파이다. 양쪽 안면근 신호의 경우, 두 채널에서 모두 큰 전위를 나타내는 파형이 나타났고, 왼쪽 안면근 신호의 경우 Fp1에서, 오른쪽 안면근 신호의 경우 Fp2에서 다른 채널보다 큰 전위를 나타내는 파형이 나타났다. 따라서 양쪽 안면근 신호, 왼쪽 안면근 신호, 오른쪽 안면근 신호에 의한 잡파의 패턴을 구분할 수 있으며, 이 신호를 제어 신호로 사용할 수 있다.

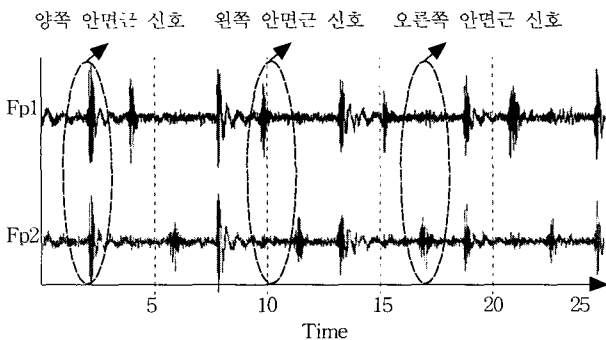


그림 3. 안면근 신호에 의한 뇌파  
Figure 3. The EEG by facial muscle signal

안면근에 의한 신호를 제어 신호로 사용하기 위해 본 시스템에서는 다층 신경망을 이용하여 안면근 신호를 인식하고 분류하였다. 다층 신경망의 입력은 안면근에 의한 잡파와 무의식 중에 발생하는 눈 깜박임에 의한 잡파 그리고 일반상태에서의 뇌파를 각각 이용하였다. 그림 4는 눈 깜박임(Eye

blinking)에 의한 잡파와 안면근(Facial muscle)에 의한 잡파의 일반적인 파형을 나타낸다.

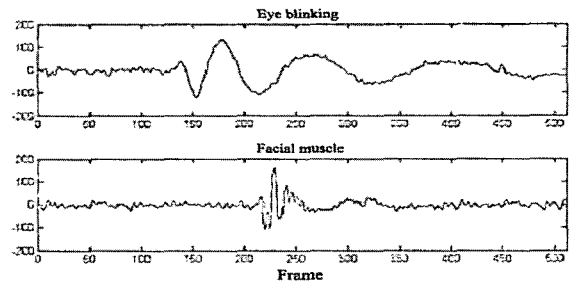


그림 4. 눈 깜박임 및 안면근에 의한 잡파 신호  
Figure 4. Eye blinking and facial muscle signals

잡파를 제어 신호로 사용하기 위해서는 잡파를 정확히 인식하고 분류하는 것이 가장 중요하다. 따라서 최적의 다층 신경망을 구성하기 위한 파라미터를 찾기 위해 입력 개수, 은닉층의 수, 은닉층의 뉴런의 수, 훈련 함수(Training function), 전달 함수(Transfer function), 학습 함수(Learning function) 등을 다양하게 변화시켜 실험하였다. 보통 안면근 잡파의 경우는 약 0.5초 정도의 구간 동안 발생되고, 눈 깜박임의 경우는 약 1초 정도의 구간 동안 발생된다. 따라서 각각의 잡파를 0.5초와 1초를 기준으로 일정한 길이로 잘라 입력 개수를 조정하였다. 일정한 길이로 자른 데이터는 인식률을 높이기 위해 주파수 대역별, 정규화, FFT, 파워 스펙트럼과 같은 전처리 과정을 거쳤다. 학습 함수는 출력과 목표치의 오차 제곱의 총합이 최소가 되도록 연결강도를 조정하는 최급 하강법과 모멘텀 항(momentum term)을 추가하여 연결강도를 조정하는 방법을 사용하였다. 훈련 함수는 연결강도의 업데이트 방향을 결정하기 위한 함수로써 4가지 알고리즘을 사용하였다. 그 각각은 다음과 같다. Resilient backpropagation (Trainrp), Scaled conjugate gradient algorithm (Trainscg), Powell-Beale conjugate gradient algorithm (Traincgb), Fletcher-Reeves conjugate gradient algorithm (Traincgrf). 다양한 알고리즘을 적용하여 다층 신경망의 파라미터를 최적화시킨 결과, 훈련 데이터의 경우 100%, 테스트 데이터의 경우 95%이상의 인식률을 얻을 수 있었다.

학습이 완료된 신경망을 이용하여 안면근 신호를 인식하고 분류하였으며, 이를 제어 신호로 변환하였다. 이를 위하여 각 채널 별로 신경망을 적용하여 3가지 신호를 구별하여 시스템에 적용하였다.

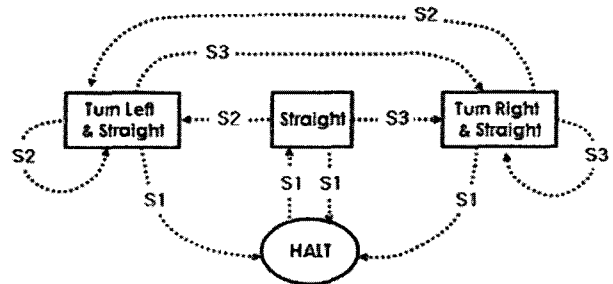


그림 5. 상태 다이어그램  
Figure 5. State diagram

양쪽 안면근 신호, 왼쪽 안면근 신호, 오른쪽 안면근 신호가 발생될 때를 각각 S1, S2, S3 신호에 대응시킨다. 이 세 가지 상태를 이용하여 'HALT', 'STRAIGHT', 'LEFT', 'RIGHT' 방향을 제어하였다. 그림 5는 이를 실현하기 위한 시스템의 상태 다이어그램이다.

처음에, 프로그램은 'HALT' 상태에서 시작한다. S1신호가 발생하면 컴퓨터 상의 물체 또는 전동 휠체어(여기서는 전동 휠체어와 유사한 모형 기기를 말한다.)는 현 위치에서 'STRAIGHT' 하게 된다. 'STRAIGHT' 상태에 있을 때, S2신호가 발생되면 왼쪽으로 방향을 바꾼 후 'STRAIGHT' 하게 되고 S3신호가 발생되면 오른쪽으로 방향을 바꾼 후 'STRAIGHT' 하게 된다. 또한 'STRAIGHT' 상태에서 S1신호가 발생하면 'HALT' 상태로 돌아간다. 즉, S1신호는 'STRAIGHT', 'HALT' 두 가지 상태를 취할 수 있고, S2신호는 'TURN LEFT & STRAIGHT' 상태로 동작하고, S3신호는 'TURN RIGHT & STRAIGHT' 상태로 동작한다.

따라서 제어 신호 S는 컴퓨터 스크린 상의 물체나 휠체어와 같은 기기의 이동 방향을 제어하기 위해 의도하는 특정 안면근 신호에 따라 바뀌게 되며, 로봇이나 전동 휠체어의 실제 움직임 방향도 S에 따라 결정된다.

#### 4. 시스템 구현 및 시뮬레이션

안면근 신호를 이용하여 구별되는 신호 S1, S2, S3를 통해 시스템을 구현하였다. 먼저 컴퓨터 스크린상의 가상의 물체가 뇌파(즉, 특정 안면근 신호가 포함된 뇌파)에 따라 방향을 바꾸며 이동하는 인터페이스를 구현하였다. 컴퓨터 스크린 상의 가상의 물체는 안면근 신호가 발생될 때마다 이를 감지하여 방향을 바꾸가며 이동하게 된다. 이동 방향은 그림 5에서의 상태 다이어그램에 따른다. 그림 6은 시스템의 초기 화면이다.

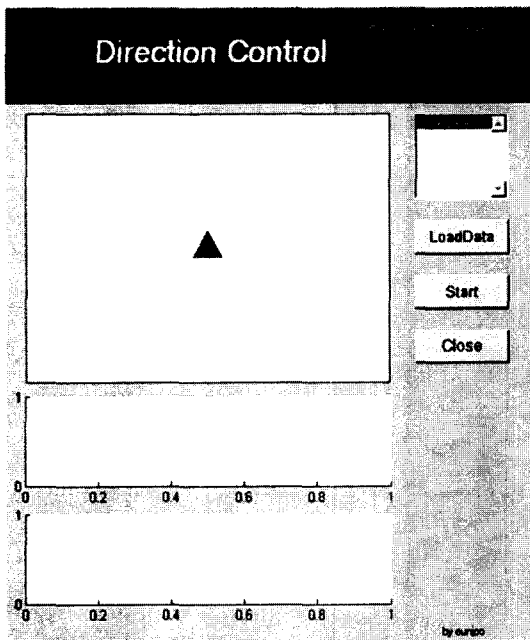
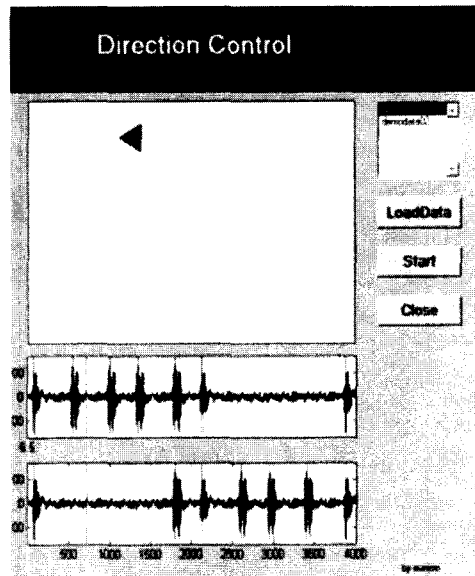


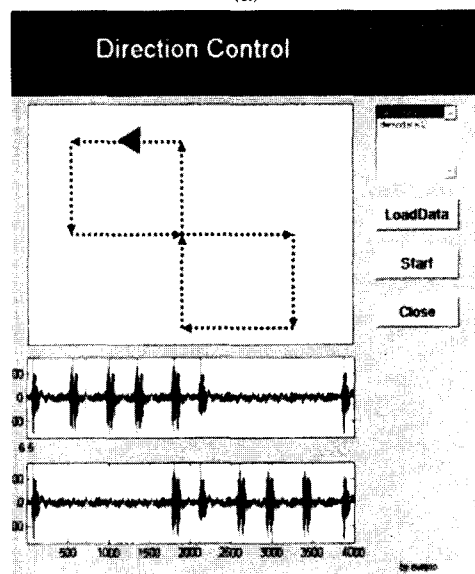
그림 6. 방향 제어 시스템 인터페이스 초기화면  
Figure 6. Direction control system interface initialization

컴퓨터 스크린상의 물체(빨간 화살표)가 있는 창은 물체의 이동 공간이다. 이동 공간 안에서 물체는 방향을 바뀌가며 이동하게 된다. 아래 두 개의 창은 Fp1과 Fp2 채널에서의 EEG 신호를 각각 나타내는 창이다. 오른쪽 맨 위에 있는 리스트 박스는 측정된 EEG 신호를 나타낸다. 첫 번째 "LoadData" 버튼은 리스트 박스에서 선택한 EEG 데이터를 두 개의 창에 읽어 들이는 기능을 한다. 두 번째 "Start" 버튼을 누르면 시스템이 동작하게 되며, 마지막 "Close" 버튼은 시스템 시뮬레이션이 끝난 후 창을 닫는 기능을 한다.

시스템을 동작시키기 위해서 먼저 리스트 박스에 있는 데이터 중 하나를 선택하여 "LoadData" 버튼을 누르면 아래 두 창에 EEG 데이터 파형이 나타난다. 그런 후 "Start" 버튼을 누르면 EEG 데이터를 일정한 프레임으로 분석하면서 신호 S1, S2, S3를 감지하고, 물체는 상태 다이어그램에 따라 방향을 바꾸어 가며 이동하게 된다.



(a)



(b)

그림 7. 시스템 시뮬레이션 상태  
Figure 7. System simulation state

그림 7은 임의의 뇌파 데이터에 대한 시뮬레이션 상태이다. 시뮬레이션을 시작하게 되면 아래 두 창에 보여지는 빨간 선이 이동하면서 어떤 신호가 발생하는지를 감지한다. 처음에 "HALT"상태에 있던 물체는 S1신호가 발생되면 'STRAIGHT'하게 되고 이 상태에서 S2신호가 발생되면 왼쪽으로 방향을 바꾼 후, 'STRAIGHT' 한다(그림7(a)). 그림 7에 Fp1과 Fp2 채널에서 보여지는 뇌파 신호에 따른 물체의 이동 방향은 그림 7(b)와 같으며 이벤트 신호는 S1→S2→S2→S2→S1→S1→S3→S3→S3→S1 이다. 이벤트 신호에 따른 물체의 이동 방향은 중심점을 기준으로 보면, "up → left → down → right → stop → right → down → left → up → stop" 과 같이 동작하고, 물체가 이동하는 현재 위치를 기준으로 보면 "up → left → left → left → stop → up → right → right → right → stop"과 같이 동작한다. "up", "left", "right" 상태는 방향을 바꾼 후 "straight" 한다.

컴퓨터 스크린상의 물체와 똑같이 동작하는 진동 휠체어와 유사한 로봇 시스템을 구현하였다. 진동 휠체어는 컴퓨터 스크린상의 물체와 마찬가지로 특정 잡파가 발생될 때 방향을 바꿔가며 이동하게 된다. 그림 8은 실제 뇌파를 이용하여 진동 휠체어의 방향을 제어하는 시뮬레이션 모습이다.

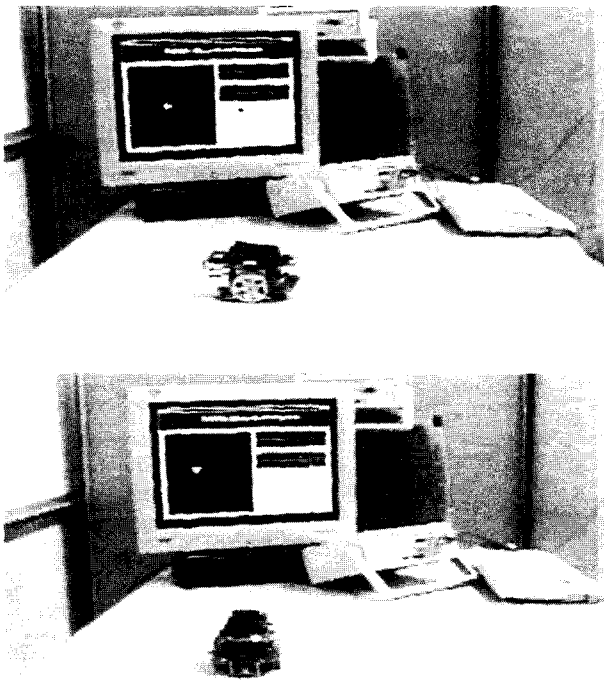


그림 8. 안면근 신호를 가진 EEG에 의한 무선 로봇 제어  
Figure 8. Wireless robot control by EEG with facial muscle signal.

## 5. 결 론

인간의 뇌는 약 100억개의 뉴런들로 구성되어 있고 뇌가 정보처리를 하는 과정에서 뉴런들은 전기적인 신호를 발생시키는데 이를 뇌파라고 한다. BCI는 이 뇌파를 측정하고 패턴별로 분석하여 기기를 제어하는 기술이다. 얼핏 단순해 보이는 이 기술은 엄청난 양의 뇌파를 정확히 측정하고 이를 분

석해 내는 알고리즘 개발로 이어지는 그야말로 고도의 기술과 시간을 요하는 첨단 분야이다. 이러한 BCI의 연구는 향후 컴퓨터와 인간의 인터페이스를 혁신적인 형태로 바꾸어 놓을 가능성을 가지고 있다.

BCI는 외국 선진연구팀들에 의해 이미 그 가능성을 인정받은 바 있다. 1990년 미국 콜로라도 주립대학의 케이른(Keirn)과 오논(Aunon)은 사람들에게 서로 다른 다섯 가지 생각을 하게 하고 뇌파를 분석해 생각을 알아 맞추는 실험에서 95%의 정확도를 보여줬고 일본에서도 1990년 일본 전신전화회사의 휴먼인터페이스 연구실 히라이와(Hiraiwa) 연구팀에서 일본어 다섯 자음(아이우에오)을 발음할 때 발생하는 뇌파를 인공신경망 모델을 이용하여 분류했으나 그 정확성은 50%에 불과했다. 1991년에는 미국 뉴욕주립대학의 윌포(Wolpaw)교수 연구팀이 뇌파를 이용해 컴퓨터 화면의 커서를 움직이는 실험에 성공했고 이후 94년에는 커서를 상하 좌우로 움직이는 데까지 이르기도 했다. 국외뿐만 아니라 국내에서도 '에', '아니오' 같은 이분법 정도의 생각은 구분할 수 있을 정도의 BCI에 대한 연구가 활발하게 이루어지고 있는 실정이다. 그러나 이러한 BCI에 대한 연구는 아직까지 초기 단계이며 입출력 도구를 대체할 수 없는 실정이기 때문에 더 많은 연구가 필요하다.

BCI(Brain-Computer Interface)를 구현하기 위한 또 다른 접근 방법으로 본 연구에서는 뇌파에 포함된 잡파를 이용하여 방향을 제어할 수 있는 인터페이스를 구현하였다. 기존의 연구는 뇌파의 주파수대 분석이나 정신상태에 따른 뇌파의 변화 등에 주목하여 그 차이점을 신호로 복원하려고 하였으나, 그러한 방법으로는 뇌파의 확연한 차이를 밝혀낸다는 것이 현재로서는 쉽지 않은 일이며 정확도를 가져야 할 기기 조작에 적용하기에는 위험 부담 요소가 많다. 따라서 확연히 구분되어 발생되고 의도적으로 발생시킬 수 있는 특징적인 잡파를 이용하여 신뢰성 있는 제어를 하고자 하였다. 본 연구에서 사용된 안면근 신호는 어느 정도의 훈련을 통해 피험자가 쉽게 유도할 수 있는 신호이다. 이러한 잡파의 패턴을 인식하고 분류하여 이를 제어 신호 S1, S2, S3로 변환하여 'HALT', 'STRAIGHT', 'LEFT', 'RIGHT' 의 4방향을 제어하였다. 안면근 신호가 포함된 뇌파 신호의 분류 인식률은 기존의 연구 결과들 보다 상당히 높았고 이를 통해 스크린상의 물체와 실제 로봇의 방향을 정확하고 확실하게 제어할 수 있었다. 이러한 방향 제어는 신체 장애인들에게 필요한 휠체어를 손의 사용 없이 조정하거나 컴퓨터 커서를 조정하는 일 등에 활용될 수 있다.

본 연구의 결과는 방향 제어 인터페이스뿐만 아니라 TV를 ON/OFF 시키거나 커서를 컨트롤 할 수 있는 제어 시스템에도 바로 적용 할 수 있다. 특히 지체와 언어 장애가 있는 중증 장애인들에게 안면근의 움직임에 의한 뇌파의 특성을 감지하여 일상생활에 필요한 기기를 원격 조정하거나 의사표현을 위한 수단으로 사용될 수 있을 것이다. 앞으로 이러한 연구 노력은 기계 인터페이스, 의료진단 및 치료기술, 디자인기술 등 다양한 분야에 응용돼 인간 삶의 질 향상에 기여할 것으로 기대된다.

## 참 고 문 헌

- [1] C. Guger, H. Ramoser, and G. Pfurtscheller, "Real-Time EEG Analysis with Subject-Specific Spatial Patterns for a Brain-Computer Interface

(BCI)" IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Vol.8, No.4, Dec. 2000.

[2] G. Pfurtscheller and Christa Neuper "Motor Imagery and Direct Brain-Computer Communication" Proceeding of the IEEE, Vol. 89, No.7, July 2001.

[3] J. R. Wolpaw, D.J.McFarland, and T.M. Vaughan "Brain-Computer Interface Research at the Wadsworth Center", IEEE Transactions on Rehabilitation Engineering, Vol.8, No.2, June 2000.

[4] T. Felzer and B. Freisleben, "HaWCoS : The "hands-free" wheelchair control system", In ASSETS 2002 - Proceeding ACM SIGGAPH Conference on Associative Technologies, Edinburgh, Scotland, ACM Press, 2002.

[5] T.Felzer and B. Freisleben, "BRAINLINK : A software tool up porting the development of and EEG-based brain-computer interface", submitted for publication, 2001.

[6] T. Felzer and B. Frisleben, "An input device for human-computer interface based on muscle control", submitted for publication, 2001.

[7] C. W. Anderson, S.V. devulapalli, and E.A. Stolz, "Determining mental state from EEG signals using neural networks", Scientific Programming-Special Issue on Applications Analysis, Vol. 4, No. 3. pp. 171-183, 1995.

[8] C. W. Anderson and Z. Sijercic, "Classification of EEG signals from four subjects during five mental tasks", in solving Engineering Problems with neural networks: Proceedings of the Conference on Engineering Applications (EANN'96), A.B.Bulsari, S.Kallio, and D. Tsaptions, Eds., Turku, Finland, Systems Engineering Association. pp. 407-414, 1996.

[9] J. J. Tecce, J. Gips, C. P. Olivieri, L. J. Pok, and M. R. Consiglio, "Eye movement control of computer functions", International Journal of Psychophysiology, Vol. 29, pp. 319-325, 1998.

[10] K. S. Park and K. T. Lee, "Eye-controlled human/computer interface using the line-of-sight and the intentional blink", Computers & Industrial Engineering, Vol. 30, No. 3, pp. 463-473, 1996.

[11] H. Jasper, "The ten twenty electrode system of the international federation", Electroencephalographic Clinical Neurophysiology, Vol. 10, pp. 371-375, 1998.

[12] Schlogl A., Neuper C. Pfurtscheller G. : "Estimating the mutual information of an EEG-based Brain-Computer-Interface", Biomedizinische Technik Vol. 47(1-2): pp. 3-8, 2002.

[13] Obermaier, B., Guger, C., Neuper, C., Pfurtscheller G. : "Hidden Markov Models for Online Classification of Single Trial EEG Data. ", Pattern Recog. Ltrs. Vol. 22, pp. 1299-1309, 2001.

[14] Pfurtscheller G, Woertz M, Krausz G, Neuper C. : "Distinction of different fingers by the frequency of stimulus induced beta oscillations in the

human EEG", Neurosci Lett. Vol. 307, pp. 49-52, 2001.

[15] Riedmiller. M, and H. Braun. "A direct adaptive method for faster backpropagation learning : The RPROP algorithm", Proceedings of the IEEE International Conference on Neural Networks, 1993.

[16] 양은주, 신동선, 김응수, "EEG 잡파 특성 분석", 한국퍼지 및 지능 시스템 학회 논문지, 제12권, 제 4호, pp. 366-372, 2002.

[17] 윤중수, "뇌과학 개론", 고려의학, 1999.

[18] 이창섭 외, "뇌과학 입문", 하나의학사, 1997.

교신저자 : 김응수(eskim@dju.ac.kr)

## 저 자 소 개



**김응수(EungSoo Kim)**

日本 東北大學校 공학연구과 전자공학과 졸업 (공학박사)

日本 Waseda University 객원연구원

한국전자통신연구원 책임연구원

선문대학교 전자정보통신공학부 교수

대전대학교 공과대학 컴퓨터공학부 교수

관심분야 : Neural network and Brain computing, Statistical physics of neural net, Chaos and Fractal theory in neural network, Bioinformatics, And mainly engaged in research on BCI and signal processing of the biomedical signals, EEG, ECG, fMRI.

e-mail : eskim@dju.ac.kr



**양은주(Eunjoo Yang)**

2002년 2월 대전대학교 공과대학 전자공학과 졸업

2002년 3월 대전대학교 대학원 전자공학과 입학

2003년 현재 대전대학교 대학원 전자공학과 석사과정

관심분야 : Independent Component Analysis, Neural Network, Brain- Computer Interface, Chaos and Fractal theory in neural network

e-mail : eunjoo04@dju.ac.kr