

## 생체신호를 이용한 중증 장애인용 환경제어장치 시스템 개발

김다혜, 안광옥, 김종배  
국립재활원 재활연구소

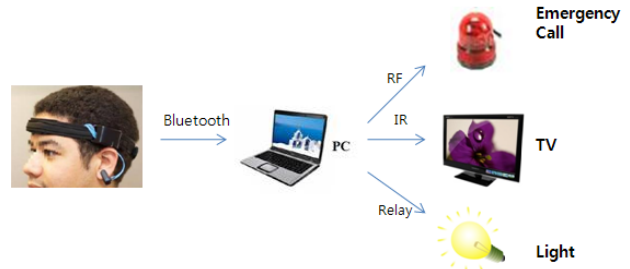
### <Development of an Environmental Control System using a Brain Computer Interface(BCI) for Severely Disabled People>

Da-hey Kim, Kwang-ok An, Jong-bea Kim  
National Rehabilitation Center Research Institute

**Abstract** - 신체 움직임이 자유롭지 못한 중증 장애인의 경우 환경제어장치를 사용하면 일상생활 보조가 가능해지므로 활용 효과가 매우 크다. 그러나 현재 국내에서 개발되는 제품은 정상인을 위한 홈오토메이션이 대부분이고, 장애인을 위한 환경제어장치의 경우에도 입력 매체에 따라 대상 사용자가 제한되는 문제점이 있었다. 따라서 본 논문에서는 기존의 입력 장치 사용에 제한이 있었던 중증 장애인들도 사용가능하도록 1-채널 생체신호(뇌파 및 얼굴 근전도) 계측 시스템 및 환경제어장치를 개발하였다. 향후 개발된 시스템은 중증 장애인의 일상생활 체편관에 구축하고 장애인의 사용성 평가를 통해 그 효과를 입증하고자 한다.

가능하도록 하였다. 또한 TV의 경우 RF신호를 IR신호로 변환하여, 만능 리모컨의 각 버튼의 기계적 입력을 대신해서 제어가 될 수 있도록 한다.

#### 1. 서 론



<그림 1> 생체신호를 이용한 환경제어 시스템 구성도

환경제어장치(ECU: environmental control units)란 생활환경(냉난방, 습도), 가전제품, 전동기기 등을 통합적으로 제어할 수 있는 시스템을 뜻한다. 이는 독립적인 일상생활을 도와준다는 점에서 경추손상이나 근육 장애처럼 중증의 장애로 인해서 신체의 움직임이 자유롭지 못한 사람들에게 활용 효과가 매우 크다. 그러나 현재 국내에서 개발되고 있는 제품들은 정상인을 위한 홈오토메이션이 대부분이며 장애인을 위해 상품화된 제품은 없는 실정이다. 또한 장애인을 위한 환경제어장치의 경우에도 입력 매체에 따라 대상 사용자가 제한되는 문제점이 있었다. 예를 들어 기계적인 인터페이스(스위치, 키보드, 조이스틱 등)의 경우에는 정확도가 높긴 하지만 신뢰할만한 근육의 움직임이 필요하기 때문에 중증 장애인의 경우는 적용하기 어려울 수 있다[1].

#### 2.2 생체신호 분석

Neurosky에서 개발된 헤드셋 방식의 시스템(mindset)은 다른 개인용 BCI시스템에 비해 비교적 잡음에 강건하며, dry sensor를 이용하기 때문에 사용자의 위치 및 자세에 제약이 적은 장점이 있었다. 이러한 특징들은 중증 장애인을 위한 장비개발에 적합하므로 새로운 1-채널 생체신호 계측 시스템(그림 2)을 Neurosky사와 공동 개발하였다[2][3].

본 논문에서는 기존의 입력 장치 사용에 제한이 있었던 중증 장애인들도 사용가능하도록 생체신호를 이용한 계측 시스템 및 환경제어장치를 개발하였다. 우선 생체신호를 이용한 인터페이스의 경우 최근 재활/보조 로봇 기술 개발이 활발해짐에 따라 관심이 높아지고 있으나 다음과 같은 문제점이 있었다. 1)인식률을 높이기 위해서 신호가 잘 획득되는 곳에 많은 수의 센서를 gel을 이용하여 부착하는 등 범용성이 보장되지 않고, 2)생체신호와 제어되는 신호 사이는 1대 1로 mapping되지 않기 때문에 숙련된 결과를 얻기 위해서는 일정 기간의 훈련 시간이 필요하다[2]. 그러므로 탈부착이 쉽고 비교적 짧은 훈련 시간으로 쉽게 사용할 수 있는 1-채널 생체신호(뇌파와 얼굴 근전도) 계측 시스템을 개발하여 기존의 문제점을 해결하고자 하였다. 그리고 개발된 계측 시스템을 이용하여 생체신호 기반의 중증 장애인을 위한 환경제어 시스템을 구성하였다. 현재는 비상호출 및 간단한 주변기기(TV, 전등) 제어가 가능하도록 하였으며 장애인의 특성에 따라 제어할 수 있도록 스케닝 프로그램 개발하였다.



<그림 2> 1-채널 생체신호 계측 시스템

향후 개발된 시스템은 중증 장애인을 위한 생활 체편관에 설치되고, 더 많은 기기 제어(문 열고 닫기, 리프트, 상크대 제어 등)를 추가할 예정이다. 실제 장애인의 사용성 평가를 통해 성능을 검증하고자 한다.

중증 장애인의 경우 머리카락이나 얼굴 근육 움직임에 의해 접촉이 불량해져도 본인의 힘으로 바로잡기 어렵기 때문에 신뢰성이 있는 신호를 얻기 힘들 수 있다. 따라서 장기간 안정적으로 사용하기 위해 headband 형태로 머리 접촉면을 고정하는 방식으로 변경하였다.

또한 피험자가 원하는 시점에 시스템의 동작을 개시(trigger)하는 신호가 필요하므로 기존의 제어신호 외에도 눈 깜박임과 얼굴 근전도 신호를 추가로 얻어 비교적 다양한 장애에 적용이 쉽도록 하였다. 위의 내용을 정리한 최종 시스템의 사양은 다음 표와 같다.

#### 2. 본 론

<표 1> 시스템 요구 사항

##### 2.1 생체신호를 이용한 환경제어 시스템 구성

기존의 기계적인 인터페이스 사용에 제약이 있는 중증 장애인의 경우 응급상황 발생 시 도움을 요청하거나 TV나 전등과 같은 기본적인 환경제어에 어려움을 느끼기 때문에 이를 해결할 수 있도록 새로운 인터페이스를 이용한 시스템이 필요하다.

Specification	Value
Physical design	Headband form factor
Sensors	Dry metallic sensors on forehead
Sensor output	Wireless (Bluetooth) serial data stream
Output data types	Attention/meditation meters, blink meter, jaw clench meter

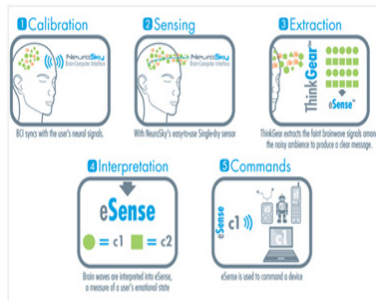
따라서 본 논문에서는 Neurosky와 공동 개발한 1-채널 생체신호 계측 시스템을 이용하여 환경제어 시스템을 그림 1과 같이 구성하였다. 우선 머리 앞부분에서 뇌파 및 얼굴 근전도를 수집하고 데이터를 무선(bluetooth)으로 전송한다. 이후 전송된 데이터를 PC에서 분석하고 원하는 제어신호로 바꾸어 사용자의 의도대로 비상호출 및 주변기기 제어장치를 제어할 수 있다.

개발된 1-채널 생체신호 계측 시스템은 'Thinkgear'와 'eSense'로 이루어진다. Thinkgear는 Neurosky에서 개발된 시스템과 사용자의 뇌파를 연결해 주는 기술로, forehead에 접촉되는 sensor, ear에 접촉되는 reference point와 모든 데이터를 처리해주는 on-board chip으로 구성된다. 또한 raw data를 증폭하고 잡음 및 불필요한 근육 움직임 등을 제

비상호출의 경우 RF신호를 이용하여 응급상황 시 작동될 수 있도록 하며, 전등의 경우는 RF신호를 Relay접점으로 변환하여 on/off 제어가

거한다.

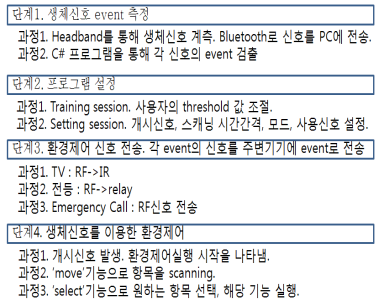
eSense는 사용자의 뇌파를 분석하는 알고리즘으로, Thinkgear로부터 얻어진 신호를 계산하여 attention/meditation meter, blink meter, jaw clench meter 등을 얻는다. 단, 얻어지는 값은 절대적인 값이 아니라 activity의 정도를 나타낸 것이다. 전체적인 시스템의 처리 과정은 아래 그림과 같다.



<그림 3> 시스템 처리 과정

### 2.3 환경제어장치 스캐닝 알고리즘

생체신호를 이용한 인터페이스의 경우 숙련된 결과를 얻기 위해 일정한 기간의 훈련이 필요하며 개개인의 특성에 따라 효과가 다르다[4, 5]. 이를 위해 본 연구에서는 시스템 자체 training session을 통해 개개인에 맞는 event threshold를 조절하고 훈련할 수 있도록 하며, 개개인에 따라 적합한 신호가 다르므로 사용자 스스로 신호와 시간간격을 설정할 수 있도록 한다. 또한 사용할 수 있는 신호의 개수에 따라 1~3모드가 있으며, 각 모드에 따른 scanning 방식에 따라 사용자가 편리한 쪽으로 사용할 수 있다.



<그림 4> 생체신호를 이용한 환경제어 시스템 흐름도

#### 2.3.1 모드 1

scanning 방식이 자동으로 진행되며 Setting 창에서 설정한 '시간간격'대로 선택창이 이동한다.



<그림 5> 모드 1의 GUI

1 step : 빨간색 표시된 부분에서 1~4 순서로 표시될 때, 원하는 항목(3번 TV)을 select하고 다음 단계로 넘어간다.  
2 step : TV선택을 했을 때, 초록색 항목이 차례대로 표시되면서 select하고 다음 단계로 넘어간다.  
3 step : 해당 초록색 항목이 선택되면, 위에서 아래로 항목이 순차적으로 표시된다. 원하는 항목에서 select하면 해당 제어가 실행되도록 한다.

#### 2.3.2 모드 2

모드1 스캐닝 방식과 스캐닝 하는 방식은 다르지 않으나 모드1의 경우 설정한 시간 간격에 따라 자동으로 항목이 스캐닝 되는 반면, 모드2의 경우 직접 생체신호(move1)를 이용하여 스캐닝 이동을 할 수 있도록

한다.

#### 2.3.3 모드 3

모드3의 경우 행방향과 열방향으로 이동할 수 있는 생체신호(move1, move2)와 선택기능(select)의 생체신호로 이루어진다.



<그림 6> 모드 3의 GUI

1 step : 빨간색 표시된 부분을 move1으로 이동하여 select하고 다음 단계로 넘어간다.  
2 step : TV선택을 했을 때, 초록색 항목을 move1으로 순차적으로 이동할 수 있게 한다. (열방향으로 이동)  
3 step : move1을 통해 원하는 항목에 도착했다면, 위에서 아래로 move2를 통해 이동하면서 제어 항목을 이동한다(행방향 이동). 원하는 항목에서 select하면 해당 제어가 실행되도록 한다.

### 3. 결 론

현재 생체신호를 이용한 인터페이스 기술에 대한 관심이 높아져 많은 연구가 진행되고는 있지만, 아직까지 상업적으로 이용할만한 실용적인 기술이 많지 않으므로 실제 환경에 적용하기가 용의하지 않다. 게다가 현재 시중에 나와 있는 환경제어장치의 경우 중증장애인의 활용 효과가 정상인보다 더 큼에도 불구하고 정상인을 대상으로 한 홈오토메이션의 성격이 강할뿐더러, 입력매체에 따라 사용자가 제한될 수 있었다. 이에 본 논문에서는 기존의 입력장치 사용에 제한이 있던 중증 장애인들도 사용할 수 있도록 1-채널 생체신호 계측 장비와 사용자의 특성을 반영할 수 있는 스캐닝 프로그램을 개발하였고, 이를 이용해 중증 장애인용 환경제어장치를 구성하였다.

생체신호를 기반으로 한 환경제어장치가 완성됨에 따라, 의사소통과 단순한 주변 환경 제어에 어려움을 겪던 중증 장애인 또한 독립적인 삶을 영위할 수 있게 되었다. 하지만 아직 연구 초기 단계이고, 생체신호 인터페이스의 경우 알고리즘이 성능 판단의 주요한 요소이기 때문에 보다 정확도를 높이기 위해서는 실제 사용자 테스트 결과를 바탕으로 알고리즘 개발 및 검증이 필요하다.

### 4. 감사의 글

본 논문은 국립재활원 재활연구소 내부연구사업 "뇌파를 이용한 환경제어장치 시스템 개발 및 BCI 알고리즘 개발"연구과제에 의하여 이루어진 연구입니다.

### [참 고 문 헌]

[1] J. R. Wolpaw, N. Birbaumer, D. J. McFarland, G. Pfurtscheller, T. M. Vaughan, "Brain-computer interfaces for communication and control," *Clinical Neurophysiology*, 767-791, 2002  
[2] Shijian Lu, Cuntai Guan, Haihong Zhang, "Unsupervised Brain Computer Interface Based on Intersubject Information and Online Adaptation", *IEEE Transactions on Neural Systems and Rehabilitation Engineering*, 17(2), 135-145, 2009  
[3] Inaki Iturrate, Javier M. Antelis, Andrea Kubler, Javier Minguez, "A Noninvasive Brain-Actuated Wheelchair Based on a P300 Neurophysiological Protocol and Automated Navigation," *IEEE Transactions on Robotics*, 25(3), 614-627, 2009  
[4] M Fatourehchi, R K Ward, G E Birch, "A self-paced brain-computer interface system with a low false positive rate," *Journal of Neural Engineering*, 9-23, 2008  
[5] F Lotte, M Congedo, A Lecuyer, F Lamarche, B Arnaldi, "A review of classification algorithms for EEG-based brain-computer interfaces," *Journal of Neural Engineering*, R1-R13, 2007