

# 뇌-컴퓨터 인터페이스를 이용한 의사전달기

## Communication-system using the BCI

조한범 · 양은주 · 음태완 · 김응수

Hanbum Cho · Eunjoo Yang · Teawan Eum · Eungsoo Kim

\* 대전대학교 대학원 전자공학과

Dept.of Electronics Eng, Graduate School, Daejeon University

E-mail : eskim@dju.ac.kr

### 요 약

사람은 주로 언어를 통해서 서로간의 의사소통을 한다. 그러나 말을 할 수 없는 중증 장애인, 특히 전신마비가 된 장애인의 경우에는 글을 쓰거나 몸짓을 통한 방법으로도 자신의 의사를 전달하지 못한다. 이러한 중증 장애인이 의사소통을 할 수 있도록 뇌파를 이용한 의사전달기를 구현하였다. 안면근 신호가 포함된 뇌파의 특징을 추출하여 이를 일반적인 제어 신호로써 변환하고 이 신호를 통해 문자를 선택하여 의사를 전달할 수 있도록 하였다.

### Abstract

A person does communication between each other using language. But, In the case of disabled person, can not communicate own idea to use writing and gesture. We embodied communication system using the EEG so that disabled person can do communication. After feature extraction of the EEG included facial muscle, it is converted the facial muscle into control signal, and then did so that can select character and communicate idea.

**Key Words** : EEG, Artifact, BCI, Power Spectrum

## 1. 서 론

선천성 및 후천성(뇌졸중, 외상, 척추 병변 등) 지체 및 언어 장애인들은 타인과의 언어소통뿐만 아니라 기본적인 욕구나 생리 현상도 해결하기 힘들다. 이러한 중증 장애인의 경우에는 기본적인 자신의 의사 표현을 위한 보조적인 장치가 꼭 필요하다. 따라서 본 연구에서는 손을 사용하지 않는 보조적인 장치로써 특히 장애인에게 적용하기 쉬운 접근 방법으로 생체 신호 중 안면근 신호가 포함된 뇌파를 기반으로 한 BCI를 이용하여 의사 전달기를 구현해 보았다.

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)는 뇌파기를 통해 특정 상태의 뇌파 신호를 측정하여 특이점이나 특징을 추출하고 이를 분류한 후 일반적인 제어 신호로써 변환하여 컴퓨터나 기기 등을 제어하는 시스템 관련 기술이다. 이러한 BCI의 원리는 간단해 보이지만 뇌파는 사람에 따라 조금씩 차이가 있고 다양한 정신 상태에 따른 특이점을 발견하기란 쉽지 않기 때문에 사람의 생각만으로 기기를 조작하고자 하는 BCI의 궁극적인 목표를 달성하기 까지는 많은 연구가 필요하다. 생각에 의한 순수 뇌파만을 이용한 연구로 오스트리아의 퍼츠첼러 교수팀은 왼손/오른손 동작을 상상할 때의 뇌파의 특성을 연구하였고 [1][2], 미국의 Wolpaw 교수팀은 동작을 행하거나 상상을 할 때 감소하는 뮤파를 이용하여 모니터 상의 커서를 상하로 움직이는 실험을 하였다[3]. 또 다른 접근 방법으로 Degermann은 비디오 카메라를 모니터에 부착하고 눈의 움직임으로부터 정보를 추출하여 사용자와 컴퓨터 사이에 실시간으로 정보를 주고받을 수 있는 'Eyegaze'

란 시스템을 구현하였고[4] Tecce등은 EOG 신호를 이용하여 spelling device를 만들었다[5].

본 연구에서는 특히 중증 장애인들에게 적용가능하고 신뢰성 있는 시스템을 구현하고자 안면근 신호가 포함된 뇌파를 이용하여 의사 전달기를 구현하였다. 안면근 신호는 중증 장애인들도 쉽게 의도적으로 발생시킬 수 있는 신호이며 특징적인 파형을 나타내기 때문에 다른 잡파와의 구별이 가능하므로 제어 신호로써 사용 가능하며 시스템의 정확도를 높일 수 있다. 안면근 신호가 포함된 뇌파는 채널과 인식 구간을 이용하여 다섯 가지 상태로 구분하였다. 측정된 뇌파는 파워 스펙트럼, 정규화 등의 전처리를 한 후 ANN을 이용하여 각각을 분류하고 이를 제어신호로 변환하였다. 분류된 다섯 가지 신호를 이용하여 컴퓨터 스크린상의 커서가 각각 상, 하, 좌, 우로 이동하고 선택하도록 하였다. 커서의 이동에 따라 아홉 가지의 정해진 문장을 선택해 사용자의 의사를 전달할 수 있도록 하였다. 아홉 가지의 문장은 말을 할 수 없거나 거동이 불편한 장애인이 일상생활에서 흔히 사용할 수 있는 단어로 선택하여 장애인들이 편리하게 이용할 수 있도록 시스템을 구현하였다.

## 2. 시스템 구성

뇌-컴퓨터 인터페이스 시스템을 구현하기 위한 일반적인 시스템 구성도는 그림 1과 같다.

먼저 사람에게서 발생하는 생체 신호를 측정하고 데이터로 획득한다. 아날로그 형태로 획득된 신호는 다양한 방법을 통해 직렬한 신호 처리를 한 후에 응용 분야에

적용시키고 사용자에게 피드백 시킨다.

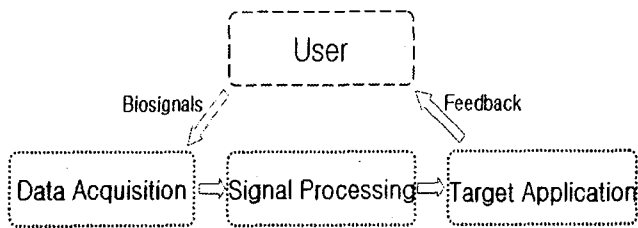


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1. System composition.

첫 번째 단계로 피험자로부터 뇌파 데이터를 획득하는데 4채널 디지털 뇌파기(LXE-RS232)를 이용하여 측정하고, 측정된 데이터는 ASCII 코드로 저장한다. 뇌파는 잡음에 매우 민감한 특성을 갖고 있으며, 측정시 혼입되는 잡파는 매우 다양하다. 제어 신호로써 사용가능한 잡파의 종류는 매우 다양하며, 본 연구에서 사용된 신호의 경우 일반상태에서 피험자가 의식적으로 발생시킬 수 있는 안면근 신호를 이용하였다. 안면근 신호는 일반 상태와 확연히 구분 가능하며, 특히 Eye Movement, Eye Blinking 등과 같은 EOG 신호와는 구분이 가능하다. 그러나 EOG 신호의 경우 의식적으로 발생가능하다는 장점은 있으나, 1분에도 수십 회 이상의 무의식적인 행동이 일어난다는 점에서 제어신호로써는 적합하지 않다.

두 번째 단계로 측정된 데이터를 필터링과 파워 스펙트럼의 전 처리 과정을 거친다. 파워 스펙트럼은 뇌파 신호를 푸리에 변환(Fourier transform)한 후 주파수에서 복소수 크기를 구함으로써 시간 영역에서 주파수 영역으로 변환된다. 이는 뇌파 신호에 어떤 주파수 성분이 우세한지 나타냄으로써 신호의 주파수 성분을 분석한다. 여기서는 Welch's 방식[9]을 이용하여 파워 스펙트럼을 보였다.

세 번째로 전 처리된 뇌파 데이터를 분류기에 입력하여 각 뇌파 데이터를 분류하고 인식하도록 한다. 본 연구에서는 ANN 중 feedforward 신경망으로 교사학습을 하는 오류 역전파 알고리즘(BPN)을 사용하여 각 상태를 구분하였다. 이 네트워크는 입력층, 은닉층, 출력층의 3층으로 구성되어 있으며 학습패턴을 입력하여 출력을 구한 후 출력층의 오차신호를 이용하여 은닉층과 출력층의 연결강도를 변경하고, 또한 출력층의 오차신호를 은닉층에 역전파하여 입력층과 은닉층과의 연결강도를 변경하는 BP학습을 채용하였다. 오류 역전파 알고리즘에 의한 신경망의 학습에 상당한 시간이 소요되지만 일단 학습이 끝나면 응용 단계에서는 매우 빠르게 결과가 출력된다. 이러한 네트워크를 구성하기 위하여 다양한 파라미터가 필요하며, 어떠한 파라미터를 사용할 때 최적의 네트워크를 구성할 수 있는가를 알아보기 위해 여섯 가지 구성 요소에 대하여 연구하였다. 첫 번째는 입력층, 은닉층, 출력층의 뉴런의 수, 두 번째는 은닉층의 수, 세 번째는 가중합의 전달함수, 네 번째는 학습방법, 다섯 번째는 네트워크 훈련 방법, 여섯 번째는 학습데이터의 수를 고려하여 구성하였다.

네 번째 단계에서는 구분된 제어 신호를 이용하여 전구를 켜거나 끄는 기구, 전화기, 방향제어 등에 적용하여 기기를 제어할 수 있다. 각 단계가 완료가 되면 다시 사용자의 뇌파를 측정하여 다른 제어 신호를 받도록 구성되어 있다.

### 3. EEG 측정 및 분류

본 연구에서는 피험자가 간단하게 발생시킬 수 있는 안면근 신호를 이용하여 기기를 제어하는 시스템을 개발하는 것이다. 이에 네 가지 요소를 고려하였다. 첫 번째는 뇌파 측정위치가 용이하여야 한다. 뇌파 측정은 국제 전극 배치법인 10-20 시스템을 따라 측정하였으며 두개의 전극을 이용하였다. 두 번째는 발생 가능한 잡파는 구분 가능한 특성을 가져야 한다. 잡파의 종류에는 여러 가지가 있으며, 각각의 잡파 또한 비슷한 특성을 갖고 있으므로 다른 잡파에 대하여 영향을 덜 받아야 한다. 세 번째로 잡파의 수는 적어야 한다. 각각의 잡파를 구분하는데 있어 여러 잡파를 이용할 경우 각 잡파간의 영향으로 인하여 이를 구분하는데 신뢰성이 떨어질 수가 있다. 네 번째로 누구나 쉽게 신호를 발생시킬 수 있어야 한다. 본 시스템은 일반인이 아닌 장애인, 특히 전신마비 및 언어장애를 갖고 있는 중증 장애인이 사용할 수 있도록 개발하였다.

본 연구에서는 국제 전극 배치법인 10-20 시스템을 이용하였으며, 그중에서 Fp1, Fp2 두개의 측정위치를 사용하였다. 측정 시스템은 그림 2와 같다.

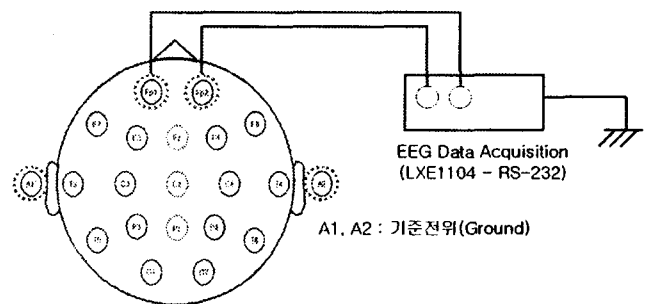


그림 2. 2채널 뇌파 측정도  
Fig. 2. 2-Channel EEG Acquisition

안면근 신호를 이용하여 다음의 세 가지 신호로 구분하였다. 1초 구간 내에서 발생시켰으며 한 번 발생한 신호와 두 번 발생시킨 신호, 길게 발생 시킨 신호를 이용하였다. 그림 3은 세 가지 상태의 안면근 신호를 나타낸 것이다.

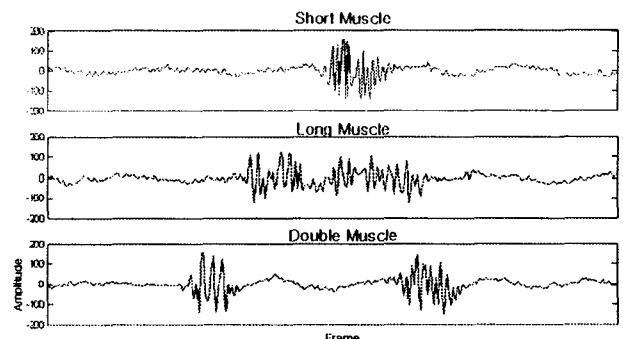


그림 3. 세 가지 상태의 안면근 신호  
Fig. 3. 3-State Facial Muscle

실험을 위하여 20대 남녀 20명에 대하여 뇌파를 측정하고, 획득된 뇌파를 시스템에 적용하였다. 측정에 앞서 안면근 신호 발생을 위한 훈련을 거쳤으며, 제어 신호로서의 다섯가지 상태에 대한 신호를 각각 발생시켜 측정하였다. 측정횟수는 1인당 각 상태에 대하여 3회를 실시하였고, 측정시간은 1회당 25초, 잡파 발생횟수는 1회 측정시 7번 발생시켰다. 이와 같은 과정을 통하여 획득된

실험 데이터는 1인당 105개(3회\*5가지 상태\*7회)이며, 전체 데이터 수는 2100개(20명\*105개)이다.

시스템에서 사용하는 제어신호는 상하좌우 및 선택을 위한 다섯 가지 상태로서, 그림 3에서 보인 세가지 상태의 신호를 이용하여 두 채널로 측정된 신호를 이용하여 그림 4와 같이 구성한다.

'SU'신호는 측정시 두 채널에서 짧게 두 번 연속해서 신호가 발생되며, 'SD'신호는 두 채널에서 짧게 한번의 신호가 발생되며, 'SL' 신호는 'Fp1' 채널인 왼쪽에서 신호가 한번 발생되며, 'SR' 신호는 'Fp2' 채널인 오른쪽에서 신호가 발생하는 신호이며, 'SC' 신호는 두 채널 모두에서 긴 신호가 발생하는 신호로 구분되며, 그림 4에 나타내었다.

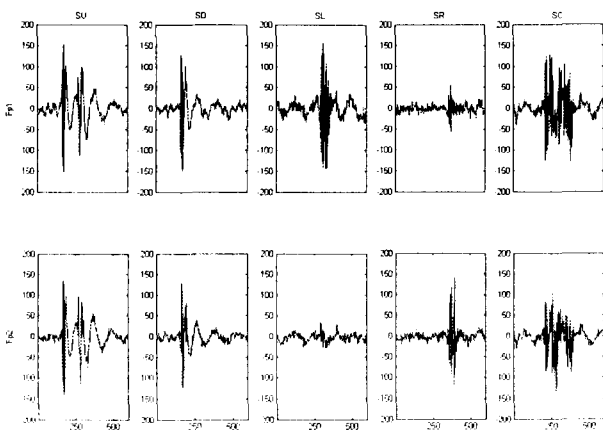


그림 4. 상태에 따른 안면근 신호의 파형  
Fig. 4. facial muscle signal to state

#### 4. 시뮬레이션 및 시스템 성능 분석

시스템에서는 장애인이 주로 사용가능한 아홉 가지의 단어를 선택하여 각각을 선택하도록 하였다. 그림 5는 아홉 개의 단어를 선택하기 위한 번호의 구성을 나타낸 것이다.

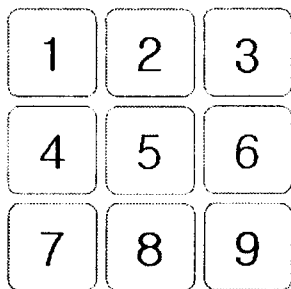


그림 5. 번호의 구성  
Fig. 5. Number Composition

피험자는 각 번호에서 커서를 상하좌우로 움직여 자신이 원하는 번호를 선택할 수 있다. 각 번호에 따라 적용된 문장을 삽입하여 자신이 원하는 문장을 선택할 수 있도록 하였다. 현재 선택한 번호는 다른 색으로 표시되며, 피험자가 현재 선택한 번호를 인식하고 자신이 원하는 문장일 경우, 문장을 선택할 수 있는 신호를 보내어 다른 사람이 피험자의 의도를 알 수 있도록 하였다. 번호를 선택하는 과정에 따른 상태 다이어그램을 그림 6에 나타내었다.

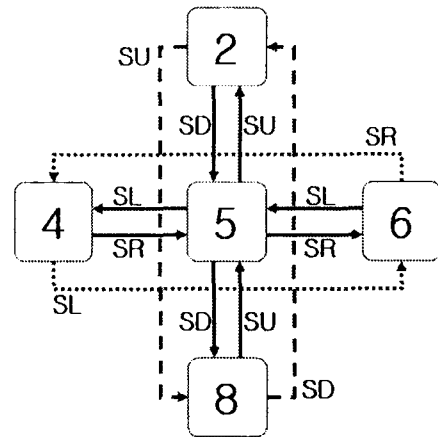


그림 6. 상태 다이어그램  
Fig. 6. State Diagram

네 방향으로 움직이는 신호인 'SU', 'SD', 'SL', 'SR' 신호와 번호를 선택하는 'SC' 신호로 구성되어 있다. 그림에서와 같이 5번에서 상, 하, 좌, 우의 네 방향으로 움직일 수 있으며, 이는 각 번호에 동일하게 적용이 된다. 가장자리에 있는 번호일 경우, 예를 들어, 6번의 경우 'SR'을 발생시키면 4번으로 이동하며, 9번의 경우에는 'SD'를 발생시킬 경우 3번으로 움직이도록 하였다. 'SC'를 발생시키면 현재 선택한 번호에 관련된 문장이 화면에 출력되도록 하였다.

Communication-system 시스템은 다섯 부분으로 구성되어 있다. 선택한 단어를 보여주는 창과 기본적인 조작을 하는 메뉴 선택 부분, 선택한 번호를 보여주는 숫자패드, 각 번호에 따른 단어, 현재 측정되어지는 뇌파 신호를 각 전극에 따라 보여주는 부분으로 구성되어 있으며 이를 그림 7에 나타내었다

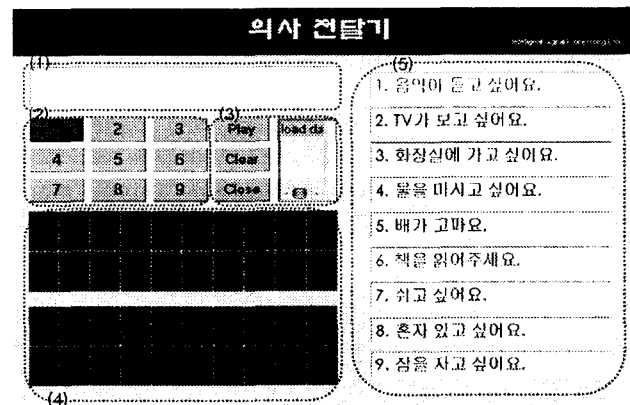


그림 7. Communication-system 초기화면  
Fig. 7. Communication-system initial screen

시스템을 실행시키고 6번의 '책을 읽어주세요.'를 선택할 경우, 초기화면상에서는 처음에 1번 번호가 기본으로 선택되어 있다. 이 상태에서 최단거리인 'SR' 신호를 2번 발생시켜 3번으로 간 뒤 아래로 움직이는 'SD' 신호와 선택신호 'SC' 신호를 발생시켜 6번을 선택하거나, 혹은 'SD'를 선택하여 4번으로 움직인 다음에 'SR' 신호를 2번 발생하여 6번을 선택하고, 'SC' 신호를 발생시켜 6번을 선택할 수도 있다. 그림 8에 실행시킨 화면을 나타내었다.

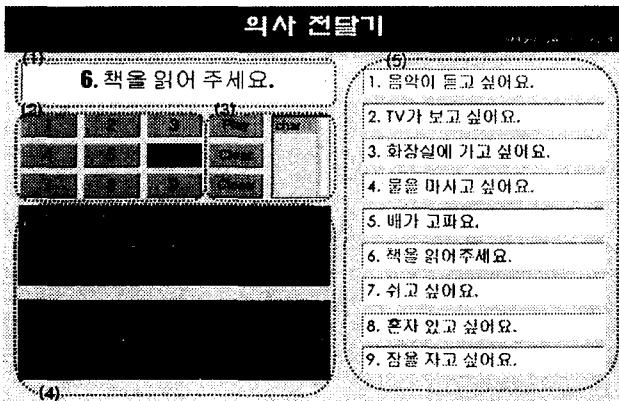


그림 8. Communication-system 실행 화면  
 Fig. 8. Communication-system simulation

실험에 대한 결과로 피험자 20명 중에서 10명의 데이터를 적용할 결과를 나타내었다. 표1에서 보는 바와 같이 10명의 피험자는 약간의 훈련 후 평균 95%이상의 성공률을 보였으며, 왼쪽이나 오른쪽의 안면근만을 발생할 경우가 다른 안면근에 비하여 성공률이 상대적으로 조금 낮게 나왔다.

표 1. 시스템 적용률

피험자	인식률(%)				
	SU	SD	SL	SR	SC
1	95	90	95	95	95
2	95	85	90	95	90
3	95	90	95	100	90
4	100	90	95	100	95
5	100	90	95	100	90
6	95	95	100	100	100
7	100	90	100	100	100
8	95	95	100	95	95
9	100	95	95	95	95
10	90	95	95	95	95
평균	96.50	91.50	96.00	97.50	94.50

### 5. 결론

본 연구에서는 안면근 신호가 포함된 뇌파를 이용하여 신체장애가 있고 말조차 할 수 없는 중증 장애인들에게 도움이 될 수 있는 의사 전달기를 구현하였다.

안면근 신호는 중증 장애인들도 쉽게 의도적으로 발생시킬 수 있는 신호이며 특징적인 파형을 나타내므로 시스템의 정확성과 신뢰성을 높일 수 있었으며 채널과 인식 구간에 따라 다섯 가지의 신호를 분류할 수 있어 시스템을 효율적으로 구성할 수 있었다. 여기서는 다섯 가지의 신호를 이용하여 아홉 가지의 의사 전달을 할 수 있도록 하였다. 다섯 가지의 안면근 신호는 파워 스펙트럼과 필터링으로 전처리한 후 ANN을 이용하여 99%이상의 분류 인식률을 얻었다. 테스트 데이터를 이용하여 시뮬레이션한 결과 대략 95%이상의 결과를 나타내었다.

일상생활에서 자주 사용하는 9가지 문장을 선정하여 신체 부자유자가 다른 사람에게 자신의 의사를 전달할

수 있도록 하였으며 9가지의 문장이외에도 원하는 문장을 다양하게 추가할 수 있다. 이를 이용할 경우 중증 장애인들도 쉽게 자신의 의사를 표현할 수 있을 것이다.

본 연구는 특정 장애인을 위한 목적으로 의사 전달기를 구현하였으나 일반 사람들에게도 도움을 줄 수 있는 시스템으로 이용가능하며 의사 전달기로서의 기능뿐만 아니라 제어 신호를 이용하는 많은 응용 분야에 적용될 수 있다.

감사의 글 : 본 연구는 한국과학재단 목적기초연구(R05-2002-000-00526-0) 지원으로 수행되었음.

### 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, DECEMBER 2000

[2] GERT 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] E.-A. Degermann, R.Dahlberg, D. Wallen, E.Bjorklund, and D. Lundman, "Ergonomic and technical evaluation of an eye-controlled computer with 'eyegaze'." Work. vol. 5, pp.213-221, 1995

[5] 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.

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

[7] J. Perelmouter, B. Kotchoubey, A. Kubler, E. Taub, and N. Birbaumer, "Language support program for thought-translation-devices", Biomedizinische Technik 47(1-2): 3-8, 2002

[8] Obermaier, B., Guger, C., Neuper, C., Pfurtscheller G. : "Hidden Markov Models for online Classification of Single Trial EEG Data.", Pattern Recog. Ltrs. 22:1299-1309 (2001)

[9] S. M. Kay. "Modern Spectral Estimation : Theory and Application. Prentice-Hall", 1988

[10] Schögl A., Neper C. Pfurtscheller G. : "Hidden Markov Models EEG-based Brain-Computer-Interface", Biomedizinische Technik 47(1-2): 3-8, 2002.

[11] Obermaier, B., Guger, C., Pfurtscheller, G. : "Information Transfer Rate in a Five-Classes Brain-Computer Interface.", IEEE Transac. on Neural Syst. and Rehab Engngn.Vol.9, 238-248 (2001)

[12] 이광우, 김대식, 최장욱. "뇌파 검사학", 고려의학, 2001.