

# 뇌와 컴퓨터의 인터페이스를 위한 뇌파 측정 및 분석 방법

## EEG Signals Measurement and Analysis Method for Brain-Computer Interface

염홍기, 장인훈, 심귀보

Hong-Gi Yeom, In-Hun Jang, and Kwee-Bo Sim

중앙대학교 전자전기공학부

(E-mail: [kbsim@cau.ac.kr](mailto:kbsim@cau.ac.kr))

### 요 약

사람과 컴퓨터의 인터페이스를 위한 방법에는 여러 가지가 있으나 보다 편리하고 몸이 불편한 사람들도 이용할 수 있도록 하기 위하여 최근에는 사람의 생체신호를 이용하여 Interface하기 위한 연구가 활발히 진행되고 있다. 생체신호에는 뇌파, 근전도, 심전도, 등 여러 가지가 있지만 이를 위해 사용자의 가장 많은 정보를 내포하고 있는 뇌파에 대한 연구는 필수적이다. 따라서 세계 여러 나라에서 뇌파에 대한 연구가 진행되고 있지만 아직까지 뇌파에 대한 정확한 분석이 이루어지지 못하고 있는 실정이다. 이를 위해 본 논문에서는 정확한 뇌파분석을 위한 뇌파 유발 자극 방법 및 측정법을 제안하고 사람이 몸을 움직이고자 하는 상상을 할 때 ERS(Event-Related Synchronization), ERD(Event-Related Desynchronization)를 분석함으로써 사람의 의도를 뇌파를 통해 분석하고자 한다.

**Key Words** : EEG Signals, BCI(Brain-Computer Interface), Brain Wave, Bio-signals, ERS, ERD

### 1. 서 론

사람이 컴퓨터에게 명령을 내리는 방법에는 여러 가지가 있을 수 있다. 가장 보편화된 방법으로 버튼이나 스위치를 이용할 수도 있고 사람의 말을 인식하거나 제스처, 얼굴 표정을 인식할 수도 있다.[1] 하지만 버튼을 누르거나 명령에 따라 동작을 수행하는 것은 수동적이며 얼굴 표정에 따른 서비스는 제한적이라는 단점이 있다. 하지만 만약에 컴퓨터가 사람의 생각을 이해하거나 그 의도를 파악할 수 있게 된다면 이에 대한 서비스는 무궁무진 할 것이며, 신체적 장애를 가지고 있다고 해도 사용가능하기 때문에 그 연구 가치는 매우 높다고 할 수 있다. 이를 구현하기 위한 방법으로 가장 주목을 받고 있는 것이 뇌파이며, 뇌파를 분석하는 방법[2][3][4]에서부터 이를 이용한 BCI (Brain-Computer Interface)[5][6]까지 많은 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존의 뇌파 연구에 따

르면 뇌의 각 부위는 각각 다른 역할을 하고 있으며, 일반적으로 뇌파는 직접 분석하기보다 주파수 변환을 통해 각 주파수 대역에서 뇌파를 분석한다. 뇌파는 주파수 대역에 따라  $\delta$ 파(0.2~3.99Hz),  $\theta$ 파(4~7.99Hz),  $\alpha$ 파(8~12.99Hz),  $\beta$ 파(13~29.99Hz),  $g$ 파(30~50Hz)로 나눈다. 저주파의 경우 움직임에 대한 잡음일 경우가 많으며 알파파는 눈을 감고 있는 것과 같은 편안한 상태에서 증가하며 눈을 뜨면 감소하는 것으로 알려져 있다[7]. 특히  $\mu$ 파(8~12Hz)는 몸을 움직이고자 할 때 감소하는 것으로 알려져 있으며[8], 베타파는 의식적 활동 시, 감마파는 주의집중 시에 증가한다고 보고되고 있다.[9]

하지만 뇌의 구조가 복잡하고 뇌파에는 많은 정보가 혼합되어있어 아직까지 뇌파에 대한 정확한 분석이 부족한 상황이며, 다수의 채널을 머리에 부착해야 한다는 단점도 가지고 있다.

본 논문에서는 이를 해결하고자 움직임 시 발생하는 ERS(Event-Related Synchronization)와 ERD(Event-Related Desynchronization)에 대한 연구 및, 운동중추와 사고중추 영역의 측정을 통해 채널수를 줄이는 방법을 제안한다.

감사의 글 : 이 논문은 2007년 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국학술진흥재단의 지원을 받아 수행된 연구임(KRF-2007-313-D00493). 연구비지원에 감사드립니다.

## 2. 뇌파 측정 및 분석

### 2.1 유발 자극 환경 구축

뇌는 쉬지 않고 계속 동작을 하기 때문에 다른 뇌파(생각)의 영향을 줄이고 우리가 원하는 뇌파를 최대한 유발하여 그 뇌파를 정확히 측정하는 것이 뇌파분석을 위해 매우 중요하다. 본 연구에서는 피험자가 팔을 움직이려고 할 때의 뇌파를 측정하고 분석하기 위해 몸을 움직이는 상상을 극대화하고자 뇌파 유발 자극 환경으로 공 이미지를 사용하였다. 피험자가 다른 생각을 하지 않고 실험에 집중할 수 있도록 뇌파 측정 시작 후 5초의 여유를 두고 이미지를 제시하였다. 이미지는 모두 4장이 제시되었으며 그림 1.과 같이 우측 상단의 공 이미지, 중앙의 공 이미지, 좌측 상단의 공 이미지, 마지막으로 중앙의 공 이미지를 각각 뇌파 측정 5초, 7초, 12초, 14초 후에 제시하였다. 이는 공이 우측 상단에 위치했을 때 피험자는 오른쪽 팔로 공을 쳐서 가운데로 보내는 상상을 하게 하고 좌측 상단에 위치해 있을 때는 왼팔로 공을 쳐서 가운데로 보내는 상상을 하도록 하기 위한 이미지이며, 공을 쳐서 가운데로 이동시키는 이미지 변화에 2초의 간격을 두어 그 시간동안의 뇌파의 변화를 분석하였다. 다음의 그림 1.은 뇌파 측정시 피험자에게 제시된 뇌파 유발을 위한 자극 이미지이다.

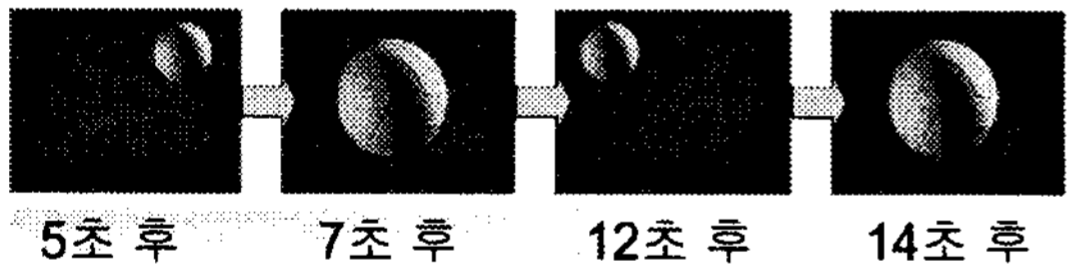


그림 1. 뇌파 유발 자극 이미지와 제시 시각

### 2.2 뇌파의 측정

정확한 뇌파의 분석을 위해서는 뇌파의 정확한 측정이 중요하며, 이를 위해 우선 뇌의 구조와 기능에 대해 알아보려고 한다.

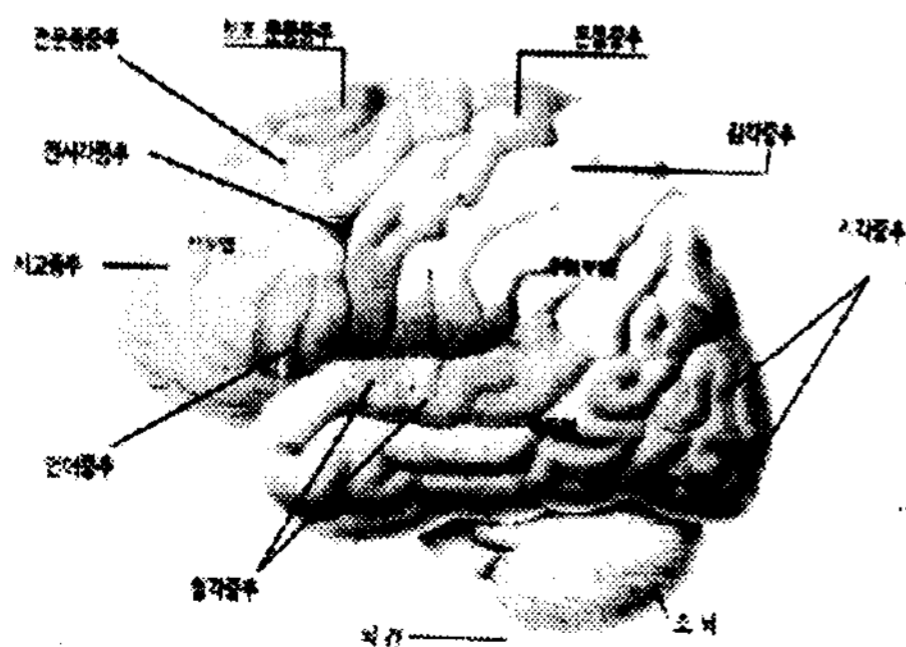


그림 2. 뇌의 구조

먼저 대뇌의 피질은 그림 2와 같이 전두엽, 두정부엽, 측두엽, 후두엽 등으로 크게 나뉘며, 전두엽은 의사결정과 관련된 역할을 담당하고, 두정부엽은 신체를 후두엽은 시각과 관련이 깊고, 측두엽은 청각과 관련이 있다[10].

다음으로 뇌파 측정 시 많이 사용되는 방법에 대해 알아보도록 하겠다. 많이 사용되는 뇌파 측정 방법에는 10-20 system의 19영역을 측정하기도 하며[3], 더 정밀한 측정을 위해 MCN 전극배치법에서 32영역을 측정하거나 41영역을 측정하기도 한다.[6][4] 하지만 측정 채널수가 늘어날수록 데이터의 양과 정보처리 시간도 늘어나며, 측정이 번거롭기 때문에 가능한 채널수를 줄여나가는 연구가 필요하다.



그림 3. 기존 뇌파 측정 장면

본 연구에서는 이를 해결하고자 운동중추의 C3, C4영역과 사고중추의 Fp1, Fp2영역의 측정을 제안하였으며, 이 4영역에서 측정된 EEG 신호를 실험의 데이터로 활용하였다.

측정 시 GND는 그림 4와 같이 귀의 옆 부분에서 측정하고, REF는 귀의 아래 부위에서 측정하였다. 측정 장비로는 LAXTHA의 QEEG-8 장비를 사용하였으며, 동 회사 프로그램인 TeleScan을 이용, EEG신호를 컴퓨터로 전송받은 후 이를 TXT파일로 변형하였다.

실험은 총 10회를 실시하였으며, 이 때 Sampling Frequency는 256Hz로 설정하여 실험하였다. 이렇게 획득된 EEG신호를 좀 더 정확한 분석을 위해 이 TXT파일을 BIOSEMI사의 EEGLAB v6.01을 활용하여 분석해보았다.

먼저 TXT파일인 EEG신호를 EEGLAB 프로그램에 Load시켜주고, 측정 시에 사용된 4채널을 머리 Model에 Mapping시켜준다. 이후 EEG Data를 Power Spectrum분석을 통하여 ERS(Event-Related Synchronization), ERD(Event-Related Desynchronization)를 분석하는 방법으로 실험을 하였다.

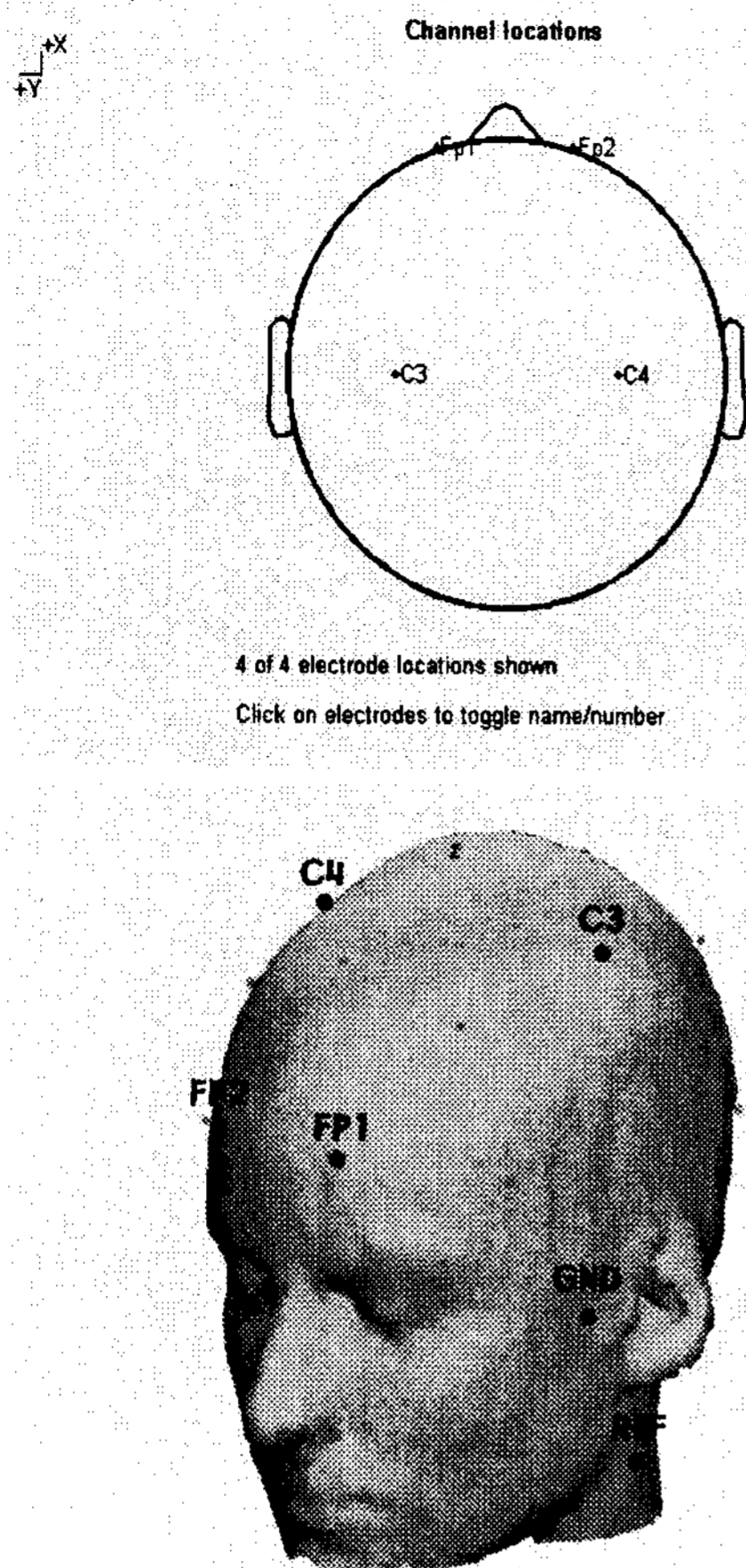


그림 4. 본 논문에서 제안된 뇌파 측정 부위

### 2.3 뇌파의 분석

뇌파를 분석하는 방법에는 어느 영역이 활성화 되었는지를 파악하는 방법과 P300(자극제시 후 약 300ms 지점에 나타나는 Positive 피크를 의미)를 분석하는 방법[10], 알파파(8~12.99 Hz)와 베타파(13~29.99 Hz)의 크기를 비교하는 방법[11] 등이 있다.

선행 연구에 따르면 움직임을 상상할 때 ERS(Event-Related Synchronization)와 ERD(Event-Related Desynchronization)가 발생한다고 보고되어왔다. ERS란 피험자가 어떤 동작을 취할 때 뇌파가 증가하는 것을 말하며, ERD란 반대로 뇌파가 감소하는 것을 말한다.

본 연구에서는 움직이는 상상을 할 때 피험자의 의도를 감지하기 위해 mu파(8~12Hz)와 beta파(13~29.99 Hz)의 증감을 파악하여 ERD와 ERS를 파악하였다. 잘 알려진 바와 같이 뇌는 각각 반대 영역의 신체를 담당하기 때문에 좌측 몸의 움직임을 감지하기 위해 우측 뇌 영역의 EEG를 분석하고 우측 몸의 움직임을 분석하기 위해서는 좌측 뇌의 EEG를 분석하였다.

### 3. 실험결과

실험은 총 10회 실시하였으며, TeleScan 프로그램을 이용하여 무파의 세기를 비교하여 보았다. P300이란 정확히 300ms후의 반응이 아닌 그 근처에서의 양의 피크치를 의미하며 본 연구에서는 100~600ms 사이에서 해당 무파가 피크였을 때의 평균 결과 표 1과 같이 우측 팔을 움직이고자 할 경우 좌측 뇌(C3)에서 무파가 감소하는 현상(ERD)이 발생하였다. 좌측 팔을 움직이고자 할 경우에는 우측 뇌(C4)에서 무파가 감소하는 현상을 발견할 수 있었다.

표 1. 움직임 상상시 C3, C4에서 mu파 세기

	오른손 동작 상상시 무파 세기		왼손 동작 상상시 무파 세기	
	C4	C3	C4	C3
S1	0.6191	-0.085	0.0668	0.5399
S2	0.6495	0.2543	-0.2344	0.2228
S3	0.7081	0.0359	-0.2363	0.6052
S4	0.8478	0.0177	0.3664	0.5336
S5	0.6835	0.3943	-0.4509	0.2091
S6	0.714	0.3872	0.3397	0.5947
S7	0.203	-0.3165	0.192	0.4351
S8	0.2356	-0.1225	0.0469	0.6269
S9	0.8125	0.3509	0.2877	0.5541
S10	0.8849	0.3312	0.3557	0.5858
평균	0.6259	0.1489	0.1625	0.5056

또한 EEGLAB 프로그램을 이용하여 두뇌모델에 맵핑한 C3, C4, Fp1, Fp2 영역의 EEG신호를 Power Spectrum을 통해 분석한 결과 그림 5와 같이 우측 팔을 움직이고자 할 경우 좌측 뇌에서 무파(8,10,12Hz)가 감소(ERD), 상대적으로 우측이 높고 베타파(20, 30Hz)는 증가하여 좌측이 높은 것(ERS)을 볼 수 있으며, 그림 6와 같이 좌측 팔을 움직이고자 할 경우 우측 뇌의 무파가 감소, 상대적으로 좌측이 높고 베타파는 증가, 우측이 높은 것을 볼 수 있다.

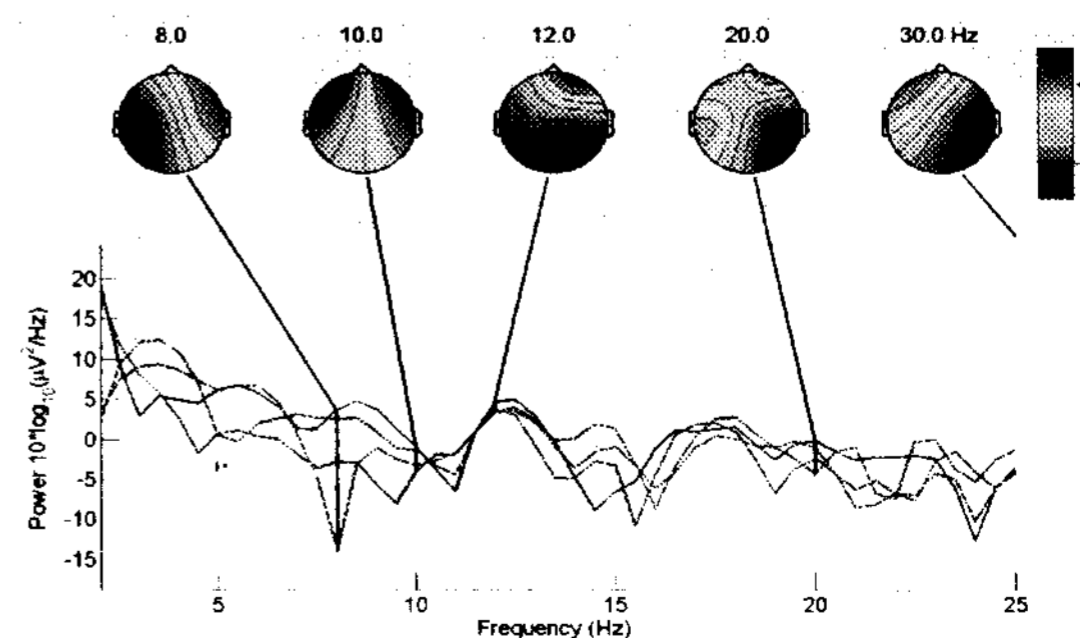


그림 5. 오른팔 움직임 상상 시 Power Spectrum

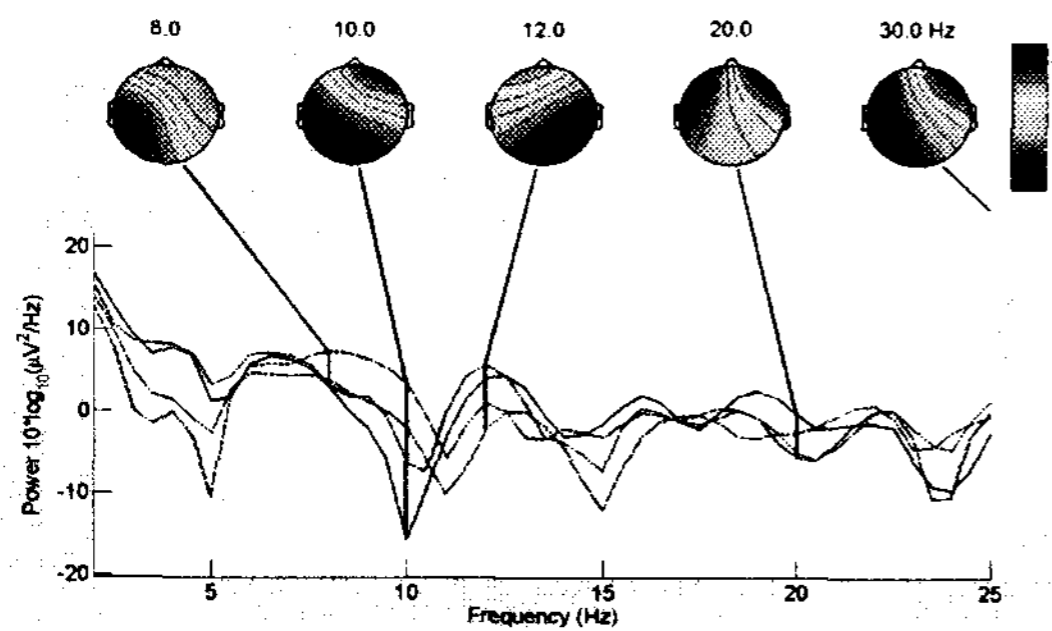


그림 6. 왼팔 움직임 상상 시 Power Spectrum

#### 4. 결 론

본 논문에서는 측정된 EEG신호의 Power Spectrum 분석을 통하여 뮤(mu)파와 베타파의 좌/우의 크기를 비교함으로써 피험자가 어느 쪽 팔을 움직이려고 하는지 인지하는 방법에 대해서 논하였으며, 이를 위하여 어떤 유발 자극을 사용하고 뇌의 어느 영역을 측정할 것인지에 대한 부분을 살펴보았다. 또한 이를 통하여 다수 영역을 모두 측정하고 Features를 뽑아내는 것이 아니라 제안된 4채널 측정을 통해 사용자의 움직임 인지가 가능함을 보였다. 향후 연구과제로는 실시간으로 EEG신호를 분류하고 이를 통하여 지체장애인이거나 노인과 같이 몸이 불편한 사람들의 행동을 돕는 시스템이 구축이 필요하겠다.

#### 참 고 문 헌

[1] H. Guncs and M. Piccardi, "Bi-modal emotion recognition from expressive face and body gesture", *Journal of Network and Computer Application*, pp. 1-12, 2006.

[2] Paul S. Hammom and Virginia R. de Sa, "Preprocessing and Meta-Classification for Brain-Computer Interfaces", *IEEE transaction on biomedical engineering*, vol. 54, No.3, march 2007

[3] N. Firat INCE, Sami ARICA, "Analysis and Visualization of ERD and ERS with Adapted Local Cosine Transform", *Proceedings of the 26th Annual International Conference of the IEEE EMBS San Francisco, CA, USA · September 1-5, 2004*

[4] ZHOU Zhong-xing, MING Dong, WAN Bai-kun, CHENG Long-long, "Event-Related EEG-Changes during Attempted Standing Up Task",

*Proceedings of NFSI & ICFBI 2007 Hangzhou, China, October 12-14, 2007*

[5] Arao Funase, Tohru Yagi, Allan K. Barros, Andrzej Cichocki and Ichi Takumi, "Single trial method for Brain-Computer Interface", *Proceedings of the 28th IEEE EMBS Annual International Conference New York City, USA, Aug 30-Sept 3, 2006*

[6] Laura Kauhanen, Pasi Jylanki, Janne Lehtonen, Pekka Rantanen, Hannu Alaranta, and Mikko Sams, "EEG-Based Brain-Computer Interface for Tetraplegics", *Hindawi Publishing Corporation Computational Intelligence and Neuroscience Volume 2007, Article ID 23864, 11pages doi:10.1155/2007/23864*

[7] S.Salenius, M.Kajola, W.L.Thompson, S.Kossly, and R.Hari, "Reactivity of magnetic parieto-occipital alpha rhythm during visual imagery," *Electroencephalogr. Clin. Neurophysiol.*, vol. 95, pp. 453-462, 1995

[8] Pineda JA. The functional significance of mu rhythms: translating "seeing" and "hearing" into "doing". *Brain Res Brain Res Rev.* 2005 Dec1;50(1):57-68.

[9] T. Gruber, M.M. Muller, A. Keil, and T. Elbert, "Selective visual-spatial attention alters induced gamma band responses in the human," *EEG. Clin. Neurophysiol.*, vol.110, pp. 2074-2085, 1999.

[10] <http://www.laxtha.com>

[11] 김종성 외, "생체신호 기반 사용자 인터페이스 기술", *전자통신동향분석*, 제20권, 제4호, 2005년 8월