

## 좌/우뇌 활성화 대칭 향상을 위한 게임 활용 시스템 개발연구

안소영\*, 신동규, 신동일  
세종대학교 컴퓨터공학과  
asy913@gce.sejong.ac.kr, {shindk, dshin}@sejong.ac.kr

Game Application System Development  
for improving the Symmetry of the Left/Right Brain Activity

So-Young Ahn\*, Dong-Kyoo Shin, Dong-Il Shin  
Dept. of Computer Engineering, Sejong University

### 요 약

본 논문에서는 뇌기능의 최적화를 통해 좌, 우뇌 활성화의 대칭성을 향상시켜 불안, 우울과 같은 정서장애를 개선하기 위한 게임 활용 시스템에 대한 연구결과를 소개한다. 일반적으로 정서장애를 보이는 환자들의 특징은 치료에 대한 의지가 낮아 확실한 동기부여가 필요하다. 이러한 환자들에게 강한 동기를 제공하기 위해 흥미유발의 게임형 콘텐츠와 사용자화를 통한 맞춤형 게임 시스템을 제안한다. 또한 5일 동안 진행된 실험 결과 좌, 우뇌 활성화의 대칭 정도가 향상된 것을 알 수 있었다. 제안된 게임 활용 시스템은 우울증, 집중 장애 치료와 같은 의료 분야나 학생들의 집중도를 높여 학습에 도움을 주는 교육 분야 등 다양한 분야에 적용이 가능할 것으로 보인다.

### ABSTRACT

In this paper, we present the research result related to a game application system which improves the symmetry of the left and right brain activity for alleviating the emotional disorders such as anxiety and depression. Since the characteristics of patients with affective disorders are less willing to therapy, obvious motivation is needed in general. To provide a strong incentive for these patients, we propose a customized game system through game-oriented content of enjoyment. After the experiments conducted for 5 days, it was found that the symmetry of left and right brain activity is enhanced. The proposed functional game system can be applied to a wide range of applications such as healthcare or education.

**Keywords** : EEG(뇌파), Neuro-Feedback(뉴로 피드백), Brain activity(뇌 활성화도)

Received: Mar. 10, 2015 Accepted: Apr. 03, 2015

Corresponding Author: Dong-Il Shin(Sejong University)

E-mail: dshin@sejong.ac.kr

ISSN: 1598-4540 / eISSN: 2287-8211

© The Korea Game Society. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

## 1. 서 론

인간의 뇌에 대한 연구는 1990년 이후 뇌 과학, 뇌 공학, 뇌 의학으로 빠르게 진전되어 왔다. 특히 인간의 대뇌는 좌뇌와 우뇌로 나누어져 있으며 각각의 반구에서 서로 다른 기능을 수행한다[1,2]. 그 이유는 좌뇌와 우뇌에서 정보를 해석하는 방식이 서로 달라 입력된 정보를 처리할 때, 좌뇌는 추리, 계산 등의 논리적인 문제를, 우뇌는 그림, 음악 감상, 스포츠와 같은 감각적인 문제를 해결하도록 발달되었기 때문이다[3,4,5]. 이와 같이 좌, 우뇌의 차이를 뇌 과학에서는 뇌의 기능 분화라고 하며 일반적으로 뇌과 분석을 통해 좌우 뇌반구의 비대칭 정도를 파악 할 수 있다. 인간의 뇌는 모두 다른 특성을 지니며 뇌의 전체적인 발달과 좌, 우뇌의 균형은 뇌기능의 최적화를 위한 필수 조건이다[6,7].

불안과 우울은 앞서 언급된 좌, 우뇌의 불균형에서 볼 수 있는 증상이다. 좌, 우뇌의 비대칭에 의해 정서적 성향이 달라지고 이 차이가 클수록 불안과 우울 등의 이상 증세를 보인다[8,9,10].

최근 의료, 게임, u-Health와 같은 다양한 사업 분야에서 이러한 정신 질환의 개선을 목적으로 뇌파를 통한 인터페이스에 주목 하고 있다[11,12,13]. 정신 또는 신체 질환을 가진 환자들의 상태를 판단하고 뇌파를 조절하는 훈련을 통해 치료와 예방을 하는 프로그램에 주로 사용된다. 대표적인 예로 뉴로 피드백이 있다[14,15,16]. 뇌파를 이용하는 바이오피드백 중 한 형태인 뉴로 피드백은 훈련을 통해 잠재능력 향상이나 감정 상태를 반영하는 게임 인터페이스로 활용이 되었고[17], 환자의 경우에는 임상 증상 개선을 목적으로 시행되어왔다. 현재 ADHD, 뇌손상 등 뇌기능과 관련된 여러 가지 영역에서 다양한 효과가 확인되면서 관련 임상 연구들이 계속 발표되고 있다[18,19,20].

좌, 우뇌 활성화도의 비대칭과 우울증에 관한 선행 연구들을 살펴보면, 천은진은 우울증에서 나타나는 불안 및 불안장애는 우측 전전두엽의 과활성이 두

드러지는 것을 발견하였다[8]. Davidson 또한 비대칭은 우울증에 대한 특성이라고 제안했다[21].

본 논문에서는 뇌기능의 최적화를 통해 좌, 우뇌 활성화도의 대칭성을 향상시켜 불안, 우울과 같은 정서장애를 개선하기 위한 게임 활용 시스템의 개발을 목표로 한다. 일반적으로 정서장애를 보이는 환자들의 특징은 무기력하고 치료에 대한 의지가 낮아 확실한 동기부여가 필요하다. 따라서 본 논문은 이러한 환자들에게 강한 동기를 제공하기 위해 흥미유발의 게임형 콘텐츠와 사용자화를 통한 맞춤형 게임 시스템을 제안한다.

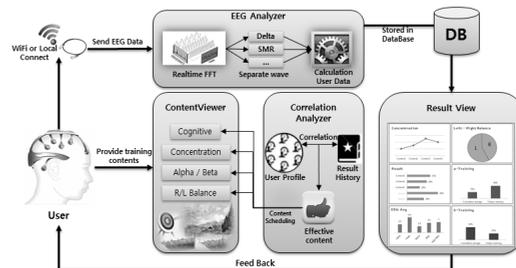
본 논문의 구성은 먼저 2장에서 게임 활용 시스템의 구조와 콘텐츠에 대하여 설명한다. 다음으로 3장에서는 뇌파 데이터의 분석과 처리 방법에 대해 설명한다. 4장에서는 시스템을 적용한 실험의 구성과 방법, 검증을 통한 정확도 비교와 실험 결과에 대해 설명하고 마지막으로 5장에서 결론과 향후 연구 과제에 대하여 논의한다.

## 2. 게임 활용 시스템

### 2.1 시스템 구조

본 논문은 뇌기능의 최적화를 통해 좌, 우뇌 활성화도의 대칭성을 향상시켜 불안, 우울과 같은 정서장애를 개선하기 위한 게임 활용 시스템의 개발을 목표로 한다.

[Fig. 1]은 본 논문에서 개발한 게임 활용 시스템의 구조도를 나타낸다.



[Fig. 1] Game Application System Structure

게임 활용 시스템은 EEG Analyzer 모듈, Content Viewer, Correlation Analyzer, Result Viewer로 구성되어 있다.

먼저 EEG Analyzer 모듈은 뇌파 측정 기기와 연결되어 실시간으로 들어오는 뇌파를 전처리과정을 통해 Theta, Alpha, Beta, SMR(Sensory Motor Rhythm)로 분리하여 데이터베이스에 저장한다. Content Viewer는 사용자가 수행하는 뇌파 훈련 콘텐츠를 제공하며, Correlation Analyzer는 사용자에게 적합한 콘텐츠를 제공할 수 있도록 한다. 마지막으로 Result Viewer는 훈련의 결과를 각 구간별로 보여주며, 데이터베이스에 저장된 뇌파 데이터의 누적 평균을 통해 뇌파의 증가율을 알 수 있도록 한다.

## 2.2 시스템 콘텐츠 구성

본 시스템은 전두엽의 기능 발달을 위해 인지능력 개발, 알파파 트레이닝, 베타파 트레이닝, 좌뇌 활성화, 우뇌 활성화에 해당하는 카테고리 8개의 콘텐츠를 제공한다.

[Fig. 2]는 인지능력 개발을 위한 콘텐츠의 실행 화면이다.



[Fig. 2] Content for Cognitive Ability Development

인지능력 개발 구간은 사람 이름 외우기, 그림 맞추기의 콘텐츠들을 포함하며, 전두엽 기능의 발달을 목표로 한다. 이는 좌, 우뇌를 균형 있게 발달시키는 역할을 하며 정보처리 시 뇌의 활성도를

높여주어 불안 및 우울 증세 개선 및 주의력 상승에 효과적이다.

[Fig. 3]은 알파파, 베타파 트레이닝을 위한 콘텐츠의 실행 화면이다.



[Fig. 3] Content for Alpha and Beta Waves Training

알파파 트레이닝 구간은 클래식 음악 감상, 명상의 콘텐츠들을 포함하며, 두뇌 이완을 통해 사용자의 알파파를 상승시킨다. 베타파 트레이닝 구간은 집중력 향상을 위한 콘텐츠를 포함하며, 두뇌 활성화를 통해 사용자의 베타파를 상승시키는 것을 목표로 한다. 각각의 파형 트레이닝을 통해 사용자가 올바른 뇌파 분포를 가질 수 있도록 한다.

[Fig. 4]는 좌, 우뇌 활성을 위한 콘텐츠의 실행 화면이다.



[Fig. 4] Content for Left and Right Brain Activation

좌뇌를 활성화하는 콘텐츠는 연산 훈련 위주의 계산-셈하기, 1to50이 있으며, 우뇌를 활성화하는 콘텐츠는 공간적, 총체적 정보를 처리하는 훈련인 같은 카드 찾기가 있다. 좌, 우뇌 비대칭은 정서 장애를 가진 환자의 대표적인 양상으로 활성화도가 낮은 부위를 훈련을 통해 증가시켜 사용자가 좌, 우뇌 대칭을 가질 수 있도록 한다.

### 3. 데이터 분석

본 논문에서는 뇌파 측정 기기로부터 측정된 데이터를 카테고리 별로 나누어 분석한다. 뇌파의 파형은 다른 진폭 및 주기를 갖는 여러 사인파나 코사인파로 표현될 수 있다. 또한 각각의 사인파나 코사인파로 분리될 수 있다. 이러한 푸리에 이론에 따라 파형을 여러 개의 파로 분리해 내는 고속 푸리에 변환(FFT, Fast Fourier Transform) 분석법을 이용한다. 분석 처리 방법은 (eq. 1)과 같다.

$$H(f_n) = \sum_{k=0}^{N-1} h_k e^{-j2\pi kn/N} = H_n \quad (\text{eq. 1})$$

$$h_k = \frac{1}{N} \sum_{n=0}^{N-1} H_n e^{-2\pi kn/N}$$

시간에 따라 변화하는 시계열 신호를 주파수 영역으로 변환하여 주파수 변화에 따른 신호의 양상을 판단한다. 이 분석법을 이용하여 데이터를 주파수 성분 별로 분류하고 분류된 주파수 성분들의 밀도와 분포를 파악한다. 여기서 나온 정보들로 각각의 카테고리에 해당하는 지표들을 적용한다.

먼저 인지능력 개발 구간에서는 주의 지표를 적용하여 사용자의 집중도를 파악한다. 주의 지표는 (eq. 2)와 같다.

$$Power\ Ratio\ of\ (SMR + MidB) / \theta \quad (\text{eq. 2})$$

다음으로 알파파와 베타파 트레이닝에서는 구간 내에서 실시간으로 측정된 뇌파 데이터의 알파파와 베타파의 평균을 구한다. 앞서 훈련하여 측정된 누적 데이터의 평균과 비교하여 증가율을 판단한다.

마지막으로 좌, 우뇌의 활성화도는 뇌에서 주어진 활동은 일반적으로 알파파에 반비례한다는 기존의 이론을 바탕으로 이를 AIM(Alpha Inactivity Mechanism)에 적용한다. 수식은 다음과 같다.

$$actLeft = \frac{1}{P_{actL}} \quad (\text{eq. 3})$$

$$actRight = \frac{1}{P_{actR}}$$

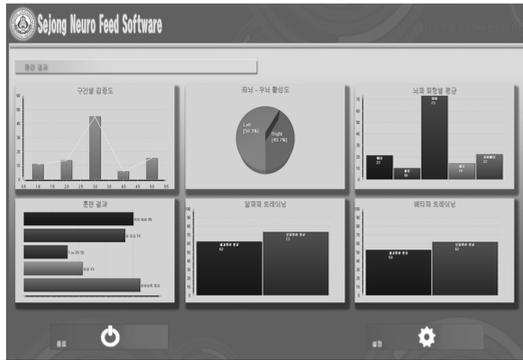
여기서  $P_{actL}$ 과  $P_{actR}$ 은 각각 왼쪽과 오른쪽의 알파파의 크기를 의미한다. 좌뇌와 우뇌의 활성화도를 비교하는 것이기 때문에 (eq. 3)에서 구해진 수치를 백분율로 Result Viewer에 나타낸다.

## 4. 실험 및 결과

### 4.1 실험 설계

본 논문의 목적은 뇌기능의 최적화를 통해 좌, 우뇌 활성화도의 대칭성을 향상시켜 정서장애를 개선하기 위한 게임 활용 시스템의 개발이다. 따라서 훈련 중에 각 카테고리 별로 해당하는 뇌파를 자연스럽게 유도할 수 있도록 콘텐츠를 설계하였다. 현재 상용화된 여러 뉴로 피드백 시스템들에서 사용하는 콘텐츠를 참고하여 본 시스템에 맞게 변형 및 적용하였다.

[Fig. 5]는 훈련의 결과를 나타내는 Result Viewer의 화면이다.



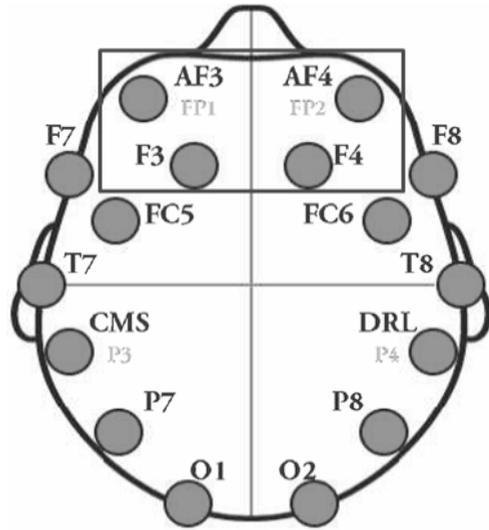
[Fig. 5] Screen of Result Viewer

각각의 훈련 구간 별 뇌파와 훈련 전체에서 발생한 뇌파를 이용하여 훈련 결과를 나타낸 것이다. 각 구간에서 사용자는 실시간으로 자신의 뇌파를 확인할 수 있고 Result Viewer를 통해서 이전의 훈련을 통해 나온 뇌파들의 평균과 비교해 볼 수 있다. 또한 좌, 우뇌 대칭 정도와 전체 구간에서의 뇌파들의 평균도 한눈에 확인해 볼 수 있도록 하였다.

#### 4.2 실험 방법

실험에 사용된 뇌파 장비는 Emotiv 사의 EPOC 장치로 14개의 채널과 2개의 그라운드 센서들로 구성되어 있으며 초당 128Hz의 데이터를 수신한다. 측정 부위는 10-10 전극법에 따라 AF3, F3, F4, AF4를 동시에 측정하였다. 측정된 데이터 분석에는 EEGLAB을 사용하였다.

뇌파 측정 위치 선정은 앞서 언급한 우울이나 불안과 같은 정서장애는 전전두엽과 밀접한 관련이 있다는 기존의 이론을 바탕으로 전두엽 부분의 4개의 채널을 사용하였다.



[Fig. 6] Selected Channels

본 실험은 20대의 남성 5명, 여성 5명으로 이루어진 실험자들이 5일 동안 5가지 카테고리로 구성된 시스템으로 훈련하였다. 또한 훈련마다 시스템에서 나오는 콘텐츠들을 변형하여 문제를 암기하여 푸는 경우가 없도록 하였다.

[Fig. 7]은 실험을 진행하는 모습이다.



[Fig. 7] The Picture of EEG Experiments

사진에서 보이는 것과 같이 피험자가 뇌파 측정 장비를 착용하고 훈련에 임하도록 하였다. 피험자가 훈련을 진행하는 동안 감독관은 옆에서 뇌파 데이터의 입력을 확인하고 훈련 구간마다 마커를 남겨 각 구간을 좀 더 정확하게 분류할 수 있도록 하였다.

### 4.3 실험 결과

입력된 뇌파의 신호들을 EEGLAB을 이용하여 상대 파워 값을 기준으로 Theta, Alpha, Beta, SMR(Sensory Motor Rhythm)의 평균값을 저장하였다. 4개의 뇌파 주파수 대역으로 각 구간의 뇌파 활성도를 판단하고 지표를 계산하여 정확한 수치를 알아내었다. 또한 훈련 기간 동안의 데이터들을 비교하여 정확도와 증가량을 파악하였다.

[Table 1]은 5일 동안 실험한 결과를 정리한 것이다.

[Table 1] Result of Experiment

	Recognition	Alpha	Beta	Symmetry (%)	
				Left	Right
Day 1	0.3562	10.28	4.28	44.49	55.51
Day 3	0.439	12.95	4.96	45.24	54.76
Day 5	0.590	13.79	6.66	48.09	51.91
Growth (%)	65.66	34.23	55.47	-65.34	

인지, 알파, 베타는 각각 인지능력 개발, 알파파 트레이닝, 베타파 트레이닝 구간을 나타낸다. 3장에서 설명한 수식들을 적용하여 결과 값을 도출하였으며, 1일차와 5일차의 결과로 증가율을 계산하였다. 실험 결과 인지능력 개발에서 피험자들은 실험이 종료한 후 집중도가 65.66% 증가하였고 알파파와 베타파 트레이닝에서도 각각 34.23%, 55.47%의 증가율을 보였다. 또한 좌, 우뇌 활성화도의 차이가 1일차와 비교하여 65.34% 감소하였으므로 대칭 정도가 실험 시작보다 향상된 것을 알 수 있다.

## 5. 결 론

본 논문에서는 뇌기능의 최적화를 통해 좌, 우뇌 활성화도의 대칭성을 향상시켜 불안, 우울과 같은 정서장애를 개선하기 위한 게임 활용 시스템을 개발하였다. 이 시스템은 게임형 콘텐츠로 제작하여 사용자의 흥미를 높여 참여를 유도한다. 또한 훈련 구간에서 유도하는 뇌파를 사용자가 잘 이끌어 낼 수 있도록 한다. 뇌파의 Theta, Alpha, Beta, SMR(Sensory Motor Rhythm)에 해당하는 주파수 영역의 상대적인 값을 이용하여 실시간으로 사용자의 뇌파 중 알파파와 베타파를 보여주고 훈련 결과를 분석한다.

본 논문은 개발된 시스템을 이용하여 훈련이 진행됨에 따라 훈련 구간 별 뇌파의 증가를 확인하는 실험을 진행했다. 오랜 기간 동안 진행되는 실험에 앞서 5일 동안 진행한 이번 실험은 시스템의 성능을 검증하기 위한 것으로 실제 상용화를 위한 검증으로 보기는 힘들다. 실험은 5일 동안 훈련한 데이터 셋으로 각 구간별 수치를 비교하였으며, 그 증가율을 살펴보았다. 1일차와 5일차를 비교해 본 결과 인지능력 개발에서 65.66%, 알파파와 베타파 트레이닝에서 각각 32.23%, 55.47%의 증가율을 보였으며, 좌, 우뇌 활성화도의 차이가 65.34% 감소한 것으로 대칭 정도가 실험 시작보다 향상된 것을 알 수 있었다.

본 논문에서 개발한 게임 활용 시스템은 사용자의 좌, 우뇌 활성화도의 대칭과 특정 뇌파의 훈련을 목표로 하여 우울증, 집중 장애 치료와 같은 의료 분야나 학생들의 집중도를 높여 학습에 도움을 주는 교육 분야 등 다양한 분야에 적용이 가능할 것으로 보인다.

이러한 서비스를 상용화하기 위해 향후 연구에는 시스템의 콘텐츠를 다양하게 보강하고 실시간으로 처리되는 뇌파 데이터를 위한 알고리즘 연구가 필요하다. 실험에 있어서는 뇌파 훈련의 효과를 증명하기 위해 2달 이상 주 2-3회의 꾸준한 훈련을 진행함으로써 데이터의 신뢰도를 높여야 할 것이

다. 또한 시스템의 효과가 얼마나 지속되는지 확인하기 위해 사후조사를 실시할 필요가 있다. 단기간이 아닌 장기간의 실험을 통해 충분한 데이터를 축적한다면 결과의 정확도를 높여 신뢰도 높은 서비스를 제공할 수 있을 것이다.

## ACKNOWLEDGMENTS

This research was supported by Basic Science Research Program through the National Research Foundation of Korea(NRF) funded by the Ministry of Education (2013R1A1A2011350).

## REFERENCES

- [1] Soo-Young Lee, "National neuroscience research trends", The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 27, No. 7, pp35-42, 2000.
- [2] Dae-Sick Kim and Jang-Wook Choi, "Electroencephalogram", Korea Medical, pp4-5, 2001.
- [3] Wan-Hee Park and Young-Jin Kim, "The effects of Korean language learning program based on academic achievement brain preferences", The Korean Association for Thinking Development, pp199-214, 2002
- [4] Mark, F. B, "Neuroscience: Exploring The Brain Philadelphia: Lippincott Williams & Wilking", 2001.
- [5] Ki-ja Bak, "A Study on the effects of one's blood type on brain function and correlation character of middle-high school", Korea Aerospace Industries, Vol. 11, No. 11, pp1673-1679, 2009.
- [6] Ki-Ja Bak, Pyung-Woon Park, and Sang-Kyun Ahn, "A Study on the effects of prefrontal lobe neurofeedback training on the correlation of children by timeseries linear analysis", Korea Aerospace Industries, Vol. 10, No. 7, pp1673-1679, 2009.
- [7] Galaburda, Albert M, LeMay, Marjorie, Kemper, Thomas L, Geschwind, and Norman, "Right-left asymmetries in the brain", Science, Vol. 199, No. 4331, pp852-856, 1978.
- [8] Eun-Jin Cheon, "Electroencephalographic Changes in Depression", J Korean Soc Biol Ther Psychiatry, Vol. 19, No. 2, pp93-100, 2013.
- [9] Sheline, and Yvette I, "Neuroimaging studies of mood disorder effects on the brain", Biological psychiatry, Vol. 54, No. 3, pp338-352, 2003.
- [10] Brody AL, Barsom MW, Bota RG, and Saxena S, "Prefrontal-subcortical and limbic circuit mediation of major depressive disorder", Seminars in clinical neuropsychiatry, Vol. 6, No. 2, pp102-112, 2001.
- [11] Seung-Hwan Kim, "Medical-IT Fusion Technology Trends and Forecasts", The Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 37, No. 6, pp49-59, 2010.
- [12] Yoon-Gi Jung, Tae-Hun Lee and Sung-Pil Kim, "Brain-Computer Interface Technology Research Status for Healthcare-IT Fusion", The Korean Institute of Information Scientists and Engineers, Vol. 29, No.4, pp10-18, 2011.
- [13] Yun-Sick Sung, Kyung-Eun Cho and Ky-Hyun Um, "A Normalization Method to Utilize Brain Waves as Brain Computer Interface Game Control", Journal of Korea Game Society, Vol. 10, No. 6, pp115-124, 2010.
- [14] Dong-Goo Kim, Hyung-Bae Park, and Young-Woo Ahn, "Neurofeedback: Principles and Clinical Application.", The Korean Society of Stress Medicine, Vol. 13, No. 2, pp93-98, 2005.
- [15] Hyung-Bae Park, and Hyung-Mo Sung, "The Introduction and Clinical Application of Neurofeedback", Korean Psychosomatic Society, Vol. 14, No. 1, pp8-17, 2006.
- [16] Sun-Hee Cho, "EEG Analysis of Brain Respiration Training Students and Regular Students during Learning Activity", Master's Thesis, Seoul UNIV. graduate school, 2001.

- [17] Chang-Jo Lee, "Development of the Game for Increasing Intensive Power using EEG Signal", Journal of Korea Game Society, Vol. 9, No. 2, pp23-28, 2009.
- [18] Jun-Young Sim, "Effects on Students Attention and Frontal EEG Activity By a Brain Training Program", International Brain Education Association Seminar, pp25-45, 2009.
- [19] Young-Ja Lim, "Comparison of Concentration Levels and Brainwave Activation between HSP Trainees and Non-HSP Trainees", University of Brain Education, 2009.
- [20] Yoo-Bin Koh, Min-Kyu Ahn, Woong-Bin Kim, and Sung-Chan Jun, "Study of quantifying concentration index using electroencephalography(EEG)", HCI, pp23-25, 2012
- [21] Davidson, R.J, "Cerebral asymmetry and emotion: Methodological conundrums", Cognition and Emotion, Vol. 7, pp115-138, 1993.



안 소 영(Ahn, So Young)

2013년 2월 세종대학교 컴퓨터 공학과 졸업  
2013년 3월-현재 세종대학교 컴퓨터 공학과 석사과정

관심분야 : 데이터 마이닝, 신호 처리, 영상 처리



신 동 규(Shin,Dong Kyoo)

1986년 2월 서울대학교 계산통계학과 졸업  
1982년 2월 Illinois Institute of Technology  
컴퓨터과학과 석사  
1997년 2월 Texas A&M University 컴퓨터공학과 박사  
1997년 3월-현재 세종대학교 컴퓨터공학과 정교수

관심분야 : 상황인식 미들웨어, 웹기반 멀티미디어,  
데이터베이스, 데이터마이닝



신 동 일(Shin, Dong Il)

1988년 2월 연세대학교 전산학과 졸업  
1993년 2월 Washington State University 컴퓨터과학과  
석사  
1997년 2월 University of North Texas 컴퓨터과학과  
박사  
1997년 9월-1998년 2월 시스템공학연구소 선임연구원  
1998년 3월-현재 세종대학교 컴퓨터공학과 정교수

관심분야 : HCI, 데이터 마이닝, CSCW