

# 가상환경과 바이오피드백을 이용한 집중력 증진 시스템의 개발

한민수<sup>1</sup>, 이장한<sup>2</sup>, 권준수<sup>3</sup>, 강동주<sup>1</sup>

<sup>1</sup> (주) 바이오넷 기술연구소

<sup>2</sup> 중앙대학교 심리학과

<sup>3</sup> 서울대학교 의과대학 정신과학교실

## The Development of an Attention Enhancement System Using Virtual Environment and Biofeedback

Minsoo Han<sup>1</sup>, Janghan Lee<sup>2</sup>, Junsoo Kwon<sup>3</sup>, Dongju Kang<sup>1</sup>

<sup>1</sup> Bionet Co., Ltd.

<sup>2</sup> Dept. of Psychology, Chung-Ang University

<sup>3</sup> Dept. of Psychiatry, Seoul National University

### 요 약

ADHD라는 것은 일반적으로 학업, 직업, 여러 사회활동에 있어서 지속적으로 일어날 수 있는 주의력 결핍 및 충동성 장애를 일컫는다. 전세계적으로 매년 이 장애를 가진 환자의 수가 증가하고 있지만 이의 치료방법으로는 전통적으로 사용되어져 온 약물치로나 기타 인지행동치료 등으로 한정이 되어있는 실정이다. 이에 본 연구에서는 가상현실과 바이오피드백을 이용한 집중력 증진 시스템을 개발 하였다.

### 1. 서론

컴퓨터 성능의 놀라운 발전으로 인해, 의학, 재활, 교육 등에 있어서 많은 어플리케이션을 가능하게 하였다. 특히나, 가상현실 기술은 의학에 있어서 새로운 전환점을 마련할 수 있게 되었는데, 가상현실치료는 그 좋은 예라고 할 수 있다. 고소공포증, 대인공포증, 폐쇄공포증 등의 정신장애에 주로 적용되는 가상현실치료는 노출치료를 그 배

경으로 삼고 있다. 노출치료는 주로 환자로 하여금 공포증을 유발하는 장면을 상상하도록 하거나, 직접 그런 자극을 주도록 하여 치료하지만, 임상사의 지시에 의해 환자가 상상하는데 한계가 있으며, 실제상황에 노출될 때에는 위험한 경우가 있고, 또한 치료절차의 까다로움과 비용이 많이 든다는 단점이 있다. 기존의 노출치료에 비해 가상현실치료에서는 환자가 공포증을 유발하는 자극에 쉽게 몰입할 수 있고, 위험성이 덜하며, 절차의 번거로움이나 비용면에 있어서도 장점을 가지고 있다 [1].

최근 Rizzo는 주의력 결핍 및 과잉행동장애(Attention Deficit Hyperactivity

Dis order, ADHD)를 가진 아동을 대상으로 주의력을 측정하고 훈련을 시킬수 있는 가상환경 교실을 제안하였다. 이는 가상환경이 주의력에 대한 평가뿐만 아니라 인지 훈련에 있어서도 적용가능하고, 실제상황에서도 바람직한 효과를 이끌어 낼수 있다는 결과를 보여주고 있다 [2].

ADHD 아동들을 치료하기 위한 일반적인 치료방법으로 약물치료가 널리 이용되고 있으나, 모든 아동들에게 그 치료효과가 일반적이지 않고, 사회활동이나 학업수행에 있어서 문제점을 나타내는 등의 부작용이 일어날 수 있으며, 약물치료후 효과의 지속성에 의문이 제기 되고 있는 상태이다. 이러한 약물치료의 단점을 보완하는 치료방법인 행동수정기법에 있어서 많은 연구가 진행되어 그 효과에 대한 타당성을 입증하였고, 약물치료와 병행될 때에 그 효과가 배가된다는 결과가 도출되었다 [3]. 그러나 행동수정기법 역시 복잡한 절차를 따르고 있으며, 많은 시간과 비용이 드는 단점이 있다.

Winkler 등은 ADHD 환자의 EEG신호에서 정상인에 비하여 세타파(4~8Hz)가 더 많이 나타나고, SMR 파(12~20Hz)가 더 적게 나타난다는 것을 증명하였다 [4]. 따라서 세타파를 억제시키고, SMR 파와 베타파를 강화시키도록 하는 바이오피드백(Biofeedback) 기법이 ADHD의 평가와 치료를 위한 방법으로 최근 수십년간 많은 연구가 진행되어 그 타당성을 입증하였고, 실제 임상에 이용되어 왔다 [5,6]. 이러한 바이오피드백 기법에 있어서, Othmer와 Kaiser는 가상현실의 도입을 주장하였다. 이 연구에 따르면, 시각과 청각등을 이용하여 피험자로 하여금 더 몰입할 수 있는 다양한 종류의 피드백으로 환자의 주의력을 향상시킬 수 있다고 하였다 [7].

따라서, 본 연구에서는 가상현실과 바이오피드백을 이용하여 집중력이 부족한 아동과 청소년을 대상으로 한 집중력 증진 시스템을 개발하였다. 또한, 사용자가 집중하는

데 도움이 될 수 있는 색채감성DB와 VR감성DB를 이용하여 좀더 몰입감있는 가상환경을 구축하였다.

## 2. 가상환경

아동과 청소년에게 있어서 가장 많은 시간을 보내는 곳은 교실이고, 선생님의 강의에 열중해야 하며, 학과과제에도 많은 집중을 요한다. 따라서, 본 연구에서는 사용자에게 친숙함과 실제상황으로의 일반화를 위하여, 교실을 배경으로 한 가상환경을 구축하였다.

가상교실에는 칠판이 있고 칠판 앞에 가상의 선생님이 있으며, 큰 테이블이 존재한다. 테이블 위에는 빨강, 주황, 녹색의 신호등 색깔의 깃발이 있다. 피험자는 테이블 앞에 있는 의자에 앉아 있는 자신의 아바타를 볼 수 있고 테이블 오른쪽에는 또 다른 친구 아바타가 앉아있다. 그림 1은 피험자들에게 보여 질 기본적인 가상환경이다.

이 가상환경은 감성공학기반기술개발사업에서 구축되어진 색채감성DB와 VR감성DB를 이용하여 사용자로 하여금 집중하는데 도움이 될 수 있도록 구축하였다.



그림 1. 가상교실

## 3. 집중력 증진 시스템

본 연구에서 집중력 증진 시스템은 크게 인지훈련과제와 바이오피드백훈련 과제로 구성되어 있다. 이렇게 구성한 이유는 이 두 훈련 기법이 신경과학적 개념에서 상위 의 인지기능으로의 접근(bottom - up)과 그와 반대로 고차적인 인지기능에서 복잡한 신경과학으로의 접근(top - down)을 취하고 있고 이들 훈련기법들이 행동치료나 심리치료와 같은 다른 기법들에 비해 안정적이고 지속적인 효과를 보일 뿐만 아니라 새로운 치료적 도구로 각광받고 있는 컴퓨터 환경 및 3차원의 가상환경에 적용하는 것이 쉽기 때문이다.

### 3.1 가상현실 시각비교과제

이 훈련은 사용자의 기본적인 주의집중력을 향상시키기 위함으로 피험자는 시간별로 화면에 동시에 나타나는 두 개의 도형이 같은지 다른지를 결정하여, 같은 종류이면 왼쪽 마우스 버튼을 누르도록 하고, 다른 종류이면 오른쪽 버튼을 누르도록 한다. 원기둥, 삼각기둥, 사각기둥, 원뿔, 삼각뿔, 사각뿔 등이 임의적으로 선택이 되도록 하였다 (그림 2).



그림 2. 가상현실 시각비교과제

이 훈련 프로그램은 총 10단계로 이루어져 있으며, 각단계에서 정답률이 95% 이상이 되어야 다음 단계를 진행할 수 있도록

하였다. 단계가 높아질수록 도형을 제시하는 시간의 간격이 짧아지게 하였고, 제시되는 도형이 비스듬히 기울어지게 하여, 보다 높은 주의력을 요구하도록 하였다. 또한, 자극이 제시된 후, 빨강, 주황, 녹색의 깃발이 차례로 나타나게 되는데, 사용자는 녹색 깃발이 나타날 때에만 반응해야 한다. 이는 주의집중력 부족한 사람이 흔히 보이는 충동성을 억제하기 위한 도구이다.

### 3.2 가상현실 시각지속과제

이 훈련은 피험자의 주의지속력을 향상시키기 위한 것으로서, 사용자는 시간별로 화면에 나타나는 숫자를 보고 '0'이 나타날 때, 마우스로 반응하도록 한다. 0부터 9까지 10개의 숫자가 임의적으로 선택이 되어 하나씩 제시되는데 만약 숫자 '0'이 숫자 '8' 다음에 제시되면, 피험자가 반응하지 않도록 한다 (그림 3).



그림 3. 가상현실 시각지속과제

이 훈련 프로그램 또한 총 10단계로 이루어져 있으며, 정답률이 95% 이상이 되면 다음 단계로 진행할 수 있도록 하였다. 이 훈련 프로그램에서는 단계가 높아질수록 숫자가 제시되는 시간의 간격이 오히려 길어지도록 하여, 사용자로 하여금 지속적인 주의력을 요구하도록 하였다. 시각지속과제 역시 충동성을 억제하기 위한 깃발요소가

존재 한다.

### 3.3 가상현실 사고전환과제

피험자의 주의전환력을 향상시키기 위한 훈련도구로써, 사용자는 화면에 두 개의 카드가 제시되는 것을 볼 수 있으며, 각각의 카드에는 별, 공, 종 모양의 그림이 각기 다른 개수와 색깔을 가지고 있다. 이 때, 사용자는 두 개의 카드가 비교하는 전략을 판단하여 두 카드가 같은 성질을 갖고 있으면 왼쪽 마우스를, 그렇지 않으면 오른쪽 마우스를 누르도록 하였다.

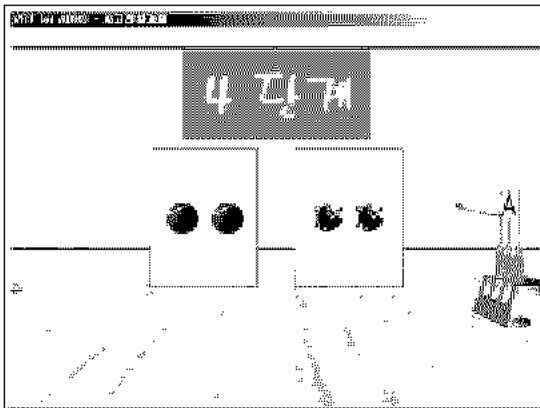


그림 4. 가상현실 사고전환과제

예를 들면, 그림 4와 같이 한쪽 카드에는 두 개의 빨간공이 그려져 있고, 다른 한쪽 카드에는 두 개의 파란색 종이 그려져 있다. 두 개의 카드가 색깔을 비교한다고 판단되면, 사용자는 오른쪽 마우스 버튼을 눌러야 한다. 이 때, 컴퓨터가 지정하는 전략이 색깔이면, "딩동"하는 긍정적인 소리가 들리며, 그렇지 않을 때에는, "삐익"하는 부정적인 소리가 들리게 되어, 다음번 자극이 제시될 때, 다른 전략을 선택하여 판단하고 반응하도록 한다. 따라서 사용자는 계속해서, 주의력을 전환시켜야 할 필요가 있다. 이 훈련 프로그램에서도 총 10 단계로 이루어져 있으며, 정답률이 95%이상이면 다음 단계로 진행할 수 있도록 하였다. 이 훈

련 프로그램에서는 단계가 높아질수록 컴퓨터가 임의로 지정하는 전략이 자주 바뀌도록 하여, 사용자로 하여금 높은 주의전환력을 요구하도록 하였다. 사고전환과제에서도 마찬가지로 충동성을 억제하기 위한 깃발요소가 삽입하였다.

### 3.4 가상현실 바이오피드백 과제

바이오피드백 시스템은 두 대의 컴퓨터로 구성되는데, EEG 장비가 달려있는 컴퓨터로 피험자의 EEG신호를 획득하여 실시간으로 파라미터를 추출하여, 나머지 한 대의 컴퓨터로 그 정보를 전송한다.

사용자의 양쪽 귀에 레퍼런스 전극을 부착하며 Cz 지점의 EEG를 측정하였다. 측정된 EEG 신호는 최근 3초간의 데이터를 고속 푸리에 변환 알고리즘을 이용하여 델타파, 세타파, 알파파, SMR파, 베타파를 추출한다. 매 0.5초마다 주파수 영역에서 파라미터를 측정할 수 있도록 하였다. 사용자의 기분이나 신체적 조건이 매일 바뀔 수 있기 때문에, 사용자는 바이오피드백 훈련을 하기 전에 그날의 기저선을 먼저 측정하도록 하였다. 그런 후, 실제 훈련단계에서는 그림 5와 같이 각각의 파형들이 막대그래프 형태로 표시되며, 실시간으로 집중력에 관련되는 각 파라미터의 임계치를 조절할 수 있도록 하였다. 베타파가 이 임계치를 넘게 되면 가상환경에 변화가 일어난다.

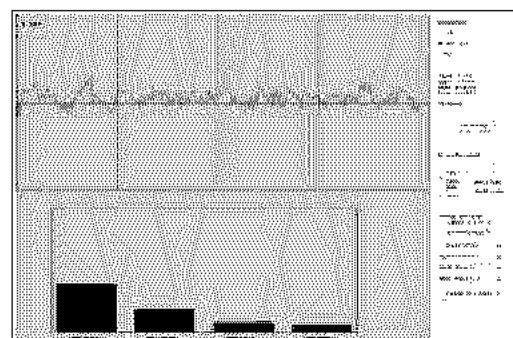


그림 5. 바이오피드백 분석 프로그램  
피험자는 화면의 왼쪽 부분에 그림이 완

성되기까지의 퍼센트를 나타내는 숫자가 변하는 것을 보고 자기가 집중을 하고 있다는 것을 알 수 있다. 집중을 하게 되면 처음엔 책상 밑에서 공룡알이 솟아오른 후 알의 색깔이 바뀌고 양쪽으로 갈라진다. 갈라진 알속에서 6개의 공룡 그림조각이 퍼즐 형식으로 차례차례 나타나며 그림이 완성되면, 훈련이 끝나게 된다 (그림 6).

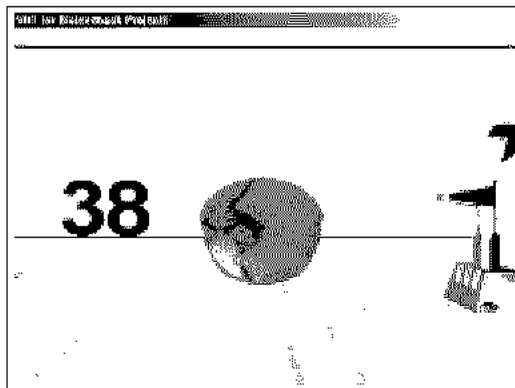


그림 6. 바이오피드백 과제

### 3.5 시스템 구성

하드웨어는 3D 가속을 지원하는 그래픽 카드를 탑재한 개인용 컴퓨터를 기반으로 시스템을 구성하였다. 가상현실에 대한 몰입감을 더욱 더 주기 위해 800×600의 해상도를 가진 HMD(Head Mounted Display)와 3자유도를 가지는 머리추적장치(Head Tracker)를 갖추었으며 생체신호를 얻기 위한 도구로서 4 channel EEG 측정장비를 사용하였다.

가상현실인지훈련용 컴퓨터는 1대만으로 구성을 하였고 가상현실바이오피드백훈련용 컴퓨터는 EEG signal aquisition 장비로부터 EEG신호를 획득하여 실시간으로 파라미터를 추출하여 전송하는 컴퓨터와 전송된 파라미터에 의해 가상환경에 변화를 주는 컴퓨터 2대로 구성하였다.

3차원 모델링 틀인 Rhinoceros (Robert

McNeel & Assoc.)와 3D Studio Max (Kinetix)를 이용하여 전체적인 가상환경의 모델들을 디자인하고 텍스처를 맵핑하였으며 실시간 가상환경 구축을 위해 Visual C++ 6.0 및 DirectX 7.0a SDK (Software Development Kit) 등의 소프트웨어들을 사용하였다.

### 4. 결론 및 토의

본 연구에서는 지금까지의 방법과는 달리 가상현실이라는 새로운 기술과 바이오피드백이라는 첨단 기술을 이용하여 주의집중력이 부족한 사람을 위한 집중력 증진 시스템을 개발하였으며, 프로토타입(Prototype)으로서의 가능성을 엿볼 수 있었다.

그러나 이 연구에서 사용된 프로그램의 그래픽 질은 만족스럽지 못했으며, 과제 자체가 사용자로 하여금 지루함을 줄 수 있어서 가상현실의 또 다른 장점중의 하나인 흥미라는 요소를 충분히 살리지 못한 아쉬움이 있다. 따라서 향후 연구에서는 좀 더 현실감있는 그래픽을 구현할 예정이며, 사용자로 하여금 좀 더 흥미를 이끌 수 있도록 게임 형태의 제작을 염두에 두고 있다. 또한 바이오피드백 기술의 타당성을 좀 더 검증하여, Beta파뿐만 아니라 Delta, Theta, Alpha, SMR파 또한 집중력과 어떤 상관관계를 가지는지를 연구해야 할 것이다.

### 참고문헌

- [1] M. North, S. North and J. Coble, *Virtual Reality Therapy: An Innovative Paradigm*, IPI Press, Colorado Springs, 1996.
- [2] Rizzo A. et al, "The virtual classroom : A virtual reality environment for the assessment and rehabilitation of attention deficits ", *CyberPsychology and Behavior*. 3(3),

483 - 500

[3] W. Pelham, S. Sams, "Behavior Modification", *Child and Adolescent Psychiatric Clinics of North America*, Vol. 1, No. 2, 1992, pp. 505 - 918

[4] A. Winkler, J. Dixon and J. Parker, "Brain function in problem children and controls: Psychometric, neurological, electroencephalographic comparisons", *American Journal of Psychiatry*, 127, 1970, pp. 94 - 105

[5] M. Linden, T. Habib and V. Radojevic, "A controlled Study of the Effects of EEG Biofeedback on Cognition and Behavior of Children with Attention Deficit Disorder and Learning Disabilities", *Biofeedback and Self-Regulation*, Vol. 21, No. 1, 1996, pp. 35 - 49.

[6] V. Monastra et al, "Assessing Attention Deficit Hyperactivity Disorder via Quantitative Electroencephalography: An Initial Validation Study", *Neuropsychology*, Vol. 13, No. 3, 1999, pp. 424 - 433

[7] S. Othmer, D. Kaiser, "Implementation of Virtual Reality in EEG Biofeedback", *CyberPsychology and Behavior*. Vol. 3, Num 3, 2000, 415 - 420.