

# 건-슈팅 게임을 응용한 집중력 뉴로피드백 게임 구현

김형민\* · 이대니얼주현\*\* · 박소연\*\* · 김성권\*\*\*

Implement Concentration Neuro-Feedback Game using Gun-Shooting Game

Hyung-Min Kim\* · Daniel-Juhun Lee\*\* · So-Youn Park\*\* · Seong-Kweon Kim\*\*\*

## 요 약

뉴로피드백(Neuro feedback)은 자신의 뇌 상태를 파악하고, 뇌 상태를 의도적으로 변화시킬 수 있다는 기술로, 주의력 결핍 및 과잉 행동 장애를 겪는 사람에게 그 필요성이 대두됨에도 불구하고, 기존의 뉴로피드백 훈련은 정적인 상태를 장시간 유지하며 흥미를 주지 못하는 문제가 있었다. 따라서, 본 논문에서는 집중력 강화를 위하여 뉴로피드백과 건-슈팅 게임을 결합하는 뉴로피드백 게임을 제안 및 구현하였다. 뇌파 측정 시스템, 게임제어기 그리고 게임소프트의 설계로 뉴로피드백 게임이 구현되었으며, 본 연구로 주의력 결핍 및 과잉 행동 장애를 겪는 사람에게 뉴로피드백 훈련이 유용하게 사용되기를 기대한다.

## ABSTRACT

Neuro-feedback is a technology that can identify your brain state and you can intentionally change your brain state. People with attention deficit and hyperactivity disorder need this technology but existing neuro-feedback training has a problem, which is not interesting and maintains a static state for a long time. In this paper, we proposed and implemented a neuro-feedback game that combines neuro-feedback and gun-shooting games to enhance concentration training. The neuro-feedback game has been implemented with the design of EEG measurement system, game controller and gamesoft. We hope that this study will be useful for people suffering from attention deficit and hyperactivity disorder.

## 키워드

Brain-Wave, Concentration, Electroencephalogram, Neuro Feedback  
뇌파, 집중력, 뇌전도, 뉴로피드백

## 1. 서 론

뉴로피드백(Neuro feedback)은 자신의 눈으로 뇌의 상태를 파악하고 의식적으로 자신의 뇌 상태를 변화

시키는 것을 의미한다. 뇌 상태를 파악하는 것은 뇌파(Brain waves)를 통하여 이루어지며, 뇌 상태를 변화시키는 것은 특별한 훈련이나 자극을 이용해 뇌파를 변화시키는 것을 의미한다.

\* 서울과학기술대학교 대학원 석사 과정  
(currentmemory@seoultech.ac.kr)

\*\* 서울과학기술대학교 대학원 석사과정  
(daniellee0691@gmail.com, pmat9669@naver.com)

\*\*\* 교신저자 : 서울과학기술대학교 전자미디어공학과

• 접수일 : 2020. 01. 29  
• 수정완료일 : 2020. 03. 07  
• 게재확정일 : 2020. 04. 15

• Received : Jan. 29, 2020, Revised : Mar. 07, 2020, Accepted : Apr. 15, 2020

• Corresponding Author : Seong-Kweon Kim

Dept. of Electronics and IT Media Engineering, Seoul National University of Science & Technology,

Email : kim12632@seoultech.ac.kr

그림 1은 집중 뉴로피드백의 개념도를 나타낸다. 사람이 고도의 사고를 하거나 집중력이 높은 상태를 유지할 때, 전두엽 부근에서 13Hz 이상의 빠른 뇌파가 관찰되는데, 집중 뉴로피드백은 이러한 뇌파를 분석 및 시각화하여 의식적으로 집중도를 수정해 향상하는 것을 말한다[1-2].

집중 뉴로피드백은 주로 주의력 결핍 및 과잉 행동 장애를 겪는 사람의 치료 목적이나 어린이 및 청소년 학습 분야에서 사용되고 있다[3-4]. 그러나 기존의 집중 뉴로피드백은 뇌파 그래프를 보면서 자신의 뇌파를 파악하거나 정적인 분위기에서 단순한 게임으로 진행되었기 때문에 집중력 강화 훈련이 필요한 사람이 지속해서 집중 뉴로피드백 훈련을 하기 어려웠다. 따라서, 본 연구에서는 뉴로피드백 기술과 역동적인 게임 형식인 건-슈팅 게임 방식을 접목하는 것을 제안한다.

본 논문은 제2장에서 뇌파 측정 원리 및 시스템에 대한 설명을 토대로 제3장에서 뇌파 데이터를 이용한 게임제어기 및 게임 소프트웨어의 시스템 구현을 제안한다. 구현되는 건-슈팅 게임은 집중력에 비례하여 게임 무기 파워가 실시간으로 결정됨으로 사용자가 자신의 집중도를 즉각적으로 피드백 받을 수 있다. 또한, 제안한 게임이 역동적으로 자신의 신체를 움직이는 건-슈팅 게임의 형식을 취하고 있기 때문에 사용자가 지루하지 않고 흥미롭게 집중 뉴로피드백 훈련을 할 수 있기를 기대한다.

## II. 뇌파의 측정

인간의 뇌는 뉴런(Neuron) 신경망으로 구성되어 있으며 뉴런은 전기화학적 방식을 이용한 전기적 신호로 다른 뉴런에게 자극 및 정보를 전달한다. 뉴런은 언제든지 흥분할 수 있도록 세포막 안을 약 -70mV로 유지해 놓고 자극이 충분히 가해지면 역치(Threshold)를 넘긴 활동전위(Action potential)를 발생시킨다. 이것에 의해 뉴런 말단에서 신경전달물질(Neurotransmitter)이 분비되고 뉴런 세포막 안의 전압이 변화한다. 이것을 ‘시냅스 후 전위(Postsynaptic potential)’라 하고 이러한 시냅스 후 전위의 합이 뇌파가 된다[5].

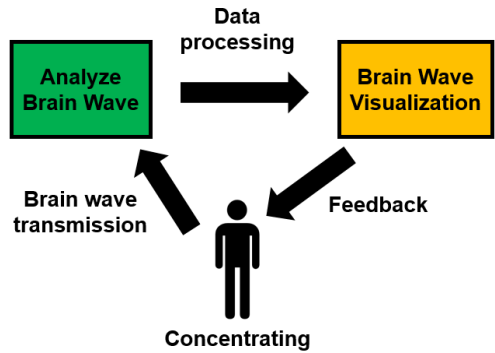


그림 1. 뉴로피드백의 개념도

Fig. 1 Conceptual block diagram of neuro feedback

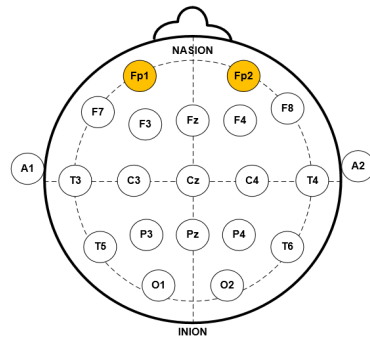


그림 2. 10-20 전극 배치

Fig. 2 10-20 Electrode placements

뇌파를 측정하는 방법 중에는 머리 표면에 전극을 부착하여 뇌파를 측정하는 EEG (Electroencephalogram) 방식이 있는데, 이 방식으로 뇌파를 측정하면 뇌파는 대략 0~50Hz의 주파수 대역별로 뇌의 상태를 나타낸다. 델타파(0~4Hz), 세타파(4~8Hz)는 내부 의식 및 정보 처리를 나타내며 알파파는 뇌 휴식 상태, 그리고 베타파(13~30Hz), 감마파(30~50Hz)와 같이 높은 주파수 대역은 뇌의 외부 의식 및 정보 처리를 의미한다[5].

그림 2는 EEG 측정을 위한 머리에서의 10-20 전극 배치를 나타낸다. 뇌는 부위별로 그 기능을 달리하는데 특히, 인간의 기억력, 사고력 등의 고등한 판단을 관장하는 곳은 전두엽 부분이다. 따라서 집중력을 측정하려면 10-20 전극 배치에서 전두엽 부분에 해당하는 Fp1과 Fp2에서 뇌파를 측정한다. Fp1과 Fp2에서

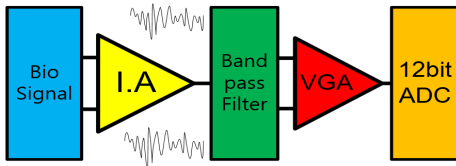


그림 3. 뇌파 측정밴드의 시스템 블록도  
Fig. 3 System block diagram of brain wave measurement band

측정된 뇌파가 베타파(13Hz) 이상이면 집중력과 관련된 데이터가 출력된다고 볼 수 있다[6-10].

그림 3은 본 연구에서 사용된 뇌파측정 시스템의 블록도를 나타낸다. 전투엽에서 측정된 미세한 뇌파 신호(Bio Signal)는 입력 임피던스가 큰 계측 증폭기 (I.A: Instrument Amplifier)를 통해 증폭되고 잡음제거 및 대역 통과 필터(BPF: Band Pass Filter)를 통해 선별되어 가변 이득 증폭기(VGA: Variable Gain Amplifier)로 전달된다. 이후, 가변이득증폭기로, 원하는 크기의 신호로 조정되어 12bit AD 변환기(ADC: Analog to Digital Converter)를 통해 디지털 신호로 변환된다. 이 변환된 12bit 디지털 데이터는 UART (Universal Asynchronous Receiver Transmitter) 방식으로 컴퓨터로 전송된다.

### III. 뉴로피드백 게임 및 시스템 구현

그림 4는 제작된 뉴로피드백 게임 소프트웨어의 자동 화면을 보여준다. 제안한 뉴로피드백 게임은 건-슈팅(Gun-shooting) 방식으로, 게임제어기는 뇌파 측정 시스템에서 보낸 뇌파의 집중도에 따라 게임상의 무기의 파워와 색깔을 조정하는 명령어를 게임 소프트웨어로 보낸다. 게임에서는 끊임없이 출현하는 적을 공격하기 위하여 자신의 집중도를 높여야 하는 스토리로 구성되어 있다. 게임 소프트웨어는 C#기반의 유니티(Unity) 엔진을 이용하여 구현하였다.

그림 5는 게임제어기의 블록도를 나타낸다. 게임제어기는 전투엽에서 측정된 집중력 데이터를 HC-06 블루투스 모듈을 이용해 UART 통신으로 수신하며 이때 Baud Rate는 115200Bd이다. 이후, 게임제어기의 MCU(Micro controller unit)는 수신된 집중력 데이터



그림 4. 뉴로피드백 게임 소프트웨어  
Fig. 4 Neuro feedback game software

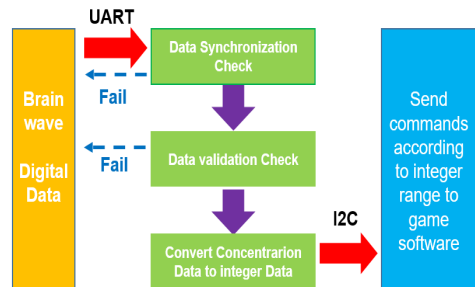


그림 5. 게임제어기의 시스템 블록도  
Fig. 5 System block diagram of the game controller

에 대한 동기화 검사와 집중력 데이터의 유효성 검사를 차례대로 진행한다.

그림 6은 뇌파 측정 시스템에서 보내는 뇌파 데이터 패킷의 구성도를 나타낸다.

본 연구에 사용된 뇌파 측정 시스템은 측정된 뇌파 데이터를 17바이트씩 1 패킷(packet)으로 1초에 256 패킷을 게임제어기에 전송한다. 이때 패킷 17바이트 중에 앞 3바이트는 데이터 동기화를 위해 사용되고 4번째 바이트는 프레임(패킷) 카운터로 이용된다. 집중도 데이터를 수신한 게임제어기의 MCU는 프레임 카운터가 217번일 때, 패킷의 13번째와 14번째 바이트를 0~100 사이의 정수로 변환하여 30 이하이면 측정된 집중력 데이터가 유효하다고 판단하고 다음 218번째 패킷의 13번째와 14번째를 0~100 사이의 정수로 변환하여 집중력의 세기로 이용한다. 이후 게임제어기는 0~100 사이의 정수형으로 변환된 집중도를 세기에 따라서 7 단계로 분류한다.

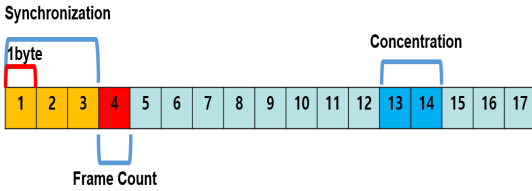


그림 6. 뇌파 데이터 패킷 구성도  
Fig. 6 Brain wave data packet diagram

표 1은 집중도에 따른 명령어 및 색깔 구분을 나타낸다. 집중도에 따라, 각각의 명령어 및 색깔은 7단계로 분류되었으며, I2C 통신(유선)으로 보내어진다.

표 1. 집중도에 따른 명령어 및 색깔 구분  
Table 1. Commands and color classification by concentration

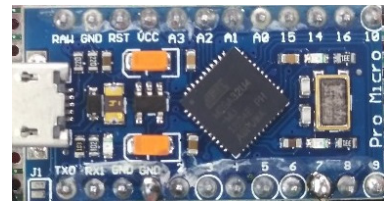
Steps	Concentration	Keyboard commands	Color
1	0-29	R	R:0 G:255 B:0
2	30-39	T	R:255 G:255 B:0
3	40-44	Y	R:0 G:255 B:255
4	45-49	U	R:10 G:10 B:220
5	50-54	I	R:255 G:0 B:255
6	55-64	O	R:255 G:0 B:0
7	65-100	P	R:255 G: B:0 (Razer Beam)

그림 7 (a)는 글로브 모형의 게임제어기를 보여준다. 글로브 모형의 게임제어기는 사용자의 게임 흥미도를 높이기 위해 글로브 모형을 이용하였다. 그림 7 (b)는 게임제어기 내의 MCU를 보여준다. 게임제어기가 마우스로 작동하여 게임상의 조준점 기능을 갖도록 게임제어기 MCU에는 MPU-6050 가속도 및 자이로센서를 연결하였다. 이때, MPU-6050을 통해 측정된 게임제어기의 위치 데이터는 I2C 통신(유선)을 통해 게임(PC)에 전달된다. 게임제어기의 MCU는 ATmega32u4를 사용하였다.

#### IV. 결론



(a) Game controller



(b) MCU in the game controller

그림 7. 게임제어기 속 MCU 및 제작 완성된 게임제어기

Fig. 7 MCU in game controller & completed game controller

뉴로피드백은 자신의 뇌 상태를 파악하고, 자신의 뇌 상태를 의도적으로 변화시킬 수 있는 기술로, 주의력 결핍 및 과잉 행동 장애를 겪는 사람에게 그 필요성이 대두됨에도 불구하고, 기존의 뉴로피드백 훈련은 정적인 상태를 장시간 유지하며 흥미를 주지 못하는 문제가 있었다.

본 연구에서는 뉴로피드백 기술과 역동적인 게임 형식인 건-슈팅 게임 방식을 접목하는 것을 제안하여, 사용자가 지루하지 않게 자신의 집중도를 즉각적으로 피드백 받으며, 집중력을 향상시킬 수 있도록 하였다. 이를 위해, 뇌파 측정 시스템을 이용하여 건-슈팅 형식의 게임제어기와 게임소프트의 설계로 뉴로피드백 게임을 구현하였다. 본 연구 결과로 주의력 결핍 및 과잉 행동 장애를 겪는 사람에게 뉴로피드백 게임 훈련이 유용하게 사용되기를 기대한다.

#### 감사의 글

이 연구는 서울과학기술대학교 교내 일반과제 연구비 지원으로 수행되었습니다.

## References

- [1] S. Kawatake, I. Torii, and N. Ishii, "Increasing Concentration with Neurofeedback," 4th *Int. Conf. on Applied Computing and Information Technology/3rd Int. Conf. on Computational Science/Intelligence and Applied Informatics/1st Int. Conf. on Big Data, Cloud Computing, Data Science & Engineering (ACIT-CSII-BCD)*, Las Vegas, NV, 2016, pp. 247-252.
- [2] K. Yaomane, S. Pan-ngum, and P. Ayuthaya, "Brain signal detection methodology for attention training using minimal EEG channels," *Tenth Int. Conf. on ICT and Knowledge Engineering*, Bangkok, 2012, pp. 84-89.
- [3] K. Kim, S. Kim, H. Lim, D. Choi, and Y. Son, "Research of Advertising Management System in video platform based on Analysis using EEG," In *Proc. the Korea Institute of Electronic Communication Science*, Gwangju, 2019, pp. 30-33.
- [4] Y. Jang, "Analysis of Concentration-Related EEG Component Due to Smartphone," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 11, no. 7, 2016, pp. 717-722.
- [5] Korean EEG Study Group, *Techniques and Applications of EEG Analysis: From basics to Clinical Researches*. Seoul: Medbook 2017.
- [6] D. Han, M. Lee, J. Williamson, and S. Lee, "The Effect of Neurofeedback Training in Virtual and Real Environments based on BCI," 7th *Int. Winter Conf. on Brain-Computer Interface (BCI)*, Gangwon, 2019, pp. 1-4.
- [7] Y. Tong, I. Aliyu, and C. Lim, "Analysis of Dimensionality Reduction Methods Through Epileptic EEG Feature Selection for Machine Learning in BCI," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 13, no. 6, 2018, pp. 1333-1342.
- [8] Y. Hafeez, "Investigating Neurofeedback Protocols for Stress Mitigation: A Comparative Analysis of Different Stimulus Contents," in *IEEE Access*, vol. 7, 2019, pp. 141021-141035.
- [9] N. Sulaiman, N. Hamid, Z. Murat, and M. Taib, "Initial investigation of human physical stress level using brainwaves," *IEEE Student Conf. on Research and Development (SCORED)*, Serdang, 2009, pp. 230-233.
- [10] T. Madan, R. Agarwal, and M. Swamy, "Compression of long-term EEG using power spectral density," *The 26th Annual Int. Conf. of the IEEE Engineering in Medicine and Biology Society*, San Francisco, 2004, pp. 180-183.

## 저자 소개

### 김형민(Hyung-Min Kim)



2012 ~ 2019년 서울과학기술대학교  
전자IT미디어공학과 졸업  
2019년 ~ 현재 서울과학기술대학교  
대학원 석사과정

※ 관심 분야 : 아날로그 AI 프로세서 회로설계

### 이대니얼주현(Daniel-Juhun Lee)



2014~2018년 California State University, Fullerton 졸업  
2018년 ~ 현재 서울과학기술대학교  
대학원 석사과정

※ 관심 분야 : 아날로그 AI 프로세서 회로설계

### 박소연(So-Youn Park)



2016 ~ 2020년 서울과학기술대학교  
전자IT미디어공학과 졸업  
2020년 ~ 현재 서울과학기술대학교  
대학원 석사과정

※ 관심 분야 : 아날로그 AI 프로세서 회로설계



**김성권(Seong-Kweon Kim)**

2002년 일본 TOHOKU대학 대학원  
전자공학과(공학박사)

2002 ~2004년 일본 TOHOKU대학  
Assistant Professor & Research Fellow

2004~2009년 목포해양대학교 해양전자통신공학부  
조교수

2009년~현재 서울과학기술대학교 전자IT미디어공학  
과 교수

※ 관심분야 : 아날로그 회로 및 시스템