https://doi.or.kr/10.23283/JKCT.2024.1.1.04
Journal of the Korea Convergence Technology, Vol 1, No, 1, pp. 25-30, June 30, 2024, ISSN 3058-3152

EEG를 이용한 플레이어의 몰입도 분석 방법에 관한 연구

심한뫼*, 안유정**

A Study on Analyzing Player Immersion Using EEG

Han-Moi Shim*, You-Jung Ahn**

요 약

최근 IT융합 기술의 발전에 따라 제품이나 콘텐츠 개발 시 사용자 경험과 사용성 평가의 중요성이 부각되면서 사용자 감성을 분석하고 이를 제품에 반영하는 것은 감성공학 전략의 중요한 성공 요소가 되고 있다. 여러 콘텐츠 중 게임은 스토리, UI, 그래픽, 컨트롤, 사운드 등 다양한 요소가 혼합된 콘텐츠로 정밀한 사용성 평가가 필요하다. 특히 재미를 느끼는 게임 플레이어의 몰입에 대한 분석은 게임 성공 여부의 중요한 판단 근거가 된다. 사용성 평가 방법으로 생체 신호를 이용한 분석 방법은 객관적이고 정량적으로 게임 플레이어의 몰입 상태를 파악할 수 있다는 장점이 있다. 본 논문에서는 게임 플레이어의 뇌파를 측정하여 파워 스펙트럼 값 변화량을 이용한 몰입도 분석 방법을 제안하였다. 실험을 통해 그 효용성을 확인하였으며 다양한 콘텐츠의 몰입도 분석에 활용할 수 있을 것으로 기대한다.

☞ **주제어** : 게임 개발, 뇌파 분석, 게임기반학습

Abstract

Recently, with the development of IT convergence technology, the importance of user experience and usability evaluation has been highlighted when developing products or content, and analyzing user emotions and reflecting them in products has become an important success factor in emotional engineering strategies. Among various contents, games are a mixture of various elements such as story, UI, graphics, controls, and sound, and require precise usability evaluation. In particular, analysis of the immersion of game players who find fun serves as an important basis for determining whether a game is successful. The analysis method using biological signals as a usability evaluation method has the advantage of being able to objectively and quantitatively determine the immersion state of game players. In this paper, we proposed an immersion analysis method using the change in power spectrum value by measuring the brain waves of game players. Its effectiveness has been confirmed through experiments, and it is expected that it can be used to analyze immersion in various contents.

☞ **Keywords** : Game Development, EEG Analysis, Game Based Learning

* 1저자: 명지전문대학 컴퓨터공학과

** 교신저자: 명지전문대학 컴퓨터공학과
• Corresponding Author: yjahn@mjc.ac.kr

Received January 30, 2024
Revised February 26, 2024
Accepted March 13, 2024
Published June 30, 2024

1. 서 론

2022년 국내 게임시장 규모는 20조 원을 돌파하며 세계 게임시장 점유율 4위를 기록하였고, 모바일, VR, AR과 같은 플랫폼의 발전과 함께 점차 증가할 것으로 예상된다. 국내 게임 산업 종사자 수는 약 82,000명이며 이 중 게임 제작 및 배급업 종사자는 55%, 유통업 종사자는 45%로 나타났다[1]. 고용유발계수와 영업이익률이 타 산업보다 월등하게 높은 고부가가치 산업이다.

게임이 갖는 제일 큰 장점은 '재미'이며 재미는 사용자의 몰입을 끌어낸다. 이러한 장점을 이용하여 다양한 분야에 게임을 활용할 수 있으며 대표적으로 교육, 헬스케어, 광고, 복지 등이 있다. 이 외에도 인공지능, 예술, 환경 보호 등 활용 범위가 매우 넓다. 이렇게 특수한 목적을 갖는 게임은 기능성게임(serious game)으로 불리며 이미 1970년에 사회학자 클락 아브(Clark Abt)의 저서를 통해 나온 용어이다[2].

게임기반학습은 학습자가 게임을 통해 기술을 습득하며 지식을 쌓고 학습하는 방법[3]으로 게이미피케이션, 기능성게임, 교육용게임 등으로 혼용되어 사용되고 있다. 게이미피케이션은 게임적 요소를 기존 교육과정에 적용한 방식이며 게임기반학습은 게임을 플레이하면서 자연스럽게 학습하는 것으로 구분할 수 있다[4]. 기능성게임과 교육용 게임은 게임기반학습을 위한 게임 콘텐츠를 의미한다[5]. 최근 마인크래프트와 같은 상업성 게임을 수업에 활용하고 비대면 수업에서 게임을 활용하는 방법이 발전하는 만큼 용어를 구분하는 것은 중요하다[6].

게임기반학습에 사용되는 기능성게임은 대부분 연구자가 직접 만들거나 교육에 특화된 게임을 사용하는 경우가 많지만 이미 상용화되어 있는 상업성 게임도 사용할 수 있다. 그러나 아직 게임기반학습을 실제 수업 시간이나 교육과정에 활용하는 사례는 많지 않다. 그 원인으로 게임 중독과 같은 부정적인 인식, 전통적 교수법 선호, 고정 관념, 정책 등이 있다[7].

본 논문에서는 게임 학습자의 뇌파를 측정하여 몰입도를 분석하여 게임기반학습의 효과성을 확인하고 인식 개선에 도움이 되고자 한다. 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 게임기반학습의 사례와 효과, 뇌파 측정 방법에 대해 조사하고 3장에서는 뇌파 측정을 통한 몰입도 분석을 위한 방법을 제시하였다. 4장에서는 실험을 통해 몰입도 분석 방법을 검증하였고 5장에서는 연구 결과 및 향후 연구에 대해 설명하였다.

2. 관련 연구

2.1 게임기반학습

게임기반학습은 교육 목표를 달성하기 위해 게임의 원리와 요소를 사용하는 학습 방법이다. Prensky는 게임이 학습자에게 동기부여를 제공하고, 문제 해결 능력과 비판적 사고를 촉진한다고 주장하였다. 게임기반학습의 장점으로 학습자에게 적극적인 참여를 유도하고, 피드백을 즉각적으로 제공하며, 복잡한 개념을 시각적으로 설명하는데 도움이 된다고 설명한다[8]. 이는 전통적인 교육 방식보다 더 효과적일 수 있다. 그의 연구 중 다양한 유형의 게임 활동은 특정 학습 내용과 연결되어 효과적인 학습 경험을 제공한다고 하였다.

게임 장르를 기반으로 한 연구 중 대표적인 장르는 시뮬레이션 게임이다. 시뮬레이션은 문제 해결 능력과 의사결정, 계획 및 전략 개발 능력 효과가 있으며 어드벤처 게임은 창의력, 문제 해결 능력 효과가 있다. 특히 롤플레잉 게임은 사회적 상호작용, 감정 이해, 윤리적 문제 인식, 역사 학습 등의 효과가 있다[9]. <Table 1>은 게임 장르 별 기대되는 학습효과를 표로 정리한 것이다.

Table 1. Expected learning effects by game genre

게임 장르	학습 효과
시뮬레이션	문제해결, 의사결정
전략	전략적 사고, 자원 관리, 장기 계획 수립 능력 개발
퍼즐 및 문제 해결	논리적 사고, 패턴 인식, 추론 능력 강화
롤플레잉	사회적 상호작용, 감정 이해,
교육용	특정 학문적 지식 획득 및 이해 촉진
어드벤처	창의력, 문제 해결 능력 개발
MMORPG	협력, 팀워크, 의사소통 능력 강화

게임기반학습에서 사용할 게임 콘텐츠를 선정하는 것은 매우 중요하다. 선행 연구를 기반으로 적절한 게임을 선정하였으며 다음 조건에 의해 결정되었다[10].

1. 시대배경이 뚜렷해야 한다.
2. 역사적 고증에 문제가 없어야 한다.
3. 정규 수업과 연계가 가능해야 한다.
4. 웹을 통해 쉽게 설치 가능해야 한다.
5. 비싸지 않아야 한다.

위 조건을 충족하는 게임으로 'Valiant hearts : The great war'을 선정하였으며 해당 게임은 1차 세계대전이 일어났던 1914년부터 스토리가 시작되며 중요한 전투와 사건을 학습할 수 있다. 그림 1과 같이 역사적 사건을 만화처럼 보여주는 에필로그로 게임이 시작된다.

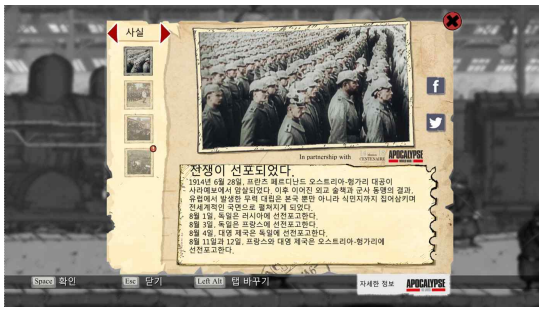


Figure 1. Game Start Scene

2.2 EEG(Electroencephalogram)

EEG는 뇌전도라고도 하며 뇌의 전기적 활동으로 기록하는 방법이다. 두피에 부착된 전극을 통해 뇌파, 즉 뇌세포 간의 전기적 신호를 측정한다. 이러한 신호는 뇌의 다양한 기능과 상태를 반영하며, 의학적 용도와 연구적 용도로 사용된다.

뇌파는 대뇌피질의 전기적 활동을 두피에 부착한 전극에서 비침습적으로 측정한 미세한 신호이며 두피 상에서 측정할 수 있는 뇌파의 전위는 수 μV에서 수백 μV로 낮은 전위를 갖고 있다[11]. 뇌파 측정 방법으로 전극을 이용한 방법은 침습적 방법에 비해 저비용으로 편하게 측정할 수 있다. 그러나 근육의 움직임과 눈 깜박임 등 잡음에 취약하여 접착과 고정에 신경을 많이 써야 한다.

뇌파 전극은 건식과 습식 전극으로 구분할 수 있으며 건식 전극은 젤이나 전도성 크림이 필요 없으며 설치가 빠르고 간편하다. 습식은 피부와 접촉을 개선하기 위해 전도성 젤이나 크림을 사용함으로써 피부 저항을 줄이고, 정확한 신호를 얻을 수 있다.

2.3 뇌파신호 처리 기술

뇌파를 분류하는 방법으로 파워스펙트럼을 이용한 방법을 가장 많이 사용한다. 뇌파 신호를 주파수 영역으로 변환하여 각 주파수 구성요소의 강도(파워)를 측정한다. 이를 통해 어떤 주파수 대역이 뇌 활동에서 더 활발한지, 또는 어떤 상태에서 특정 주파수 대역의 활동이 증가하거나 감소하는지를 파악할 수 있다.

뇌파는 그림 2와 같이 델타, 세타, 알파, 베타, 감마 등 다양한 주파수 대역으로 구분된다. 각 대역은 뇌의 특정 상태나 활동과 관련이 있으며 파워 스펙트럼 분석을 통해 이러한 대역별 활동의 강도와 분포를 파악할 수 있다. 이러한 정보는 뇌의 작동 방식을 이해하는 데 중요하다.

주파수 대역 [Frequency Bandwidth]	구분 명칭 [Classification title]	기호 [Symbol]	정신상태 [Mental state]
0 - 3.99 [Hz]	델타파 (delta wave)	δ	깊은 수면 Deep sleep state
4 - 7.99 [Hz]	세타파 (theta wave)	θ	졸림, 낮은 수면 Sleepy, low sleep state
8 - 12.99 [Hz]	알파파 (alpha wave)	α	각성, 안정 Awake, stability
13 - 29.99 [Hz]	베타파 (beta wave)	β	집중, 긴장 Concentration, Tension
13 - 15.99 [Hz]	SMR파 (SMR wave : Sensory Motor Rhythm)	SMR	보통, 주의집중 Nomal Concentration
16 - 19.99 [Hz]	미드베타파 (mid beta wave)	mid-β	높은 주의집중 High Concentration
20 - 29.99 [Hz]	하이베타파 (high beta wave)	high-β	긴장, 스트레스 Tension, Stress
30 - 49.99 [Hz]	감마파 (gamma wave)	γ	과긴장, 흥분 High Tension, Excitement

Figure 2. Classification of EEG by Frequency Bands

보통 잠에서 깬 상태인 세타파부터 뇌 활동 범위에서 분석에 쓰인다. 알파파는 깨어있는 일상생활을 할 때 검출되는 파형이며, 많은 연구에서 기준이 된다. 베타파는 주의집중, 긴장, 스트레스 상태를 아우르는 파형이며 다른 주파수 대역보다 구간이 넓어 세분화한 뒤 분석한다. 이중 SMR의 경우 일반적 각성과 집중의 중간단계로 언급되며 집중 전 단계, 집중 전, 후의 비교 분석을 할 때 자주 사용되는 대역이다. 감마파는 일반 정상인에게도 검출은 되지만 분석적인 의미보다는 임상적인 뇌 질환 환자들을 대상으로 할 때 더 가중치를 둔다.

3. 실험 설계

3.1 실험 장비

실험 장비는 <Laxha의 PolyG-I>를 사용하였다. 기기는 총 16개 채널로 구성되어 있으며 8채널을 통해 EEG신호를 측정할 수 있다. 사양은 512Hz 샘플링 주파수, 밴드패스필터: 0.5~46Hz, 12-bit AD 변환을 거치며 전원 전압 주파수인 60Hz가 노이즈로 작용하지 않도록 노치필터가 적용되어 있다. 획득한 뇌파 데이터는 TeleScan 소프트웨어를 이용하여 분석할 수 있다.

TeleScan은 데이터 수집 및 분석 프로그램으로 뇌파뿐 아니라 심전도, 근전도 등 다양한 생체신호의 분석 결과를 실시간으로 확인할 수 있으며, 타이머 기능, 자극 제시법, 피험자 반응표시, 그래프 편집 등 다양한 기능을 사용할 수 있다.

3.2 실험 방법

PSD(Power Spectral Density, 파워 스펙트럼 밀도)는 시간 영역의 신호를 주파수 영역으로 변환한 것으로, 신호의 전력이 주파수에 따라 어떻게 분포하는지를 나타낸다. PSD는 일반적으로 푸리에 변환을 사용하여 계산된다.

수식 (1)과 같이 파워 스펙트럼 밀도의 적분은 시간영역 신호의 절대값 평균 제곱을 나타내며 E는 평균값, T는 시간이다. 단위는 단위 주파수당 파워를 나타낸다. PSD는 신호의 주파수 구성을 분석하고 이를 통해 신호에서 중요한 주파수 대역을 식별하고, 노이즈와 신호를 구분하며, 다양한 신호 처리 작업에 필요한 정보를 제공한다.

$$PSD = S_x(f) = \lim_{T\to\infty} \frac{E|X_t(f)|^2}{T} \qquad (1)$$

실험을 위해 피험자들이 게임을 플레이하는 30분 중 학습이 이루어지는 시간 5분을 측정하고 reference 뇌파를 빼서 해당 시간 동안 뇌파의 변화량을 파악하였다.

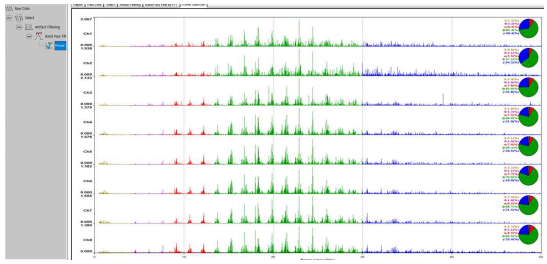


Figure 3. relative power spectrum measurement

피험자는 건강한 성인남녀 10명을 대상으로 진행하였으며 전극의 배치는 국제 뇌파 전극 표준부착법인 International 10-20 system을 기준으로 하여 전전두엽인 Fp1, Fp2, 전두엽인 F3, F4, 중두엽인 C3, C4, 두정엽인 P3, P4 위치에 측정 전극을 부착하였다.

뇌파 측정 데이터를 원활하게 분석하기 위해 피험자의 휴식 상태의 reference 뇌파를 측정하였다. reference는 휴식을 취한 후 안정적인 심리 상태에 있을 때 측정한 것으로 게임 플레이 실험 과정에서 수집된 뇌파 데이터와 비교 분석한다. reference 뇌파 측정을 위해 피험자들은 조용한 환경에서 모니터의 빈 화면을 바라보면서 안정된 상태를 취하게 했다. 이때 5분간 뇌파를 측정하면서 Telescan 소프트웨어를 통해 데이터를 수집하였다.

4. 실험 결과

4.1 뇌파 데이터 처리

알파파에 대한 비례 지표를 세운다고 할 때, 기준이 되는 휴식 상태의 파워 스펙트럼 값을 $a_{reference}$, 게임기반학습(Game Based Learning) 상태의 파워 스펙트럼을 a_{gbl}라고 하면 a_g의 값은 수식 (2)와 같다.

$$a_g = a_{gbl} - a_{reference} \quad (2)$$

그림 4는 게임기반학습 상태에서 세타파, 알파파, 베타파의 파워 스펙트럼 값을 <수식 2>와 같은 방식으로 처리한 PSD 값의 결과이다. 각 주파수 대역의 파워 스펙트럼 값을 비례하였다.

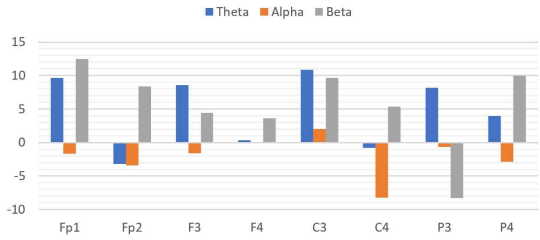


Figure 4. PSD result

4.2 PSD 결과

PSD 결과 대부분의 채널에서 알파파가 감소하고 베타파가 증가하는 모습을 보였다. 몰입과 직접적인 관련이 없는 세타파는 제외하고 분석하였다. paired t-test 결과 알파파 5채널, 베타파 6채널에서 통계적으로 유의한 결과가 나왔다. 통계 결과로 PSD 값의 신뢰성을 높여 주었으며 베타파의 증가로 몰입이 증가되는 모습을 확인할 수 있었다. 특히 Fp1과 Fp2는 전두엽으로 의사 결정, 문제 해결, 감정 조절, 행동 조절, 언어 표현 등 집중과 큰 관련이 있는 부위이다.

5. 결론

본 논문에서는 게임 플레이어의 몰입도 분석 연구를 위해 EEG를 이용하여 객관적이고 정량적인 분석을 진행하고자 하였다. 단순히 재미를 즐기기 위한 상업성 게임이 아닌 게임기반학습에 사용할 수 있는 게임을 선정하여 실험하였다. 그 이유는 게임기반학습의 효용성을 검증하고 인식 개선에 기여하고자 하였으며 많은 선행 연구가 진행되었지만 실제로 중, 고등학교 수업 시간이나 교육과정에 사용되는 사례는 극히 드물다.

게임기반학습을 수행하는 피험자를 대상으로 뇌파 측정을 한 결과 휴식 상태 대비 게임 플레이 상태에서 알파파가 감소하고 베타파가 증가하는 모습을 보였으며, 몰입도가 증가한 것을 확인할 수 있었다. 향후 연구로는 파워 스펙트럼 값의 변화량을 이용하여 감성 지표로 많이 사용되는 집중-이완 지표 또는 Arousal-Valence 지표에 적용하여 몰입과 아니라 다양한 감정 상태를 측정할 수 있는 연구를 진행할 계획이다.

참고문헌(Reference)

[1] 한국콘텐츠진흥원, “2022 대한민국 게임백서”, 2023.
[2] Abt, Clark C. Serious games. University press of America, 1987.
[3] 백영균, "게임기반학습의 이해와 적용", 서울: 교육과학사, 2006.
[4] 김상균, 김무광, 최은주, 조기성, 김기정, 문미경, "가르치지 말고 플레이하라: 교실 게이미피케이션", 테크빌교육, 2020.
[5] Michael, D., & Chen, S., "Serious games: Games that educate, train, and inform", MA: Thomson Course Technology, 2006.
[6] Prensky, M., "Digital game-based learning". Saint Paul, Minnesota: Paragon House, 2007.
[7] Kaimara, P., "Potential Barriers to the Implementation of Digital Game-Based Learning in the Classroom: Pre-service Teachers' Views, Technology, Knowledge and Learning", 2021.
[8] Prensky, M., "Digital game-based learning". Saint Paul, Minnesota: Paragon House, 2007.
[9] 장준호, "임진왜란 학습단원을 위한 교육용 네트워크 게임 시나리오의 설계", 인천교육대학교 교육대학원 석사학위논문, 2002
[10] 이우현, "다변량 분산분석(MANOVA)을 이용한 게임 스트리밍 기반 학습의 실효성에 관한 연구", 중앙대학교 대학원 박사 학위논문, 2023.
[11] 홍승봉, 정기영, “뇌파의전기생리학,” 대한신경과학회지, Vol.21 No.3, 225-227, 2003.
[12] Kosinski, Jerzy, et al. "An analysis of

game-related emotions using Emotiv EPOC." 2018 Federated Conference on Computer Science and Information Systems (FedCSIS). IEEE, 2018.

[13] Stein, Adi, et al. "EEG-triggered dynamic difficulty adjustment for multiplayer games", Entertainment computing 25, 14-25, 2018.

저 자 약 력

심 한 뫼 (Han-Moi Shim)



・2024년 2월 : 중앙대학교 첨단영상대학원 영상학 박사
・2023년 3월~현재: (사)한국미디어아트산업협회 정회원
・2021년 3월~ 현재: 명지전문대학 컴퓨터공학과 교수
e-mail: kmusic12@mjc.ac.kr
관심분야 : 게임 개발, VR, 게임기반학습, 기능성 게임

안 유 정 (You-Jung Ahn)



.1995년 2월 : 이화여자대학교 전자계산학과 석사
.2000년 2월 : 홍익대학교 컴퓨터공학과 박사
.2001년 3월 ~현재: 명지전문대학 컴퓨터공학과 교수
e-mail: yjahn@mjc.ac.kr
관심분야 : 객체지향 프로그래밍, 컴퓨터 교육