

EEG를 이용한 바이오피드백 게임과 일반 컴퓨터 게임 수행에 따른 뇌파 비교

민윤기, 이강희, 이방형, 민병찬*

한국정신과학연구소

*한국표준과학연구원

E-mail : ykmin@krijus.re.kr

The Comparison of EEG Changes in Performing EEG Biofeedback Game and Ordinary Computer Game

Yoon-Ki Min, Kanghee Lee, Banghyung Lee, Byung-Chan Min*

Korea Research Institute of Jungshin Science

*Korea Research Institute of Standards and Science

요약

본 연구는 일반 컴퓨터 게임과 뇌파를 이용한 바이오피드백 게임의 수행에 따른 뇌파의 변화를 비교하고자 하였다. 두 가지 게임을 수행하는 동안 수행 전반기와 후반기로 나누어 뇌파를 측정된 결과, 전반적으로 뇌파 게임은 수행 전반기에 비해 후반기에 slow alpha파가 증가하였고, 이와는 반대로 컴퓨터 게임은 전반기에 비해 후반기로 갈수록 fast beta파가 증가하였다. 특히 이러한 변화는 F3, Fp2, 그리고 T4 부위에서 두드러지게 관찰되었다. 후속 연구는 다양한 컴퓨터 게임들을 비교할 필요가 있다.

Keyword: EEG, biofeedback, game,

서론

전자오락게임이란 전자(컴퓨터)적 기술과 오락이라는 놀이적 재미성을 결합한 게임콘텐츠와 컴퓨터 기술을 접목한 멀티미디어 기술

을 표현한 영상 세계로 정의된다[4]. 또한 여기에는 관련 데이터베이스를 사용하여 창출된 시뮬레이션과 그것과 상호작용하도록 요구되는 내담자(혹은 사용자)가 포함되며, 오락의 목적을 위해 초점화된 실재를 정의하는 도전과 승리 조건을 수반하는 상호작용적, 자기-

수반적 규칙 체계라는 의미도 포함된다.

흔히 이러한 게임산업은 첨단기술과 선도기술이 가장 먼저 응용되는 분야로, 시장성에 있어서 매우 높은 고부가가치 산업으로 대두되고 있으며, 현재 우리나라에서도 벤처 게임산업에 대한 많은 투자가 이루어지고 있다. 그러나 이러한 게임은 사용자의 물리적 조작에 대해서만 반응하며, 심리상태나 감성상태를 피드백받지 않는다[2]. 따라서 이러한 문제를 해결하기 위해 가상현실, 뇌파, 음향, 진동감 등의 감성공학적 요소들을 응용한 게임 개발이 최근 동향이다. 예컨대 상술한 게임적 요소를 충분히 포함하고 있으면서 즐기는 엔터테인먼트 외에 별도의 효과나 기능을 갖는 게임, 즉 게임을 통해 바람직한 뇌파를 유도하고 그것을 사용자에게 알려주는 바이오피드백 기능을 갖는 등의 감성공학을 응용한 뇌파 게임이 그에 속한다.

최근에 이러한 뇌파게임기로 Q-jump가 개발되었다[3]. 이 게임기는 뇌파 신호를 센서가 부착된 헤드밴드 형식의 뇌파 추출 및 그 신호를 증폭시키는 인터페이스 장치를 PC에 연결시켜 모니터를 통해 사용자 자신의 뇌파 상태를 관찰할 수 있게 한 것으로 뇌파 분석은 물론 뇌파를 이용한 게임 프로그램이 포함되어 있어 사용자가 자신의 뇌파를 통제, 조절할 수 있도록 학습시키는 기능도 포함되어 있다.

흔히 게임 수행 시에 관련되는 뇌파는 α 파, β 파, 그리고 θ 파로, α 파는 안정된 심리상태에서 많이 발생되며, 정신활동과 신체활동을 할 때 감소하며, 이와는 반대로 β 파는 정신활동이나 신체활동 시에 증가한다. 또한 긴장상태, 정서적 자극에 의해서도 영향을 받는다[6]. 흔히 게임 수행 시에 경험하게 되는 복잡하고 예측하지 못한 시각 자극에 대해 α 파의 비동조화가 상대적으로 장기간 지속되는 것으로 밝혀지고 있다[5]. 또한 장시간의 게임수행에 따라 나타날 수 있는 피로와 관련하여 정신적 피로 시 뇌파간에 높은 상관관계가 나타나는 것으로 밝혀지고 있다[7, 8].

본 연구는 최근에 컴퓨터 사용의 증가와 함께 건강의 문제가 사회적 문제로 대두되고 있

는 시점에서 많은 사람들이 장시간 즐기는 전자오락게임의 수행 시에 나타나는 뇌파의 변화를 알아보고, 또한 최근에 개발된 뇌파 게임의 수행에 따른 뇌파 변화와 비교하고자 하였다. 따라서 일반 전자오락게임과 감성기능게임의 효과를 비교, 분석하는 것이 본 연구의 목적이다.

연구방법

피험자

남자 대학생 4명(평균연령 22세)과 일반인 2명(평균연령 30세)이 본 실험에 참여하였다. 이들은 본 연구에서 사용하는 컴퓨터 게임(스타 크래프트)의 경험이 있는 건강한 오른손 사용자들이었고, 실험 당일에는 흡연 및 커피, 알코올 복용을 하지 않도록 하였다. 또한 피험자들은 뇌파게임에 대한 올바른 사용법을 익히기 위해 3일간 매일 30분씩 예비 훈련을 받았다.

실험재료

컴퓨터 게임으로 “스타 크래프트”, 뇌파 게임으로 Q-jump의 “활쏘기” 게임을 선정하였다. 컴퓨터 게임으로 현재 세계적으로 사람들이 가장 많이 즐기고 있는 스타 크래프트 게임은 진행방식에 따라 전략 시뮬레이션 게임으로 분류되며, 게임 내용에 있어서도 여러 이벤트로 되어 있는 것이 특징으로, 신속한 정신활동과 운동(손)이 요구되는 게임이다.

본 연구의 두 번째 실험재료로는 기능게임의 일종인 Q-jump 게임이 사용되었다[3]. Q-jump는 게임적 요소를 포함하고 있으면서 즐기는 엔터테인먼트 외에 감성공학을 이용한 뇌파 게임들을 포함하고 있다. 사용자는 뇌파 신호를 추출하는 센서가 부착된 헤드 밴드를 이마에 착용하게 되며, 뇌(전두엽)로부터 추출된 신호를 증폭시켜 각 주파수 대역별로 FFT 분석하고, 특별한 연산과정을 거친 값을 가지고 게임이 진행되도록 하였다. 여러 게임 중 본 연구에서 사용되는 “활쏘기” 게임은 안정

도와 집중도에 관련된 뇌파 상태에 따라 10개의 화살이 사용자의 마우스 클릭에 의해 차례로 과녁에 맞추게 된다.

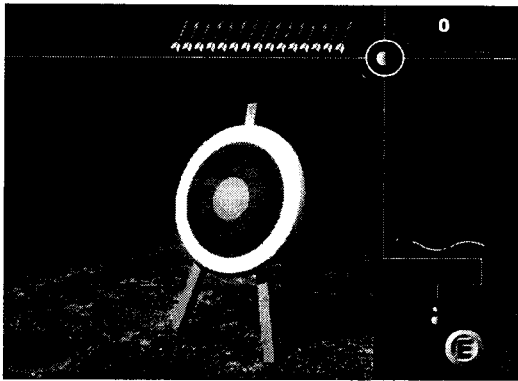


그림 1. Q-Jump 활쏘기 게임

사용자가 집중과 안정 상태에 있을 때, 화살은 과녁의 정 중앙(10점)에 맞게 되며, 혼란하거나 안정이 되지 않을 때 화살은 과녁의 정 중앙으로부터 떨어진 위치에 맞게 된다. 따라서 사용자는 화살의 과녁 맞춤을 관찰하고, 자신의 상태를 알 수 있으며(바이오피드백 기능), 그에 따라 스스로 자신의 심리상태를 컨트롤 하도록 설계된 게임이다.

실험환경 및 실험장비

실험은 한국정신과학연구소의 뇌파 실험실에서 실시되었다. 실험실(그림 2)은 3.5m x 1.8m(가로 x 세로)의 장방형으로 비교적 소음이 발생되지 않는 방이다. 피험자는 전극을 부착한 후, 실험실 중앙에 설치된 안락의자에 앉게 되며, 피험자로부터 0.5m 전방에 19' 모니터가 설치되었다. 피험자의 우측에는 커튼이 쳐

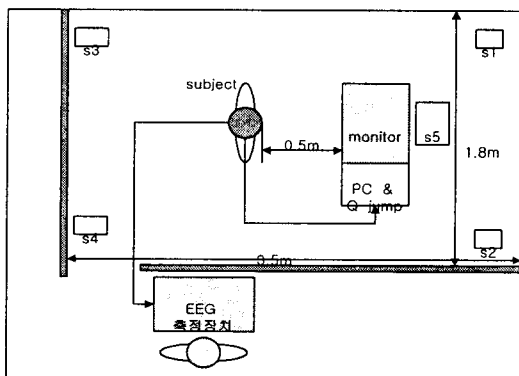


그림 2. 실험실 환경

져 있고 그 뒤에 실험자와 뇌파 측정 장비가 설치되었다. 뇌파 측정 장비는 Grass(model 15, Astro-Mod, Inc.)와 Neurodata Amplifier system이 사용되었으며, 분석 시스템으로 PolyVIEW PRO/32가 사용되었다. 스타 크래프트 게임과 활쏘기 뇌파 게임은 실험실에 설치된 Pentium III급 PC를 통해 제공되었다. 단 피험자가 뇌파 게임을 수행할 경우에는 헤드밴드를 착용하였다.

실험절차

피험자는 대기실에서 전극을 부착하고 실험실로 안내되었고, 약 10분간 실험자로부터 실험 지시사항을 들으면서 실험실 적응시간을 가졌다. 이후 안정상태에서 30초간 뇌파가 측정되었고, 게임은 30분간 진행되었다. 한 게임을 완수하면, 약 10분간 휴식을 가진 뒤, 두 번째 게임을 수행하였다. 즉 30분간 스타 크래프트를 먼저 수행한 사람은 10분 휴식 후, 활쏘기 게임을 수행하였다. 게임의 순서효과를 줄이기 위해 한 피험자에게는 스타 크래프트-활쏘기 게임의 순으로 제시하고, 다른 피험자에게는 활쏘기-스타 크래프트 게임의 순으로 실험이 진행되었다. 뇌파 측정은 피험자가 눈을 뜬 상태에서 이루어졌다.

분석방법

뇌파는 동측의 컷볼(A1, A2)을 기준 전극으로 하여 Fp1, Fp2, F3, F4, T1, T2, O1, O2 지점에서 단극유도법으로 측정하였다. 안정상태 동안(30초) 측정된 뇌파와 각 게임 수행시 측정된 뇌파를 분석하였다. 스타 크래프트 게임 수행은 게임 수행시 진행되는 이벤트에 따라 "전략구축단계"와 "공격단계"로 나누어 각 단계에 따른 뇌파를 분석하였다. 단 스타 크래프트의 2개의 이벤트 단계에 대한 각각의 뇌파 분석은 전략이나 공격이 시작되고 3분 후와 전략구축이 완성되고 공격이 끝나는 3분 전까지의 시간동안 측정된 뇌파만을 분석하였다. 활쏘기 게임은 특별한 게임 내용상의 이벤트를 가지지 않기 때문에 스타 크래프트 게임에서 나누어진 단계와 일치하는 시간대의 수

행에 대한 뇌파가 분석되었다.

뇌파는 FFT(Fast Fourier Transformation)와 각 주파수 대역별 power spectrum을 구하여 각 주파수 대역이 차지하는 상대적 출현량(relative power)을 구하였다. 주파수 대역은 컴퓨터 게임 및 뇌파 게임과 관련되는 theta파(4.00-7.99 Hz), fast alpha파(8.00-9.99 Hz), slow alpha(10.00-12.99 Hz), slow beta파(13.00-19.99 Hz), fast beta파(20.00-30.00 Hz)로 구분하였다. 게임간 각 단계별 뇌파의 차이를 분석하기 위하여 안정기 때의 뇌파와 게임수행 중 각 단계별 뇌파간의 상대적 출현량의 변화 값을 추출하였다. 그리고 안정상태와 자극이 제시되는 동안의 뇌파 변화의 차이를 검증하고, 스타 크래프트의 각 이벤트 단계와 활쏘기 뇌파 게임간의 차이를 위하여 t-test(pairwise comparison)를 사용하였다. 또한 뇌파의 상대적 출현량이 2개의 이벤트 단계에 따라 차이가 나는지, 그리고 그와 일치하는 단계에 해당하는 활쏘기의 전/후 시간 단계에 따라 차이가 나는지를 알아보기 위하여 반복측정 GLM 분석을 실시하였다.

결과

컴퓨터 게임과 뇌파게임 각각의 수행에 따른 뇌파의 상대적 출현량의 변화값이 각 부위에서 비교되었다. 그림 3은 slow alpha파의 상대적 출현량의 변화값을 보여주고 있으며, 뇌파 게임의 경우 F3, F4, T3, T4의 4부위에서 수행시간이 경과함에 따라 증가하고 있으며, 스타 크래프트 게임은 이와는 반대로 감소하였다. pairwise comparison T검증 결과를 살펴보면, F3 부위에서 뇌파게임 전반기(Q1)와 후반기(Q2), 뇌파게임 후반기(Q2)와 컴퓨터 게임 후반기(S2) 간, 그리고 컴퓨터 게임 초반기(S1)과 Q2 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 한편 T3 부위에서 Q1과 컴퓨터 게임 후반기(S2) 간에 유의한 차이가 나타났다($p < .05$). 대체로 뇌파게임을 수행할 때 수행 초반기에서 후반기로 진행되어 감에 따라 slow alpha파는 점점 증가하는 경향을 보이고

있으며, 컴퓨터 게임의 경우는 그와 반대의 변화를 보이고 있다. 이러한 경향성은 주로 F3 부위에서 유의하게 나타났다

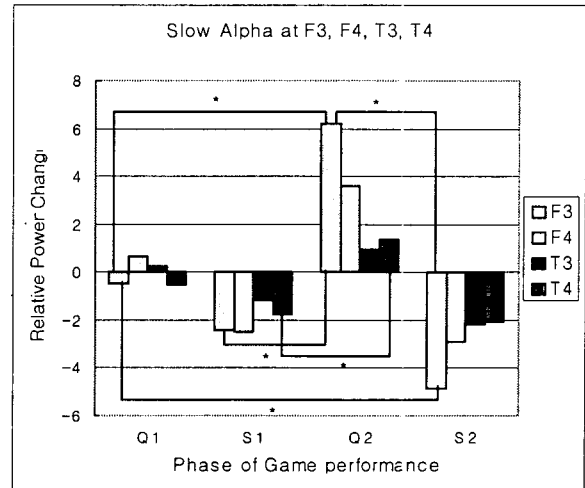


그림 3. 게임수행 전반기와 후반기의 Slow alpha파 변화

(S1 : 스타크래프트 게임 전반 3분 동안
S2 : 스타크래프트 게임 후반 3분 동안
Q1 : S1과 같은 시간대의 활쏘기 게임
Q2 : S2과 같은 시간대의 활쏘기 게임)

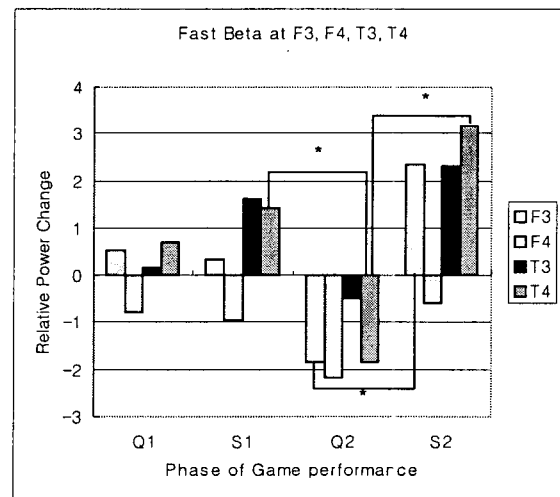


그림 4. 게임수행 전반기와 후반기의 Fast beta파 변화

(S1 : 스타크래프트 게임 전반 3분 동안
S2 : 스타크래프트 게임 후반 3분 동안
Q1 : S1과 같은 시간대의 활쏘기 게임
Q2 : S2과 같은 시간대의 활쏘기 게임)

그림 4는 각 게임의 수행 단계에 따른 fast beta파의 변화를 보여준다. 특히 F3 부위에서 Q2와 S2간에 유의한 차이가 나타났고($p < .05$), T4 부위에서 S1과 Q2, 그리고 Q2와 S2간에 유의한 차이가 나타났고($p < .05$). 전반적인 fast beta파의 경향성은 뇌파게임 초반기에 비해 후반기로 갈수록 fast beta는 감소하며, 컴퓨터 게임의 경우는 이와는 반대의 경향이 나타나고 있다. 또한 Fp2 부위에서 Q2와 S1, 그리고 Q2와 S2간 fast beta의 변화값이 유의한 차이가 나타났고($p < .05$).

결론 및 논의

본 연구의 결과는 일반 컴퓨터 게임과 컴퓨터 인터페이스 뇌파(혹은 감성) 게임의 수행에 따른 실시간 뇌파 변화의 양상이 달라진다는 것을 보여주었다. 특히 이완과 안정 상태시에 나타나는 slow alpha파는 뇌파 게임의 경우 전반적으로 시간이 경과함에 따라 점점 더 증가하지만, 일반 컴퓨터 게임은 시간이 지남에 따라 fast beta파가 증가하는 것으로 나타났다. 이는 일반 컴퓨터 게임의 경우 장시간 수행을 할 경우 긴장과 피로가 누적되는 것으로 해석할 수 있다. 이러한 경향성은 특히 F3 부위에서 많이 나타나는데, 뇌파 게임의 경우 이완의 상태를 지속할 수 있는 반면, 스타 크래프트와 같은 컴퓨터 게임은 게임의 특성 상 전투업 부위에서 많은 정신적 활동이 수반되며, 그에 따른 각성과 긴장이 증가하게 되는 것으로 볼 수 있다[1].

또한 Fp2 부위의 경우, 뇌파 게임의 후반기와 일반 컴퓨터 게임의 전반기 및 후반기 간의 fast beta파의 변화의 차이가 잘 나타나고 있는데, 뇌파 게임과는 달리 스타 크래프트 게임은 공간적 수행이 수반되기 때문에 beta파의 활동이 증가하는 것으로 볼 수 있다. 따라서 실제 게임의 적용적 측면에서 헤드밴드 형태의 뇌파 측정 장치를 착용하고 게임을 하게 되는 뇌파 게임기의 경우, 일정 시간동안 F3와 Fp2 부위에서 뇌전위를 측정하여 alpha 혹은 beta파의 증가율을 적용하는 방법으로도

충분히 바이오피드백 게임으로서의 기능을 할 수 있는 것으로 판단된다.

그러나 컴퓨터 게임의 경우 본 연구에서 사용한 스타 크래프트는 전략 시뮬레이션 게임으로 게임의 흐름 상 시종일관 공격과 파괴가 이어지는 종류의 게임이 아니기 때문에 다른 종류의 일반 컴퓨터 게임에 대한 실시간 뇌파 변화의 연구가 수행될 필요가 있을 것이다.

참고문헌

- [1] 이인혜 외: 정신생리학. 학지사, 1997.
- [2] 최용준, 조민행, 어홍준, 윤명환: 게임난이도에 따른 뇌전위 변화에 관한 연구. HCI2000 학술대회 논문집, 2000.
- [3] 한국정신과학연구소: 큐-점프 사용자 설명서, 1999.
- [4] 한국PC게임개발사연합회: 게임백서, 1997.
- [5] DE. Berlyne, and P. McDonnel: Effects of stimulus complexity and incongruity on duration of EEG desynchronization. *Electroencephalography and Clinical Neurophysiology*, Vol. 18, pp. 156-161, 1965.
- [6] JR. Evans, and A. Abarbanel: Introduction to quantitative EEG and neurofeedback. San Diego: Academic Press, 1999.
- [7] M. Hutchison: Mega brain power. New York: Hyperion, 1994.
- [8] OG. Okogbaa, RL. Shell, and D. Filipusic: On the investigation of the neurophysiological correlates of knowledge worker mental fatigue using the EEG signal. *Applied Ergonomics*, Vol. 25, pp. 355-365, 1994.