컴퓨터 게임 중 fNIRS 기반 뇌 활성화 연구[1)]

강원석*, Berdakh Abibullaev*, 이승현*, 안진웅*
*대구경북과학기술원 공공원천기술연구센터
e-mail:wskang@dgist.ac.kr

A Study on Brain Activation during playing a computer game using a fNIRS

Won-Seok Kang*, Berdakh Abibullaev*, SeungHyun Lee*, Jinung An*
*Dept of Public & Original Technology Research, DGIST

요 약

fNIRS(functional Near Infrared Spectroscopy)는 비침습형 뇌기능 분석 시스템으로 뇌활성화 시 옥시헤모글로빈(oxy-hemoglobin)과 디옥시헤모글로빈(deoxy-hemoglobin) 변화량을 측정할 수 있는 장치이다. 본 논문에서는 뇌기능 분석 장치인 fNIRS를 이용하여 피험자가 컴퓨터 게임 중에 어떤 뇌활성화 패턴을 보이는지를 실험하였다. 컴퓨터 게임 주의 및 집중 시 뇌의 전두엽(Frontal Lobe) 영역이 활성화 및 변화되는 것을 실험결과로 확인하였다. 그리고 게임 중 다른 사람이 피험자에게 개입을 하였을 때 전두엽의 활성화 영역이 다른 패턴을 보이는 것을 실험결과로 확인하였다.

1. 서론

BCIs(Brain-Computer Interfaces or Brain-Machine Interfaces BMIs)는 마우스 커서 제어, 컴퓨터 동작 및 휠체어 제어 등에서 EEG(Electroencephalography)를 이용하여 많은 연구가 이루어지고 있다. 그러나 EEG는 EOG, EMG 등 다른 생체신호의 간섭을 많이 받는 문제점이 있고 다차원 신호에 대한 뇌기능 분석에 있어서는 정보 수집의 한계점을 가지고 있다. 이를 극복하기 위해 EEG 외 다른 뇌기능 분석 장비를 이용하여 상호작용 기술 접근이 이루어지고 있는데 뇌활성화 기능 분석을 위해 fMRI (functional Magnetic resonance imaging)가 가장 많이 활용되고 있다. fMRI는 공간적 해상도가 높아 뇌활성화 기능 분석에 유용하지만 시간해상도가 낮아 실시간 상호작용에는 적합하지 않은 문제점이 있다[1].

최근 뇌활성화 기능 분석을 위해 fNIRS라는 비침습형 시스템을 이용하여 뇌 기능 분석에 대한 연구가 이루어지고 있다. fNIRS는 근적외선 빛을 이용하여 옥시헤모글로빈과 디옥시헤모글로빈의 변화량을 측정할 수 있는 시스템이다. 또한 EEG보다 좋은 공간 해상도를 제공하고 다른 생체적 신호간섭영향이 적은편이다. 또한 100~300msec 정도의 시간 해상도를 지원하기 때문에 실시간 처리도 가능한 특징을 가진다.

인간이 운동 및 사고 등의 행위 작용을 수행할 때 뇌에서는 혈류량이 변화를 한다. 이러한 점을 착안하여 심리학, 재활 분야에서 뇌기능적 관점에서의 상호작용 문제점을 분석하기 위해 조금씩 fNIRS를 이용하여 먼저 연구를 하고 있다[2]. 또한 BCI 분야에서는 fNIRS와 EEG를 융합한 기술을 기반으로 아시모 로봇을 제어하는 기술을 연구중이 있다.

본 논문에서는 뇌기능 분석 장치인 fNIRS를 이용하여 피험자가 컴퓨터 게임 중에 어떤 뇌활성화 패턴을 보이는지를 실험하였다. 컴퓨터 게임 주의 및 집중 시 뇌의 전두엽 영역이 활성화 및 변화되는 것을 실험결과로 확인하였다. 그리고 게임 중 다른 사람이 피험자에게 개입을 하였을 때 전두엽의 활성화 영역이 다른 패턴을 보이는 것을 실험결과로 확인하였다. 본 논문은 fNIRS를 이용한 BRI(Brain-Robot Interfaces) 인터페이스 기술 개발을 위한 가능성 분석을 위해 접근하였고 향후 BRI를 위한 기반 기술을 위해 연구를 시작하였다.

2. 뇌활성화 실험

2.1 실험 장비

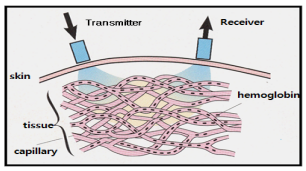

그림 1 fNIRS의 △oxy-H 및 △deoxy-H 추출 원리 그림 2 FOIRE-3000

fNIRS는 그림 1과 같이 근적외선을 송출하는 송광부와 내부 조직에서 반사되어 나오는 정보를 수신하는 수광부로 구성하여 △oxy-H 및 △deoxy-H 정보를 수집한다. 각 송광부와 수광부는 머리피부 및 신체피부에 밀착 시켜서 정보를 추출한다.

본 논문에서는 fNIRS 시스템으로 그림 2와 같은 FOIRE-3000(Shimadzu, Japan)을 사용하여 실험을 수행하였다. FOIRE-3000은 3파장(780nm, 805nm and 830nm)의 근적외선을 방출하고 단일 시스템 당 52채널을 지원한다.

2.2 실험 구성

<u>게임콘텐츠 및 실험참가자 :</u> 뇌활성화 기능 측정을 위해서 실험환경을 운영하는 운영자 1명과 컴퓨터 게임(free

1) 교육과학기술부 및 대구경북과학기술원의 기관고유사업의 지원으로 수행되었음.

cell)을 수행하면서 뇌활성화 기능을 측정당하는 피시험자 1명과 컴퓨터 게임 도중 주의 및 집중을 방해하는 인터럽터 1명으로 구성하였다. 본 논문의 저자인 피시험자는 성별은 성인 남성이고 나이는 30대이며 컴퓨터 게임인 free cell의 규칙을 정확히 알고 해당 게임 수행경험이 많은 사람이다. 그러나 fNIRS 데이터 측정을 위해 숙련은 되지 않은 사람이다.

실험 설정 및 데이터 측정 : 운영자는 게임 중 인지기능에 대한 변화를 보기 위해 피시험자의 전두엽 영역에 뇌혈류량 정보를 측정하기 위한 전극을 부착 시켰다. 전극 부착 위치는 그림 3과 같은 형태로 10-20 system 방법으로 구성을 하였다. 그림 3에서 빨간 원은 송광부 전극을 나타내며, 파란 원은 수광부 전극을 나타낸다. 그림 3과 같은 전극 배치로 FOIRE-3000은 Δoxy-H 및 Δdeoxy-H를 측정한다. 본 논문에서는 22채널 측정을 위한 전극 배치를 구성하였다. fNIRS는 직사광선이 바로 전극에 쏘이면 노이즈가 발생하기 때문에 직사광선을 영향을 줄이기 위한 전극 부착 전용 캡을 그림 4와 같이 착용하여 전극을 부착 시켰다.

그림 3 10-20 system 기법의 전극 부착

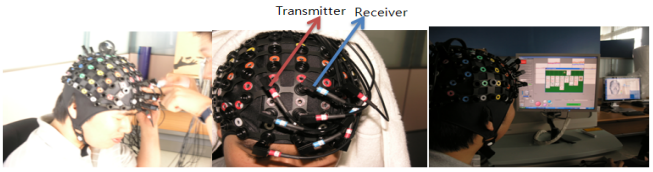

그림 4 전극 부착 과정

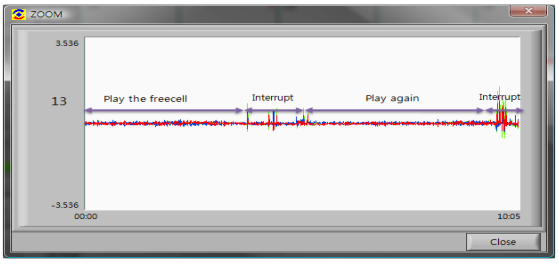

그림 5 Δoxy/deoxy-H 측정 이력

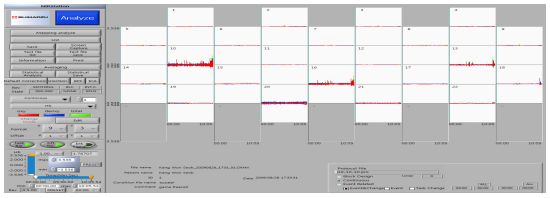

그림 6 실험 완료 후 데이터 그래프(22채널)

fNIRS 뇌활성화 기능 정보 측정을 위해 본 논문에서는 약 10분간 freecell 게임을 하도록 피시험자에게 알려주었다. 그리고 freecell 게임 중 인터럽터가 개입을 하여 게임 주의 및 집중에 방해를 할 것이란 정보는 알려 주지 않았다. 그림 5와 같이 인터럽터는 피시험자에게 전체 게임 수행(0~220sec 게임 집중, 221sec~321sec 인터럽트, 322sec~ 572sec 게임집중, 573sec~605sec 인터럽트) 중 2차례의 주의 및 집중 작업에 간여하였다. fNIRS 정보 측정 방법은 Block design, Continuous, ERP 세 가지로 구성되는데 본 논문에서는 Continuous 기법으로 약 10분간 데이터를 측정하였다. 22채널에 대해서 측정한 Δoxy-H 및 Δdeoxy-H는 그림 6과 같다.

3. 실험 평가

그림 6에서 측정한 채널 데이터들을 보면 피시험자는 채널 10, 채널 13, 채널 16에 해당하는 전두엽 위치에서 뇌혈류량 변화가 많음을 볼 수 있다. 그림 7의 (a)와 (b)는 (c)의 전극 배치에 따라 뇌혈류 변화를 가상 매핑한 결과이다. 여기서 붉은 색은 Δoxy-H 증가를 나타내고 푸른 색은 Δoxy-H 감소를 나타낸다. 피시험자가 컴퓨터 게임에 주의 및 집중 중에는 평균적으로 그림 7의 (a)와 같이 freecell의 규칙을 종합하여 한꺼번에 처리하는 기능을 담당하는 우측 전두엽[3]에서 뇌활성화가 이루어 졌다. 특히 우측 전두엽 영역의 채널 10과 중앙 부분의 채널 16에서 많은 뇌활성화 변화를 보였다. 그림 7 (b)는 피시험자가 인터럽터에 의해 간섭을 받아 인터럽터와 말을 주고 받았는데 이때의 뇌혈류 변화는 우측 전두엽 Δoxy-H 감소를 보였고 좌측 전두엽 Δoxy-H 증가하는 모습을 보였다. 이는 언어영역을 담당하는 대뇌 좌반구 주요 요소[3]에 의해 좌측 전두엽 영역이 활성화 된 것으로 보인다.

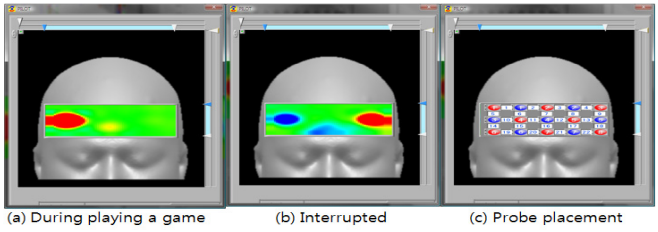

그림 7 실험 중 뇌활성화 변이

4. 실험 결론

본 논문에서는 뇌기능 분석을 위한 fNIRS 시스템으로 1회 뇌기능 분석을 해보았다. 기존 EEG와 달리 전극 배치 및 실험환경 준비 작업이 용의하며 뇌혈류량의 변화에 따른 뇌기능 분석에 있어서 쉬운 장점이 있다. 본 논문에서 제시한 실험적 결과는 1회에 한하여 수행되어 얻어진 데이터로 기술하였기 때문에 데이터 신뢰성 측면에서는 많은 한계점을 가질 수 있다. 그러나 기존의 신경과학자들에 의해서 밝혀지고 있는 뇌기능 측면에서 볼 때 본 논문에서 수행한 실험은 그 근거를 제시해 줄 수 있는 데이터로 볼 수 있다. 향후 다양한 피시험자와 반복 수행으로 얻은 데이터를 이용하여 보다 일반적이고 정밀한 뇌기능 분석을 수행할 계획이다.

참고문헌

[1] Mikhail A. Lebedev and Miguel A.L. Nicolelis "Brain-machine interface: past, present and future", TRENDS in Neurosciences Vol.29 No.9, pp.536~546, 2006.

[2] Hideyuki KOKUBO and et al., "Research on Brain Blood Flow during Taichi-quan by Using fNIRS", Journal of International Society of Life Information Science Vol.26, No.1, pp.134~135, 2008.

[3] Mark F. Bear and et al., "Neuroscience Exploring the Brain : the 3rd edition", Lippincott Williams & Willkins, Inc., 2007