

뇌파를 이용한 BCI 게임 동향 고찰

김귀정*, 한정수**
건양대학교 의공학부*, 백석대학교 정보통신학부**

A Review of Research Trends on Brain Computer Interface(BCI) Games using Brain Wave

Gui-Jung Kim*, Jung-Soo Han**

Dept. Of Biomedical Engineering, Konyang Univ.*
Division of Information & Communication, Baekseok Univ.**

요 약 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain Computer Interface)는 뇌파를 활용하여 뇌의 활동이 컴퓨터에 직접 입력되어, 마우스나 키보드 같은 입력장치가 없이도 컴퓨터와 커뮤니케이션을 할 수 있는 장치를 말한다. 뇌파 인터페이스 관련 하드웨어제작기술이 발전함에 따라 고가이면서 대형이었던 뇌파측정장비가 최근에는 소형화되고 저렴한 가격대로 출시되면서 앞으로 다양한 멀티미디어 분야에서 응용이 될 것으로 예상된다. 본 논문은 BCI의 다양한 연구 가운데 일반인들이 가장 먼저 접할 수 있는 응용영역인 게임에 대하여 BCI가 어떻게 적용되고 있는지 현재까지의 국내외 기술수준과 동향을 파악하고자 한다. 다음으로 BCI를 사용한 게임의 문제점을 살펴보고 향후 국내 BCI 연구 및 개발방향을 제시하고자 한다.

주제어 : 뇌-컴퓨터 인터페이스, 뇌파, 게임, 의료, 엔터테인먼트

Abstract Brain-computer interface is (BCI) is a communication device that the brain activity is directly input to the computer without input devices, such as a mouse or keyboard. As the brain wave interface hardware technology evolves, expensive and large EEG equipment has been downsized cheaply. So it will be applied to various multimedia applications. Among BCI studies, we suggest the domestic and foreign research trend about how the BCI is applied about the game almost people use. Next, look at the problems of the game with the BCI, we would like to propose the future direction of domestic BMI research and development.

Key Words : BCI, Brain wave, Game, Medical, Entertainment

1. 서론

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain Computer Interface)는 차세대 인터페이스의 유력한 대안으로 등장하고 있다.

이는 뇌와 컴퓨터의 정보통신을 의미한다. 즉, 뇌의 활동이 컴퓨터에 직접 입력되어, 마우스나 키보드 같은 입력장치가 없이도 컴퓨터와 커뮤니케이션을 할 수 있는 장치를 만들어 가는 것이다[1,2,3]. 이는 운동신경에 장애가

* 본 논문은 2015년도 백석대학교 대학연구비에 의하여 수행된 것임.

Received 10 April 2015, Revised 26 May 2015

Accepted 20 June 2015

Corresponding Author: Gui-Jung Kim
(Dept. Of Biomedical Engineering, Konyang Univ.)
Email: gjkim@konyang.ac.kr

ISSN: 1738-1916

© The Society of Digital Policy & Management. All rights reserved. This is an open-access article distributed under the terms of the Creative Commons Attribution Non-Commercial License (<http://creativecommons.org/licenses/by-nc/3.0>), which permits unrestricted non-commercial use, distribution, and reproduction in any medium, provided the original work is properly cited.

있는 환자들에게 매우 유용한 테크닉이 될 것이며, 정상인에게는 새로운 패러다임이 될 것이다. 이를 위해 뇌의 특정영역에서 원하는 뇌의 활동을 측정할 수 있는 기술의 개발과 뇌의 활동을 정량 정성화하고 이를 분석하는 기술의 개발, 그리고 추가로 이를 통한 뇌와 컴퓨터의 프로토콜 개발 등이 이루어질 수 있다. 이에 따라 뇌파 연구의 증진과 여러 분야의 BCI 기술의 활용 확대에 힘입어 발전을 거듭하고 있다. 최근에는 Neurosky, Emotive, OCZ 등의 기업에서 헤드셋 형태의 가볍고 착용이 간편한 기기를 저렴한 가격에 발매함으로써 게임, 집중력 향상 연습 등 다양한 용도로 활용되고 있다. 현재 진행되고 있는 BCI 연구에서 가장 큰 난제가 되고 있는 것은 뇌파다. 공원을 산책하고 싶어 하는지, 아니면 햄버거를 먹고 싶어 하는지, 혹은 햄버거를 먹으면서 공원을 산책하고 싶어 하는지 등에 대해 정확한 뇌파 분석이 이루어져야 하는데 그것이 쉽지 않은 상황이다.

미국, 유럽 등의 선진국에서는 뇌지도(brain map) 작성을 선언하고 대규모 연구에 뛰어들었지만 뇌지도 완성까지는 아직 많은 시일이 필요하다. 때문에 과학자들은 이 문제를 다른 방식으로 해결하고 있다. DARPA의 CT2WS처럼 전투 시 인간 뇌의 일부 특징적인 패턴을 파악해 실제 전쟁 상황에 적용하는 방법이 연구되었다. 무인자동차 운전기술도 이러한 기술을 통해 이루어진다. 사전에 기록된 뇌파 패턴들을 활용해 자동차가 목적지까지 무사히 당도할 수 있는 컨트롤 시스템을 만들어내는 방식이다. 적용 분야도 넓어지고 있다. 과거 뇌파 측정·분석과 같은 한정된 영역을 뛰어 넘어, 뇌파를 이용한 줄임운전 방지 시스템, 스마트 폰과 연동된 뇌파 게임 등 응용기술 관련 출원건수가 64.3%를 차지하고 있다. 뇌와 기계를 연결하는 BCI 기술은 기존의 수동 기계장치와는 달리 사람의 뇌파가 적용된다는 점에서 사회적 파급효과가 매우 클 것으로 예상된다. 긍정적인 점도 있지만 부정적인 점도 내포돼 있다. 그러나 선진국들이 뇌지도 작성에 뛰어든 지금, 미래의 큰 변화가 예고되고 있는 분야이기도 하다.

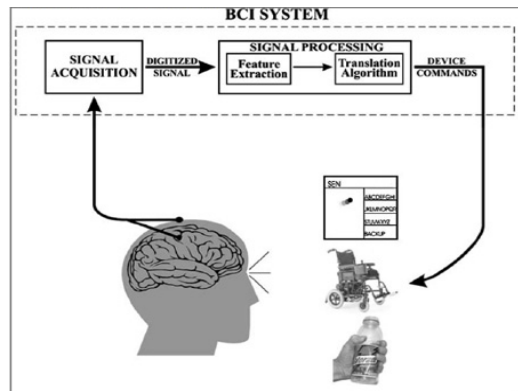
이에 본 연구에서는 BCI의 다양한 연구 가운데 일반인들에게 가장 먼저 다가갈 수 있는 응용영역인, 게임에 대하여 BCI가 어떻게 적용되고 있는지 현재까지의 기술 수준과 동향을 파악하고자 한다. 또한 BCI를 사용한 게임의 문제점을 살펴보고 그것에 대한 나아갈 방향을 모

색해본다.

2. BCI 개념

2.1 BCI

최근 터치스크린이 음성인식과 동작인식으로 진화하는 가운데, 신체를 사용하지 않고 두뇌(뇌파)와 컴퓨터를 직접 연결해 기기를 제어하는 BCI가 차세대 기술로 주목받고 있다. 두뇌와 컴퓨터를 직접 연결해 기기를 제어함으로써 기존 인터페이스가 가진 기술적 제약을 보완할 수 있다. 1973년 미국 UCLA 연구팀의 비달(Vidal)이 처음 이 개념을 언급했으며 MIT Technology Review는 2001년 ‘미래를 바꿀 10대 기술’에 BCI를 선정하였다. IBM은 2011년 ‘5년 이내에 우리의 삶의 방식을 바꿀 5가지 기술’중 첫 번째 기술로 BIC기술을 지목하였다. [Fig. 1]은 BCI의 실행과정을 나타낸 것이다[4].



자료 : Gerwin Schalk(2004)

[Fig. 1] Process of BCI

BCI 시스템은 기본적으로 학습과정과 피드백과정으로 구성된다. 학습과정은 전처리 단계, 특징 정보 추출 단계와 분류 단계로 나뉜다.

·전처리 단계 : 뇌파는 측정 시 전극을 부착하는 위치와 방법, 실험 환경, 피험자의 움직임 등에 의하여 잡음이 발생하기 쉬우며, 잡음이 포함된 뇌파는 BCI 시스템에 사용하기 부적절하다. 따라서 효율적인 BCI 시스템을 구성하기 위해서는 전처리 과정을 수행하

여 신뢰성 있는 뇌파를 수집하여야 하며 이를 위한 전처리 과정으로는 자기상관 함수(Auto Correlation Function), 독립성분분석(ICA : Independent Component Analysis), Band-Pass Filtering, Notch Filtering, 앙상블평균(Ensemble Averaging) 등이 있다.

·특징 정보 추출 단계 : 특징추출은 주어진 입력자료 보다 적은 차원을 가지면서 동시에 자료를 분류하기 위한 특징을 충분히 포함하는 입력신호의 특징을 찾아내는 과정이다. 이러한 특징을 이용하면 분류를 위한 계산량을 감소시킬 수 있을 뿐만 아니라 불필요한 특징을 제거함으로써 분류성능을 향상시킬 수 있다. 많은 특징 추출 기법 중 BCI 분야 에서 널리 사용되어지는 특징추출 기법으로 자기회귀모델(AR : Auto Regressive Model), 파워스펙트럼(Power Spectrum), 효쓰파라미터(Hjorth Parameter), 주성분분석(PCA : Principal Component Analysis), 선형판별분석(LDA : Linear Discriminant Analysis) 등이 있다.

·분류 단계 : 특징 추출을 거친 뇌파 신호는 실질적인 기기 제어 등을 위한 분석 및 분류 과정을 거치게 된다. 다양한 감각 기관을 통하여 전달되는 정보를 처리, 분석, 종합하여 미리 정의된 특정 패턴들 중 어떤 부류에 속하는지 판별하는 기술이다. 생체 인식의 한 분야인 BCI 분야에서 활용되어지는 기법으로는 은닉 마르코프모델(HMM : Hidden Markov Models), Kalman Filter Model, 다층신경회로망(Multi Layer Perceptron) 등이 있다.

피드백 과정은 마우스커서 컨트롤, 휠체어 운전, 로봇 팔의 제어 등의 구체적 응용에 적용한다.

이러한 BCI 시스템은 측정 방법에 따라 침습식 혹은 비침습식 방식이 있다. 침습식은 두개강내뇌파, 국소장전위, 마이크로전극, 마이크로전극배열 등을 이용하고 비침습식은 뇌전도, 뇌자도, 양전자단층촬영, 근적외선분광, 기능적자기공명영상 등을 이용한다. 두 방식은 각기 장단점을 가지고 있다. 침습식은 두피를 뚫고 뇌 피질 혹은 뇌 안에서 직접 신호를 측정하기 때문에 센서의 생체적합성이 중요한 사항이 된다. 이는 신호의 질과 시간/공간 해상도가 뛰어나다는 장점이 있기는 하지만, 센서의 생체적합성 및 장기간 이식되어도 문제가 되지 않는 디자인과 재질 그리고 신경조직을 상하지 않으면서 저 전력과

무선으로 동작 할 수 있는 전극에 대한 연구가 요구 된다. 이에 반해, 비침습식은 잠음 문제가 있어 신호의 질이 떨어지지만, 인체에 무해하고 준비과정이 복잡하지 않기 때문에 선호되고 있다[6].

2.2 BCI 응용분야

2.2.1 의료 분야 응용

의료, 재활, 헬스케어 분야는 대표적인 BCI의 응용분야이다. 사지를 사용할 수 없는 환자에게 일상생활을 가능케 하며, 재활에 도움을 줄 수 있는 의료, 재활의 미래 연구 분야이다. 뇌파제어 기술을 활용해 휠체어나 로봇 팔을 조종하는 연구가 진행 중이다. 스위스 조잔 공대의 톰 칼슨 박사는 2011년 말, 사용자가 원하는 방향으로 움직이는 전동 휠체어 시스템을 개발하였다. 뇌에 이식한 칩을 통해 로봇팔의 동작뿐 아니라 손가락의 움직임까지 정교하게 조종 가능케 하는 연구도 진행 중에 있다.

오스트리아의 Graz 대학에서는 척수 손상으로 인해 사지가 마비된 환자들을 대상으로 뇌파 기반 BCI를 응용한 가상현실에서의 항법 시스템을 적용시켜 사지마비 환자들이 가상현실 속에서 얼마나 자유롭게 움직일 수 있는지를 실험했다[7]. 사지마비 환자들은 휠체어에 앉아 자신의 발을 움직인다는 상상을 수행함으로써, 아바타를 원하는 위치로 성공적으로 이동시켰으며, 이를 통해 BCI를 응용한 각종 이동장치의 제어에 대한 가능성을 제시하였다.

2.2.2 편의성 제고

IT 기기, 자전거, 자동차 등에 BCI 기술이 적용가능하다. 운동중이거나 다른 일을 수행하는 중에 IT 기기나 차량을 제어하는 경우 BCI가 편의를 제고할 수 있어 실용화가 기대되는 부분이다. 스마트폰 등 IT 기기에서는 최근 뇌파로 조작하거나 앱을 구동하는 기술을 개발 중이다. 또한 자전거나 자동차 운전자의 의도를 파악해 기기 속도, 상태, 방향 전환 등을 제어하는 기술 개발이 진행 중에 있다.

미국 UC버클리 대학 연구팀은 뇌파를 인식하는 헤드셋을 활용, 보안 개인 인증에 성공했다. 뇌파 센서가 달린 헤드셋을 착용한 뒤 생각인식(thought)을 통해 비밀번호 등 본인인증을 진행하는 식이다. 이 기술은 EEG센서를 탑재한 블루투스 헤드폰 형태의 뉴로스카이 마인드

셋이 필요하다. 모의실험을 진행한 결과 에러율은 1% 남짓에 불과했다는 게 연구팀의 설명이다. 뇌파 기술은 보안에만 활용되는 것이 아니다. 뇌파로 생쥐의 꼬리를 움직이거나, 쿼드콥터를 원격 조정하는 기술 등이 차례로 공개되었다. 이 기술은 각종 기기를 구동시키는 BCI를 활용, 컴퓨터로 전달된 특정 뇌파를 다시 생쥐 뇌의 일부 영역에 신호를 보내는 식이었다. 뇌파 관련 기술이 진화를 거듭하고 있으며, 사물을 조정하는 등의 연구가 성과를 얻었고, 향후엔 개인 정보 인증에도 뇌파 신별 기술이 폭넓게 사용될 것으로 보인다. 또한, 생각이나 의도를 다른 사람의 뇌로 전달하는 뇌-뇌 인터페이스는 BCI 기술이 지향하는 차세대 분야이다. 이는 국방, 훈련, 교육 분야에 적용될 수 있으며, 최근 명령이나 운동신호를 다른 사람의 뇌로 전달하는 연구가 진행 중에 있다.

2.2.3 엔터테인먼트

BCI 기술은 게임, 영화와 같은 엔터테인먼트에도 적용가능하다. 게임은 안전성의 문제가 비교적 적기 때문에 BCI의 실용화가 앞선 분야 중의 하나이며, 영화분야에서는 감상하는 사람의 의지에 따라 이야기의 흐름이 바뀌는 콘텐츠도 개발되었다. [Fig. 2]는 BCI 기반의 인터랙티브 영화예이다[4].



[Fig. 2] Paranormal Mynd : Interactive Movie based on BCI[4]

게임 인터페이스는 게임 시스템에 플레이어의 의사를 전달하는 필수적이고 중요한 요소이지만, 의사를 반영하는 일에 도구라는 중간 단계를 거치는 것이기 때문에 게

임의 몰입을 방해하는 요소가 될 수 있다. 그러므로 게임 인터페이스는 쉽고 자연스러워야 한다. 사용자의 경험을 근거로 하는 직관적 인터페이스는 사용자에게 이미 충분히 숙지되어 있으며 친숙할 것이다. 그러므로 게임 인터페이스를 설계하고 디자인하는 단계에서 사용자의 경험을 반영하는 것은 인터페이스의 다른 요소들을 강화하여 현실감을 높여 사용자의 몰입을 증가시킬 것이다.

3. 뇌파를 이용한 BCI 게임

3.1 BCI 게임 동향

BCI 연구는 대부분 미국과 유럽연합이 주도하고 있으며, 다양한 프로젝트들이 진행 중이다. BCI 연구는 1970년대에 UCL(University of California Los Angeles)에서 시작되었고[8], 초기에는 주로 신경의지(neuro-prosthesis)에 대한 연구가 주를 이루었고, 이후 뇌에 대한 연구, 특히 신경가소성(neural plasticity)에 대한 연구가 활발히 이루어지고 있다. 미국은 침습적인 BCI 연구를 주도하고 있으며, 생체전극 개발 및 사람을 대상으로 하는 BCI 연구도 수행 중에 있다. 미국 듀크대 Nicoletis 팀은 원숭이 뇌 안에 전극을 삽입하는 수술을 통하여 팔의 움직이는 동작과 관련된 신호를 센싱 후 로봇팔을 움직이는데 성공하여 발표하였다[9]. 또한 2009년 미국 위스콘신대 의공학학과에서는 전신마비 혹은 감금 증후군(locked-in syndrome)환자에게 적용할 수 있는 새로운 인공 지능 보조공학 시스템을 개발하였다. 사람의 생각만으로 기계를 동작하고 움직일 수 있는 것이 가능함을 보여준 것이다 [10]. 브라운대 Donoghue 팀은 전신마비 환자의 머리에 microarray를 삽입하고 TV나 컴퓨터를 조작하는데 성공하였고, 2012년에는 사지마비 환자가 BCI를 통해 로봇팔을 움직여 물을 마시는 동작을 실현하여 Science 지에 발표하였다. 또한 신경 인터페이스 시스템인 브레인게이트(BrainGate)를 개발함과 더불어 Cyberkinetics Neurotechnology Systems를 창업하기도 하였다. 그러나 Wolpaw등이 저서에서 지적하였듯이 많은 연구자들이 BMI 연구에 종사하고 논문 또한 활발히 발표되고 있는 반면, 실제로 BCI 기술을 통하여 도움을 받고 있는 사람은 극소수에 불과하다.

유럽은 주로 비침습적인 BCI에 대하여 다양한 BCI 패

러다임과 기계학습법을 이용한 신호처리 연구가 많고 국가 및 국가 간 대단위 프로젝트들이 진행 중에 있다. 베를린 BCI팀과 오스트리아의 Graz 대학의 연구팀들의 연구를 주목해 볼만하다. 베를린 BCI팀은 기계학습법을 적용한 다양한 BCI 신호처리 알고리즘들을 선도적으로 개발하고 있으며, Gert Pfurtscheller가 이끄는 Graz 대학의 연구팀은 ERD/ERS 현상의 깊은 이해를 통해 상상 움직임 패러다임에 대한 의미 있는 BCI 연구 결과들을 발표하며 선도적으로 다양한 패러다임 및 어플리케이션을 개발하고 있다[11].

아시아에서는 중국과 일본을 중심으로 연구가 진행 중이다. 중국은 BCI 연구의 후발주자이나 연구수준이 선진국 수준에 도달했으며, 특히 유럽에 비하여 침습방식의 연구가 점점 더 활발하게 진행되고 있다. P300 기반 BCI시스템에 대한 선도적인 입지를 가지고 있는 칭화대학의 팀이 비 침습분야에서는 주목을 받고 있으며, Shanghai 연구소와 Shanghai Jiao-Tong 대학 등이 침습식 BCI 연구를 하고 있다. 일본은 로봇공학의 토대위에 정상인의 일상생활에 적용할 수 있는 비침습적인 연구가 많이 이루어지고 있으며 NTT, ATR과 같은 대규모 산업체 연계연구도 활발히 진행에 있다[11]. 실제 실생활에 적용하는 방법과 사용자 관점에서의 다양한 연구를 하고 있고, 특히 로봇강국이라는 토대위에 BCI를 로봇 제어에 접목시키려는 연구도 수행중이다.

국내 BCI 연구는 미국이나 유럽 등지에 비하여 아직 초기 단계에 있다. 2003년 전자통신연구원(ETRI)의 연구를 시작으로 연구 동향 파악 및 BCI 기술소개 등에 대한 연구가 있었고, 외국에 비하여 BCI 연구에 특화된 학회 및 연구 활동이 크게 보이지 않는다. 그러나 최근 한국과학기술기획평가원(KISTEP)에서 미래 유망 10대 기술 1위에 BCI를 선정하였고, 한림대학교에서 침습식 BCI를 이용한 Super Dog 말하는 개 맥스를 소개하면서 뇌파 연구에 대한 관심이 사회적으로 고조되고 있는 실정이다 [11]. 현재 국가 차원의 뇌 과학연구의 중요성이 부각되면서, 알고리즘 및 생체신호 처리 연구실에서 BCI 연구를 소단위 혹은 대단위로 기획해 나가고 있는 것으로 보여 현재 국내 BCI 연구는 점점 활성화 되고 있다고 여겨진다.

3.2 뇌파를 이용한 BCI 게임

■ 핀볼게임

핀볼게임은 베를린 BCI 팀이 제작한 능동적 방식을 사용하는 게임방식으로 주로 상상 움직임 명령 패러다임을 많이 이용한다[12]. 이 게임은 왼손과 오른손을 사용할 때 나타나는 뇌파의 패턴을 그대로 이용하여 핀볼의 패들을 조종하도록 만들어 졌다. 사용자는 학습을 통해 왼손과 오른손 사용에 대한 연습을 하고 이때 측정된 뇌파를 통해 핀볼게임에 적용하였다.



[Fig. 3] Pinball Game

■ 마인드 더 쉽(Mind the Sheep)

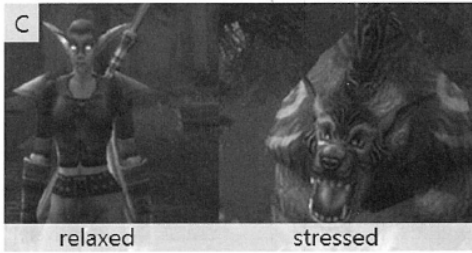
마인드 더 쉽은 양떼를 움직이게 하기 위해서 개를 움직이는 게임이다. 이 게임은 정상상태 시각관련 유발전위(SSVEP)를 사용하는데 이는 깜빡거리는 시각적 자극을 사용자가 보고 있을 때 해당 시각 자극의 깜빡거리는 주파수의 정보가 관찰되는 점을 이용한 것이다[5]. 여러 마리의 개들을 서로 다른 주파수로 깜빡거리게 함으로써 사용자가 집중하고 있는 개를 선택하는 것이다. 이렇게 선택된 개는 커서의 위치까지 이동하게 되고 양들 또한 이동하게 된다.



[Fig. 4] Mind the Sheep

■ Alpha WoW

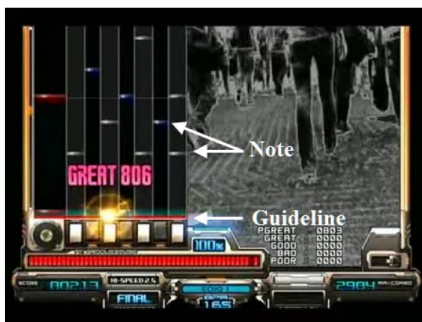
Alpha WoW는 WoW(World of Warcraft)에 BCI를 접목한 것으로써, 사용자가 게임을 할 때 사용자의 각성도를 이용해서 캐릭터를 변화시키는 것이다[13]. 차분한 상태에서는 요정 캐릭터로 게임을 하다가 흥분 상태에 있을 때는 괴물 캐릭터로 변하여 공격적인 전투가 가능하도록 유도하는 게임이다.



[Fig. 5] Alpha WoW

■ 리듬게임

리듬게임이란 음악에 맞춰서 손, 혹은 몸을 사용해 조작하는 게임을 총칭하는 말로 ‘음악 게임’ 혹은 ‘리듬 액션 게임’이라고도 하며 음악과 악보라고 할 수 있는 노트(note)로 구성된다. 노트는 음악의 박자에 따라 미리 정의된 연주 패턴으로서 사용자에게 타이밍에 맞춰 주어진 입력을 요구하는 수단으로 사용된다. 반복되는 노트의 패턴은 음악을 지각하는데 유용하고, 음악과 노트의 매칭이 정확할수록 사용자의 몰입도를 높일 수 있다. [Fig. 6]은 리듬게임 장르의 모티브가 된 코나미사의 ‘Beatmania’ 게임 화면으로 대부분의 리듬 게임과 같이 화면 상단에서 가이드라인으로 이동하는 노트를 연주하고 게임 점수를 획득하는 방식을 사용한다[14].



[Fig. 6] Music Rhythm Game

최근에는 Microsoft사의 동작인식 카메라인 ‘키넥트(Kinect)’를 사용하여 사용자의 동작을 인터페이스로 활용하는 동작인식 리듬게임이 출시되고 있다. [Fig. 7]은 리듬게임에서 사용된 다양한 사용자 인터페이스를 나타낸다.



[Fig. 7] Interfaces for Rhythm Game

4. 문제점 및 해결방안

BCI 기반 게임이 실용성을 가지고 여러 사용자가 실생활에 이용할 수 있기 위해서는 현재 극복해야할 여러 문제점들이 있다.

첫째, BCI를 활용한 게임에서 가장 큰 문제는 사람마다 뇌파의 평균 진폭, 평균 파장 등이 차이를 보이기 때문에 제어를 위한 임계점을 잡기 힘들다는 점이다. 이에 따라 최근에는 뇌파의 정규 분포를 활용해 정규화함으로써 개개인의 뇌파 특성의 차이를 줄이는 연구가 진행되고 있다. 또한, 신호의 변화성(Variability)과 기존의 패턴다임에서 알려진 뇌파 형태를 생성해내지 못하는 사용자들에 대한 해결 방안이 있어야 한다. 이는 뇌파의 형태가 달라지거나 규칙에 맞게 실험을 하여도 일관되거나 확연히 드러나는 뇌파 패턴을 나타내지 못하는 사용자 집단에 대한 문제이다. 이러한 사용자의 수는 SMR BCI의 경우 전체 타겟 유저의 약 15~30% 정도가 될 것으로 예상하고 있다[11]. 따라서 사용자 뇌파에 대한 변화를 반영할 수 있는 적응적인(Adaptive) 방식이 개발되어야 할 필요가 있다.

둘째, BCI 기술을 이용한 게임, 애플리케이션, 장치들이 활성화되기 위해서는 BCI 기기의 측정 뇌파 범위와 정확도를 더 확대할 필요가 있다. 현재 상용화된 BCI 헤드셋 기기는 대부분 알파파와 베타파만을 이용하고 뇌의 집중 상태와 이완 상태만을 측정해 게임이나 장난감 등에 반영하는 수준에 그치고 있다. Motor Imagery와 같이 움직임을 상상해 컨트롤에 반영하거나 십자 컨트롤러의

전후좌우 움직임은 뇌파 구분을 통해 컨트롤할 수 있는 보다 발전된 형태의 연구는 아직 초기 단계에 머물고 있는 실정이다.

셋째, 시스템의 정보전달량이다. 짧은 응답시간에 따른 최대의 정확도를 내기 위하여 고성능 하드웨어, 알고리즘 최적화가 매우 중요하다. 같은 패러다임을 사용하는 BCI 시스템이라 하더라도 시스템이 가지는 HCI에 따라서도 정보전달량이 달라질 수 있는데 독일의 Williamson 팀에서 개발한 Hex-O-Spell의 경우 사용자에게 보다 정확하고 편리한 방식의 HCI를 제공함으로써 그 성능을 기존의 방식에 비하여 높여, 숙련된 피험자로부터 최대 7.5char/min의 성능을 얻는 결과를 보여주었다[15,16].

넷째, 언제든지 사용자의 의도를 능동적으로 파악할 수 있는 비동기식 BCI 시스템의 개발이 필요하다. 동기적 BCI는 사용자가 임의로 원하는 시점에 명령을 내릴 수 없기 때문에 시스템 사용에 어느 정도 제한을 받게 된다.

다섯째, BCI 패러다임의 적용이 일반인과 환자들에 대해 결과가 다르게 나타날 수 있다. 일반인을 대상으로 좋은 성능을 보여준 BCI 시스템의 대부분은 환자들을 대상으로 했을 때 만족할 만한 결과를 얻지 못한 것으로 나타났다. 궁극적으로 나아가야 할 BCI 명령 패러다임은 기존의 패러다임 보다 더 편리하고 사용자가 직관적으로 사용할 수 있는 명령패러다임이 개발 되어야 할 것이다 [11].

5. 결론

본 연구에서는 BCI의 다양한 연구 가운데 일반인들에게 가장 먼저 다가갈 수 있는 응용영역인 게임에 대하여 BCI가 어떻게 적용되고 있는지 현재까지의 기술수준과 동향을 파악하였다. BCI 기술의 기본 개념과 다양한 응용분야에 대해 살펴보고, 뇌파를 이용한 BCI 게임 동향과 이에 따른 문제점을 알아보았다. 이를 통해 향후 국내 BCI 연구 및 개발방향을 제시하고자 하였다. BCI 기반의 게임에서 인터페이스를 설계하고 디자인하는 단계에서 사용자의 경험을 반영하는 것은 인터페이스의 다른 요소들을 강화하여 현실감을 높여 사용자의 몰입을 증가시키며 다양한 뇌파 관련 연구를 통해 사람의 생각이나 의식

을 게임에 적용시키는 것이 중요하다. BCI를 이용한 게임의 영역은 나날이 발전해가고 있다.

뇌파 연구는 오랜 연구 기간과 예산이 필요하지만 당장 상용화되어 이익을 내기는 힘든 분야인 만큼, 국가나 정부 기관 차원에서 연구를 주도하고 투자하는 전략이 필요하다. BCI 기술을 통해 노인, 아동 등 특수 계층의 치료 목적과 같이 공공의 이익을 위해 사용할 수 있다는 관점에서의 접근도 필요하리라 생각된다.

ACKNOWLEDGMENTS

This work was supported by the research grant of Baekseok University in 2015.

REFERENCES

- [1] B.Gainmann, B.Allison, and G. Pfurtscheller, "Brain-Computer Interface, Revolutionizing Human-Computer Interaction," Springer, 2010.
- [2] A. Nijholt, and D. Tan, "Brain-Computer Interfacing for Intelligent System," IEEE Intelligent Systems, Vol.23, No.3, pp.72~79, 2008.
- [3] P. Sajda, K-R. Muller, and K.V. Shenoy, "Brain-Computer Interfaces," IEEE Signal Processing Magazine, Vol.25, No.1, pp.16~28, 2008.
- [4] Dong-Young Jung, "Future of UI, Brain Computer Interface(BCI)," Samsung Economic Research Institute, No.197, 2013.10.
- [5] Min-Kyu An, Jin-Young Choi, Mi-Jin Lee, Jung Gu Lee, Sung-Chan Jun, "A Review of Brain Computer Interface (BCI) Games," Journal of Korea information science society, Vol.31, No.7, pp.26~34, 2013.
- [6] Jung-Won Lee, Kwang-Ok An, Jung-Woo Seo, Hyun Choi, Jung-Hwan Kim, Sung-Jae Lee, "A Survey on Potential User's Needs and Demands for Brain Machine Interface(BMI) Technology Developments," Journal of Vocational Rehabilitation, Vol.24, No.3, pp.5-25, 2014.

- [7] R. Leeb, C. Keinrath, D. Friedman et al., "Walking by Thinking: The Brainwaves Are Crucial, Not the Muscle!," Presence: Teleoperators and Virtual Environment. Vol.15, No.5, pp.500~514, 2006.
- [8] Van Gerven, M., Farquhar, J., Schaefer, R., Vlek, R., Geuze, J., Nijholt, A. & Vidal, J. J., "Toward direct brain-computer communication. Annual review of Biophysics and Bioengineering," Vol.2, No.1, pp.157~180, 1973.
- [9] Velliste, M., Perel, S., Spalding, M. C., Whitford, A. S., & Schwartz, A. B., " Cortical control of a prosthetic arm for self-feeding," Nature, Vol.453, No.71985, pp.1098~1101, 2008.
- [10] Hochberg, L. R., Bacher, D., Jarosiewicz, B., Masse, N. Y., Simeral, J. D., Vogel, J. & Donoghue, J. P., "Reach and grasp by people with tetraplegia using a neurally controlled robotic arm," Nature, Vol.485, No.7398, pp.372~375, 2012.
- [11] Min-Kyu An, Sung-Chan Jun, "Brain-Computer Interface System: Principle and Technology Trends", Journal of Korea Information Science Society, Vol.29, No.4, pp.42~53, 2011.
- [12] M.Tangermann, M.Krauledat, K.Grzeska, M. Sagebaum, B. Blankertz, C. Vidaurre, and K.-R. Muller, "Playing pinball with non-invasive BCI," in Advances in Neural Information Processing System, vol.21, pp. 1641~1648. 2009.
- [13] Alpha WoW Movie(<http://vimeo.com/8469181>)
- [14] Eun-Seok Kim, Cheol-Min Kim, Gyeong-Heon Kang, "A Study on the Generation Method of Visual-Auditory Feedback for BCI Rhythm Game," Journal of Korea Game Society, Vol.13, No.6, pp.15-26, 2012.
- [15] J. Williamson et al., "Designing for uncertain, asymmetric control: interaction design for brain-computer interfaces," Int. J. Hum. Comput. Stud., Vol.67, pp.827-841, 2009.
- [16] J. d. R. Millan et al., "ombining brain-computer interfaces and assistive technologies: state-of-the-art and challenges," Front. Neurosci. 4:161. doi:10.3389/fnins.2010.00161

김 귀 정(Kim, Gui Jung)



- 1994년 2월 : 한남대학교 전자계산 공학과(공학사)
- 1996년 2월 : 한남대학교 전자계산 공학과(공학석사)
- 2003년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학박사)
- 2001년 9월 ~ 현재 : 건양대학교 의공학부 교수

· 관심분야 : HIS, 3D e-learning, CRM

· E-Mail : gjkim@konyang.ac.kr

한 정 수(Han, Jung Soo)



- 1990년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학사)
- 1992년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학석사)
- 2000년 2월 : 경희대학교 전자계산 공학과(공학박사)
- 2001년 2월 ~ 현재 : 백석대학교 정보통신학부 교수

· 관심분야 : CBD, UML, 3D 모델링, S/W 아키텍처

· E-Mail : jshan@bu.ac.kr