

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 기술 및 개발 동향

The Technology and Development Trends of Brain Computer Interface

전황수 (H.S. Chun) 산업분석연구팀 책임연구원

목 차

-
- I . 서론
 - II . 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술
 - III . 국내외 기술개발 동향
 - IV . 적용 전망
 - V . 시사점 및 대응 방향

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain Computer Interface)는 차세대 인터페이스의 유력한 대안으로 등장하고 있다. 특히 뇌파 연구의 증진과 뇌-컴퓨터 인터페이스 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. 본 고에서는 뇌-컴퓨터 인터페이스의 개념과 특성, 국내외 개발동향 및 적용전망을 살펴보고, 시사점 및 대응방향을 도출해보고자 한다.

I. 서론

인터페이스(interface)는 두 시스템 간에 정보를 전달하는 물리적 매개체 또는 소프트웨어 프로그램을 총칭한다. 즉, 인터페이스는 사물과 사물, 또는 인간과 기계(컴퓨터) 사이에서 의사소통이 가능하도록 만들어진 물리적·가상적 매개체들을 모두 포괄하는 개념이다.

인터페이스 기술 발전에 영향을 미치는 요소들은 다양하다. 컴퓨팅 기술을 비롯한 ICT의 진화, 사용자들의 요구 변화, 새로운 디바이스의 확산 등이 영향을 미치고 있으며, 특히 컴퓨팅 기술의 발전이 새로운 인터페이스 기술을 개발하는데 있어 중요한 촉매 역할을 하고 있다.

과거에 인터페이스라는 말은 컴퓨터에 제한적으로 사용되어, 키보드나 마우스 등으로만 대표되었다. 하지만 최근에 여러 디지털 기기들이 출현하면서 적용범위와 정보의 입출력 방식이 다양화되고 있으며, 사용자 인터페이스(UI)의 중요성이 크게 부각되고 있다. 사용자 인터페이스가 제품 경쟁력의 핵심요인으로 부각되면서, 향후 IT 트렌드를 주도할 차세대 인터페이스에 대한 관심이 높아지고 있다[1].

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain Computer Interface)는 차세대 인터페이스에 대한 이러한 요구들을 충족시키기 위한 하나의 대안으로 등장하고 있다. 특히 뇌파 연구의 증진과 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술의 활용 확대에 힘입어 발전을 거듭하고 있다. 현재 국내외에서 대학과 연구소, 기업들을 중심으로 BCI 기술개발이 진행되고 있다.

본 고에서는 차세대 인터페이스로 부각되고 있는 뇌-컴퓨터 인터페이스의 개념과 특성, 국내외 개발 동향 및 적용전망을 살펴보고, 결론으로 시사점 및 대응방향을 도출해보고자 한다.

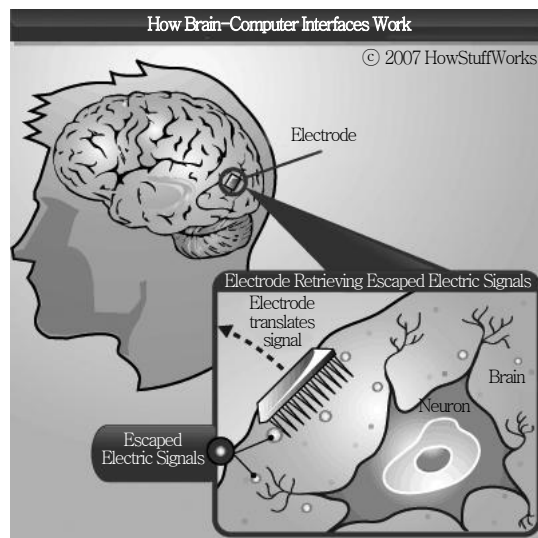
II. 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술

1. 개념

뇌-컴퓨터 인터페이스는 (그림 1)에서 보듯이 인간의 두뇌와 컴퓨터를 직접 연결해 뇌파를 통해 컴퓨터를 제어하는 인터페이스 기술을 총칭하며, 마인드 컨트롤로 작동되는 인간과 컴퓨터의 궁극적인 인터페이스라 할 수 있다.

뇌-컴퓨터 인터페이스 기술은 넓게는 HCI(Human Computer Interface) 기술에 속하며, 뇌파를 통해 휠체어나 로봇과 같은 기계를 조작할 수도 있기 때문에, BMI(Brain Machine Interface)라고 불리기도 한다. 뇌 전도 센서기술을 이용해 전신마비 환자의 뇌 활동을 관찰하여 메시지 작성이나 휠체어 조작 등을 수행한다.

뇌-컴퓨터 인터페이스는 뇌의 활동을 분석하여 사람 또는 동물의 의도를 미리 예측하고 이를 로봇이나 컴퓨터 조정에 응용한다. 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술의 구현은 뇌파 자극을 인식(acquisition)하는 장



<자료>: <http://computer.howstuffworks.com>

(그림 1) 뇌-컴퓨터 인터페이스의 구현 과정

치를 통해 뇌파를 받아들인 후, 신호화 과정(signal processing)을 거쳐 뇌파를 분석해 입출력 장치에 명령을 내리는 단계를 거치게 된다[2].

2. 특성

인지과학, 뇌과학 등 관련 분야 학문·기술의 발전과 함께 뇌 인터페이스에 대한 연구도 빠르게 진보하고 있는데, 뇌영상, 뇌파분석 등을 통해 기초적인 의도나 감정 등의 해석이 가능하다.

뇌-컴퓨터 인터페이스는 다수의 연구 기관에 의해 미래 유망기술로 선정되었다. MIT Technology Review는 뇌-컴퓨터 인터페이스를 10대 차세대 기술로 선정했으며, 뉴욕타임스는 21세기 8대 신기술로 선정한 바 있다. 국내에서는 2009년 한국과학기술기획평가원(KISTEP)이 향후 10년간 우리 생활을 크게 바꿀 10대 유망기술의 하나로 선정하였다[3].

뇌-컴퓨터 인터페이스의 수단으로서 뇌파의 장점을 살펴보면 뇌파 측정 시 잡파의 혼입이 불가피하고 체 전달(volume conduction)로 인한 정보의 손실이 있으며 분석의 어려움이 존재하나, 뇌-컴퓨터 인터페이스 수단으로 많은 장점을 보유하고 있다. 뇌파는 신경세포들의 자발적인 전기적 활동의 총합을 측정하기 때문에 측정 비용이 저렴하고, 비침습적 측정을 하므로 인체에 무해하며, 뇌 내 정보처리에 대한 실시간 정보 제공이 가능하고, 일체의 동작을 필요로 하지 않아 가장 직관적인 인터페이스로 적합하다. fMRI(기능성자기공명영상)가 수 초의 시간 해상도를 갖는 것에 비해 뇌파는 수 밀리초 단위로 두뇌 활동에 대한 실시간 정보를 제공할 수 있다.

3. 핵심 기술

뇌-컴퓨터 인터페이스 기술은 <표 1>에서 보듯이

뇌파의 측정부위에 따라 침습형과 비침습형으로 분류하고, 활용 뇌파 측정에 따라 뇌파유도방식과 뇌파 인식방식으로 구분된다. 뇌 인터페이스에서 침습형(invasive) 방식은 마이크로칩을 두피에 시술해 뇌파를 측정하는 방식이고, 비침습형(non-invasive) 방식은 외부에서 헬멧이나 헤드셋 장비의 형태로 뇌파를 측정하는데, 침습형에 비해 잡신호가 섞여 정확한 측정은 어려우나 사용법이 간편하여 실용화가 용이하다.

뇌파유도방식은 특정한 뇌파의 출현을 유도해 응용하는 방식으로 특정뇌파를 만들기 위해서는 훈련이 필요하며, 뇌파인식방식은 뇌파를 분석하여 간단한 의사/동작을 인식함으로써 사용자 의도를 그대로 기계에 전달한다. 뇌파유도방식을 모스 부호를 사용하는 전신이라고 한다면, 뇌파인식방식은 간단한 대화를 하는 전화로 비유할 수 있다. 사용자의 훈련을 통해 특정 뇌파를 출현시키는 방식이라 할지라도, 훈련 행위가 사용자의 의도와 맞는 것이라면 뇌파인식으로 분류한다[4].

뇌-컴퓨터 인터페이스 분석에 이용되는 뇌파는

<표 1> 뇌-컴퓨터 인터페이스의 기술 방식

분류기준	방식	특징
뇌파측정 부위	침습형방식 (Invasive)	- 마이크로칩을 두피에 시술해 뇌파 측정 - 정확한 측정이 가능하지만, 시술이 필요하고 외과적 부작용이 있을 수 있음.
	비침습형방식 (Non-invasive)	- 헬멧이나 헤드셋 형태의 장비로 뇌파 측정 - 간편하지만 잡신호가 섞이는 것이 필연적 - 정확한 측정이 곤란
활용뇌파 측정	뇌파유도방식	- 특정한 뇌파의 출현을 유도해 응용하는 방법 - 사용자의 실제의도와 뇌파의 출현이 일치하지 않기 때문에 특정뇌파를 만들어내기 위해서는 훈련이 필요
	뇌파인식방식	- 뇌파를 분석해 간단한 의사/동작을 인식 - 사용자의 의도를 그대로 컴퓨터나 기계에 전달

<자료>: 한국콘텐츠진흥원 BCI 기술동향, 2011. 3., p. 6

뇌의 수많은 신경에서 발생한 전기적인 신호가 합성되어 나타나는 미세한 뇌 표면의 신호를 측정함으로써 얻어진다. 뇌파신호는 뇌의 활동, 측정 시의 상태 및 뇌기능에 따라 시공간적으로 변화하고, 뇌파는 1~50Hz의 주파수와 약 10~200uV의 진폭을 보인다[5].

뇌파의 분석에는 시계열에 적용될 수 있는 모든 분석법이 사용 가능한데 ① 시간 분석: 평균, 표준편차, 자기상관함수, 상호상관함수 등, ② 주파수 분석: 파워 스펙트럼 등, ③ 시간-주파수 분석: 단시간 푸리에 변환(STFT: Short-Time Fourier Transform), 웨이블릿 변환, 위그너 분포 등 ④ 비선형 동역학 분석: 상관차원, 리아프노프 지수, 바이스펙트럼, 리커런스 플롯, ⑤ 통계모델: AR(Autoregressive) 모델 등, ⑥ 시공간 분석: PCA(Principal Component Analysis), ICA(Independent Component Analysis) 등이 있다. ICA는 PCA와 같이, 각 전극에서 측정된 뇌파를 전극 수와 같은 개수의 서로 다른 성분으로 분리하는 것으로, PCA는 성분 간에 orthonormal할 것을 요구하고 ICA는 서로 독립적인 것을 요구한다.

뇌파 기반 BCI 기술이 범용성을 갖기 위한 조건으로는 첫째, 사용자 편이성으로 아무리 인간의 의사를 분별할 수 있다 하더라도 두피 전반에 걸쳐 많은 전극을 전도성 폴로써 부착하는 것은 사용자 인터페이스 측면에서는 활용성을 크게 떨어뜨리기 때문에 머리 형태로 배치된 전극들에서 측정되는 뇌파를 이용하여 분별할 수 있는 의사 및 동작을 선정하고 이를 인식하는 기술이 중요한 관건이다.

둘째, 뇌파 처리의 신속성으로 이는 처리하는 뇌파 용량과 인식에 소요되는 연산 시간에 의존하기 때문에 많은 양의 데이터를 필요로 하는 분석법이나 많은 시간을 요구하는 분석법은 BCI용으로는 적합하지 않다.

셋째, 정확성으로 오작동하는 사용자 인터페이스를 다만 신기하다는 이유만으로 사용할 사용자는 없기 때문에, 초기의 단순했던 분석법에 비해 현재는 특징 추출에서 분류에 이르기까지 다단계 분석이 주로 행해진다.

위의 세 가지를 확보하는 것이 이상적이거나, 그렇지 않을 경우에는 일반인용과 장애인용 여부를 확실하게 하고, 주위 타 인터페이스와 역할 분담을 고려하여 분별할 의사를 설정하며, 사용자에게 훈련을 요구하는 전략을 취하는 것이 효율적이다.

III. 국내외 기술개발 동향

1. 해외

해외에서는 미국의 국립연구소인 DARPA(고등국방연구소)와 NASA(항공우주국)를 중심으로 대형 프로젝트가 수행되고, 대학에서는 기계팔, 인공지능 휠체어 등 응용연구가, 기업들에서는 브레인게이트 등 제품 상용화가 활발히 이루어지고 있다.

‘생각만으로 작동하는 컴퓨터(기계)’는 생체에서 발생하는 전기적 활동인 생체신호를 이용하여 연구가 진행된다. 사용자 인터페이스는 명령어-키보드 환경에서 아이콘-마우스 환경으로 변화되었고, 문자 인식, 음성인식 등을 통해 인간 친화적인 인터페이스를 제공한다. 뇌-컴퓨터 접속은 뇌의 기능이 컴퓨터의 정보처리과정과 같아서, 뇌와 컴퓨터는 다른 언어를 쓰지만 적절한 통역기만 개발되면 호환이 된다.

근래에는 얼굴 표정, 신체 동작(제스처), 눈 움직임(시선)을 통해 인터페이스를 이루려고 하는 연구가 진행 중이다. 뇌파 기반 뇌-컴퓨터 인터페이스는 두 뇌의 정보처리 결과인 의사 결정을 언어나 신체의 동작을 거치지 않고 직접 시스템에 전달할 수 있어, 인

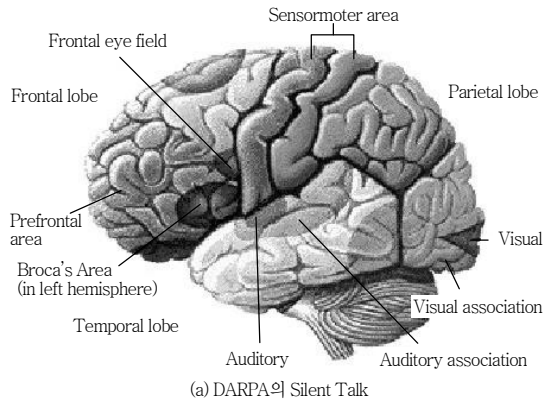
간의 생각을 인식한다는 새로운 개념의 인터페이스로 신체장애인을 위한 복지형 인터페이스, 실감형 인터페이스를 가능하게 한다. 최근에는 뇌의 전기신호를 감지하는 뇌파 기술을 이용한 게임 등이 전 세계적으로 활발하게 개발되고 있는 중이다.

뇌-컴퓨터 인터페이스를 이용한 제품/서비스에는 비침습형 뇌 인터페이스를 중심으로 실용화 사례가 나타나기 시작하였다. 호주의 Emotive system사는 헤드셋 형태의 비침습형 뇌 인터페이스인 ‘Emotive EPOC’을 개발하고 게임 인터페이스 등으로 판매하고 있다. 미국의 뉴로스카이(NeuroSky)는 뇌파 기반의 인터페이스 ‘MindSet’을 상용화하고 있다. 또 미국의 사이버키네틱스(Cyberkinetics)는 전신마비 환자의 머리에 센서칩을 장착하여 TV나 컴퓨터를 조작하게 하는데 성공하였다.

국방과 의료분야에선 현실적인 응용연구가 진행되고 있는데, 미국 고등국방연구소는 병사의 뇌 속에 칩을 심어 두려움을 없애거나 시각과 청각을 강화하는 방법을 연구 중이다. 그리고 하버드대의 유승식 교수는 건강한 사람의 뇌 신호를 환자의 뇌에 전달해 만성통증이나 우울증 등 뇌 질환을 치료하는 것을 목표로 연구 중이다. 이미 미국뿐만 아니라 영국 등 유럽 선진국에서는 BCI 기술을 이용한 감성 조작 헬체어뿐만 아니라 뇌손상 환자들에게 사용되는 치료 프로그램의 개발도 활발하게 이뤄지고 있다.

가. 연구소

미국 고등국방연구소는 (그림 2)에서 보듯이 뇌파를 이용한 통신을 연구하는 프로그램인 ‘Silent Talk’라는 프로젝트를 수행하고 있는데, 사람이 어떤 말을 하려고 하면 성대 등에 이어진 신경에 신호를 보내기 전에 그 말에 해당되는 특정한 패턴의 뇌파가 생성되는데, 뇌파를 분석하면 그 사람이 어떤 말을 하려고 하



(b) NASA의 인공근육을 이용한 로봇 팔

<자료>: www.darpa.mil; www.nasa.gov

(그림 2) DARPA와 NASA의 뇌-컴퓨터 인터페이스 연구

는지 알 수 있다. 이를 연구하여 궁극적으로는 말을 하지 않고 생각만으로 어떤 메시지를 타인에게 원격 전송하는 장치를 개발하겠다는 것이다. 비슷한 컨셉으로 일본에서도 뇌파를 문자로 변환하는 기술을 개발하고 있고, 인텔에서도 뇌파로 작동하는 뇌파 컴퓨터의 개발을 시도하고 있다.

또 슈퍼 군인을 만들기 위해 치료 목적으로 도입될 인공뇌 이식을 개발하고 있는데, 뇌가 디지털 정보처리를 거쳐 신체에 장착된 인공물이나 주변 기계들을 제어하면 빨리 달리고, 힘세고, 멀리 보는 ‘600만불 사나이’가 태어날 수 있다. 그리고 병사의 뇌 속에 칩을 심어 두려움을 없애거나 시각과 청각을 강화하는 방법을 연구 중이다[6].

미국 항공우주국(NASA)은 ‘인공근육(artificial mu-

scles)’을 이용한 로봇팔을 개발하고 있다. 2008년 NASA 제트추진연구소(JPL)는 적은 양의 전기에 재 빠르게 반응해 인체 근육처럼 늘었다 줄어드는 인공 근육을 개발하여 구동장치가 없는 로봇에 적용하였다. 앞으로 팔과 다리를 절단한 장애인에게 인공근육이 이식되는 날이 올 것으로 전망된다.

나. 대학

미국 듀크대 니콜렐리스 박사팀은 원숭이 뇌 내의 동작 계획과 관련된 영역에 전극을 삽입하여 팔의 움직임과 관련된 신호를 포착하여 기계팔을 움직이는데 성공했다고 네이처지에 발표하였다.

그리고 (그림 3)에서 보듯이 MIT에서 개발한 음성인식 인공지능 전동휠체어는 핸드 컨트롤의 사용 없이도 음성 명령만으로 휠체어의 조장이 가능하도록 설계되어 보다 안전하게 손쉽게 휠체어를 사용할 수 있다.

2009년 미국 위스콘신대 의용공학과에서는 전신 마비 혹은 잠금 증후군(locked-in-syndrome)과 같이 외관상 혼수상태로 환자의 자발적인 움직임이 없을 때에는 음성인식 휠체어가 무용지물이 되는 문제점들을 해결할 수 있는 새로운 인공 지능 보조공학 시스템을 개발하였다. 사람의 생각만으로 기계를 작동하고 움직일 수 있는 것으로 인간의 뇌 신경 세포들은 일정한 시각의 움직임이나 감성만으로 인체에 규칙적인 신호를 발생시키는데, 신경 전달에서 발생되는 뇌파(EEG)를 컴퓨터 저장장치에 입력해서 사람의 마음을 직접 읽고 그에 따른 명령을 실행할 수 있도록 프로그램화하였다. 원하는 커서 및 문자를 대상자가 집중해서 쳐다보는 동안 컴퓨터는 발생하는 뇌파를 입력해서 데이터화 하고, 이후에 대상자가 똑 같은 생각을 하거나 의지를 보이면 컴퓨터는 기존에 기억되어 있던 명령과 동일한 명령을 기계에 전달한



(a) 음성인식 인공지능 전동 휠체어



(b) BCI 기반 인공지능 보조공학 시스템



(c) 감성만으로 조장이 가능한 휠체어

<자료>: Ablenews; google.com

(그림 3) 미국 대학들의 다양한 뇌-컴퓨터 인터페이스 연구

다. 기존에 동공의 움직임을 분석하여 기계 및 휠체어 등을 작동할 수 있는 시스템은 개발됐지만 이번 연구 결과는 인간의 생각만으로 기계 작동이 가능하다는 것을 보여주고 있다[7].

USC대 W 버거 교수는 쥐의 뇌에 해마 부분을 대신할 수 있는 인공칩을 심어 정상에 가깝게 기능을 회복시키는 데 성공했는데, 해마는 단기 기억을 장기

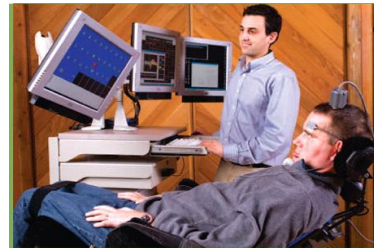
기억으로 전환하는 관문으로, 해마가 손상되면 새롭게 배우는 것이 불가능해진다. 인공 해마(artificial hippocampus)는 완치법이 없는 치매환자에게 인간다운 삶을 보장해 줄 해마 이식수술을 안전성을 보장하면서 가능하게 할 것이다.

하버드대 의대 유승식 교수 연구실은 실험용 자신의 뇌파를 컴퓨터에 입력해 키보드를 치는 순간 그 뇌파가 컴퓨터에 연결된 초음파 발생기를 통해 쥐의 다리 운동을 담당하는 뇌 부위를 자극해 쥐를 움직이는 ‘아바타’ 프로젝트를 수행하고 있다[8].

다. 기업

신경 인터페이스 시스템인 브레인게이트(Brain Gate) 개발자인 브라운대 존 도나휴 교수는 벤처기업인 사이버키네틱스 뉴로테크놀로지 시스템을 창업하였다. 전신마비 환자의 머리에 센서칩을 장착하여 TV나 컴퓨터를 조작하게 하는 데 성공했는데, 100개의 미세 전극으로 구성된 센서칩이 뇌활동의 변화를 포착해 컴퓨터에 전송하면, 컴퓨터가 분석하여 환자의 의도를 판별한다.

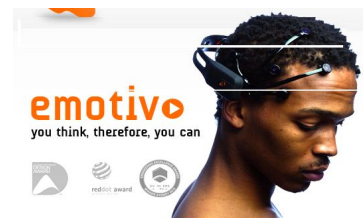
매사추세츠에 거주하는 척수마비 20대 청년 매튜 네이글은 1999년 칼에 찔려 척수가 절단되는 사고를 당해 전신이 마비됐으나, 2005년에 로드아일랜드 병원에서 브레인게이트를 이식받고, 전극에 컴퓨터를 연결하여 생각만으로 이메일을 확인하고 TV를 켜거나 로봇팔을 움직여 물건을 집을 수 있다. 100개의 마이크로미터 단위 미소 전극을 포함한 4mm 알약 크기 센서로 이뤄졌는데, 뇌에서 운동기능을 명령하는 운동피질 표면에 이식돼 환자의 의지를 전송신호로 받아 컴퓨터에 연결해, 원하는 동작을 이끌어낸다. 매튜 네이글은 ‘허리를 펴라, 굽혀라’, ‘두 손을 벌려라, 모아라’, ‘팔꿈치를 펴라, 굽혀라’ 등 16가지 동작을 상상만으로 취할 수 있다[9].



(a) Brain Gate



(b) MindWave



(c) EPOC neuroheadset

<자료>: google.com

(그림 4) 해외 기업들의 뇌-컴퓨터 인터페이스 적용 동향

미국의 뉴로스카이(NeuroSky)는 뇌파 기반의 인터페이스 ‘MindSet’을 상용화하였는데, 뇌파 감지센서가 부착된 헤드셋으로 사용자의 의도를 인식한다. 뇌파 헤드셋인 MindWave를 99.95달러에 판매하고 있다.

호주의 Emotive system는 (그림 4)에서 보듯이 헤드셋 형태의 비침습형 뇌 인터페이스인 ‘Emotive EPOC’을 개발하고 게임 인터페이스 등으로 판매하고 있는데, 뇌파를 분석하는 16개 센서를 통해 30여가지의 의도 및 감정을 인식한다. EPOC neuro-headset을 299달러에 판매 중이다[10].

2. 국내

최근, 국내에서도 뇌파 기반 인터페이스 기술에 관

한 많은 연구들이 수행되고 있으나, 뇌-컴퓨터 인터페이스 관련 기술은 장기간의 기초기술을 토대로 이루어져야 하기 때문에 선진국들에 비해 아직 부족하고, 상업화된 실용화 기술은 선보이지 못하고 있다.

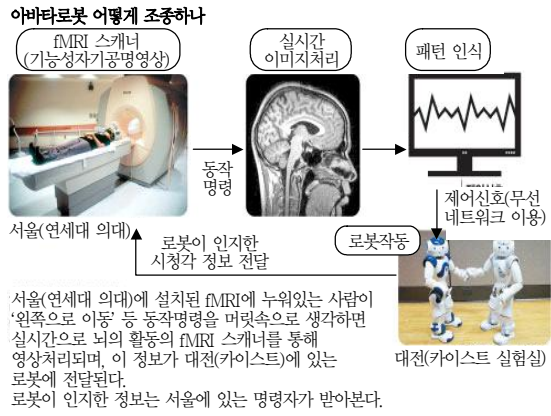
정부에서는 ‘뇌연구촉진법’을 제정하여 법적 토대를 구축하였고, 대학에서는 KAIST를 중심으로 뇌파로 인간형 로봇을 움직이는 연구, 아바타 로봇 등의 연구가 수행 중이며, 기업에서는 에스엔티글로벌이 마인드셋을 시판 중이다.

가. 정부

정부는 1998년 ‘뇌연구촉진법’을 제정해 법적인 토대를 만들었고, 2011년 6월 대구에 한국뇌연구원을 설립한다고 발표하는 등 구체적 기반을 구축하고 있는 단계이다. 한국뇌연구원은 2014년 개원할 예정인데, ‘개방형·네트워크형 연구’로 연구원이 허브(바퀴축) 역할을 맡고, 타 지역 대학, 연구기관이 스포크(바퀴살)로서 연계할 예정이다. 3대 연구분야(뇌의 약학·뇌공학·뇌과학)와 4대 기반분야(뇌치료·뇌이해·뇌제어·뇌계발)를 중심으로 △고령화사회 대비 뇌질환 극복 △차세대 뇌정보처리 및 응용(인공감각센서·뇌컴퓨터 등) △과학·사회·문화 융합 뇌기능 강화(학습·정서 프로그램 등) 등 3가지 과제 해결을 위한 연구에 매진할 계획이다[11].

나. 대학

KAIST 바이오 및 뇌공학과 정재승 교수와 전산과 조성호 교수 공동연구팀이 사람의 뇌파로 인간형 로봇을 움직이는 연구를 하고 있는데, 사람이 수영모처럼 생긴 뇌파탐지기를 쓰고 손발을 움직이는 상상을 하면 로봇이 이에 맞춰 좌우로 돌기, 좌우로 보기, 전진 등 5가지 동작을 한다. 이 기술이 더 발전하면 전신마비 환자가 전동휠체어나 시중돌기 로봇을 통



<자료>: 매일경제신문, 2011. 6. 14.

(그림 5) 아바타로봇

해 혼자서도 생활을 할 수 있고, 앞으로 동작과 관련된 뇌파를 넘어, 희로애락 같은 감정을 로봇에 전달해 학습시키는 일을 연구할 계획이다.

(그림 5)에서 보듯이 박해정 연세대 의대 교수와 김대식 KAIST 교수는 ‘서로게이트(surrogate) 프로젝트’를 진행하고 있는데, 서울에 있는 사람(실험자)이 생각(뇌활동)만으로 대전에 있는 로봇을 동작시키는 것이 목적이다. 서울(연세대 의대)에 설치된 fMRI에 누워 있는 사람이 ‘왼쪽으로 이동’, ‘앞으로 가’ 등 동작명령을 머릿속으로 생각하고, 명령자의 뇌활동을 fMRI 스캐너를 통해 실시간으로 영상처리하고 이를 컴퓨터로 패턴분석한 뒤 대전(KAIST)에 있는 로봇에 무선인터넷을 통해 제어신호로 보내면 로봇은 명령자 생각대로 움직인다. 서울에 있는 조종자는 로봇이 움직이면서 인지한 시각정보 등을 받아볼 수 있는데, 이에 따라 조종자가 내린 명령이 제대로 전달됐는지, 어떻게 움직였는지 등 피드백을 얻을 수 있다. fMRI를 통해 사람들이 무슨 생각을 하는지 분석하는 연구(브레인 디코딩)는 다양하게 진행되고 있는데, 대부분 영상데이터를 오프라인으로 분석하는 형태지만 이 팀은 실시간으로 분석해 명령을 전달한다. 무인로봇과 무인지동차 등에 활용할 수 있고 또 생명체

간 생각의 전달도 상상할 수 있는데, 원격 조종자의 생각을 읽고 난 뒤 이를 전기신호화하고, 전극을 통해 실험쥐 뇌에 자극을 주면 실험쥐를 사람 생각대로 움직이게 할 수 있다[12].

다. 기업

쥘에스엔티글로벌은 뇌-컴퓨터 인터페이스 기반의 뇌과학 기술 전문 벤처업체로, 뇌파를 검출할 수 있는 원 채널의 건식 능동 센서와 뇌파를 집중력과 이완력을 분류하는 알고리즘을 독자적으로 개발하여 다양한 제품에 접목하고 있다. (그림 6)에서 보듯이 주력 제품인 마인드셋은 뇌파를 측정해 집중력과 긴장감을 이완할 수 있도록 도와주는 뇌파 측정기 및 훈련용 도구로 이 제품을 이용하면 사용자가 자신의 뇌파상태를 실시간으로 직접 확인할 수 있으며, 반복된 정신 훈련을 통해 주의력과 집중력, 이완력 등을 향상시킬 수 있다. 브레인웨이브 비주얼라이저는 뉴로 피드백 기술을 활용한 소프트웨어로 음악을 들으며 뇌파상태를 확인하고, 다양한 훈련 프로그램을 통해 인지 능력을 향상시키는 특징을 갖고 있다[13].

2009년 출시한 생각하는 곰인형 ‘싱크베어(Think-Bear)’는 첨단 뇌과학기술 및 감성공학기술이 결합돼 사람의 감성을 읽고 표현하며, 상호작용이 가능한 지능형 감성 피드백 시스템이다[14].



<자료>: www.sntglobal.biz

(그림 6) MindWave

IV. 적용 전망

뇌-컴퓨터 인터페이스는 단기적으로는 ‘뇌파를 이용한 전기기구 스위치’와 같은 단순 기술 발전이 예상되며, 장기적으로 뇌파를 통한 의사와 동작 등의 분별 기술로의 전환이 예상된다. 앞으로 신속도와 정확도를 갖추게 되면 가상현실 기술의 발전과 맞물려 지능적 실감형 인터페이스로 발전할 것으로 전망되고 있다. 머리와 팔다리의 움직임을 포함하는 모션 센서, 심장 박동 등을 활용한 생체 신호, 눈의 시각 움직임 등과 같은 여러 인터페이스 기술과 함께 혼합되어, 향후 오감을 활용하는 융합형 인터페이스로 발전할 전망이다.

뇌-컴퓨터 인터페이스 연구와 기술발달이 가속화된다면, 미래에는 터치스크린, 증강현실 등을 잇는 차세대 인터페이스로 활용될 전망이다. 컴퓨터, 스마트폰의 입력 인터페이스로 사용된 컴퓨터, 마우스, 키패드 등의 고전적인 방식은 최근 터치패드, 모션 인식 등으로 진화하고 있으며, BCI 기술 발달이 가속화된다면 차세대 인터페이스로 활용 가능성이 높다. 뇌-컴퓨터 인터페이스는 손이나 기타 신체를 이용하지 않고도 자연스럽게 명령을 내릴 수 있어, 가상현실, 영상이나 사진 인식 등의 분야에 적합할 것으로 판단된다. 앞으로 게임기 외에 가전기구를 원거리에서도 생각만으로 조작할 수 있고 자동차 운전 등 이동장치 조작을 생각만으로 가능하게 할 것이다[15].

미래학자 레이 커즈와일(Ray Kurzweil)은 “미래에는 뇌 스캐닝(뇌에 저장된 정보를 읽어들이는 것)을 통해 사람의 뇌를 (컴퓨터에) 보관할 수 있어 사람 간에 지식과 노하우를 이식하는 것도 가능해진다”고 전망하고 있다. 예컨대, 타이거 우즈의 뇌에 저장된 세계 최고급 스윙 노하우를 초보 골퍼들의 뇌에 전달해, 초보도 타이거 우즈처럼 스윙할 수 있는 것이 가

능하고, 또 화성에 로봇이나 침팬지를 보낸 뒤, 지구에서 사람의 생각대로 로봇과 침팬지가 탐사하게 할 수도 있다[16].

전문가들은 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술이 진화적인 영향이 적을 것이라고 예상하지만, 인간-기계 결합이 새로운 종의 탄생으로 이어질 것이라는 상충된 전망을 내놓고 있다. KAIST의 정재승 교수는 “뇌-컴퓨터 인터페이스 기술이 유전되지 않는 특질이므로 진화적인 영향은 적을 것”이라고 전망하고 있다. 반면, 옥스퍼드대 닉 보스트롬 교수는 “뇌의 영역별 기능이 구명되고 대체할 기술이 발전하면, 수학이나 외국어를 배울 필요 없이 ‘계산모듈’, ‘언어모듈’ 등을 업로드하는 시대가 도래하고, 상황을 분석하고 목표를 설정하며 계획을 세우는 ‘관리모듈’을 업로드하면 치밀하고 계획적 인간으로 업그레이드될 것”으로 전망하고 있다. 또 신서사이저 등을 발명한 특허왕이자 미래학자인 레이 커즈와일은 불과 1세기 후면 물리적 신체로부터 자유로운 세대가 등장할 것으로 예상하고 있다. 소프트웨어 기반 ‘뇌’를 가진 인간이 ‘뉴런 기반 뇌’를 가진 인간보다 많아지고, 육체가 필요하면 가상현실이나 나노봇을 통해 필요에 따라 만들면 그 뿐이다[17].

뇌-컴퓨터 인터페이스는 궁극적으로 컴퓨터-뇌-인터페이스(CBI: Computer Brain Interface)를 거쳐 뇌-뇌-인터페이스(BBI)로 발전할 것으로 전망된다. 하버드대 의대 유승식 교수와 민병경 박사는 생각만으로 살아 있는 동물을 조종하는 시도를 하고 있는데, 먼저 뇌파를 컴퓨터에 전하는 ‘뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)’ 기술을 거쳐, 다시 컴퓨터에 입력된 뇌파를 동물의 뇌에 전하는 ‘컴퓨터-뇌 인터페이스(CBI)’ 단계로까지 나아가는 것이다. 유 교수팀은 특히 뇌에 전극(電極)을 심어 전선으로 뇌 신호를 주고받던 기존의 방법 대신 초음파를 통한 ‘무선 뇌 통신’을 실현

하고 있다.

미래에는 뇌파를 컴퓨터에 입력하여 동물·로봇 조종이 가능하고, 두뇌칩 등을 활용하여 사람들 간 노하우를 공유하는 뇌에서 뇌로 정보 전달하는 무선통신 시대가 개막될 것이다.

V. 시사점 및 대응 방향

1. 시사점

뇌-컴퓨터 인터페이스는 인간과 기계의 인터페이스를 통해 뇌파 등 생체신호로부터 인간 의도를 파악하는 기술로, 2009년 지식경제부로부터 미래핵심 첨단기술 산업으로 선정되었다. 뇌-컴퓨터 인터페이스를 기반으로 한 인간을 닮은 자연스런 기계 인터페이스는 차세대 유비쿼터스 기술의 핵심 요소일 뿐만 아니라 u헬스케어 산업 등 생체신호의 측정과 분석이 요구되는 다양한 산업의 원천기술로 주목받고 있다.

뇌-컴퓨터 인터페이스 기술은 신체장애인을 위한 복지형 인터페이스로 활용할 수 있다. 사람의 생각으로 컴퓨터를 작동시키는 휴먼-컴퓨터 인터페이스를 제공하고, 언어나 신체의 동작을 거치지 않고 두뇌-시스템 간 직접적 인터페이스 제공이 가능하다. 또, 가상현실 기술의 입력 수단으로 활용되어 실감적인 인터페이스를 구축할 수 있고, 초소형 단말기의 비화성을 갖춘 입력 수단으로 제공할 수 있다.

2. 대응방향

뇌 연구는 21세기형 융합 연구의 최적 모델로 우리나라가 한국이 과학 선진국으로서 위상을 확고히 하기 위해서는 뇌 연구에 대한 지원 확대가 필요하다. 뇌 연구는 생명공학·정보통신·나노기술·인지과학 등의 융합을 통해 신산업 창출이 가능한 영역으로

고령화사회 진입과 함께 중요성이 부각되고 있는 분야이다.

미국은 1990년 ‘뇌 연구 10년’(Decade of the Brain)을 선언했고, 일본도 1993년에 21세기를 ‘뇌 연구의 세기’(Century of the Brain)로 규정한 뒤 막대한 투자를 하고 있다.

국내외 기술동향을 분석해보면, 뇌파의 응용기술 개발은 특정 목적적 중소규모 지향적이며 기술개발 초기 단계에 있어, 정부의 주도적인 기술개발 노력이 필요하다. 뇌파 이용 기술의 상업성 평가가 이루어지지 않고 있어서 민간기업이 자발적으로 기술개발을 전개하기는 어렵다. 인지과학, 의공학, 전기/전자공학 등 제 분야와 긴밀한 연계가 필요하여 정부차원의 특정 목적 기술개발이 급선무이다.

비과학적 영역에 있는 텔레파시와 뇌파를 혼동하거나, 기존에 개발된 뇌파의 단순 응용 기술을 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술의 전부로 오인하는 것이 생체 신호(뇌파) 기반의 휴먼 인터페이스 연구의 가장 큰 제약이며 극복해야 할 큰 장애물이다.

● 용 어 해 설 ●

인터페이스(Interface): 서로 다른 두 시스템, 장치, 소프트웨어 등을 서로 이어주는 부분이나 접속장치로 사용자인 인간과 컴퓨터를 연결해주는 장치로 키보드나 디스플레이 등을 말함. 본래 두 개의 구성요소, 기능단위가 갖는 경계, 접촉면 또는 공유하는 영역이란 의미를 가지며 인간과 기계의 경계에 있어서 인간이 취급하기 쉽도록 설계한 시스템/장치나 규격/규약을 말함.

뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain-Computer Interface): 마인드 컨트롤로 작동되는 인간과 컴퓨터의 궁극적인 인터페이스로 뇌 전도 센서기술을 이용해 전신마비 환자의 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술에 기반함. 관련 업체로는 게임 관련 헤드셋을 개발하는 Neurosky와 국방 관련 프로젝트를 수행하는 QinetiQ 등이 있음.

약어 정리

AR	Autoregressive
BBI	Brain-Brain Interface
BCI	Brain Computer Interface
BMI	Brain Machine Interface
CBI	Computer Brain Interface
ECG	Electrocardiography
fMRI	functional Magnetic Resonance Imaging
HCI	Human Computer Interface
ICA	Independent Component Analysis
PCA	Principal Component Analysis
STFT	Short-Time Fourier Transform

참고 문헌

- [1] 삼성경제연구소, “제품가치를 높이는 인터페이스 기술,” 2008. 10. 27., pp. 1-2.
- [2] 한국콘텐츠진흥원, BCI 기술동향, 2011. 3., p. 3.
- [3] 디지털타임스, 2009. 2. 10.
- [4] <http://en.wikipedia.org>
- [5] 한국콘텐츠진흥원, BCI 기술동향, 2011. 3., p. 7.
- [6] Anirudh Vallabhaneni, Brain-Computer Interface, www.springerlink.com, pp. 85-89.
- [7] 에이블뉴스, 2009. 5. 20.
- [8] 조선일보, 2011. 1. 13.
- [9] 매일신문, 2008. 3. 15.
- [10] 삼성경제연구소, 제품가치를 높이는 인터페이스 기술, 2008. 10. 27., p. 8.
- [11] 연합뉴스, 2011. 6. 3.
- [12] 매일경제신문, 2011. 6. 14.
- [13] 연합뉴스, 2010. 11. 17.
- [14] 전자신문, 2010. 7. 1.
- [15] 한국콘텐츠진흥원, BCI 기술동향, 2011. 3., p. 5.
- [16] 조선일보, 2011. 1. 13.
- [17] 한국일보, 2009. 4. 30.