BCI, 인간의 뇌를 탐하다

- Human Intelligence beyong Artificial Intelligence -

정윤석
정보통신기술진흥센터 책임

Ⅰ. 서론: 현실 저편의 이야기

몽환적 포스터에 이끌려 최근 초월, 탁월의 뜻인 '트랜센던스(Transcendence, 2014)'라는 월리 피스터(Wally Pfister) 감독의 영화를 봤다. 이 영화의 줄거리는 다음과 같다..

인간 이상의 지적 능력과 자각 능력을 겸비한 슈퍼컴퓨터 '트랜센던스'의 완성을 목전에 둔 인공지능 분야의 천재 과학자 '윌'은 기술의 발전은 인류의 멸망이라 주장하는 반-과학단체의 공격으로 목숨을 잃는다. 그러나 그의 연인 '에블린'은 윌의 뇌를 스캔하여 컴퓨터에 업로드시켜 컴퓨터 안에서 그를 살리는데 성공한다. 컴퓨터와 통신을 통해 윌은 자신의 영역을 전 세계로 넓혀 간다. 윌은 에블린과 함께 사막의 깡촌 마을에 초대형 데이터센터를 세우고 다양한 연구를 진행한다. 몇 년 간의 연구로 윌은 나노기술과 재료공학 등에서 혁신적인 성과를 내며 인류의 난제였던 앉은뱅이를 걷게 하고, 시각장애인을 눈뜨게 하며, 폐허가된 자연을 회복시키는 '신'과 같은 능력을 보여준다. 하지만 그런 신적 능력이 두려워진 사람들은 슈퍼컴퓨터 윌의 의도를 의심하기 시작했고, 이에 동조된 그의 연인도 윌을 파괴할 바이러스를 몸에 지니게 된다. 윌은 자신의 연인조차 자신의 성과를 의심하는 현실을 인정하며, 바이러스가 퍼진 에블린을 자신에게 업로드하며 자신을 파괴한다. 이로 인해 그 동안 윌이 이룬 모든 성과는 사라지지만 사람들에게는 어떤 해악도 남기지 않고 떠난다. 인간들은 자신들의 의심을 후회하며 영화는 끝난다.

이 영화가 개봉되었던 2014 년 당시만 해도 우리나라에서는 인공지능은 좀 낯선 주제일 수 있었다. 필자도 당시를 회상해보면 이런 특이한 주제의 영화가 있다는 정도의 흥미를 갖긴 했지만 꼭 봐야 할 영화로 찍어 놓지는 않았었다. 그런데 2016 년에 알파고로 인해 불어 닥친 인공지능 열풍으로 우연히 관심을 갖고 되었으며, 또한 요즘 중요한 기술이라고 불리는 뇌공학, 인공지능, 슈퍼컴퓨팅, 통신 및 네트워크 등의 미래상도 엿볼 수 있는 영화이기도 했다.

이 영화에서 보여준 미래 기술을 한 번 살펴보면, 초대형 데이터센터, 나노기술과 재료공학 분야의 혁신적인 연구성과, 인류 난제의 해결 등이 있지만, 인간의 지적 및 자각 능력을 초월하는 인공지능 슈퍼컴퓨터의 존재와 뇌를 스캔하는 기술이 제일 눈에 띈다. 저장된 그리고 저장

---

* 본 내용은 정윤석 책임(☎ 042-860-8152, ysjung@iitp.kr)에게 문의하시기 바랍니다.
** 본 내용은 필자의 주관적인 의견이며 IITP 의 공식적인 입장이 아님을 밝힙니다.

되고 있는 방대한 데이터를 분석해서 인간 이상의 지적 능력과 자각 능력까지 보여주는 인공지능 슈퍼컴퓨터에서 뇌 조직을 스캔하고 그 조직간 정보교환을 소프트웨어적 분석을 통해 인간의 정신을 부활시킨다는 이야기다. 2017 년을 사는 필자에게도 아직도 꿈 같은 이야기로만 여겨진다. 혹여나 이를 실현한다면 인간의 정신적 불멸이 가능하다는 말인데, 정말로 가능할까? 최근 뉴욕타임즈는 뇌를 영구보관하고 숨진 미 콜로라도에 사는 23 살의 대학생인 킴 수오지(Kim Suozzi)양의 사연을 소개했다. 뇌종양 진단을 받은 그녀는 미래학자인 레이 커즈와일의 책인 The Age of spiritual machines 에서 아이디어를 얻어 정신만이라도 어느 미래에 되살아나고 싶었다. 미국 내 최대 장기보관 기업인 '알코 라이프 익스텐션(Alcor Life Extention Foundation)'의 도움으로 그녀는 자신의 뇌를 냉동 보관할 수 있었다[11],[14].

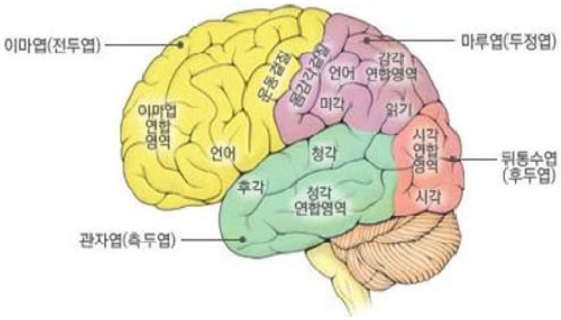
"인간의 지적 활동을 기계도 할 수 있을까?"라는 호기심에서 인공지능 연구를 시작했고, 현재 최적의 연구 방법 개발에서 실생활 서비스 적용까지 다양한 성과를 이루어냈다. 킴 수오지의 경우처럼 인간 정신 불멸의 꿈도 누군가의 우연찮은 시도로 시작되었고, 이와 유사한 시도들은 인공지능 연구에 힘입어 인류의 마지막 미지의 영역인 뇌 연구에 더욱 박차를 가하게 하고 있다. 전 세계는 지금 뇌를 습격하고 있다.

본 고에서는 뇌와 다양하게 진행되는 뇌 연구를 살펴본 뒤, 인공지능 기술을 통해 뇌파를 분석하고 활용하는 기술인 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface: BCI)에 대해 살펴본다.

Ⅱ. 뇌

뇌에 대해서 간단히 살펴보면, 뇌는 쭈글쭈글한 큰 세포덩어리이고, 크기는 사람의 두개골 안에 위치할 만큼의 크기이다. 해부학적으로 본다면 대뇌, 소뇌, 뇌간의 3 부분으로 나뉘고 뇌간은 다시 간뇌, 중뇌, 교뇌, 연수의 4 부분으로 나뉜다.

대뇌는 전체 뇌의 80%를 차지하며 뇌간과 연결되어 체온, 혈압, 심박, 혈당과 같은 자율 기능을 조절할 뿐만 아니라 공포, 분노, 쾌락과 같은 본능적인 정서에 관여한다. 대뇌의 바깥 부위를 대뇌 피질



[그림 1] 뇌 구조

이라고 하며, 기능에 따라서 전두엽, 두정엽, 후두엽, 측두엽의 4 부분으로 나눈다. 전두엽은 앞쪽에 존재하는 가장 넓은 부위로 계획을 세우고, 의사 결정을 하고, 논리적인 사고 등 사고를 주관한다. 두정엽은 정수리 부분에 위치하고 있으며, 인체의 해당 기관에 운동 명령을 내리는 운동령과 감각령이 존재한다. 측두엽은 뇌의 좌우측에 있으며 청각과 균형 감각 등을 관장한다.

소뇌는 뇌간의 뒤쪽으로 좌, 우 한 쌍으로 붙어 있으며, 몸의 평형을 유지하고 공간 운동을 조절하는 중추를 갖고 있다. 조건반사와 감각기관의 활동, 대뇌만큼은 아니지만, 간단한 학습, 기억 기능도 한다.

뇌간은 뇌의 가장 안쪽에 위하는 부분으로 사람의 생명을 유지해 준다. 대뇌나 소뇌는 어느 정도의 손상이 있더라도 그 손상이 죽음으로 이어지지는 않는 반면에 뇌간의 손상은 바로 죽음과 연결된다.

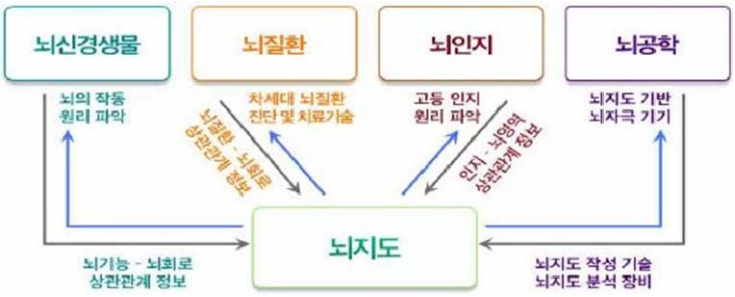
이런 뇌의 기능이 어떤 원리로 작동하는지 살펴보면, 뇌는 신경계를 구성하는 주된 세포인 뉴런(Neuron) 1,000 억 개로 이루어져 있다. 뉴런은 신경접합부인 시냅스(synapse)와 연결되어 있어, 두 뉴런의 시냅스가 서로 맞닿으면서 서로에게 메시지가 전달된다. 즉, 뉴런과 뉴런 사이에 있는 시냅스를 통해 화학물질 또는 전기적 신호가 전달되는 과정에서 정보 처리가 이루어지고, 정보 처리에 필요한 정보들은 시냅스에 저장되어 있다. 정보 처리는 시냅스에 저장된 정보를 이용하고 새로운 정보는 다시 시냅스에 저장되게 된다.

최근 뇌의 정보 처리 과정을 모방한 멤리스터(Memristor)라는[1] 전자소자가 개발되어 컴퓨터의 프로세서와 프로세서 간을 멤리스터로 연결하면 인간의 뇌에서처럼 정보 처리와 저장을 동시에 할 수 있게 되었다. 또한, 이를 활용하여 1 평방 센티미터 당 약 100 억 개의 멤리스터가 트랜지스터를 연결하는 뉴로모픽 칩 시냅스(SyNAPSE)를 개발 중이다. 이렇듯 뇌의 작동 원리를 모방하여 인간 뇌의 성능에 더 가까운 컴퓨터를 만들려고 노력하고 있다.

Ⅲ. 뇌연구

일단 뇌 연구는 "뇌신경생물학과[2] 인지과학(Cognitive Science)적[3] 이해를 바탕으로 뇌 작동

1) 메모리(Memory)와 레지스터(Register)를 합성한 신조어로 기억을 가진 저항이라는 의미
2) 뇌신경생물학은 뇌신경계의 구조 및 기능에 관한 생물학적 근본 원리를 규명하고자 하는 기초학문
3) 인간의 마음과 동물 및 인공적 지적 시스템(artificial intelligent systems)에서 정보처리가 어떻게 일어나는가를 연구하는 학문



<자료> 뇌과학 발전전략, 미래창조과학부, 2016. 5. 26.

[그림 2] 뇌 연구 4 대 분야와 뇌지도의 연관성

의 근본 원리를 파악하여 뇌질환 극복 및 공학적 응용에 활용하는 연구"[16]를 말한다. 뇌 연구는 총 4 개 분야, 즉 뇌신경생물, 뇌인지, 뇌신경계질환, 뇌공학으로 구분하여 진행하고 있다.

4 개 분야와는 별도로 최근 미국 등 주요 국가는 뇌의 작동원리를 더욱더 정밀하고 통합적으로 이해하기 위해 '뇌지도 프로젝트'를 추진하고 있다. 이를 통해 분야별 요소기술을 통합하고 분야별 이미지 및 빅데이터를 활용하여 분야별 선순환적 발전을 유도하고 있다. 한국도 2023 년까지 뇌과학 신흥강국 진입을 위해 특화 뇌지도 등 핵심 뇌 기술을 확보하고 뇌 연구 생태계 확충을 위해 2016 년부터 '뇌과학 발전전략'을 수립하여 추진 중에 있다.

뇌지도란 뭘까? 학술적으로는 다음과 같이 말한다. 뇌의 구조적 기능적 연결성을 수치화, 시각화한 DB 로 다양한 뇌지도 작성기술을 이용하여 유전자/단백질, 뇌구조, 뇌기능 등의 정보를 작성한 지도이다. 이 지도는 수준별 해상도에 따라 수준별 해상도는 마크로(cm~mm)와 메조(mm~m), 마이크로(m~nm)로 구분하고, 마크로 뇌지도는 뇌활성 영상을 통한 뇌질환 예측 및 진단에, 메조 뇌지도는 거시적 신경세포 네트워크 분석에, 마이크로 뇌지도는 미시적 신경세포 분석에 각각 활용한다.

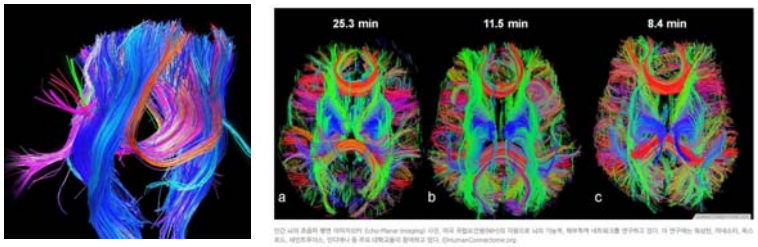
이를 쉽게 풀어 보면, 앞에서 말했듯이 뇌 안에는 약 1,000 억 개의 신경세포, 뉴런이 있다. 1,000 억이라는 숫자가 상상이 잘 되지 않는다면 우리 은하에 있는 별의 숫자가 대략 1,000 억 개라는 사실과 비교해 보면 얼마나 큰 숫자이고 많은지 가늠이 될 것이다. 1,000 억 개의 신경세포에 담긴 정보는 시냅스의 연결고리를 통해 전달되는데, 대뇌만 보면 150 조 개의 시냅스가 있다고 하니 뇌 전체로 보면 그 수는 엄청날 것이다. 이 엄청나게 많은 신경세포의 위치와 시냅스 간 네트워크망을 그려 만드는 지도가 뇌지도이다. 그리고 이 뇌지도의 해상도가 높고 낮음은 우리가 인터넷 지도를 확대하고 축소하며 본다고 생각하면 된다. 즉, 뇌의 신경세포를 나

타낸 위성 지도와 세포간 네트워크망을 그린 로드맵 지도를 만들고, 이 둘을 합쳐서 완벽한 뇌 지도를 그린다는 계획인 것이다.

최근 뇌지도 연구에서는 신경세포의 위치 못지 않게, 세포를 연결하는 시냅스의 중요성이 부각되고 있다. "뇌는 특정 영역이 특정 기능을 도맡아 한다"고 여겼는데, 연구를 통해 실제로는 뇌의 일부가 망가져도 다른 영역이 그 일을 대체한다는 '뇌의 가소성'이 밝혀지면서 시냅스 연구에 초점이 맞춰졌다[17]. 즉, A 나라에서 B 나라로 비행기를 타고 간다면, A 국의 공항에서 출발해 B 국의 공항으로 갈 수 있는 다양한 경로가 있을 것이다. A 국 공항에서 출발하는 비행기 이외에도 C 국 공항에서 출발한 비행기가 A 국 공항을 거쳐 B 국 또는 D 국의 공항으로 갈 수 있는 것처럼, A 시냅스에서 저장된 정보는 고정된 B 시냅스로만 전달되지 않고 경우에 따라 C 시냅스, D 시냅스, E 시냅스 등으로 정보를 전달할 수 있다는 것이다.

그럼 이렇게 되면 우리 실생활에서 어떤 일이 가능해질까? 맹인은 빛을 받아들이는 뉴런이 본연의 기능을 하지 못해서 볼 수 없다. 즉, 시신경은 여러 뉴런으로 구성되어 있고, 그 뉴런 중 기능을 상실한 뉴런 때문에 빛이나 형상이 뇌까지 전달되지 않는 것이다. 여기서 기능을 상실한 뉴런을 거치지 않고 다른 경로로 뇌와 연결되어 있는 뉴런까지 빛과 형상을 전달할 수 있다면 맹인은 다시 볼 수 있을 것이다. 이 뿐만이 아니다. 선천적 장애를 갖고 태어난 사람들도 이런 기술이 가능해진다면 정상인과 같이 살아갈 수 있을 것으로 예상된다. 지금 불가능한 일들이 가능해 질 수 있다.

이점에 주목하여 미국국립보건원(National Institutes of Health: NIH)은 2009 년부터 뇌의 신경세포인 뉴런의 연결 모양과 패턴, 시냅스의 연결고리 등 기능적, 해부학적 연결성을 파헤치는 '휴먼 커넥톰 프로젝트(Human Connectome Project)'를 착수하였고, 이 프로젝트를 통해 뇌의 신경세포 데이터와 이 데이터의 연계 구조를 시각적으로 그래픽화한 지도인 커넥톰을 공개했고, 공개된 자료는 다양한 연구 사업에 활용되고 있다.



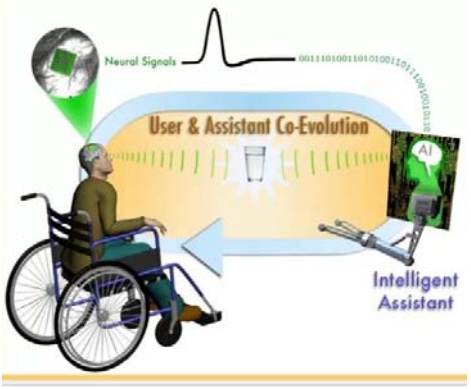
[그림 3] 휴먼 커넥톰

인간의 뇌라는 미지의 영역에 대한 도전과 뇌지도 제작은 점점 더 적극적으로 시도되고 있다. 위에서도 언급했지만 뇌연구는 뇌 자체를 연구하여 이해하는 목적도 있지만 연구를 통해 풀리지 않는 뇌질환의 예방 및 치료와 인간의 지능화(Human Intelligence)에 초점을 맞춰 진행될 것으로 예상된다. 뇌질환의 예방 및 치료 연구는 주로 뇌신경생물과 뇌질환, 뇌인지 분야에서 이루어질 것이고 인간의 지능화 연구는 뇌를 모델링하여 외부 기술과 융합하여 인간의 자연지능(Natural Intelligence)을 증강시킬 수 있는 뇌공학에서 주로 다룬다. 다음 파트에서는 뇌공학, 즉, 뇌와 외부 기술, 특히 인공지능(Artificial Intelligence) 기술과의 융합을 통해 어떻게 인간의 자연지능을 높일 것인가에 대해 살펴본다.

Ⅳ. 뇌공학 – 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain Computer Interface)

2017 년 3 월 27 일 전기차 제조업체 테슬라의 최고경영자(CEO)인 일론 머스크는 인간의 뇌와 컴퓨터의 연계와 통합을 연구하는 뉴럴링크(Neural Link)를 설립하여 인간의 뇌와 컴퓨터를 연결하는 초소형 AI 기기인 뉴럴 레이스(neural lace)를 개발 중이다. IT 기업인 페이스북의 최고경영자인 마크 저커버그는 2017 년 4 월 19 일 인간의 뇌와 컴퓨터를 연결하는 기술을 개발 중이라며 밝혔으며, 페이스북의 '빌딩 8' 하드웨어 개발팀에서 해당 기술을 개발 중이다. 이처럼 테크 업계의 두 거물이 뇌공학에 속하는 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 기술에 열을 올리고 있다.

왜 이렇게 BCI 기술에 열을 올릴까? 멤리스터와 뉴로모픽 칩 등 인간의 뇌를 모방하면서 컴퓨팅 파워를 늘리고, 늘어난 컴퓨팅 파워에 의한 SF 영화의 이야기가 점점 현실로 가져오고 있다. 인간의 행동, 감정 등을 조절하는 뇌로 외부에서 신호를 직접 보내면, 사람이 생각만으로 신호를 보내고 보낸 신호로 컴퓨터와 기계를 조작하는 장면은 단순히 편리함의 문제가 아니다. 선천적 장애 또는 장애로 거동이 어려운 사람에게는 가장 중요하고 혁신적일 수 있는 기술 중 하나이다. 이 기술이 바로 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)이다.



[그림 4] 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)

1. BCI-작동원리

BCI의 작동원리는 우리 뇌의 작동 원리에 숨겨져 있다. 우리 뇌는 수 억 개의 뉴론으로 채워져 있고, 생각하거나 움직이거나 느끼거나 뭔가를 기억할 때 마다 뉴론이 작동한다. 작동한다는 말은 뉴론 끝의 시냅스 간에 낮은 전기 신호가 오고 가는 현상이다. 전기 신호는 시냅스에서 이온이 방출되면서 생기는 전압차로 발생한다.

뉴런은 '미엘린(myelin)'이라는 물질로 전선의 피복처럼 감싸져 있다. 미엘린이란 피복 사이로 전기 신호의 일부분이 빠져 나온다. 과학자는 빠져 나오는 신호를 찾아내 어떤 신호인지 해석하고 그 신호를 이용해서 기기들을 제어할 수 있다. 반대의 경우도 가능하다. 사람이 빨간색을 볼 때 눈의 시신경을 통해 뇌로 보내는 신호를 밝혀냈다면, 카메라를 조작해 빨간색에 대한 신호를 뇌로 보내 맹인이 빨간색을 보지 못하지만 본 것처럼 할 수 있다.

2. BCI-인터페이스

BCI 기술에서 가장 큰 난관은 인터페이스의 역학이다. 뇌파 측정에서 가장 난이도가 낮은 방법은 전극을 활용하는 방법이다. 전극은 뇌파 전위 기록 장치(electroencephalograph: EEG)라는 기구로 두피에 장착하여 사용한다. 전극은 뇌신호를 읽을 수 있지만, 두개골이 많은 전기 신호를 막으면서 신호 자체를 일그러뜨리며, 전극이 뇌신호를 온전히 읽을 수 있도록 두지 않는다.

좀 더 명확한 신호를 얻기 위해 과학자들은 전극을 뇌 자체에 직접 이식할 수 있다. 이는 전극이 전기 신호를 직접 받을 수 있고 전극을 뇌의 특정 부분에 정확히 삽입할 수 있게 해준다. 단점도 있다. 일단 전극을 뇌에 넣으려면 수술을 해야 하고, 머릿속에 전극을 오래 두면 뇌에 반흔조직(scar tissue)이 생겨 뇌에서 발생하는 전기 신호의 방출을 가로막는다.

전극의 메카니즘은 위치와 상관없이 같다. 즉, 전극은 뉴론 간 미세한 전압차인 전기신호를 측정한다. 측정된 신호를 증폭시켜 거른다. 현재 BCI 시스템 상에서는 컴퓨터로 이 신호를 해석한다. 신호 해석 시 아직은 과거 아날로그 방식인 펜이 자동으로 지나가는 종이 위에 패턴을 그리면서 뇌의 신호를 보여주는 뇌수 엑스레이가 많이 활용되고 있다.

BCI의 경우 반대의 기능도 벌어진다. 컴퓨터는 뉴론을 움직이게 할 수 있는 필요한 전압으로 비디오 신호를 전기 신호로 전환하고, 전기 신호를 뇌 속에 이식해 놓은 전극으로 보낸다. 이 작업이 성공한다면 뉴론은 활성화되어 사람이 눈으로 볼 수 있는 시각적 이미지를 생성할 수 있다.

뇌의 활동을 측정하는 다른 방법은 MRI(Magnetic Resonance Image)가 있다. MRI 기계는 무겁고 복잡하지만, 뇌 활동의 이미지를 선명하게 보여주므로 BCI 시스템 일부로 사용하고 싶지만 용이하지 않다. 그래서 연구자들은 MRI를 활용해서 전극을 뇌의 어디에 삽입해야 하는지 알아낸다. 예를 들면, 연구자들은 생각만으로 로봇 팔을 제어하기 위해 전극을 심으려고 한다면, 대상자를 MRI에 놓고 팔 움직이는 것을 생각해보라고 한다. MRI는 팔을 움직일 때 뇌의 어느 부분이 활성화되는지 보여주면서 동시에 전극을 삽입할 명확한 위치도 알려 준다.

3. BCI-응용

BCI 연구에서 가장 흥미로운 일 중 하나는 생각만으로 조정이 가능한 기술의 개발일 것이다. 이 기술을 도입한 응용제품들, 예로 생각만으로 비디오 게임을 조정하는 기술 또는 리모컨 없이 생각하는 데로 채널을 변경하는 기술을 별게 아니라고 여길 수 있다.

하지만 좀 더 의미 있는 기술, 즉 중증 장애인이 생각만으로 독립적으로 움직일 수 있는 기술을 떠올려 보자. 사지가 마비된 사람이 정신적 명령인 생각만으로 컴퓨터의 커서를 조정할 수 있다면 삶의 질에서 그 동안 보지 못했던 아주 혁신적인 향상을 보여줄 것이다. 하지만 어떻게 우리는 아주 낮은 전압으로 로봇 팔을 움직일 수 있을까?

초기 연구에서는 원숭이를 대상으로 실험했다. 전극을 이식한 원숭이들은 조이스틱을 사용하여 로봇 팔을 조정했다. 과학자들은 전극으로부터 오는 신호를 측정했고, 전극에서 나오는 신호를 통해서 조이스틱을 사용하여 로봇 팔을 제어한다고 밝혔다.

팔이 마비된 사람의 행동에 대한 뇌의 신호를 해석하는 일은 더 복잡한 작업이다. 뇌파 전위 기록 장치 또는 전극 이식을 통해 대상자는 오른손의 움직임을 상상한다. 여러 번 시도 후 소프트웨어 기술로 손을 움직인다는 생각과 연계된 신호를 학습하여 손을 움직인다는 신호를 명확히 알고 받는다. 이 신호를 로봇 손을 움직이라는 뜻으로 해석하도록 로봇 손의 소프트웨어를 프로그래밍 한다. 종합해 보면, 대상자가 손을 움직이는 생각을 할 때 해당 신호를 보내고, 로봇 손은 움직인다.

나아가 커서의 앞, 뒤, 좌, 우로 움직이고, 커서를 가지고 원을 그리며, 컴퓨터 프로그램을 사용하고, TV를 조정할 수 있다. 이론적으로는 사용자들의 생각을 컴퓨터에 입력(typing)하는 것까지 확대할 수 있다.

생각을 컴퓨터에 저장하거나 로봇을 움직이는 메카니즘이 완성된다면 BCI 기술이 가진 잠재

력은 무한하다. 사지가 마비된 사람이 아이언맨처럼 로봇의 갑옷을 입고 자유롭게 걸으며 주변 환경에 대처할 수 있을 것이다.

이런 잠재력이 높은 기술 개발을 위해 어떤 점을 눈 여겨 봐야 할 것인가? BCI 기술의 한계점을 통해 나아가야 할 방향을 찾아보자.

Ⅴ. 결론 및 시사점

뇌와 뇌연구, 뇌공학 중 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술에 대해 살펴봤다. 우리의 두뇌는 생각보다 엄청나게 복잡하다. 모든 생각이나 행동이 뇌의 단순한 전기적 신호의 결과라고 단정 짓는 건 전반적으로 뇌를 과소평가하는 것이다. 인간의 뇌에는 약 1,000억 개의 뉴런이 있고, 나아가 각 뉴런은 끊임없이 복잡한 연결 고리를 통해 신호를 주고 받는다.

낮은 전위를 통해 측정되는 뇌파는 강도가 낮고 간섭이 쉽다. 깜박이는 눈꺼풀처럼 단순함이 더 강한 신호를 보낼 수 있다. 뇌파측정 및 전극 삽입 방법에 대한 조정은 향후 어느 정도 이 문제를 극복할 것이다. 하지만 지금은 뇌 신호를 읽는 것은 잡음이 많은 전화 통화 내용과 유사하다. 또한, 뇌의 신호인 뇌파를 온전히 받아들이기 힘든 이유는 전기적 신호와 동시에 발생하는 화학적 신호에 있다.

장비는 휴대용보다도 작아지고 있다. 과거 거대한 메인 컴퓨터에 유선으로 연결된 초기 시스템에 비해서는 훨씬 좋아졌다. 하지만 BCI 중 일부는 여전히 유선연결이 필요하고 무선인 경우에도 약 5kg 의 컴퓨터 휴대가 필요하다. 모든 기술처럼, BCI 기술도 미래에는 더 가볍고 더 무선화 될 것이다.

종합해보면 뇌와 인터페이스, 장비의 문제로 볼 수 있다. 뇌 자체에 대한 연구로 몇 년간의 노력 끝에 뇌지도가 만들어졌지만, 그 지도를 들고 뇌의 구석구석을 다니면서 확대 지도를 만들고 지역별 특성과 기능을 확인해야 하는 숙제가 남았다. 뇌의 구조와 구성, 구성원의 역할 등은 밝혔지만 인터페이스는 현재 기술적 한계로 뇌의 역할 및 기능을 상세히 밝히지 못한 부분이 있다. 연구자, 과학자들의 노력을 통해 그 한계를 넘어야 하는 숙제가 있다. 장비도 최신 장비라고는 하지만 연구실에서만 가능한듯한 무거운 외관을 보여주고 있다. 휴대폰의 변화처럼 연구자, 기업가들의 노력을 통해 휴대화 및 무선화가 될 것이다. 이 모든 기술적 한계를 극복한 미래는 우리에게 더욱더 안정적이고 편안한 삶을 선사할 것으로 믿는다. BCI, 인간의 뇌를 탐하고 있다.

[참고문헌]

[1] 과학동아, “Part 1. 출항: 우주보다 복잡한 지도를 찾아서”, 2013. 9.
[2] 과학동아, “Part 2. 항해: 뇌지도를 만들기 위한 4가지 공략”, 2013. 9.
[3] 기초과학연구원, “뇌의 두 가지 지도, 정원과 도시”, 2014. 8.
[4] 다음 영화, “트렌센던스”, 2014. 5. 12.
[5] 브레인미디어, “뇌의 구조와 기능”, 2010. 12. 23.
[6] 블로터, “뇌공학 최대의 화두는 뇌-인공지능 연결”, 2017. 5. 1.
[7] 연합뉴스, “머스크, 인간 뇌와 컴퓨터 연결하는 ‘뉴럴링크’ 설립”, 2017. 3. 28.,
[8] 연합뉴스, “페이스북, “뇌・피부-컴퓨터 인터페이스 개발 중””, 2017. 4. 20.
[9] 임창환, “뇌를 바꾼 공학 공학을 바꾼 뇌”, MID, 2015. 7. 17.
[10] 조선비즈, “뇌에서 영감 얻은 인공지능이 이제 뇌과학의 ‘조력자’로”, 2016. 3. 16.
[11] 한국일보, “죽은 사람의 뇌 스캔 컴퓨터 파일로 영혼을 살리다”, 2015. 9. 18.
[12] 허핑턴포스트, “기억의 지도를 그리다, 뇌과학자 세바스찬 승 교수”, 2014. 6. 24.
[13] HOWSTUFFWORKS TECH, “How Brain-Computer Interfaces Work,” 2017. 7. 14.
[14] Jameson Rohrer, “Brain computer interfaces…Controlling with your thoughts”, 2013. 11. 18.
[15] NewYorkTimes, “A dying young woman’s hope in cryonics and a future,” 2015. 9. 12.
[16] Wikipedia, “Brain,” 2017. 7. 14.
[17] Wikipedia, “Neuron,” 2017. 7. 14.
[18] 미래창조과학부, “뇌과학 발전전략”, 2016. 5. 26.