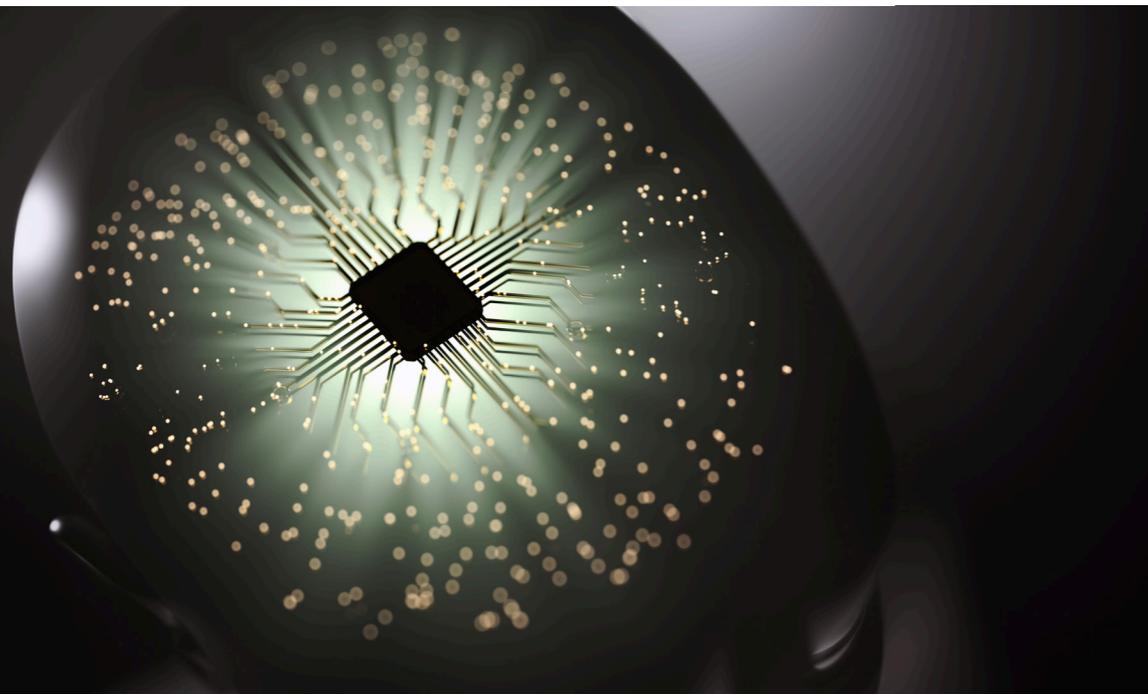
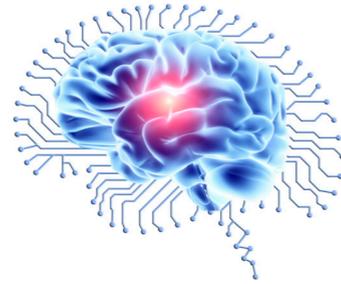


인간의 뇌, 최초 칩 이식에 성공하다

김민재 | 영국 워릭대학교 천문학자·연구원



현실이 되어가고 있는 매트릭스

온갖 종말론이 등장하기 시작하며 우울한 분위기가 계속되는 세기말은 언제나 뒤숭숭한 법이다. 20세기 말도 이와 크게 다르지 않았다. 예를 들면 수많은 공상 과학 소설과 영화는 다가올 미래에 대한 두려움과 공포심을 기반으로 완전히 다른 미래가 펼쳐질 것만 같은 21세기를 그려내곤 했는데, 대표적으로 인공 지능(AI: Artificial Intelligence)과 두뇌를 가진 컴퓨터가 지배하는 세계를 그려낸 영화 <매트릭스>가 있다. 이 영화에서 인간은 태어나자마자 인공지능이 만들어낸 인공 자궁안에 갇히며, 뇌세포에 매트릭스라는 프로그램을 입력 당하며 평생 1999년 세기말을 살아가게 된다. 인간의 모든 기억과 경험은 인공지능에 의해 새롭게 입력/삭제되는 등 철저히 통제받고 있다.

실제로 영화 <매트릭스>는 화려한 시각효과와 연출로도 큰 각광을 받았지만, 더 큰 주목을 받은 것은 다름 아닌 영화의 스토리였다. 인공지능이 인간의 뇌를 지배하다니, 전 세계 인류는 영화감독들의 엄청난 상상력에 큰 찬사를 보내며 독창적인 영화의 컨셉에 찬사를 보내곤 했다. 그리고 이때만 해도 대부분의 사람들은 몰랐을 것이다. 영화 매트릭스와 비슷한 현실이 너무나도 빠르게 다가오고 있다는 사실을 말이다. 영화가 개봉된 지 불과 20년밖에 지나지 않은 지금, 우리는 영화 <매트릭스>가 현실이 될 수 있음을 기대하고 또 우려하고 있다. 다가오는 미래가 어떻게 변할지에 대한 걱정과 우려는 잠시 접어두고, 긍정적인 면만 살펴보자면, 인류는 이미 뇌와 칩 사이의

통신을 복원할 수 있는 뇌-척수 인터페이스(BSI: Brain-Spinal Interface)를 개발, 사용하고 있으며 뇌에 칩을 심는 뇌 임플란트 (Brain implant) 기술을 발전시키고 있다.

뇌 임플란트란?

과거 치아나 뼈 그리고 관절 등에 머물렀던 임플란트는 현재 인간의 장기에까지 적용되고 있다. 그리고 이제는 일반 장기를 넘어 뇌 임플란트 기술에 까지 도달하고 있다. 물론 뇌 임플란트 기술이 치아나 장기 임플란트처럼 뇌와 비슷한 물질을 이용하여 뇌를 완전히 대체하지는 않는다. 다만 뇌의 일정 부위를 우회하는 생체 의학 보철물을 만들어 뇌의 기능 일부를 대체하는데, 주로 뇌속에서 발생하는 생체 전기 신호를 뇌에 미세 전극을 이식한 후 컴퓨터를 이용하여 해석하고 조종하는 식으로 구현된다. 뉴런의 기능적 연관성이 대략적으로라도 알려진 경우에만 수행될 수 있는 뇌 임플란트는 과거 신경 처리의 복잡성과 활동 전위 관련 신호 접근성 부족으로 인해 큰 난관을 겪고 있었으나, 최근 신경 생리학 및 컴퓨터의 처리 능력이 발전함과 동시에 다시 전성기를 맞이하고 있다.

뇌 임플란트는 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI: Brain Computer Interface) 기술의 한 종류로, 환자가 무언가를 떠올릴 때 그에 따른 특정 전기 신호를 발생시켜 이를 해석하는 과정을 거치게 된다. 현재 뇌 임플란트는 주로 루게릭병 등 신체 활동에 어려움을 겪는 사람들을 위주로 이들의 의사소통을 좀 더 자유롭게 해주는 목적으로 활발하게 시

도되고 있으며, 파킨슨병이나 임상 우울증 환자 에게도 각각 심부 뇌 자극, 미주 신경 자극과 같은 신경/뇌 임플란트의 기술이 적용되고 있다. 이처럼 신체 활동에 어려움을 겪는 환자들의 의도와 생각을 컴퓨터를 통해서 번역할 수 있다면 이들의 삶이 달라질 것이다. 그리고 실제로 지난 2015년 네덜란드 위트레흐트대 닉 램지 의대 교수팀은 루게릭병 환자 하네케 드 브라우너를 대상으로 뇌 임플란트 수술을 최초로 성공한 바 있다.

일론 머스크의 뉴럴링크

세기의 천재이자 괴짜로 평가받고 있는 ‘현실판 아이언맨’ 일론 머스크(Elon Musk)는 지난 2016년 과학자 6명 등과 함께 뉴럴링크(Neuralink)를 창업했다. 그리고 그는 수차례의 공개행사에서 인간의 기억력 감퇴, 우울증, 불면증, 마비, 조현병 등 사실상 의학적인 치료가 힘든 신경 질환 문제를 언급하며 인간의 뇌 구조는 전기 배선과 비슷하기에 전기적 도구를 이식하면 여러 문제들을

해결할 수 있다고 언급한 바 있다. 일론 머스크는 생각만으로 휴대전화나 컴퓨터는 물론 거의 모든 기기를 제어할 수 있도록 할 수 있을 것이라고 뇌 임플란트의 미래를 전망하며, 이에 대한 초기 사용자는 현재 팔다리를 제대로 쓰지 못하는 사람들이 될 것이라고 예측했다. 또한 그는 스티븐 호킹 교수가 경매사보다 더 빠르게 의사소통할 수 있도록 하는 것이 뉴럴링크의 뇌 임플란트 목표라고 공표했는데, 위 기술을 기반으로 가까운 미래에는 기억을 저장하는 일마저 가능해질 것이라고 장담한 바 있다. 마치 영화 <매트릭스>에서처럼 뇌와 컴퓨터를 연결하여 마음속 깊은 곳의 정보와 기억을 다운로드하는 기술이 떠오르는 장면이다.

뉴럴링크는 머리카락보다 얇은 실에 부착된 전극을 통해서 수천 개 이상의 뉴런 활동을 모니터링 하도록 설계된 뇌이식 가능 컴퓨터 칩 ‘텔레파시(Telepathy)’를 개발하고 있다. 지난 2019년, 처음 BCI 기술을 이용한 뉴럴링크 기술이 세상에 선보였는데, 뇌에 뉴럴링크 칩을 이식한 돼지와 원숭이가 뇌의 신호를 이용하여 핑퐁게임 내 탁구공을 움직일 수 있음을 보여 큰 화제가 되었다. 뉴럴링크에 따르면 이를 선보이기 6주 전에 원숭이의 뇌 양쪽에 칩을 이식했으며 빨대로 바나나 스무디를 먹으며 컴퓨터와 상호작용하는 법을 배웠다고 한다. 이는 궁극적으로 마비 환자가 생각만으로 컴퓨터나 전화를 사용할 수 있게 하기 위함이다. 이로부터 1년 뒤 뉴럴링크는 새로운 버전의 BCI 칩을 공개했는데, 이는 가로 2.3cm, 세로 0.8cm의 크기로 유연한 실에 부착된 1,024개의 전극이

포함된 작은 탐침으로 구성되어 있다. 전극의 굵기는 머리카락의 1/4 수준으로 얇아져 이전 버전보다 훨씬 더 많은 수의 전극이 포함되었고, 뇌의 뉴런은 건드리지 않으며 뇌 뉴런의 전기적 활동을 기록한다. 대신 각 전극은 혀와 턱 근육의 움직임과 같이 신체에 움직이라는 명령을 내리는 곳 그리고 움직이거나 말하는 데 필요한 뇌의 여러 부분(감각, 언어, 인지)에서 처리되는 모든 과정의 최종 결과를 기록할 수 있다. 따라서 이는 사용자의 생각이 아닌 ‘뇌의 계획’을 알려주는 셈이다. 일론 머스크는 앞으로 위 칩 이식을 라식수술의 비용으로 라식 수술만큼 간단하게 만드는 것이 목표라고 밝혔다.

인간 대상 임상 실험을 시도하던 뉴럴링크는 마침내 지난해 9월 미국 식품의약청(FDA)의 승인까지 받아내는데 성공한다. 이후 첫 번째 인체 대상 임상 연구를 모집하며 연구를 곧 시작할 것이라는 뉴스까지 흘러나오자 전 세계 연구자들은 흥분을 감추지 못했다. 불과 4개월 만인 지난 1월 29일, 일론 머스크는 뉴럴링크가 사지 마비 환자를 대상으로 첫 수술을 마쳤으며, “결과가 유망하다”고 알렸다. 그리고 2월 19일, 첫 번째 임상 실험자가 생각만으로 컴퓨터 마우스를 움직였음에 성공했음을 전하며, 현재 임상 참여자가 가능한 한 많은 마우스 버튼을 클릭할 수 있도록 노력하고 있다고 전했다. 또한, 임상 실험자는 완전히 회복했고 진행 상황도 매우 좋다고 밝히며 현재까지 우리가 알고 있거나 우려할 만한 부작용은 없는 것으로 나타났다고 전했다.

현실판 매트릭스, 실현 가능할까?

계속되는 성과를 보여주고 있는 뉴럴링크이지만 사람들이 가장 관심 있는 부분은 아마도 일론 머스크의 이러한 공상과학적 아이디어가 완벽히 실현 가능한지, 따라서 현실판 매트릭스를 실제로 볼 수 있을지에 관한 내용일 것이다. 아쉽지만 현재로서는 BCI 칩을 현실적으로 상용화하기까지 시간이 필요해 보인다. 먼저 뉴럴링크 측에서 많은 정보를 제공하지 않고 있는데, 이에 따라 실험 과정과 결과에 대하여 불투명한 부분 역시 적지 않다. 뉴럴링크의 자원봉사자 모집 브로슈어에도 특정 질환으로 인한 사지 마비 환자가 첫 번째 수혜자가 “될 수 있다”라고만 명시되어 있기에 관련 정보들은 매우 부족한 상태이다. 이 때문에 이에 대한 교차 검증도 불가능할 뿐 아니라 아직 해결해야 할 과제도 많은 셈이다.

관련 연구자들 역시 연구 성과를 부정할 수는 없지만, 완벽하지 않은 현재 단계에서 가장 중요한 것은 장치의 안전성과 수술과정에서의 안전이라고 주장하며 이에 대한 우려를 표하고 있다. 이에 뉴럴링크는 로봇 외과외과가 임플란트의 구성 요소를 한천에 꿰매는 동영상상을 온라인에 게시했지만, 전문가들은 여전히 이 시스템이 병원에 처음 적용되는 것에 대해서는 익숙하지 않으며, 자세한 정보를 알기 힘들다고 주장한다. 뉴럴링크는 또한 BCI 칩을 삽입하기 위한 수술용 임플란트 로봇 V2를 생산한 것으로 알려져 있는데, 위 로봇이 첫 번째 인간 이식 수술에 사용되었는지는 확인되지 않은 상태이다. 동물 실험 윤리 문제 역시 해결되지 않은 상태이



원숭이는 뇌의 신호를 이용하여 핑퐁게임 내 탁구공을 움직일 수 있었다. ©뉴럴링크

다. 미국 교통부는 위험 물질 이동과 관련한 규정 위반으로 뉴럴링크에 벌금을 부과한 상태인데, 이는 앞선 동물 실험에서 원숭이가 칩 이식 후 마비와 발작, 뇌부종 등 부작용을 겪었다는 의혹이 제기되었기 때문이다. 또한, 위 기술이 성공적으로 잘 적용되더라도 장치를 통한 뇌의 감염이나 면역 거부 반응을 통한 여러 부작용 등 역시 대비가 되고 있는지는 아무도 알 수 없다. 반면, 일론 머스크는 뉴럴링크의 BCI 칩을 이식했다가 다시 분리한 돼지 도로시가 후유증 없이 건강한 생활을 유지하는 것을 선보이며 관계자들의 주장에 반박했다.

하지만 이보다 더 근본적인 문제가 있다. 이는 바로 생각이 뇌의 어느 부분에 저장되는지 여전히 불투명하다는 점이다. 이 때문에 인류가 인간의 뇌에서 해독할 수 있는 정보의 양은 현재까지 매우 제한적이다. 따라서 우리는 BCI 칩을 이용하더라도 사람의 마음을 완전히 읽을 수 없다. 이는 매우 복잡한 신경과학을 완전히 이해하기 전까지는 뇌 임플란트의 상용화로 가는 길이 여전히 멀

수 있음을 암시해주는 사실이다. 반면, BCI는 '신경 윤리' 분야의 탄생을 예고하고 있다. 새롭게 태어나는 분야이기에 이에 관한 데이터, 연구 윤리가 아직 성립되지 않았기 때문이다. 예를 들어서, 데이터가 사람들의 생각과 관련되어 있을 때 프라이버시 침해의 결과는 어떤 식으로 정의될지, 또 이에 따른 사회적 불평등이 유발되지 않으려면 어떤 준비과정이 필요할지, 이러한 정보가 뇌에 직접 입력될 수 있다면 어떤 일이 벌어질지 등 부수적으로 유발되는 윤리적 문제에 대한 가이드라인이 필요하다. 따라서 현재는 미래에 완성될 위 기술에 대비하여, 이에 관련한 규정, 사회적인 약속 등은 물론 기술의 발전을 뒷받침할 수 있는 여러 가지 다양한 장치가 함께 준비되어야 하는 시기라고 할 수 있다.

더 나은 인류를 위하여 BCI 칩 개발이 필요하다

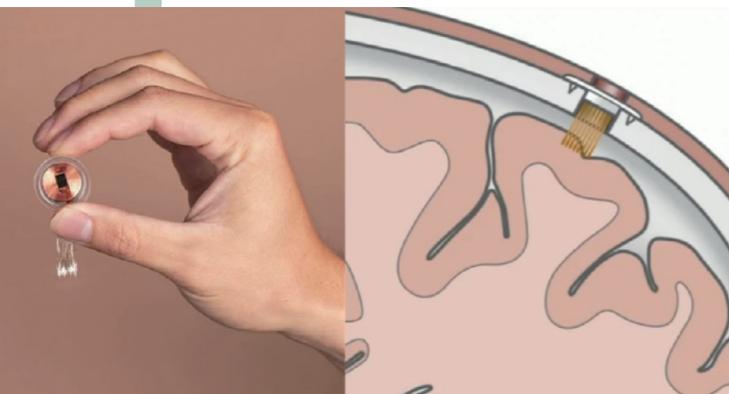
그럼에도 불구하고 과학자들은 뉴럴링크의 진전을 크게 환영하고 있다. 인간 BCI 칩 개발에 참여하는 기업이 많을수록 이 분야를 발전시키는 데 도움이 되는 것은 자명한 사실이기 때문이다. 중요한 점은 뉴럴링크의 선전 역시 이제 시작이라는 점이다. 과거에는 알파벳 한 글자 해석과 수신에만 수십 초가 소요되었지만, 현재는 기존보다 다섯 배 정도는 빨라지며 상당한 발전을 보이고 있다. 과거에 비해 전극의 수 역시 크게 많아지고 있으며 매우 작은 칩도 개발되고 있다. 별도의 송수신 장치를 장착했던 이전 버전들과 달리 두 개골에 칩만 이식하면 초당 10Mb 속도의 무선 통

신 역시 가능해졌다. 크기도 매우 작아지고 있기에 상용화면에서도 크게 나아지고 있다. 또한, 관련 연구에 대한 전망을 밝게 해주는 부분으로 뉴럴링크가 인간을 대상으로 장기 실험을 시작한 첫 번째 회사가 아니라는 점을 들 수 있다. 블랙 록 뉴로 테크(Blackrock Neurotech) 등의 기업들은 인간의 뇌에 칩을 인식하는 제품을 개발하고 있으며, 심지어 뉴럴링크보다 더 다양한 연구를 통한 진전을 보여주고 있다. 뉴욕에 본사를 둔 싱크론(Synchron) 역시 뇌혈관에 삽입하여 신경세포 집단의 평균 발화를 기록하는 장치와 BCI 칩을 개발하여 사용자에게 초보적인 커서 제어 기능은 물론 '왼쪽 클릭' 기능도 지원할 수 있는 것으로 알려져 있다. 관련 기업들은 임플란트가 뇌에 미칠 수 있는 부정적인 영향을 최소화하고, 신체가 임플란트의 기능에 영향을 미칠 수 있는 제품을 설계하기 위해 신경 임플란트의 표면 화학에 대한 많은 연구도 진행하고 있으며, 개두 수술로 인해 발생할 수 있는 영구적인 신경 장애의 위험을 줄이기 위해 뇌 수술 없이도 임플란트를 제대로 전달하기 위한 다양한 전달 시스템도 연구하고 있다.

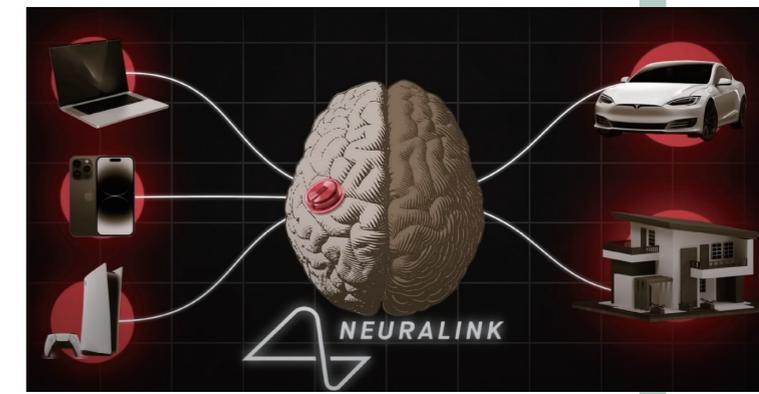
무엇보다 우리는 BCI 칩의 목적과 전망에 대해서 집중할 필요가 있다. 현재 BCI 칩 연구는 다양한 시도와 함께 치매, 파킨슨병, 척추손상 등의 퇴행성 신경질환이나 전신마비 질환 장애를 겪고 있는 사람들을 돕는 것을 목표로 진행되고 있다. 이런 계획이 성공하면 해당 분야에서는 각종 중독이나 우울증을 유발하는 뇌 일부를 새롭게 구성하는 방안도 모색할 계획이다. 인간에게 이리

움을 가져다줄 명목으로 시작되고 있는 최첨단의 과학 기술이 인간이 만들어내고 발견하는 자연 현상의 신비로움을 통해서 그간 상상으로만 머물던 공상 과학적 아이디어를 현실로 바꿔주고 있는 상황이다.

또한, 뉴럴링크의 경우 보다 장기적인 목표로 우리의 두뇌를 향상 시켜 인공지능과 우리 인간과의 차이를 줄이고 인공지능과의 의사소통을 더 발전시키며 궁극적으로 인공지능과의 싸움에서 이길 수 있는 환경을 만들고자 한다. 즉, 관련 연구와 사업은 인류와 인공지능이 공생할 수 있는 상황을 통해서 인류에 도움을 가져다주고자 진행되고 있는 셈이다. 해당 분야가 인간의 가치를 존중하며 책임감 있는 기술 산업을 펼치는 동시에 여러 위험요소와 불확실성을 극복한다면 여러 파생 분야 및 인접 분야에서 새로운 지평을 열 수도 있을 것이다. 관련 분야 및 뉴럴링크의 행보가 크게 기대되는 지금이다. 🇺🇸



새로운 버전의 BCI 칩은 1024개의 전극이 포함된 작은 탐침으로 구성되어 있다. ©뉴럴링크



별도의 송수신 장치를 장착했던 이전 버전들과 달리 두개골에 칩만 이식하면 초당 10Mb 속도의 무선통신 역시 가능해졌다. ©뉴럴링크