

BCI 혁신, 우리 삶을 어떻게 바꾸나

한양대학교 공과대학 전기생체공학부 바이오메디컬공학전공

임창환



일론 머스크의 새로운 도전



Neuralink is developing ultra high bandwidth brain-machine interfaces to connect humans and computers.

We are looking for exceptional engineers and scientists. No neuroscience experience is required: talent and drive matter far more. We expect most of our team to come from other areas and industries.

We are primarily looking for evidence of exceptional ability and a track record of building things that work.

All positions are full time and based in San Francisco.

서울경제

머스크, AI까지 넘본다

이수민 기자 입력 2017.03.28. 09:04 수정 2017.03.28. 22:00

중앙일보

뇌에 칩만 심으면 몰랐던 외국어도 술술? 머스크의 도전

이소아·윤희철 입력 2017.03.29. 01:01 수정 2017.03.29. 14:25 댓글 194개

KBS

"두뇌·컴퓨터 결합 도전"..인류 진화 계기

범기영 입력 2017.03.30. 08:12 댓글 0개

파이낸셜뉴스

美 억만장자 일론 머스크, 전기차와 우주개발에 이어 인간 두뇌 정복에 도전

박종원 입력 2017.03.28. 17:02 댓글 0개



(JMIR, 2019)



(KBS News9, 2017.03.29)

쏟아지는 비판

MIT
Technology
Review

Featured Topics Newsletters Events Podcasts

SIGN IN

SUBSCRIBE

HUMANS AND TECHNOLOGY

With Neuralink, Elon Musk Promises Human-to-Human Telepathy. Don't Believe It.

Why the billionaire is wrong that telepathy technology will be available in a few short years.

By Antonio Regalado

April 22, 2017

(MIT Technology Review, 2017)

뉴럴링크 설립 후 2년

AN INTEGRATED BRAIN-MACHINE INTERFACE PLATFORM WITH THOUSANDS OF CHANNELS

Elon Musk & Neuralink

(Musk & Neuralink, JMIR, 2019)

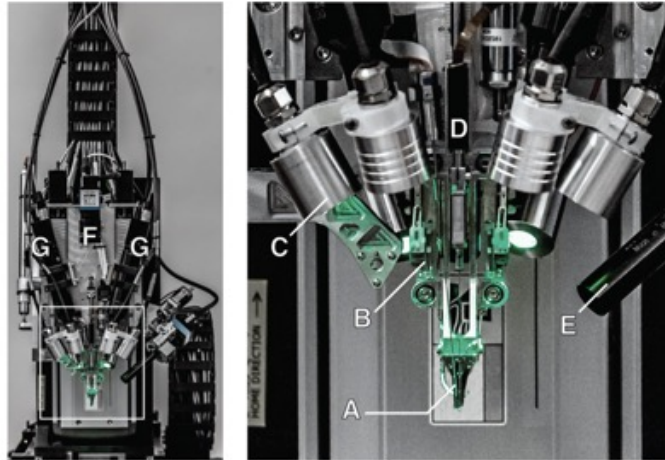


Figure 3: The robotic electrode inserter; enlarged view of the inserter-head shown in the inset. A. Loaded needle pincher cartridge. B. Low-force contact brain position sensor. C. Light modules with multiple independent wavelengths. D. Needle motor. E. One of four cameras focused on the needle during insertion. F. Camera with wide angle view of surgical field. G. Stereoscopic cameras.

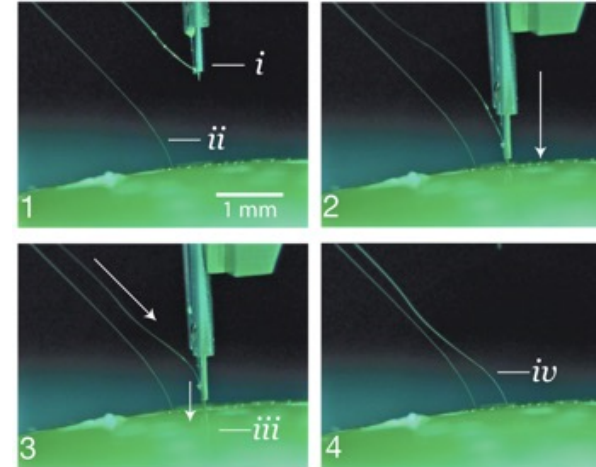
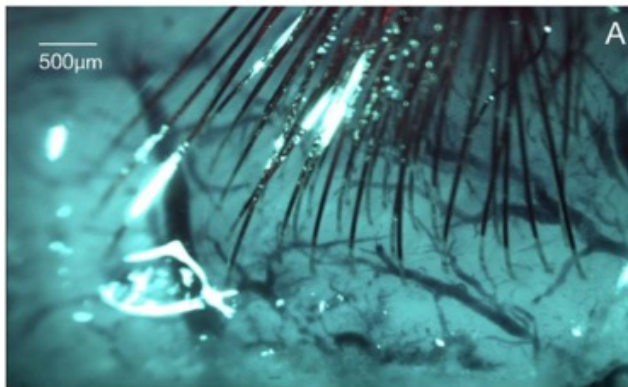


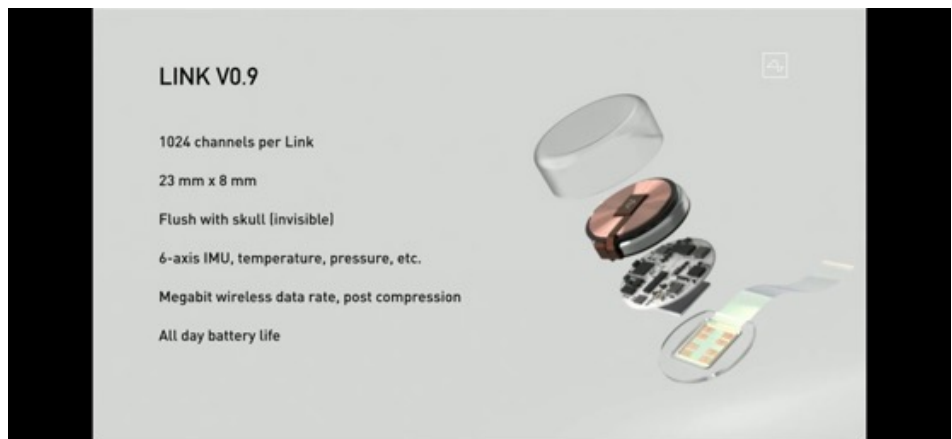
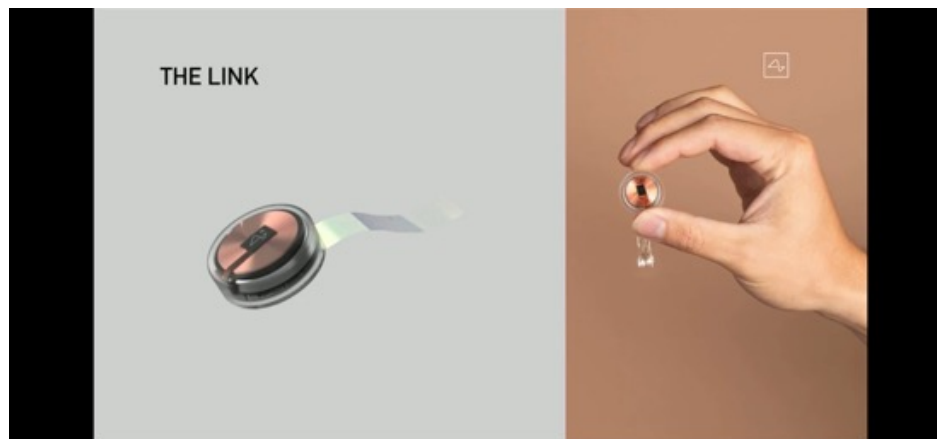
Figure 4: 1. The inserter approaches the brain proxy with a thread. i. needle and cannula. ii. previously inserted thread. 2. Inserter touches down on the brain proxy surface. 3. Needle penetrates tissue proxy, advancing the thread to the desired depth. iii. inserting thread. 4. Inserter pulls away, leaving the thread behind in the tissue proxy. iv. inserted thread.

다시 1년 후...

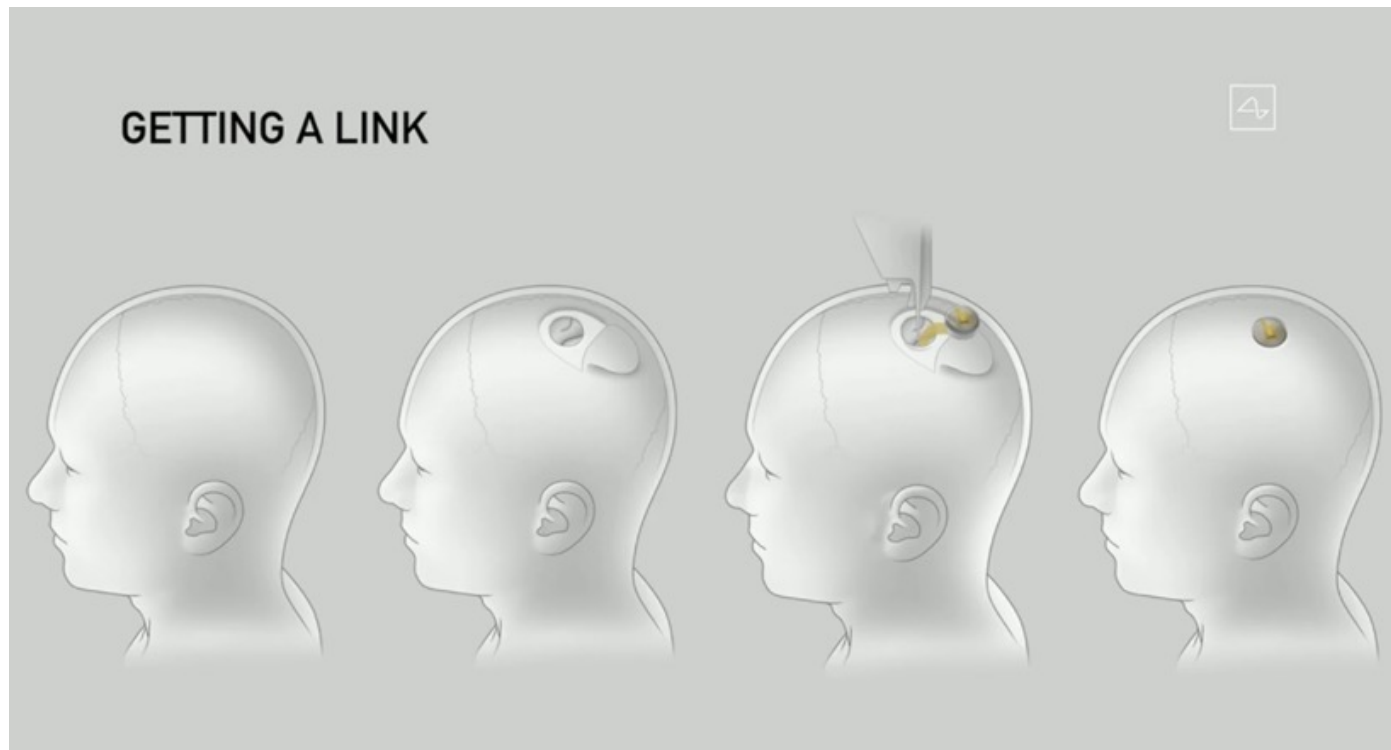


(Musk & Neuralink, JMIR, 2019)

(Neuralink Press Conference, 2020.08.28)



라식수술에 비유



(Neuralink Press Conference, 2020.08.28)

사지마비 환자의 체스 게임

YTN YTN PICK · 6일 전 · 네이버뉴스

머스크 "인간 뇌에 뉴럴링크 칩 이식 완료...환자 회복 중"

일론 머스크 테슬라 최고경영자(CEO)가 소유한 뇌신경과학 스타트업 뉴럴링크가 최초로 인간의 뇌에 칩을 이식했다고 머스크가 29일(현지시간) 밝혔다. 머스크는 이날 자신의 소셜미어 엑스(X·옛 트위터)에 "어제(28일) 첫 환자가 뉴럴링크로부터 이식...



YTN, 2024. 01. 31

"사지마비에도 체스되네..." 뉴럴링크 반도체 뇌이식 환자공개

관련이슈 이슈플러스

"마치 스타워즈의 '포스'를 사용하는 것 같아요."

일론 머스크의 뇌신경과학 스타트업 '뉴럴링크'의 컴퓨터 칩을 뇌에 이식받은 첫 환자 놀런드 아르보(29)는 '생각만으로' 온라인 체스 게임을 즐길 수 있다며 이 같이 말했다.

세계일보, 2024. 03. 31



(뉴럴링크 X)

새로운 기술은 아니다



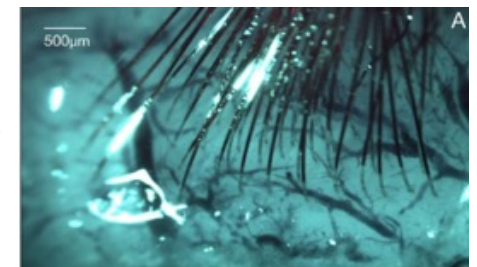
(New York Times, 2006)



(Rehab Management, 2012)



(Blackrock Neurotech)



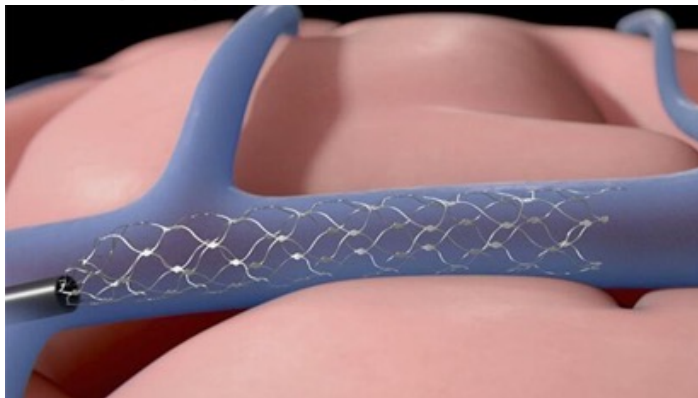
(Musk & Neuralink, JMIR, 2019)

뇌 신호를 읽어 들이는 것이 이슈

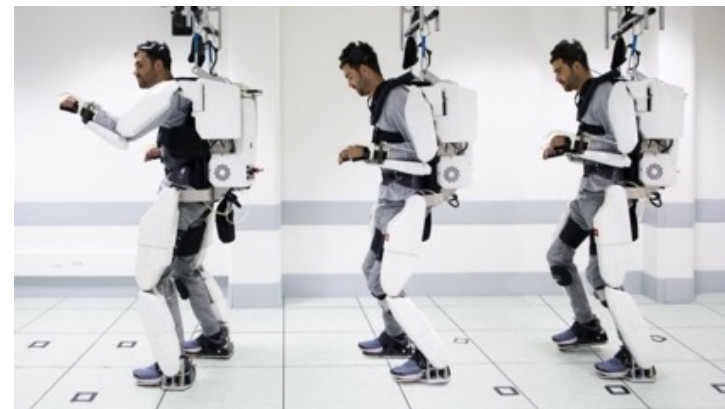


FDA clears Synchron's brain-computer interface device for human trials

A clinical trial will get under way in New York later this year.



(Synchron,
Clnatec)



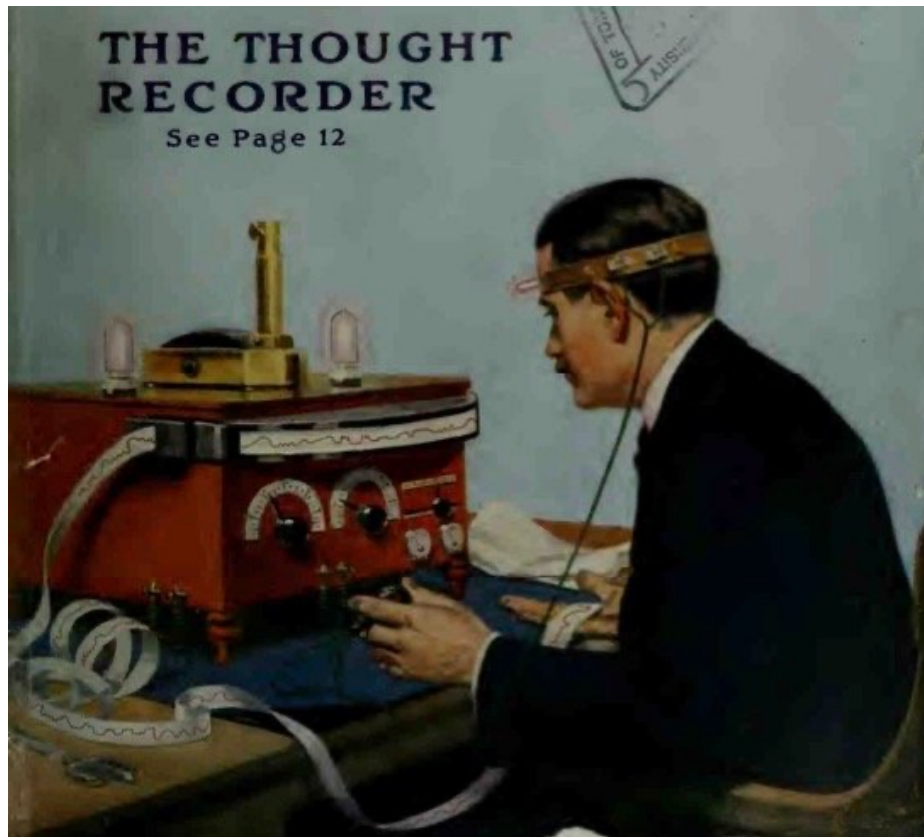
BCI 혁신, 우리 삶을 어떻게 바꾸나

파트 1. 뇌로 소통하는 세상

파트 2. 생활과 하나가 된 BCI

파트 3. BCI의 미래

생각 기록 장치를 상상하다



Hugo Gernsback
1919

(Pale of Future)

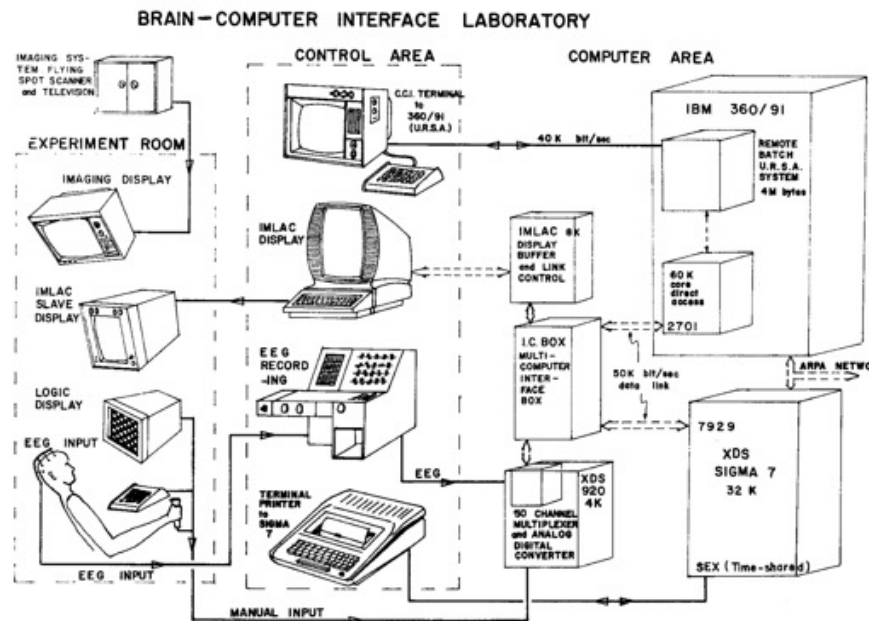
뇌-컴퓨터 인터페이스란?

Copyright 1973. All rights reserved

TOWARD DIRECT BRAIN-COMPUTER COMMUNICATION

JACQUES J. VIDAL¹

Brain Research Institute,
University of California, Los Angeles, California



(자퀴스 비달)



(UCLA)

BCI

(Brain-Computer Interface)

뇌신호를 이용해 외부 기기를
제어하거나 외부와의 의사소통을
가능하게 하는 기술

(Vidal, ANNUAL REVIEW OF BIOPHYSICS, 1973)

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재는...

IoT Home Appliance Control System Using SSVEP-based BCI



- Online Demo Video -

Computational Neuroengineering (CoNE) Lab.

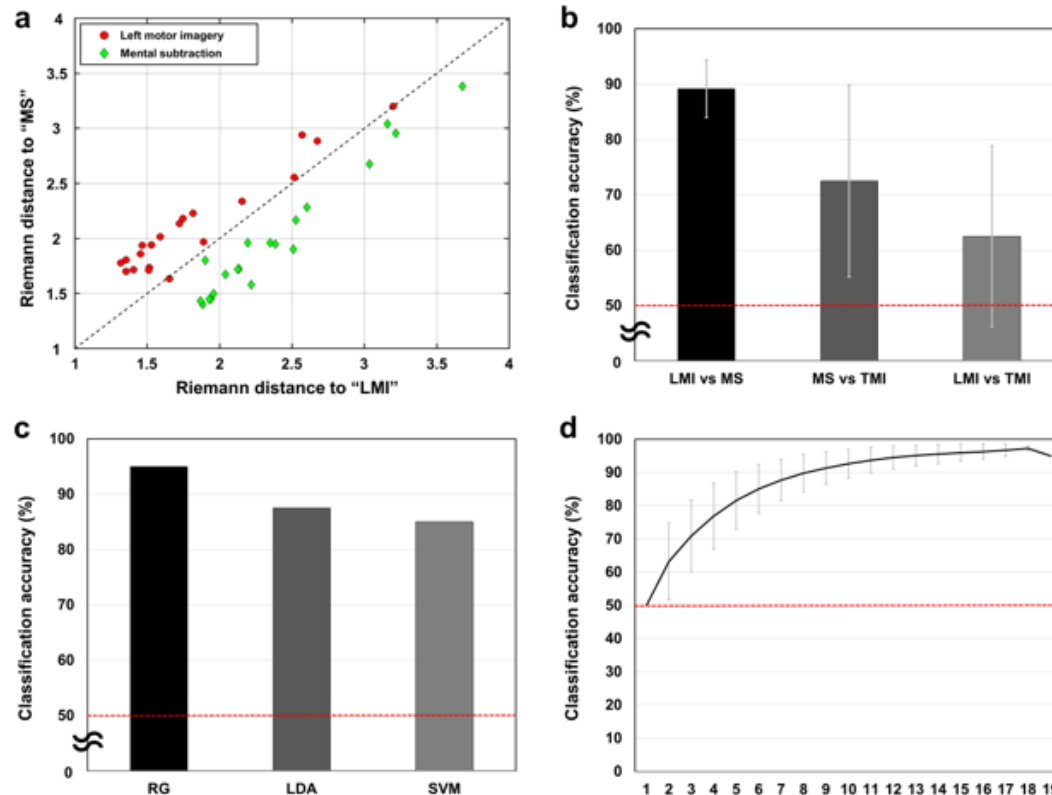
Hanyang University, South Korea

<http://cone.hanyang.ac.kr>

This system was demonstrated at  CES | Consumer Technology Association

(Park et al., IEEE Access, 2019)
(Park et al., IEEE TNSRE, 2023)

완전감금증후군 환자와 의사소통



(Han et al., J. Neuroeng. Rehab., 2019)

연합뉴스 + 구독

"뇌파로 의사소통"...한양대, 환자 대상 연구서 가능성 확인

입력 2019.02.07. 오전 11:21 · 수정 2019.02.07. 오후 12:21 기사원문

신선미 기자

36 4

기사원문

(서울=연합뉴스) 신선미 기자 = 국내 연구진이 생체신호인 뇌파를 이용해 '예', '아니오' 정도의 의사를 확인할 수 있는 기술을 개발했다. 또 1년 이상 의사소통을 못 했던 환자를 대상으로 이 기술의 적용 가능성을 확인했다.

기술이 상용화되면 의사소통이 불가능한 환자의 생각을 어느 정도 파악해 이들의 삶의 질을 개선할 수 있을 것으로 기대된다.

한양대 연구진은 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface-BCI) 기술을 이용한 의사소통 기술을 개발했다고 7일 밝혔다.

연구진은 손의 움직임을 상상할 때와 암산을 할 때 사람의 뇌에서 각각 다른 패턴의 뇌파가 발생한다는 데 주목했다. 이를 각각 '예'와 '아니오'에 대응한 시스템을 구상했다. 가령 '예'라고 대답하고 싶으면 왼손의 움직임을 상상하고, '아니오'라고 대답하고 싶으면 505에서 9를 빼는 암산을 하는 식이다. 그러면 말이나 몸짓 없이 뇌파 측정만으로 의도를 파악할 수 있게 된다.

연구진은 의사소통을 하지 못하는 완전감금증후군(Completely Locked-in Syndrome-CLIS) 환자를 대상으로 새 시스템이 제 기능을 한다는 것을 확인했다.

(연합뉴스)

3가지 발화 인식 방법

Vocal Speech Recognition

음성 발화 인식



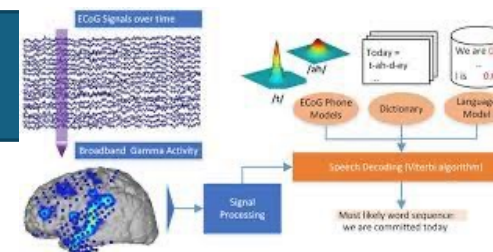
Silent Speech Recognition

침묵 발화 인식

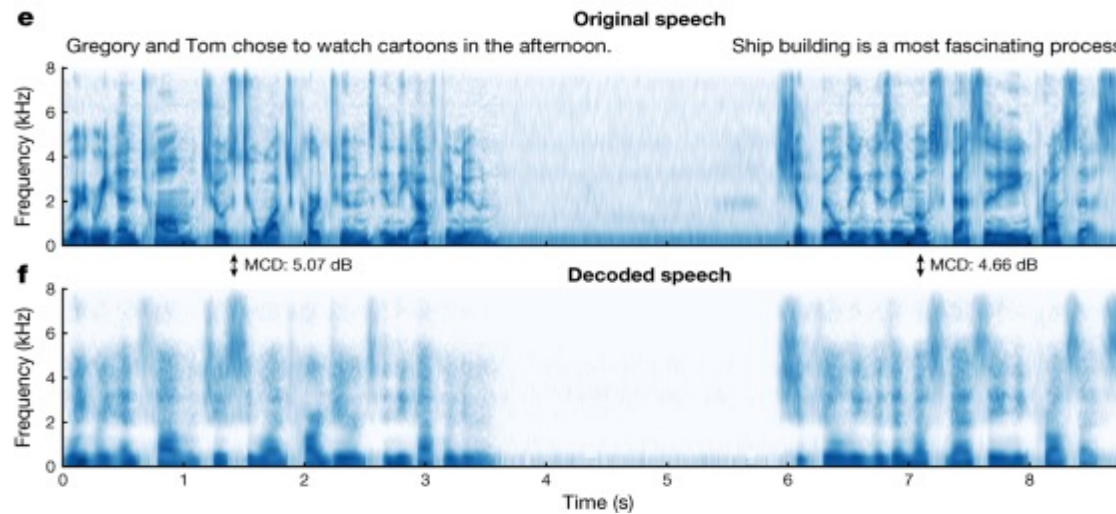
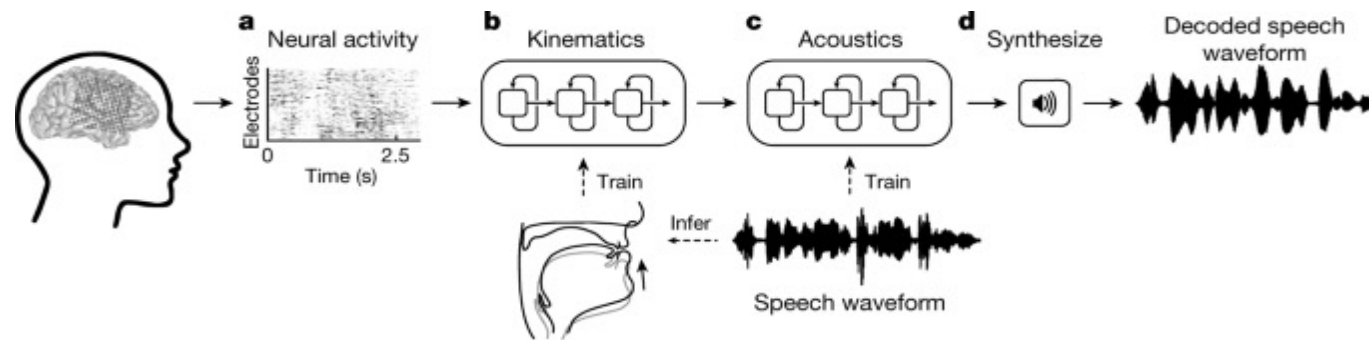


Imagined Speech Recognition

상상 발화 인식



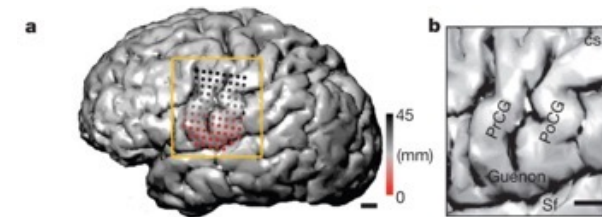
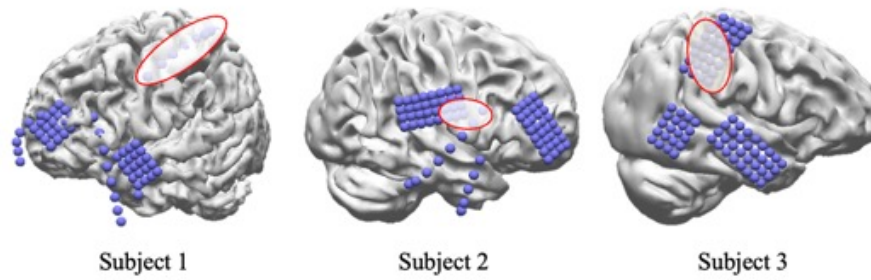
상상 음성 합성



에드워드 창 @ UCSF

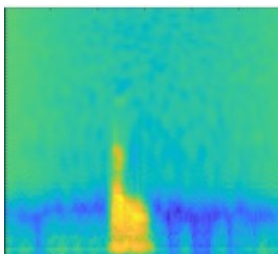
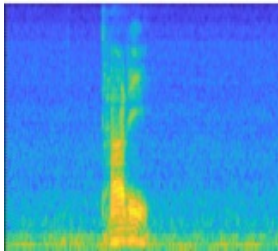
(Anumanchipalli et al., Nature, 2019)

K-음성합성(1) – 발화 음성 합성

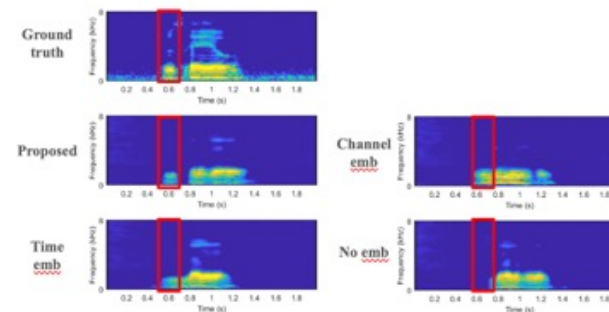
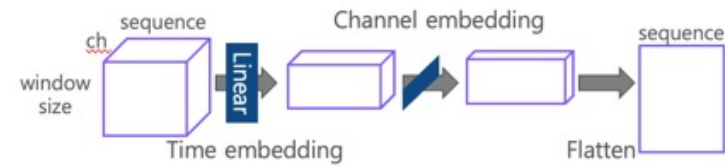
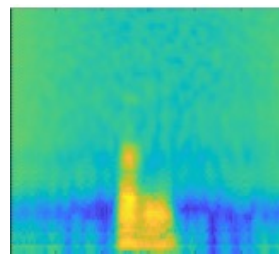
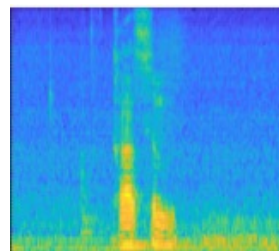


(Bouchard et al., Nature, 2013)

다리

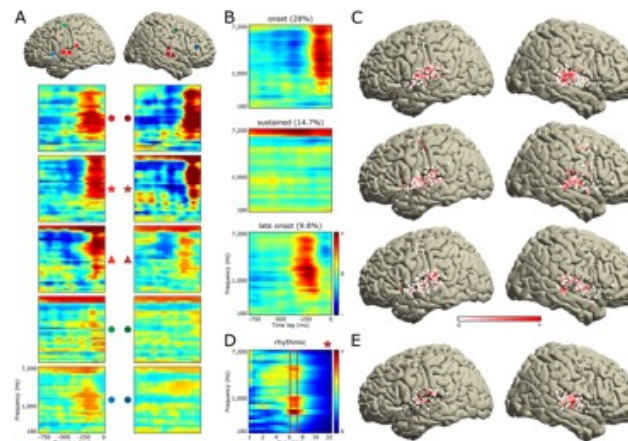
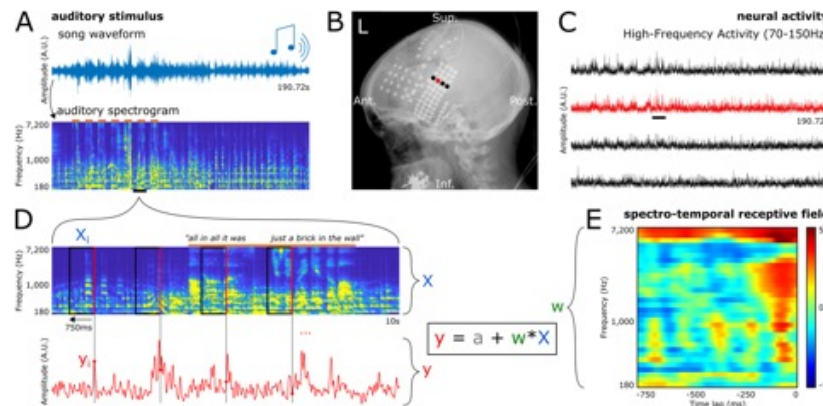


가슴

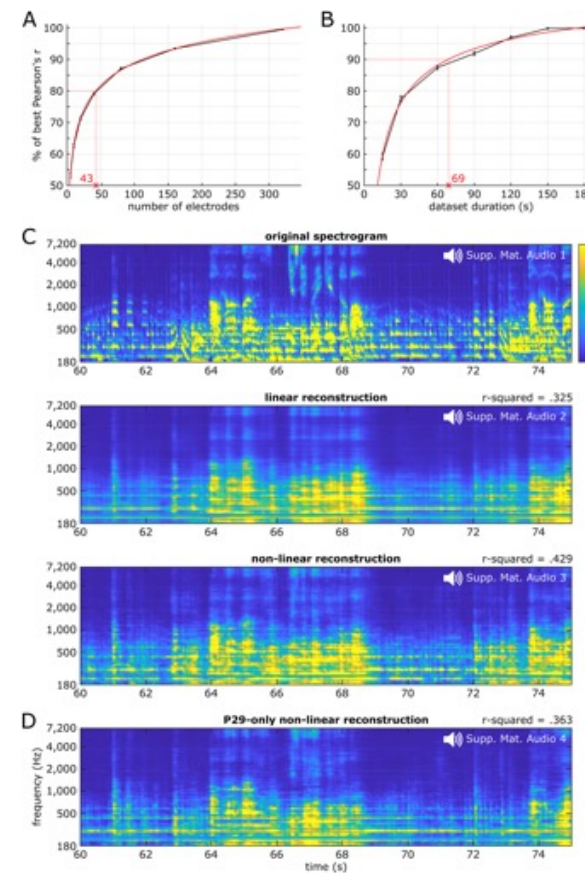


(Hwang et al., submitted)

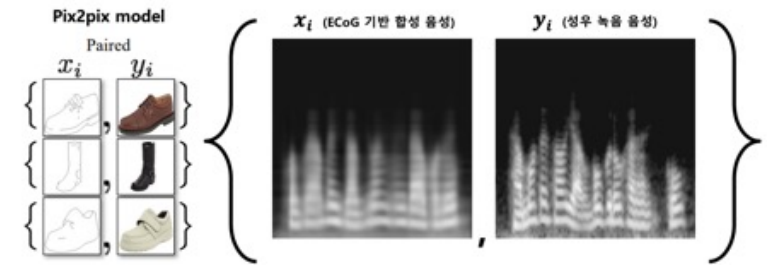
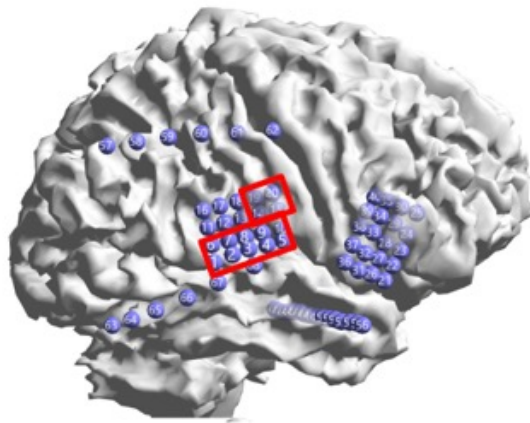
뇌파로부터 듣고 있는 음악 합성



(Bellier et al, PLoS Biol, 2023)



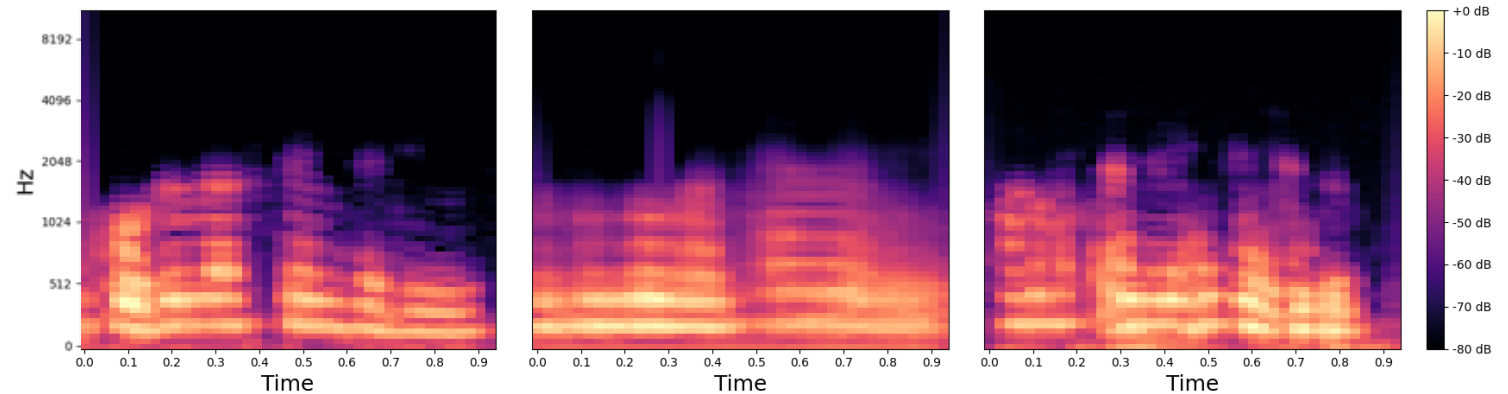
K-음성합성(2) - 들은 음성 복원



성우 녹음 음성 🔊

합성 음성 🔊

성능 향상 음성 🔊



(Kim et al., submitted)

BCI 혁신, 우리 삶을 어떻게 바꾸나

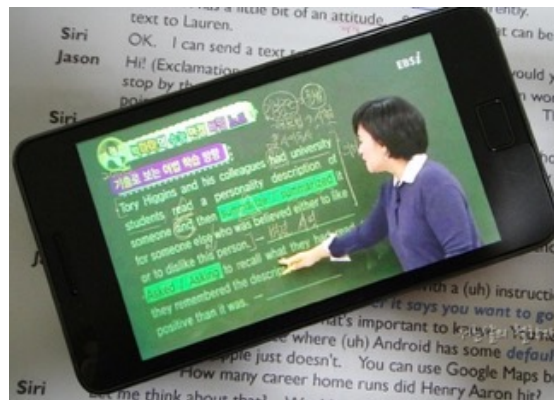
파트 1. 뇌로 소통하는 세상

파트 2. 생활과 하나가 된 BCI

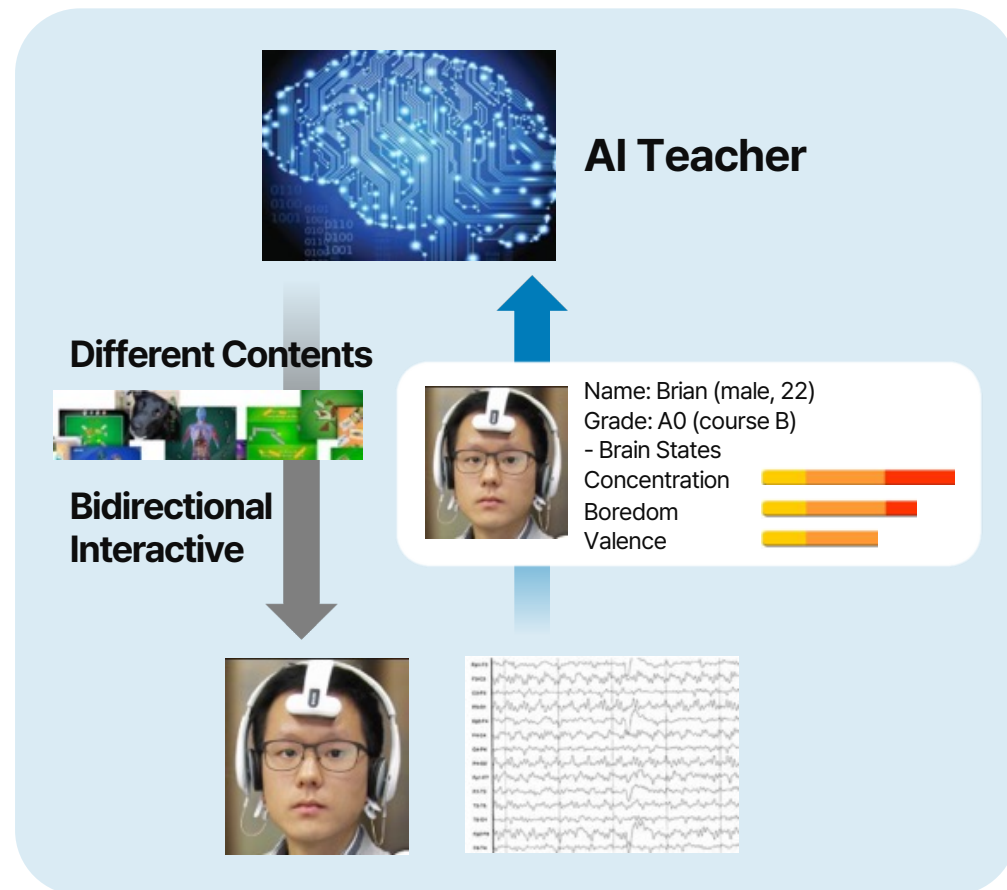
파트 3. BCI의 미래

수동형 BCI - 교육 응용

Internet courses



unidirectional

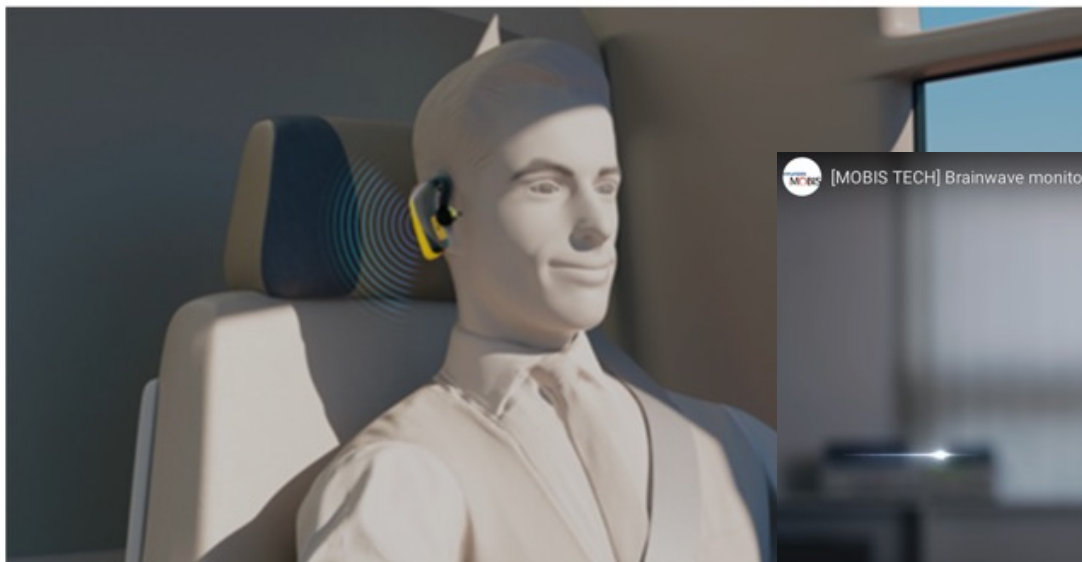


한국 사례(1) – 현대모비스

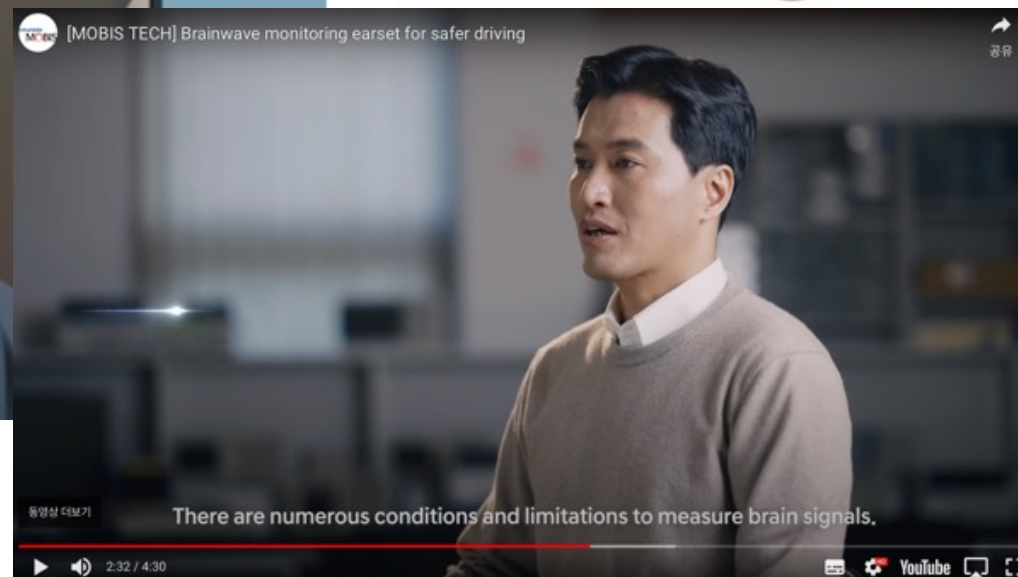
Newsroom | Press Releases

A Brainwave Technology from Hyundai Mobis Proven to Reduce Drowsiness and Inattentive Driving by Up to 1/3

2022.04.18



https://youtu.be/POKrrDrr1wM?si=C RscIHGHiyfU_vAL



한국 사례(2) - LG전자



(LG electronics)



brid.zzz
by LG Labs

(LG electronics)

한국 사례(4) – SK바이오팜



(Sedaily)



(dongA.com)



BCI 혁신, 우리 삶을 어떻게 바꾸나

파트 1. 뇌로 소통하는 세상

파트 2. 생활과 하나가 된 BCI

파트 3. BCI의 미래

뇌에 지식 입력하기

“ 단 몇 분 만에 쿵푸 고수가 될 수 있을까? ”



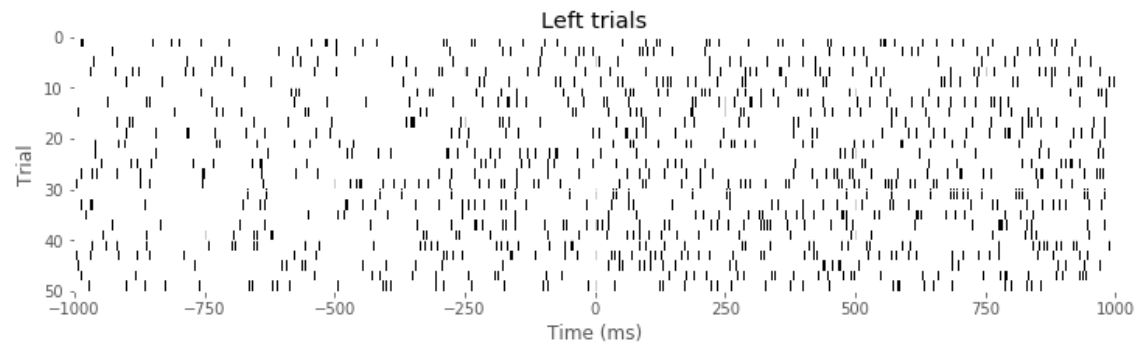
(영화 매트릭스, 1999)



뇌의 언어를 이해해야...

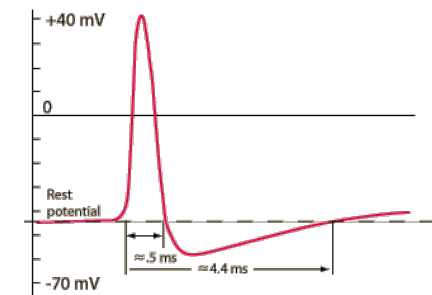
Neural Code

- 뇌의 언어



(<https://mark-kramer.github.io/Case-Studies-Python/10.html>)

All or nothing



모스 코드

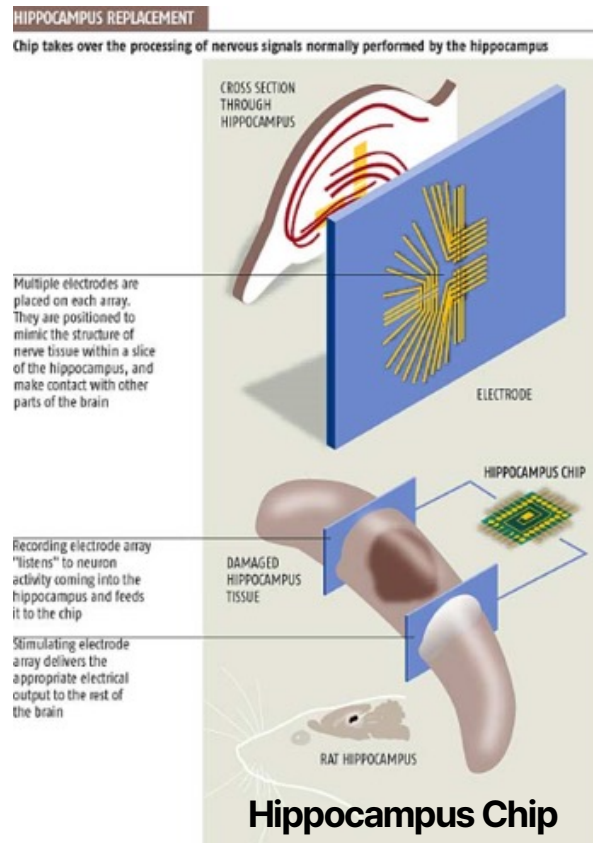
(Morse Code)

Let man have dominion over the fish of the sea and over the fowl of the air and over every living thing that moves upon the earth

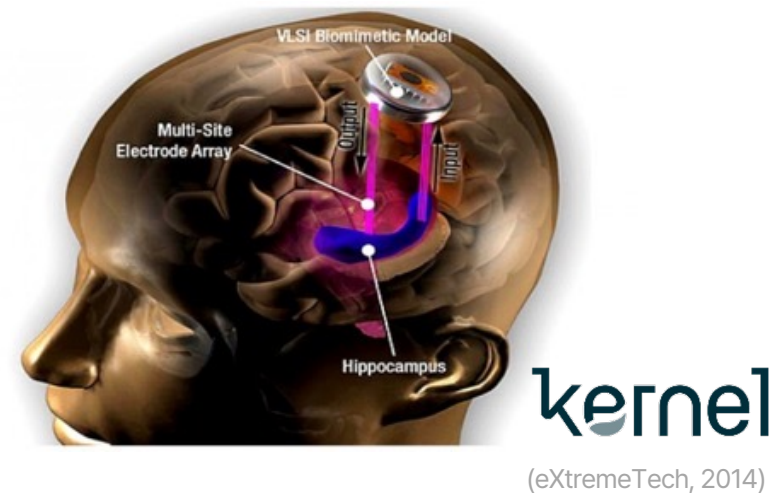


(<https://www.ekac.org/biblemorse.html>)

보조 인공 뇌 - AI를 이용



(Nature, 2013)

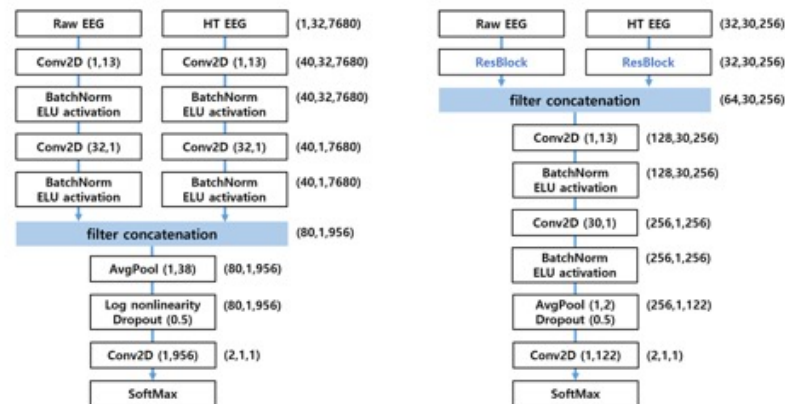


딥러닝 기술의 BCI 분야 적용



HiRENet: Novel convolutional neural network architecture using Hilbert-transformed and raw electroencephalogram (EEG) for subject-independent emotion classification

Minsu Kim^{a,*}, Chang-Hwan Im^{a,b,c,*}



Model	Input Type	Valence emotion classification			Arousal emotion classification		
		Mean Acc (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Mean Acc (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)
ShallowFBCSPNet	Raw EEG	68.75 ± 2.04	65.52	71.73	71.88 ± 2.17	66.92	76.51
ShallowFBCSPNet	HT EEG	70.59 ± 2.16	68.20	73.18	70.40 ± 2.11	66.54	74.02
HiRENet-S	Both	76.10 ± 1.76	72.03	79.86	76.65 ± 1.96	72.62	80.43
ResCNN	Raw EEG	81.25 ± 1.79	80.08	82.33	78.68 ± 1.73	76.43	80.78
ResCNN	HT EEG	79.96 ± 1.61	73.95	85.51	78.13 ± 1.86	75.29	80.78
HiRENet-R	Both	86.03 ± 1.57	83.53	88.34	84.01 ± 1.64	86.57	81.23

NEWSIS 구독중

한양대 임창환 교수, 감정 인식 뇌-컴퓨터 인터페이스 개발

입력 2024.07.02. 오전 11:21 · 수정 2024.07.02. 오전 11:22 · 기사원문



| 인간 뇌 특성 모방한 딥러닝으로 감정 인식 정확도 획기적 향상



[서울=뉴스1] (왼쪽부터) 임창환 한양대 바이오테크놀로지학과 교수, 김민수 한양대 인공지능학과 석사과정 (사진=한양대 제공) *재판매 및 DB 금지

Functional connectivity의 고려를 위한 새로운 CNN architecture

(Kim and Im, Comput. Biol. Med., 2024)

딥러닝 기술의 BCI 분야 적용

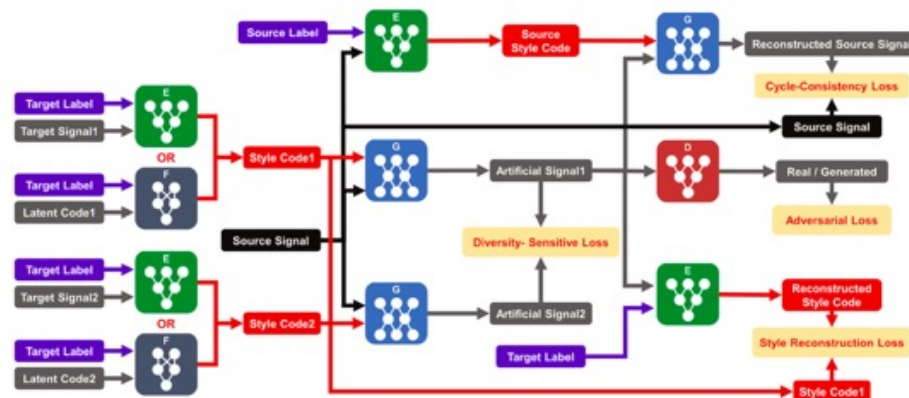
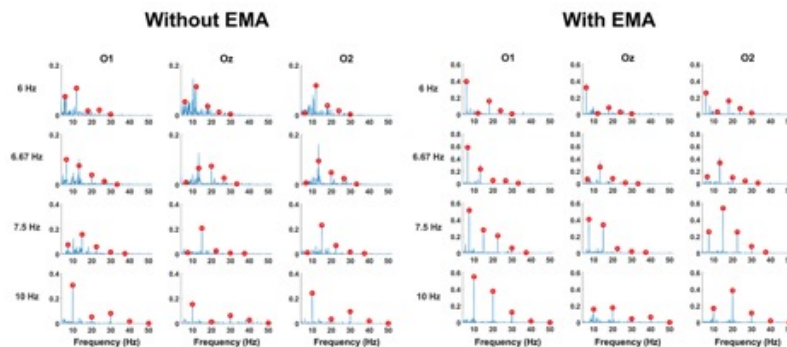


Fig. 3. The data flow of the training process.



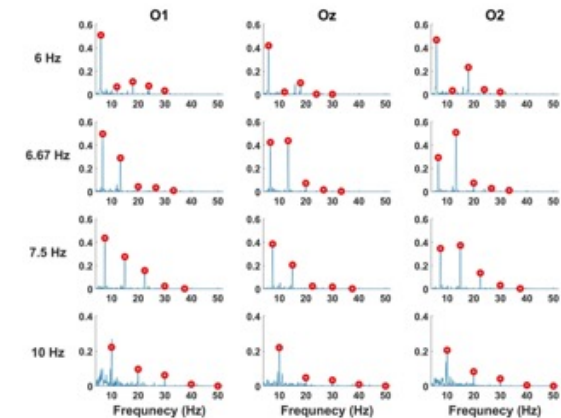
뉴스룸 | 최선기자

한양대 연구진 'AI로 가상노파 생성' 기술 개발

출고시간 | 2022-05-18 17:55

설하은 기자
2022.05.18

“생각만으로 외부 기기 제어하는 BCI 성능 비약적 향상 기대”



AI로 생성한 가상노파신호로 원하는 뇌파 생성 성공
[김종형 교수 연구팀 제공. 재판매 및 DB 금지]

(서울=연합뉴스) 설하은 기자 = 국내 연구진이 이미지 변환이나 음성 변조에 활용되는 인공지능(AI)으로 가상노파신호를 생성하는 기술을 개발했다.

18일 한양대에 따르면 임창현 한양대 바이오메디컬공학과 교수팀은 ‘신경 스타일 전이(neural style transfer) 기술을 최초로 뇌파에 적용해 뇌파신호 변환을 가능하게 하는 새로운 신경망 모델(S2S-StyleGAN)을 만들었다.

(Kwon et al., ESWA, 2022)

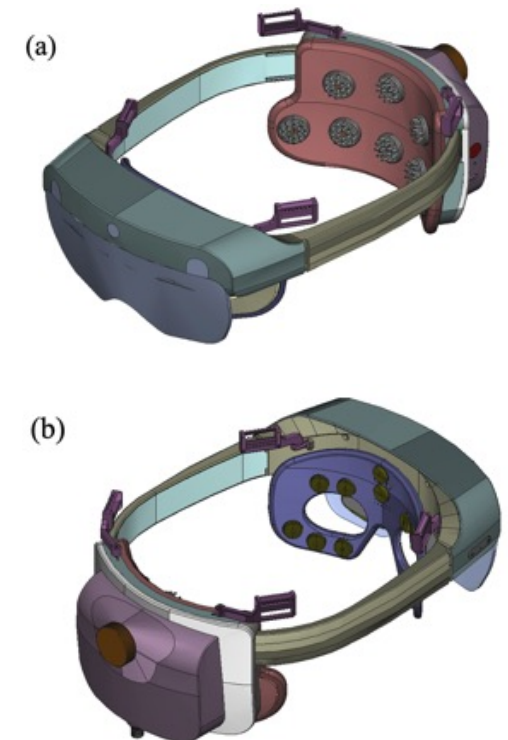
새로운 form factor의 등장



Neuro MW75



(Kim et al., in revision)

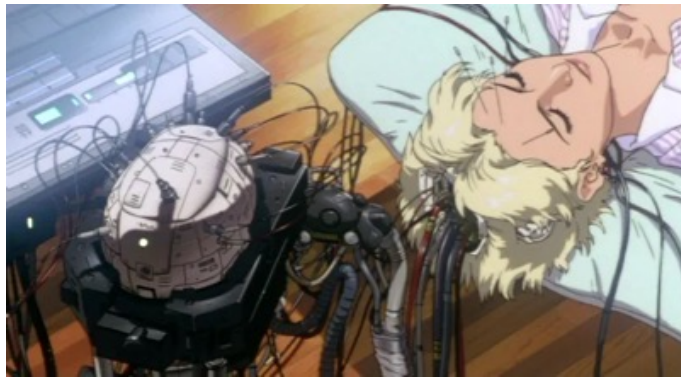


(Kim et al., NEC '24)

뇌와 AI의 양방향 교류



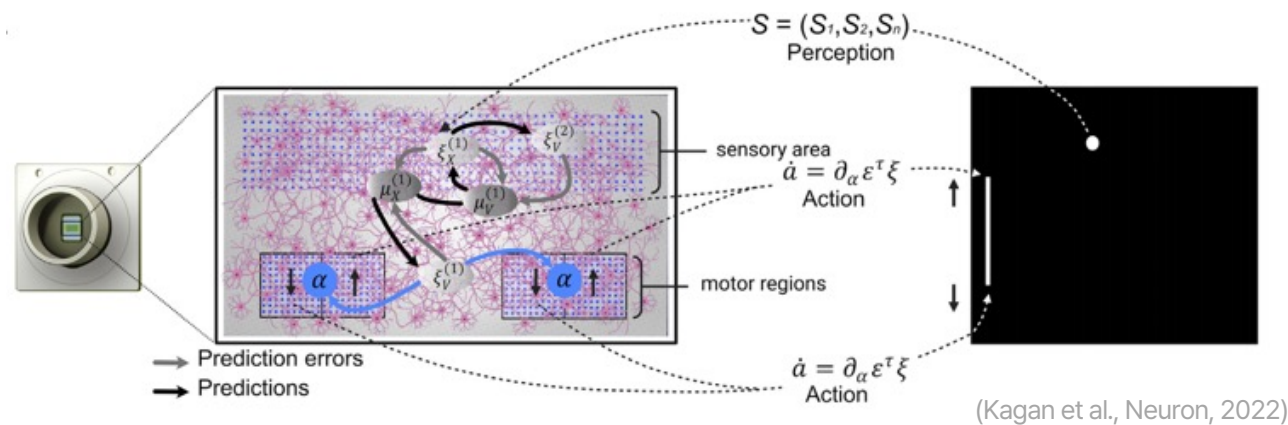
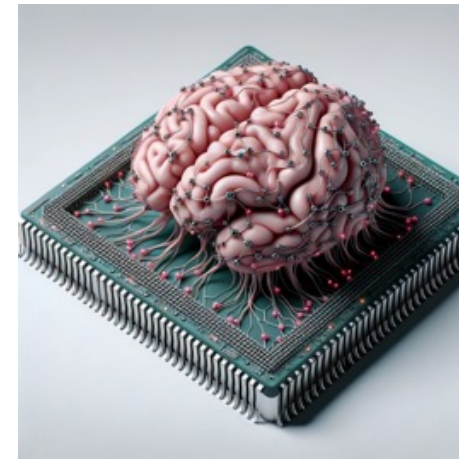
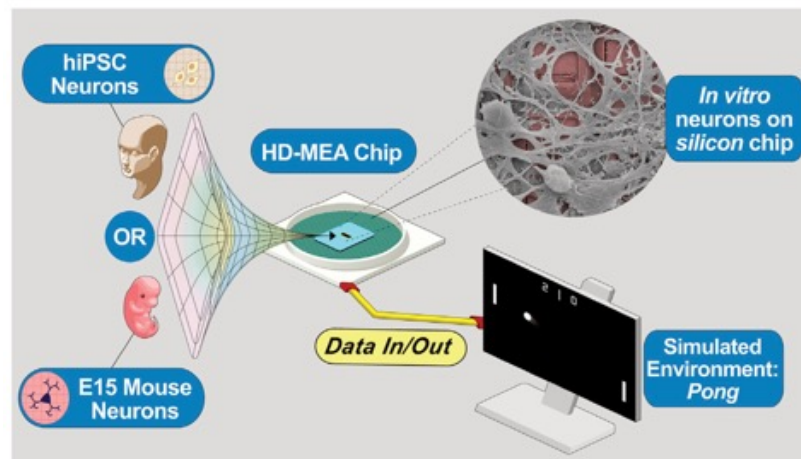
(영화 공각기동대, 1995)



에드워드 보이든 (Edward Boyden), MIT

**신경세포와 반도체 칩을 연결해서 새로운 지능을 만들어내는 것이
'다음 세기 뇌 연구의 주요 목표'가 될 것**
**언젠가 인간 뇌의 자연적인 신경 회로망과 반도체 회로망이
전기적, 광학적, 화학적으로 완벽하게 결합될 수 있을 것**

오가노이드 지능 (Organoid Intelligence)



Closed-Loop Neuromodulation

범부처전주기의료기기연구개발
의료공공복지 구현 및 사회문제 해결
고령자 운동재활 및 인지증강 시스템

근적외선 자극(PBM) 및 모니터링(fNIRS) 기술을 활용한
고령자 일상생활 개인 맞춤형
인지기능 관리 솔루션 개발

주관기관 **OBELAB**

참여기관

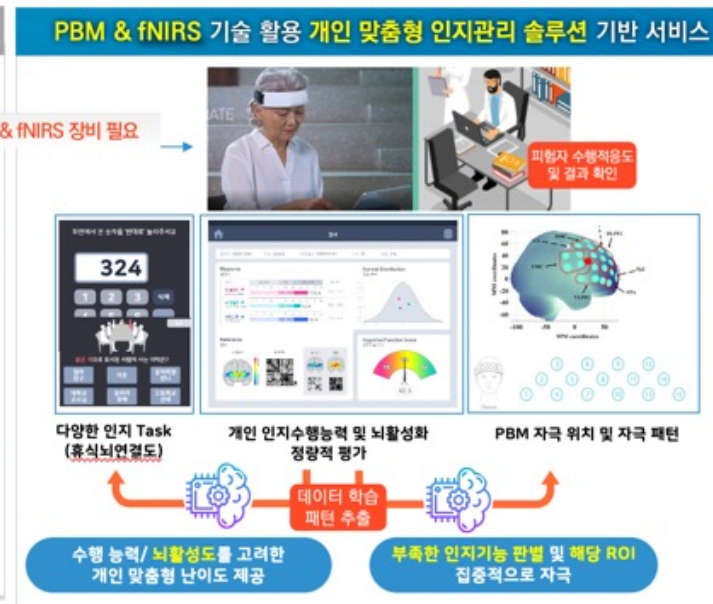
인제대학교일산백병원
INJE UNIVERSITY ILSAN PAK HOSPITAL

안양대학교
ANYANG UNIVERSITY

학습된 정상 및 인지저하 환자 fNIRS 및 수행능력 데이터를 바탕으로

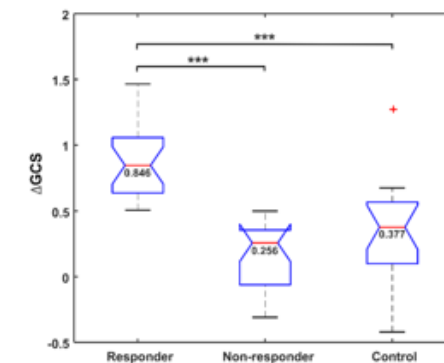
개인 맞춤형 인지 task 및 PBM 자극 제시

2020.10 – 2025.09, 범부처전주기의료기기개발사업



Machine-Learning-Based Prediction of Photobiomodulation Effects on Older Adults with Cognitive Decline Using Functional Near-Infrared Spectroscopy

Kyeonggu Lee, Minyoung Chun, Bori Jung, Yunsu Kim, Chaeyoun Yang, JongKwan Choi, Jihyun Cha, Seung-Hwan Lee, and Chang-Hwan Im, Member, IEEE



(Lee et al., IEEE TNSRE, 2024)