

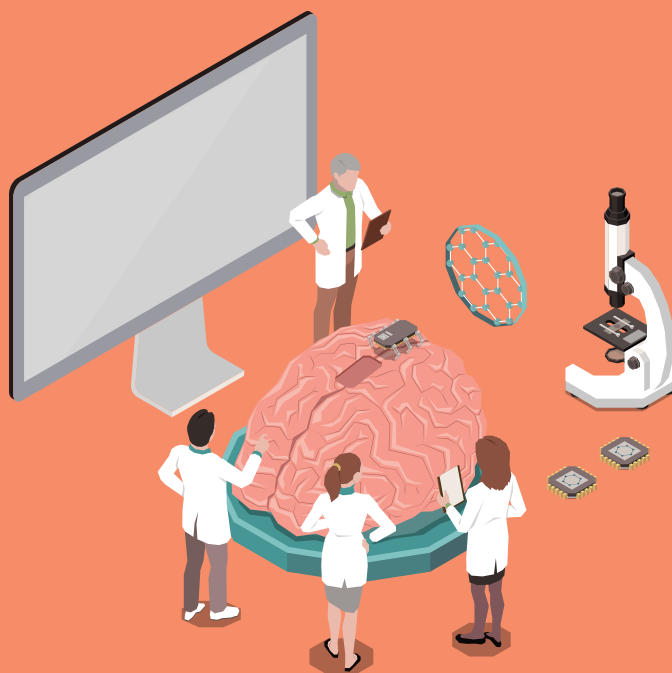
제231회 한림원탁토론회

뉴럴링크 : 뇌와 세상의 소통

일 시 : 2024년 12월 20일(금), 15:00

장 소 : 한림원회관 B1 대강당

(온·오프라인 동시 진행)



모시는 글

인공지능이 빠르게 발전하게 되면서 인간이 기계와 소통하는 일들이 점차 증가하게 될 것으로 예상되지만 우리는 여전히 수십 년 전 개발된 인터페이스를 통해 인공지능과 소통하고 있습니다. 그러나 미래에는 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술 등을 통해 컴퓨터나 로봇 등과 소통하게 될 것이며, 인간과 기계 간 소통을 돕는 기술 개발은 점차 중요해지고 있습니다. 특히 이러한 기술은 장애나 질병의 치료, 정신건강 관리 등 의료 분야에서도 큰 잠재력을 가지고 있으며 주요 국가들은 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술 개발에 박차를 가하고 있습니다. 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술 개발과 상용화를 위해서는 제도 개선 및 인프라 구축 등과 더불어 윤리적 문제 등의 해결을 위한 노력도 함께 이루어져야 합니다. 이에 한국과학기술한림원은 뇌-컴퓨터 인터페이스 기술의 현재와 미래를 대중에게 알리고 이 기술의 현실화와 관련된 규제와 승인 과정에 대해서도 논의해 보고자 하오니 많은 관심과 참여를 부탁드립니다.

2024년 12월

한국과학기술한림원

한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 마련하고
국가사회 현안문제에 대한 과학기술적 접근 및 해결방안을 도출하기 위해 개최되고 있습니다.



Program

사 회 이현주 KAIST 전기및전자공학부 석좌교수

시 간	프로그램	내 용
15:00~15:05 (5분)		개 회
		주제발표
15:05~15:45 (40분)	발표자	뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래 임창환 한양대학교 바이오메디컬공학과 교수
		인공지능 시대, 뇌-로봇 인터페이스가 새로운 미래의 기회를 만들다 정재승 KAIST 뇌인지과학과 교수 및 융합인재학부 학부장
		지정토론 및 자유토론
15:45~17:00 (75분)	좌 장	이현주 KAIST 전기및전자공학부 석좌교수
	토론자	이기원 와이브레인 대표이사
		우세준 분당서울대학교병원 의료기기연구개발센터 센터장
		박건혁 한국한의학연구원 한약자원연구센터 책임연구원
		박정환 서울대학교 의과대학 교수
		질의응답
17:00		폐 회

참여자 주요 약력

사회 및 좌장



이 현 주

KAIST 전기및전자공학부 석좌교수

- 한국차세대과학기술한림원 공학부 간사
- 과학기술진흥 유공 장관표창
- 前 한국연구재단 뇌첨단의공학단 전문위원

주제발표자



임 창 환

한양대학교 바이오메디컬공학과 교수

- 한양대학교 뇌공학연구센터 센터장
- 대한뇌파신경생리학회 회장
- 와이브레인 Chief Scientist



정 재 승

KAIST 뇌인지과학과 교수 및 융합인재학부 학부장

- 대한민국 근정포장, 대한민국과학문화상 대상 수상
- 다보스 포럼 선정 '2009 차세대 글로벌 리더'
- 前 한국계산뇌과학회 회장

참여자 주요 약력

토론자



이 기 원

와이브레인 CEO/CTO

- 세라젼 클리니컬 CEO
- ISO/IEC JTC1 IoT and Digital Twin 및 Brain Computer Interface 국제표준위원회 한국대표
- 前 한국연구재단 뇌과학 R&D 발전전략위원



우 세 준

분당서울대학교병원 의료기기연구개발센터 센터장

- 분당서울대학교병원 안과 과장
- 한국망막학회 학술이사
- 대한안과학회 영문학술지(KJO), 부편집자



박 건 혁

한국한의학연구원 책임연구원

- 한국차세대과학기술한림원 의약학부 회원
- 국제표준[ISO/TC249] 한약분과 전문위원
- 한국환경과학회 기획사업이사



박 정 환

서울대학교 의과대학 교수

- 한국차세대과학기술한림원 의약학부 회원
- 前 미국 콜롬비아대학교 의과대학 연구원

I

주제발표

주제발표 1 뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

- **임창환** 한양대학교 바이오메디컬공학과 교수

주제발표 2 인공지능 시대, 뇌-로봇 인터페이스가 새로운 미래의 기회를 만들다

- **정재승** KAIST 뇌인지과학과 교수 및 융합인재학부 학부장

주제발표 1 뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래



임 창 환

한양대학교 바이오메디컬공학과 교수

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

한양대학교 공과대학 전기생체공학부 바이오메디컬공학과

임 창 환



cone.hanyang.ac.kr

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.



(KBS News9, 2017.03.29)



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)

2

뉴럴링크 설립 후 2년

AN INTEGRATED BRAIN-MACHINE INTERFACE PLATFORM WITH THOUSANDS OF CHANNELS

Elon Musk & Neuralink

(Musk & Neuralink, JMIR, 2019)

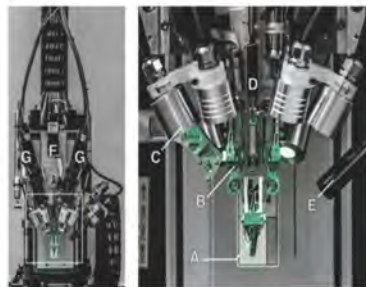


Figure 3. The robotic electrode inserter, enlarged view of the inserter head shown in the inset. A. Loaded needle-puncher cartridge. B. Low-force contact brain-puncture system. C. Light module with multiple independent wavelengths. D. Needle carrier. E. One of four cameras focused on the needle during insertion. F. Camera with wide angle view of surgical field. G. Stereoscopic camera.

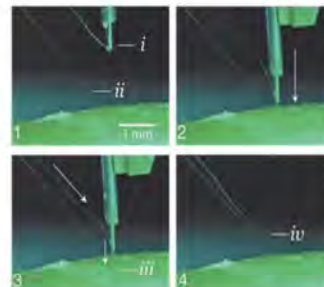
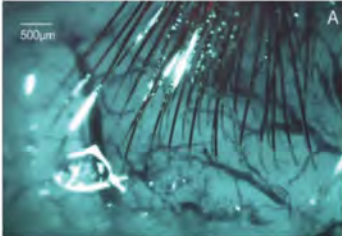


Figure 4. i. The contact approach for the telepresence with a thread. i. needle and cannula is precisely inserted through. ii. Insertion needle down on the brain gray matter. iii. Needle penetrates tissue points, allowing the thread to be inserted at angle, in ascending thread. iv. Insertion pulls away leaving the thread behind in the tissue gray. iv. inserted thread.


3

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

다시 1년 후...



A

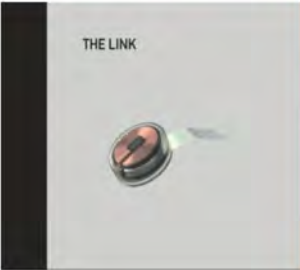


B

USB-C
3,072 Channels


(Musk & Neuralink, JMIR, 2019)

THE LINK



LINK V0.9

- 1024 channels per Link
- 23 mm x 8 mm
- Flush with skull (invisible)
- 6-axis IMU, temperature, pressure, etc.
- Megabit wireless data rate, post compression
- All day battery life



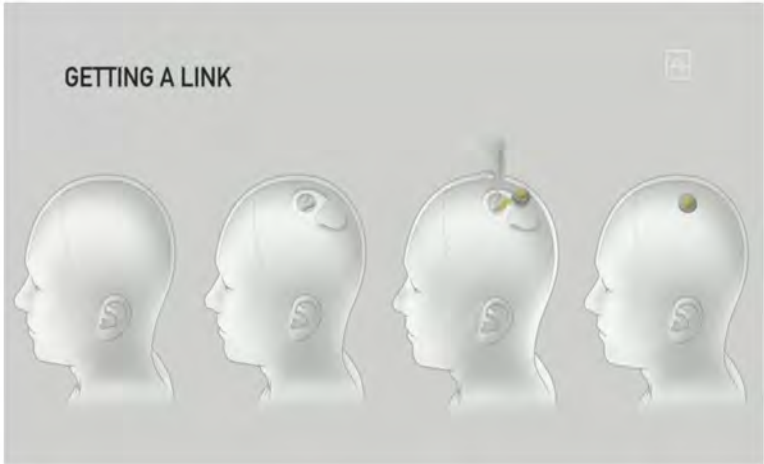
(Neuralink Press Conference, 2020.08.28)

4

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

라식수술에 비유

GETTING A LINK



(Neuralink Press Conference, 2020.08.28)

5

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

그리고 인간에게...



(BBC, 2021)

▲ 흥 · 신감 · 신감 · 신감

뉴럴링크, 인간 임상실험 FDA 승인 획득

▲ 읽대론 기자 · 2023.05.28 09:44 · 댓글 0 · 좋아요 0

계획보다 2년 늦어... 상용하는 5~10년 후 예측

(S)다인즈 2023.5.28)

머스크 '뉴럴링크' 뇌 이식 칩 임상환자 등록 개시

신경과학자(Stanford University) · 2023.05.28

사지 마비 환자, 영인, 난청, 심박, 환자 대상



(더그루 2023.1.12)

Join Neuralink's Patient Registry

Neuralink is a neurotechnology company that is developing a brain-machine interface (BMI) that will allow people with paralysis to control a computer cursor with their thoughts. The company is currently recruiting patients for its first clinical trial, which will involve implanting a BMI into the brains of people with paralysis. The trial is expected to begin in 2024.

▲ 뉴럴링크가 개발 중인 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)는 뇌에 이식된 칩을 통해 뇌와 컴퓨터를 연결하여, 뇌의 명령을 컴퓨터가 이해하고 실행하는 방식이다.

▲ 뉴럴링크가 개발 중인 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)는 뇌에 이식된 칩을 통해 뇌와 컴퓨터를 연결하여, 뇌의 명령을 컴퓨터가 이해하고 실행하는 방식이다.

▲ 뉴럴링크가 개발 중인 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)는 뇌에 이식된 칩을 통해 뇌와 컴퓨터를 연결하여, 뇌의 명령을 컴퓨터가 이해하고 실행하는 방식이다.

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

사지마비 환자의 체스 게임

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..."

"사지마비에도 체스되네..." 뉴럴링크 반도체 뇌이식' 환자 공개

관련어수 · 이슈플러스

"마치 스타워즈의 포스를 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 이같이 말했다.

세계일보, 2024. 03. 31



YTN, 2024. 01. 31



(뉴럴링크 X)

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

새로운 기술은 아니다



(New York Times, 2006)



(Rehab Management, 2012)



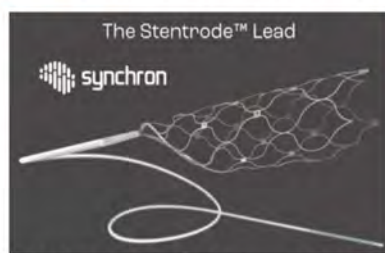
(Blackrock Neurotech)



(Musk & Neuralink, JMIR, 2019)

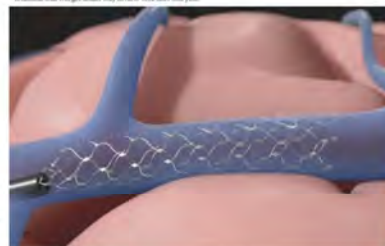
뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

뇌 신호를 읽어 들이는 것이 이슈



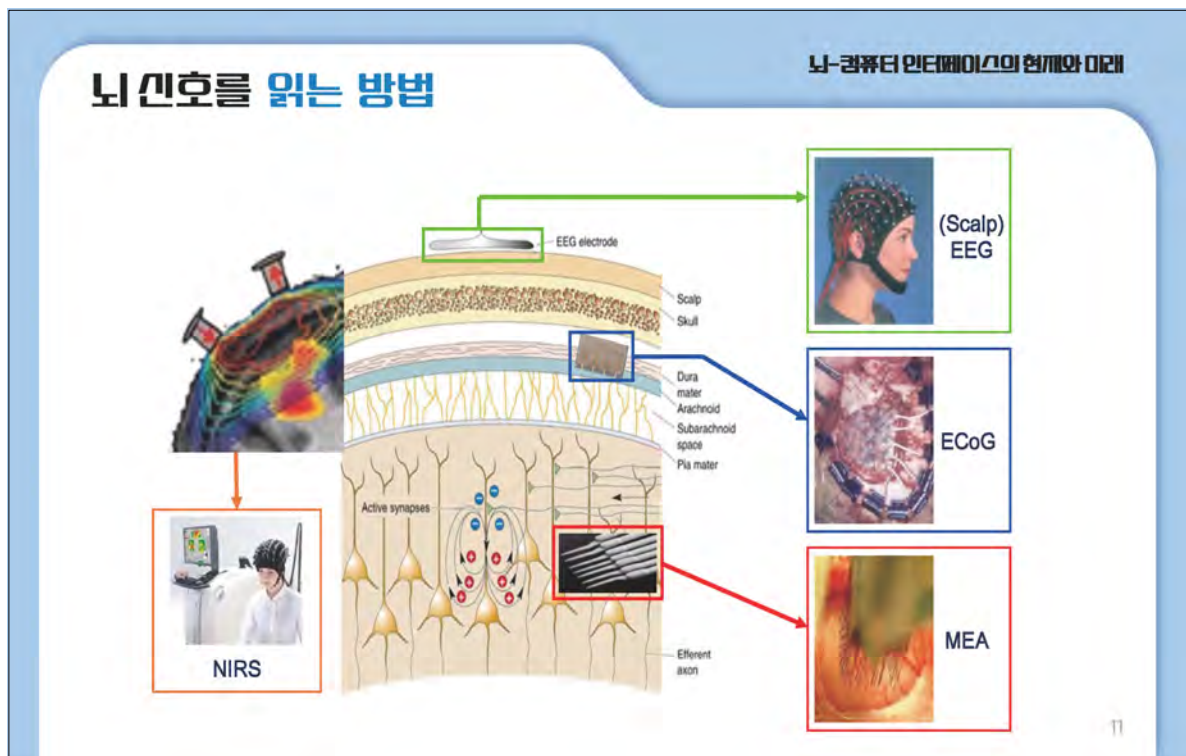
FDA clears Synchron's brain-computer interface device for human trials

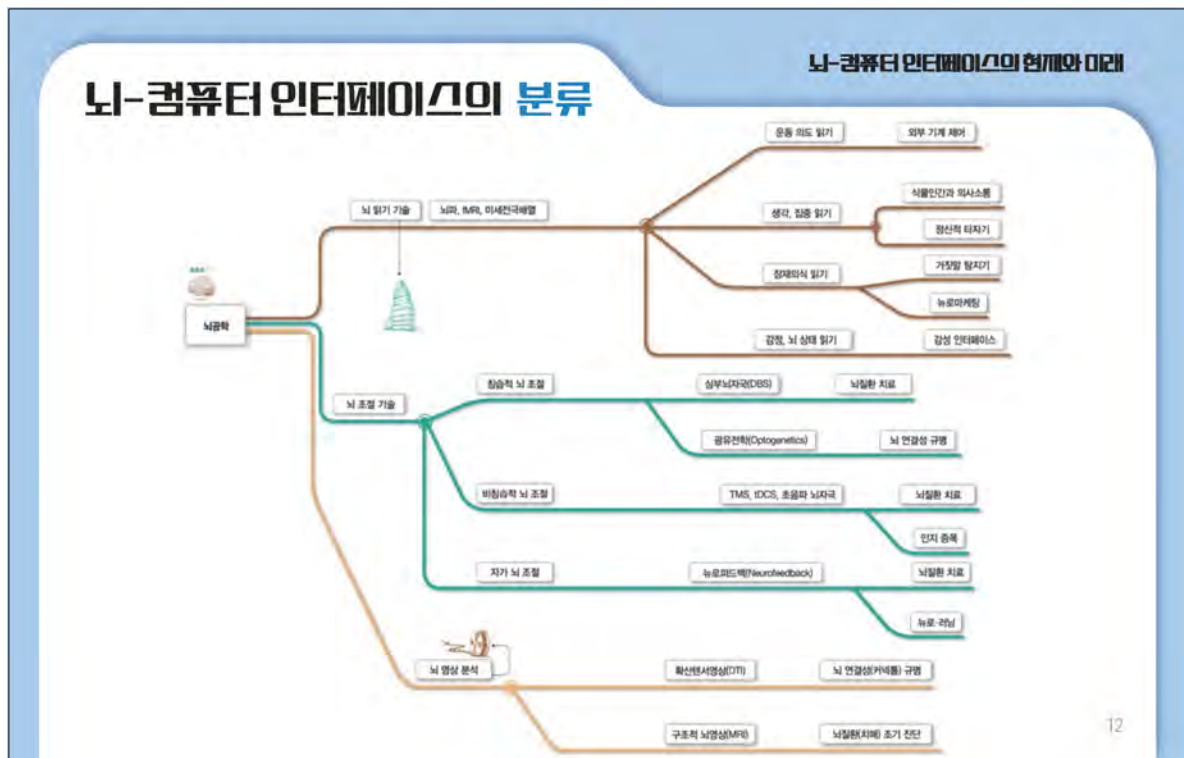
A clinical trial will get under way in New York later this year.



(Synchron, Clnatec)







뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

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)

14

뇌-컴퓨터 인터페이스란?

Copyright 1973. All rights reserved.

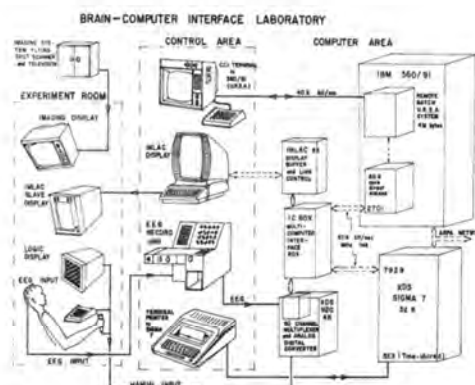
TOWARD DIRECT BRAIN-COMPUTER COMMUNICATION

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

15

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래



16

▶ 컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래



(민정뉴스)

생각을 말로 바꿀 수 있을까?



(영화 보 워민 원트, 2000)

18

3가지 발화 인식 방법

Vocal Speech Recognition

음성 발화 인식



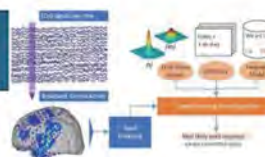
Silent Speech Recognition

침묵 발화 인식

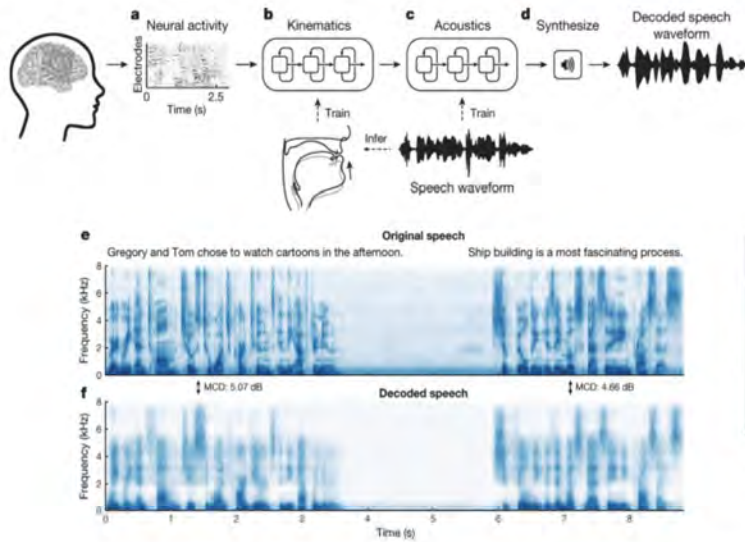


Imagined Speech Recognition

상상 발화 인식



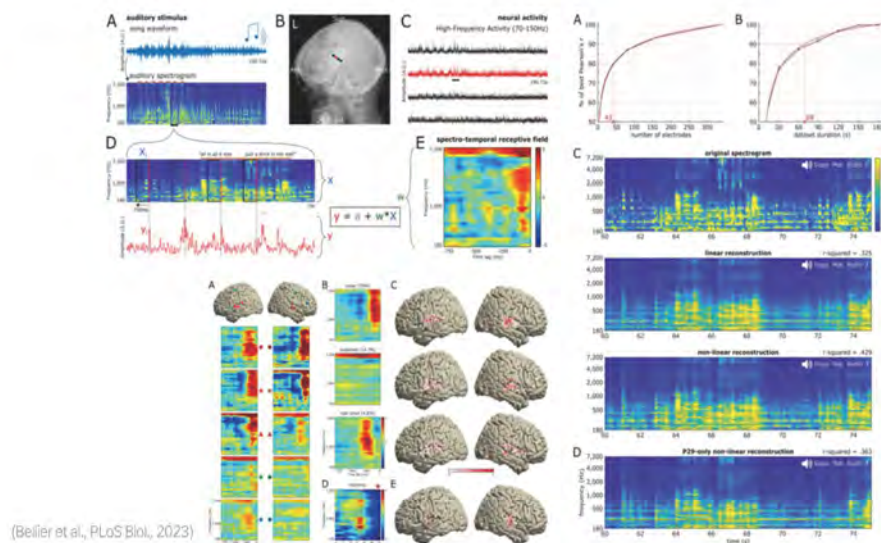
상상 음성 합성



(Anumanchipalli et al., Nature, 2019)

20

뇌파로부터 듣고 있는 음악 합성



21

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

파트 1. 뇌로 소통하는 세상

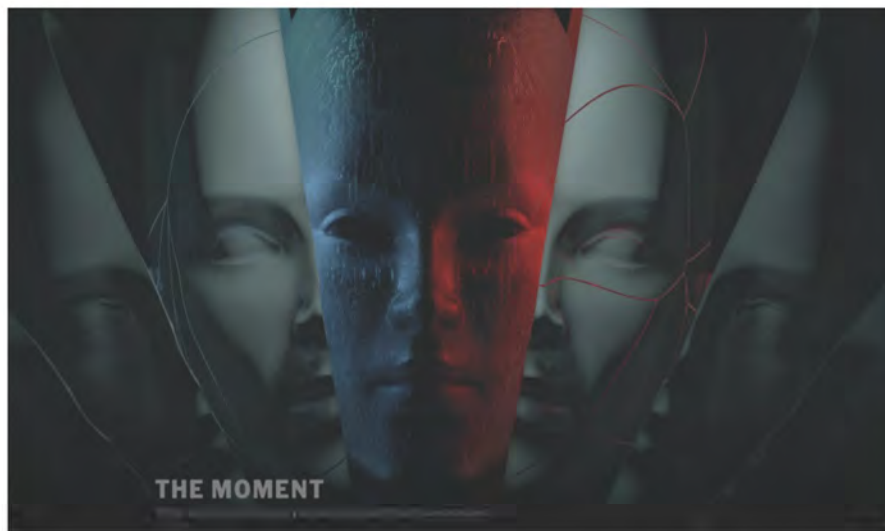
파트 2. 생활과 하나가 된 BCI

파트 3. BCI의 미래

cone.hanyang.ac.kr

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

Brain-Controlled Movie



The Moment (2018) by Richard Ramchurn

<http://braincontrolledmovie.co.uk>

23

수동형 BCI - 교육 응용

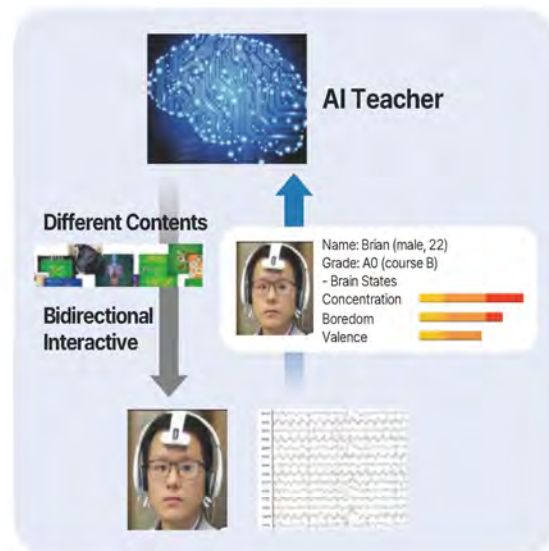
Internet courses



unidirectional



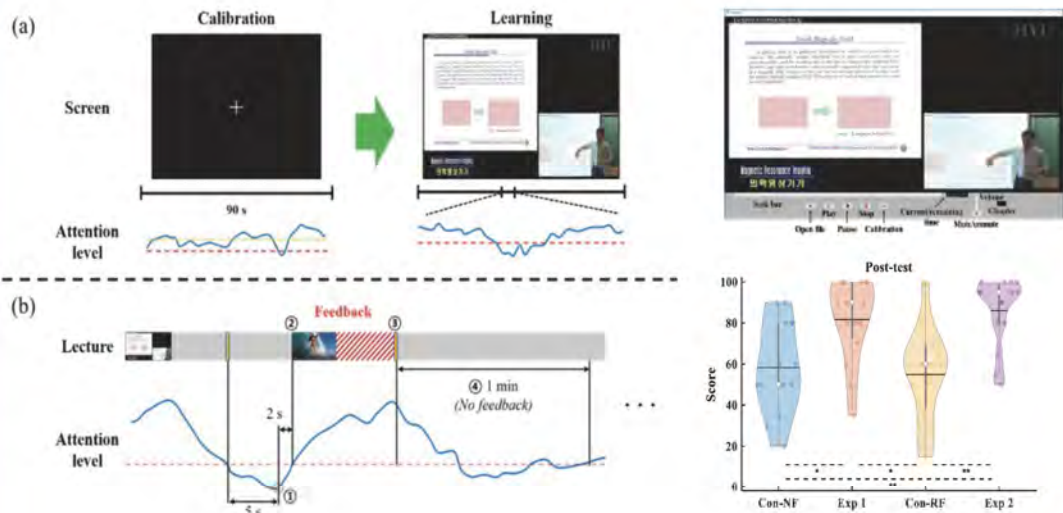
뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래



24

BCI를 이용한 적응형 교육

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래



(Kim et al., IEEE Trans. Learning Technologies, 2023)

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

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




There are numerous conditions and limitations to measure brain signals.

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

한국 사례(2) - LG전자



(LG electronics)





Life's Good.
brid.zzz by LG Labs

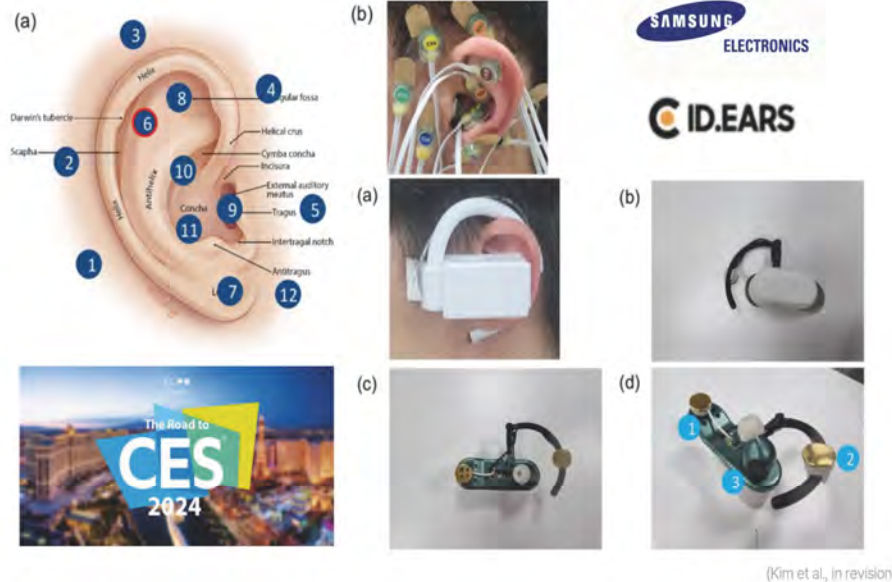


brid.zzz
by LG Labs

(LG electronics)

한국 사례(3) - 삼성전자

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래



한국 사례(4) - SK바이오팜

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래





뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

파트 1. 뇌로 소통하는 세상

파트 2. 생활과 하나가 된 BCI

파트 3. BCI의 미래

cone.hanyang.ac.kr

뇌에 끼익 입력하기

“ 단 몇 분 만에 쿵푸 고수가 될 수 있을까? ”



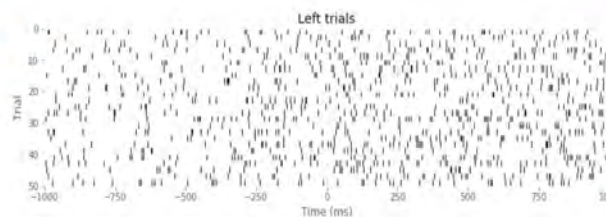
(영화 매트릭스, 1999)



32

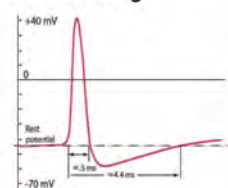
뇌의 언어를 이해해야...

Neural Code - 뇌의 언어



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

All or nothing



모스 코드 (Morse Code)

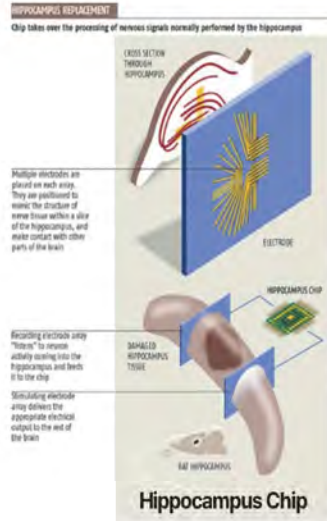
Let man have dominion over the fish of the sea and over the fowl of the air and over every living thing that moves upon the earth



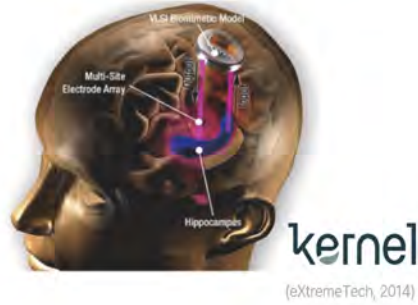
(<https://www.ekac.org/biblemorse.html>)

33

보조 인공 뇌 - AI를 이용



(Nature, 2013)



뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

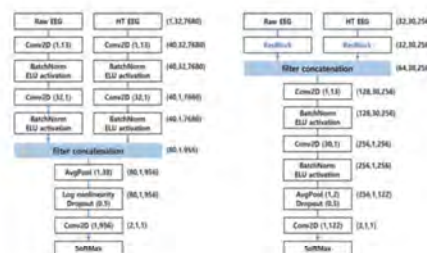
34

딥러닝 기술의 BCI 분야 적용



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

Minso Kim^{a,*}, Chang-Hwan Im^{a,b,c,d,e,f}



Functional connectivity의 고려를 위한 새로운 CNN architecture

Model	Input Type	Valence emotion classification			Arousal emotion classification		
		Mean Acc. (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)	Mean Acc. (%)	Sensitivity (%)	Specificity (%)
StanfordBCISysNet	Raw EEG	68.75 ± 2.68	63.52	71.73	71.68 ± 2.47	68.92	76.21
StanfordBCISysNet	HT EEG	76.59 ± 2.16	68.28	73.18	76.46 ± 2.11	68.58	74.02
HIRENet-S	Both	76.88 ± 1.78	72.83	79.86	76.65 ± 1.96	73.62	80.43
RawCNN	Raw EEG	81.23 ± 1.78	80.08	82.33	76.68 ± 1.73	76.43	80.78
RawCNN	HT EEG	79.86 ± 1.61	73.85	83.51	78.13 ± 1.86	75.26	80.78
HIRENet-R	Both	86.63 ± 1.57	83.53	88.34	84.69 ± 1.64	86.57	81.23

NEWSIS 2월 8일

한양대 임창환 교수, 감정 인식 뇌-컴퓨터 인터페이스 개발

COMSAR 2018 11월 11일 | www.kommsar.com | 4월 11일 | www.kommsar.com



(Kim and Im, Comput. Biol. Med., 2021)

35

노-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

딥러닝 기술의 BCI 분야 적용

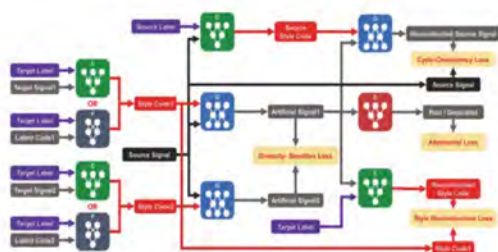
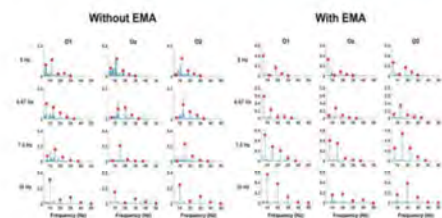


Fig. 3. The data flow of the training process.



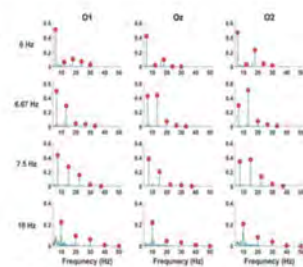
© 2004 Blackwell Publishing Ltd

한양대 연구진 'AI로 가상노파 생성' 기술 개발

Source: *Author's calculations*.



| "생각만으로 외부 기가 제어하는 BC" 있는 뇌과학 합성 기술



이제 우리는 **가장자리**로 향한다. 가장자리는 **바깥**과 **안쪽**의 경계이다. 가장자리는 **바깥**과 **안쪽**의 경계이다. 가장자리는 **바깥**과 **안쪽**의 경계이다.

1999, 2000, 2001, 2002, 2003, 2004, 2005, 2006, 2007, 2008, 2009, 2010, 2011, 2012, 2013, 2014, 2015, 2016, 2017, 2018, 2019, 2020, 2021, 2022, 2023, 2024, 2025, 2026, 2027, 2028, 2029, 2030, 2031, 2032, 2033, 2034, 2035, 2036, 2037, 2038, 2039, 2040, 2041, 2042, 2043, 2044, 2045, 2046, 2047, 2048, 2049, 2050, 2051, 2052, 2053, 2054, 2055, 2056, 2057, 2058, 2059, 2060, 2061, 2062, 2063, 2064, 2065, 2066, 2067, 2068, 2069, 2070, 2071, 2072, 2073, 2074, 2075, 2076, 2077, 2078, 2079, 2080, 2081, 2082, 2083, 2084, 2085, 2086, 2087, 2088, 2089, 2090, 2091, 2092, 2093, 2094, 2095, 2096, 2097, 2098, 2099, 2100, 2101, 2102, 2103, 2104, 2105, 2106, 2107, 2108, 2109, 2110, 2111, 2112, 2113, 2114, 2115, 2116, 2117, 2118, 2119, 2120, 2121, 2122, 2123, 2124, 2125, 2126, 2127, 2128, 2129, 2130, 2131, 2132, 2133, 2134, 2135, 2136, 2137, 2138, 2139, 2140, 2141, 2142, 2143, 2144, 2145, 2146, 2147, 2148, 2149, 2150, 2151, 2152, 2153, 2154, 2155, 2156, 2157, 2158, 2159, 2160, 2161, 2162, 2163, 2164, 2165, 2166, 2167, 2168, 2169, 2170, 2171, 2172, 2173, 2174, 2175, 2176, 2177, 2178, 2179, 2180, 2181, 2182, 2183, 2184, 2185, 2186, 2187, 2188, 2189, 2190, 2191, 2192, 2193, 2194, 2195, 2196, 2197, 2198, 2199, 2200, 2201, 2202, 2203, 2204, 2205, 2206, 2207, 2208, 2209, 2210, 2211, 2212, 2213, 2214, 2215, 2216, 2217, 2218, 2219, 2220, 2221, 2222, 2223, 2224, 2225, 2226, 2227, 2228, 2229, 2230, 2231, 2232, 2233, 2234, 2235, 2236, 2237, 2238, 2239, 2240, 2241, 2242, 2243, 2244, 2245, 2246, 2247, 2248, 2249, 2250, 2251, 2252, 2253, 2254, 2255, 2256, 2257, 2258, 2259, 2260, 2261, 2262, 2263, 2264, 2265, 2266, 2267, 2268, 2269, 2270, 2271, 2272, 2273, 2274, 2275, 2276, 2277, 2278, 2279, 2280, 2281, 2282, 2283, 2284, 2285, 2286, 2287, 2288, 2289, 2290, 2291, 2292, 2293, 2294, 2295, 2296, 2297, 2298, 2299, 2300, 2301, 2302, 2303, 2304, 2305, 2306, 2307, 2308, 2309, 2310, 2311, 2312, 2313, 2314, 2315, 2316, 2317, 2318, 2319, 2320, 2321, 2322, 2323, 2324, 2325, 2326, 2327, 2328, 2329, 2330, 2331, 2332, 2333, 2334, 2335, 2336, 2337, 2338, 2339, 2340, 2341, 2342, 2343, 2344, 2345, 2346, 2347, 2348, 2349, 2350, 2351, 2352, 2353, 2354, 2355, 2356, 2357, 2358, 2359, 2360, 2361, 2362, 2363, 2364, 2365, 2366, 2367, 2368, 2369, 2370, 2371, 2372, 2373, 2374, 2375, 2376, 2377, 2378, 2379, 2380, 2381, 2382, 2383, 2384, 2385, 2386, 2387, 2388, 2389, 2390, 2391, 2392, 2393, 2394, 2395, 2396, 2397, 2398, 2399, 2400, 2401, 2402, 2403, 2404, 2405, 2406, 2407, 2408, 2409, 2410, 2411, 2412, 2413, 2414, 2415, 2416, 2417, 2418, 2419, 2420, 2421, 2422, 2423, 2424, 2425, 2426, 2427, 2428, 2429, 2430, 2431, 2432, 2433, 2434, 2435, 2436, 2437, 2438, 2439, 2440, 2441, 2442, 2443, 2444, 2445, 2446, 2447, 2448, 2449, 2450, 2451, 2452, 2453, 2454, 2455, 2456, 2457, 2458, 2459, 2460, 2461, 2462, 2463, 2464, 2465, 2466, 2467, 2468, 2469, 2470, 2471, 2472, 2473, 2474, 2475, 2476, 2477, 2478, 2479, 2480, 2481, 2482, 2483, 2484, 2485, 2486, 2487, 2488, 2489, 2490, 2491, 2492, 2493, 2494, 2495, 2496, 2497, 2498, 2499, 2500, 2501, 2502, 2503, 2504, 2505, 2506, 2507, 2508, 2509, 2510, 2511, 2512, 2513, 2514, 2515, 2516, 2517, 2518, 2519, 2520, 2521, 2522, 2523, 2524, 2525, 2526, 2527, 2528, 2529, 2530, 2531, 2532, 2533, 2534, 2535, 2536, 2537, 2538, 2539, 2540, 2541, 2542, 2543, 2544, 2545, 2546, 2547, 2548, 2549, 2550, 2551, 2552, 2553, 2554, 2555, 2556, 2557, 2558, 2559, 2560, 2561, 2562, 2563, 2564, 2565, 2566, 2567, 2568, 2569, 2570, 2571, 2572, 2573, 2574, 2575, 2576, 2577, 2578, 2579, 2580, 2581, 2582, 2583, 2584, 2585, 2586, 2587, 2588, 2589, 2590, 2591, 2592, 2593, 2594, 2595, 2596, 2597, 2598, 2599, 2600, 2601, 2602, 2603, 2604, 2605, 2606, 2607, 2608, 2609, 2610, 2611, 2612, 2613, 2614, 2615, 2616, 2617, 2618, 2619, 2620, 2621, 2622, 2623, 2624, 2625, 2626, 2627, 2628, 2629, 2630, 2631, 2632, 2633, 2634, 2635, 2636, 2637, 2638, 2639, 2640, 2641, 2642, 2643, 2644, 2645, 2646, 2647, 2648, 2649, 2650, 2651, 2652, 2653, 2654, 2655, 2656, 2657, 2658, 2659, 2660, 2661, 2662, 2663, 2664, 2665, 2666, 2667, 2668, 2669, 2670, 2671, 2672, 2673, 2674, 2675, 2676, 2677, 2678, 2679, 2680, 26

이들 3개 분야는 2014년 10월 1일부터 2015년 9월 30일까지 1년간 실시한다. 이 기간 동안 3개 분야는 각각 100만 원, 50만 원, 30만 원의 예산을 지원받는다.

본문 원본과 대조한 일련번호 판권정보에 따라 다음과 같이 교정된 '인문 스타일 인기(wang style tender)' 기술을 최
초로 도입해 처음으로 노년층을 대상으로 하는 새로운 신간인 '인문스타일(wang style tender)'을 만들어냈다.

(Kwon et al., ESWA, 2022)

36

Ⅲ-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

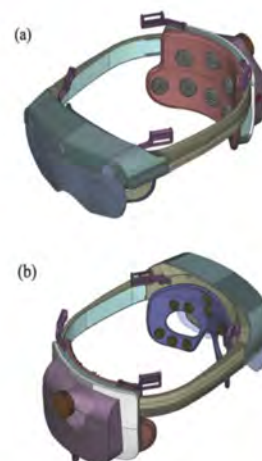
새로운 form factor의 등장



New! MV75



(Kim et al., in revision)



(Kim et al., NEC '24)

37

뇌와 AI의 양방향 교류



(영화 공각기동대, 1995)

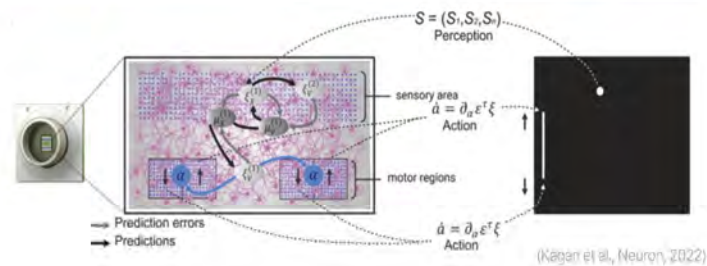
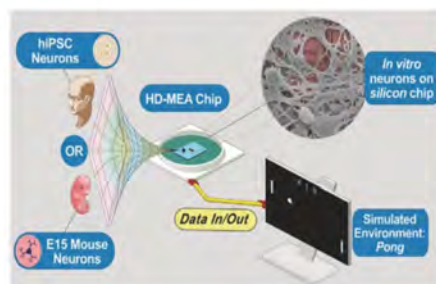


에드워드 보이든 (Edward Boyden), MIT

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

38

오가노이드 지능 (Organoid Intelligence)



39

시각보철과 K-Neuralink의 기회

뇌-컴퓨터 인터페이스의 현재와 미래

Reuters

World US Election Business Markets Sustainability Legal More

Disrupted | Health | Medtech | Regulatory Oversight | Approvals

Musk's Neuralink gets FDA's breakthrough device tag for 'Blindsight' implant

By Reuters

September 18, 2024 10:28 PM CMT+9 Updated a month ago

NEURALINK



(Vivani Medical)



(Reuters, 240918)

40

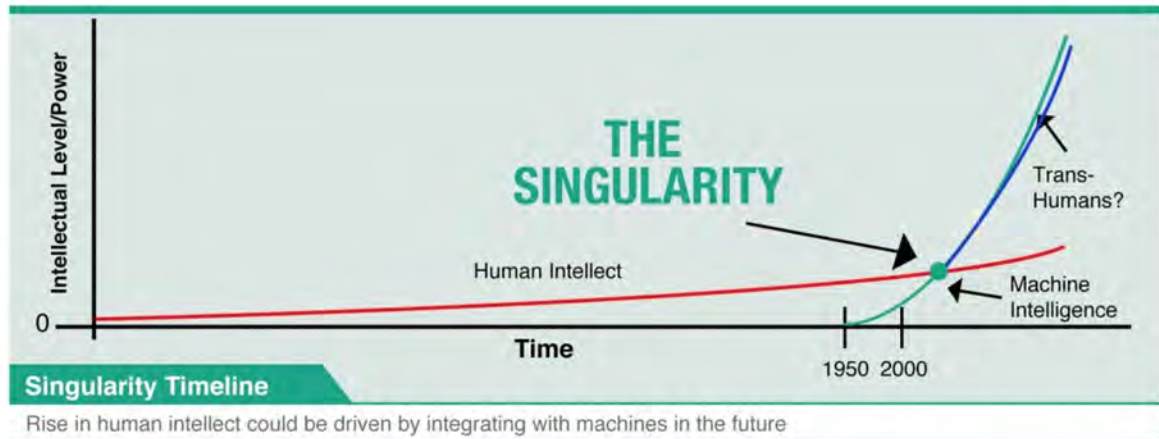
주제발표 2 인공지능 시대, 뇌-로봇 인터페이스가 새로운 미래의 기회를 만든다



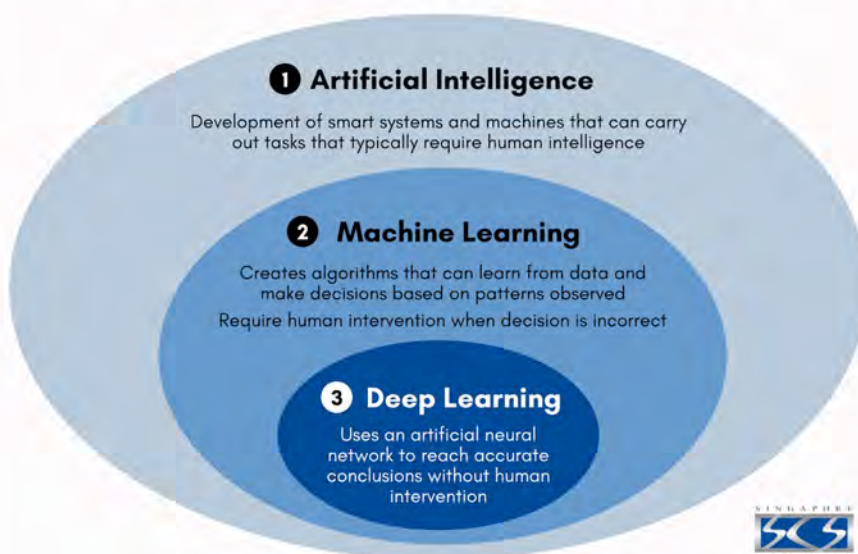
정재승

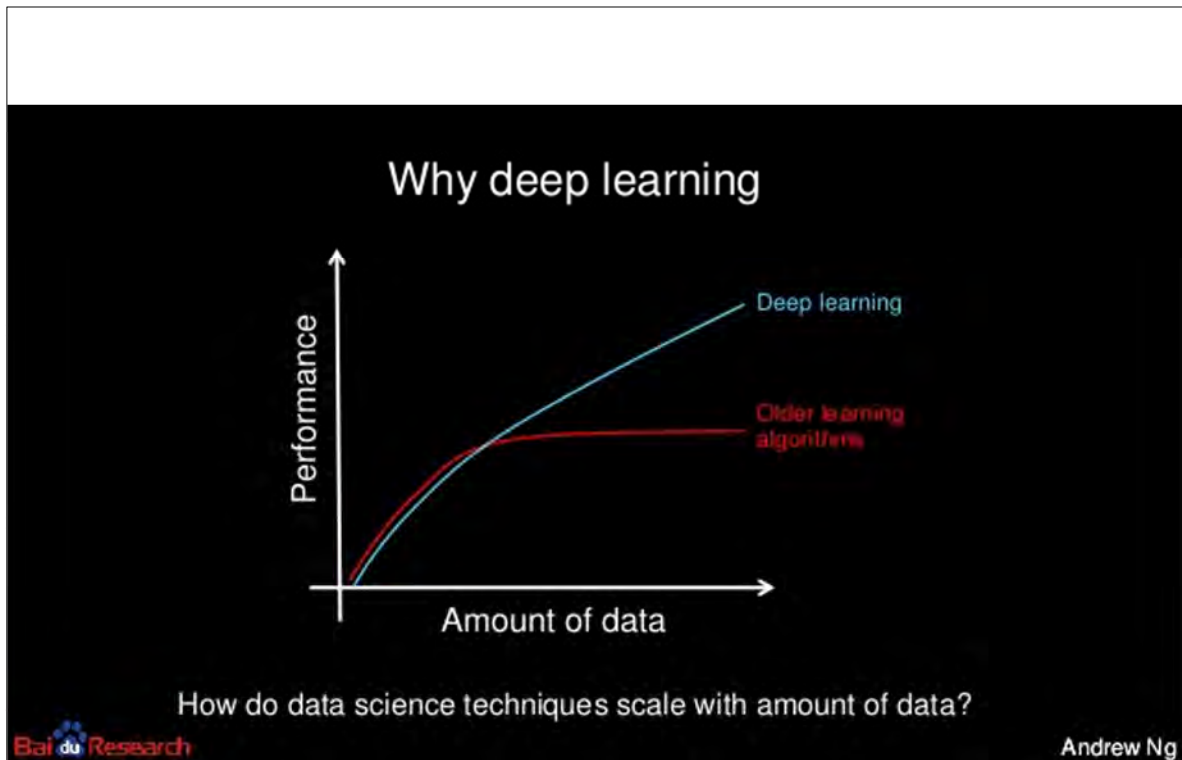
KAIST 뇌인지과학과 교수 및 융합인재학부 학부장



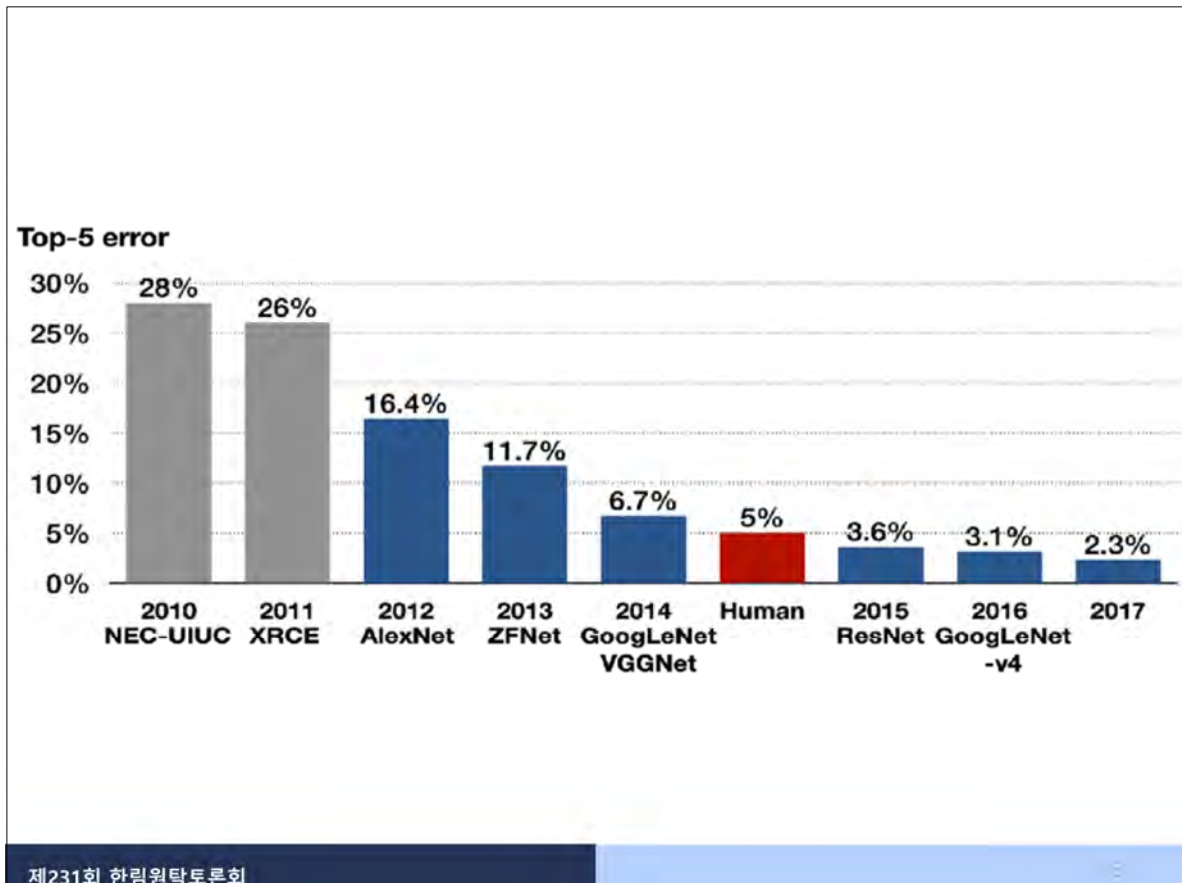


ARTIFICIAL INTELLIGENCE VS MACHINE LEARNING VS DEEP LEARNING

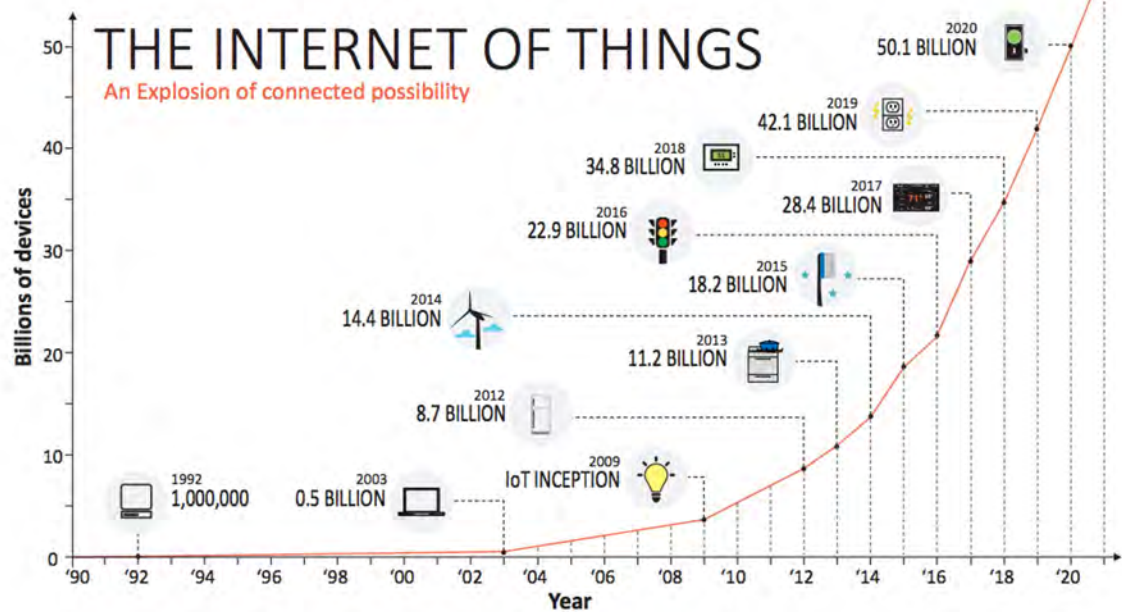


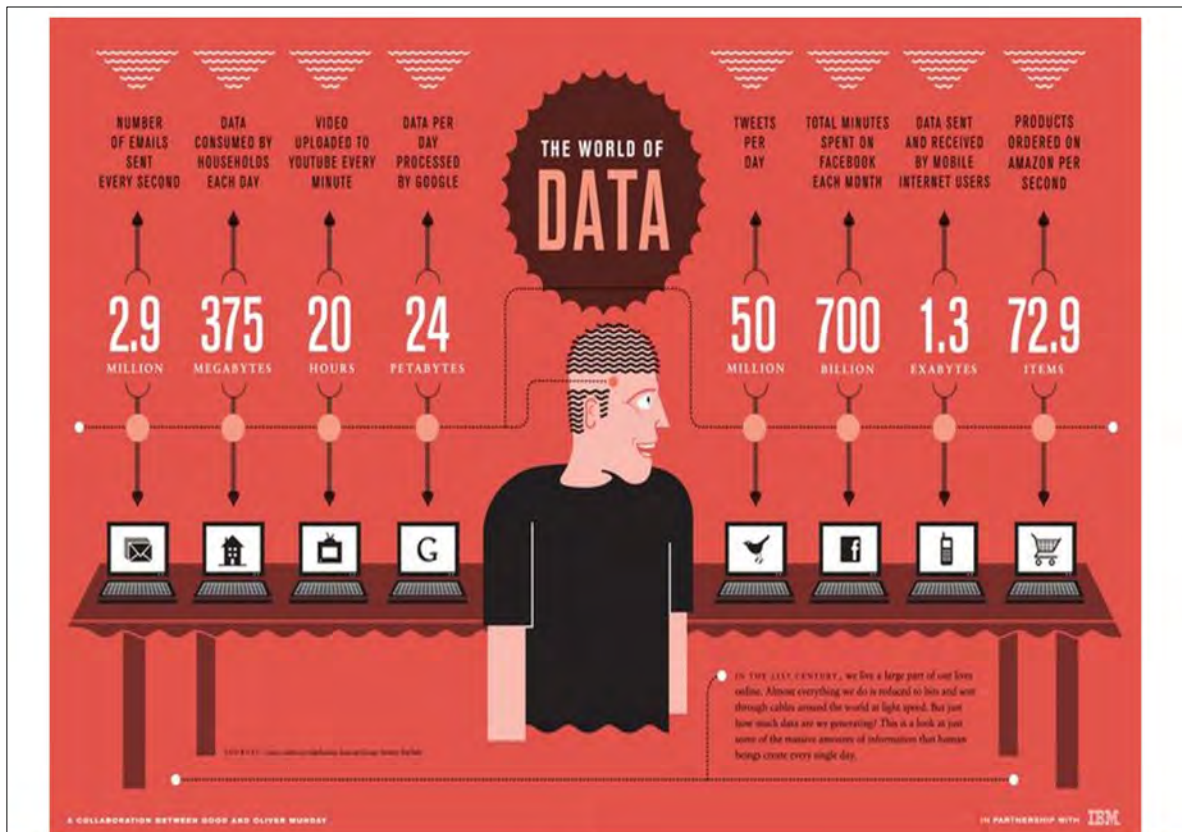


제231회 한림원탁토론회



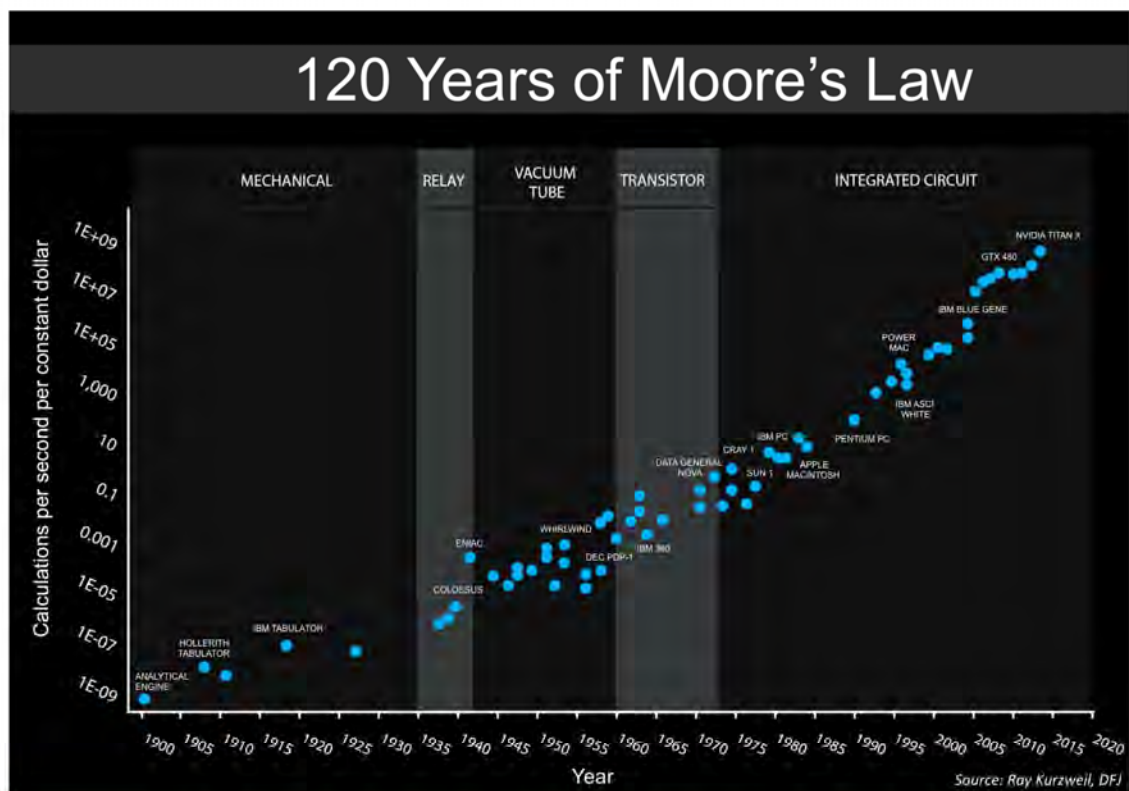
‘제 4차 산업혁명’





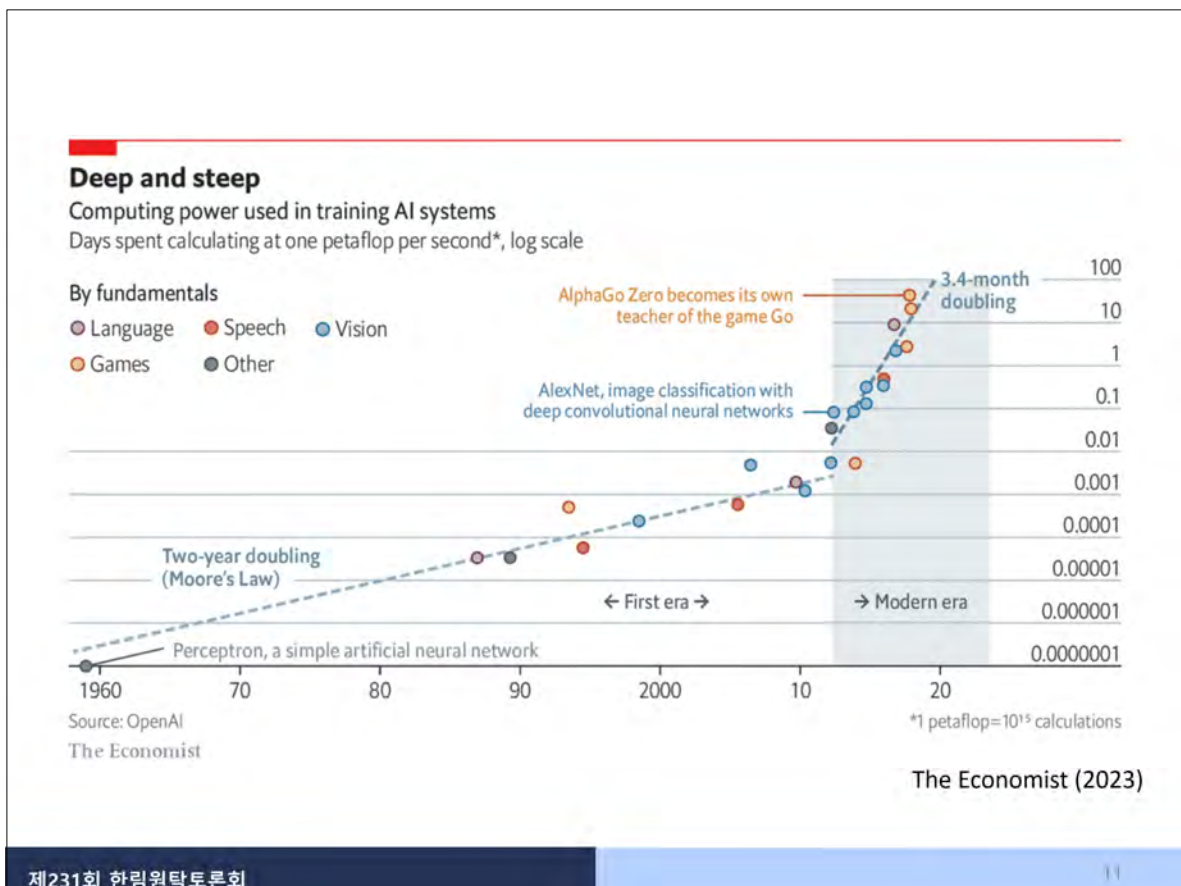
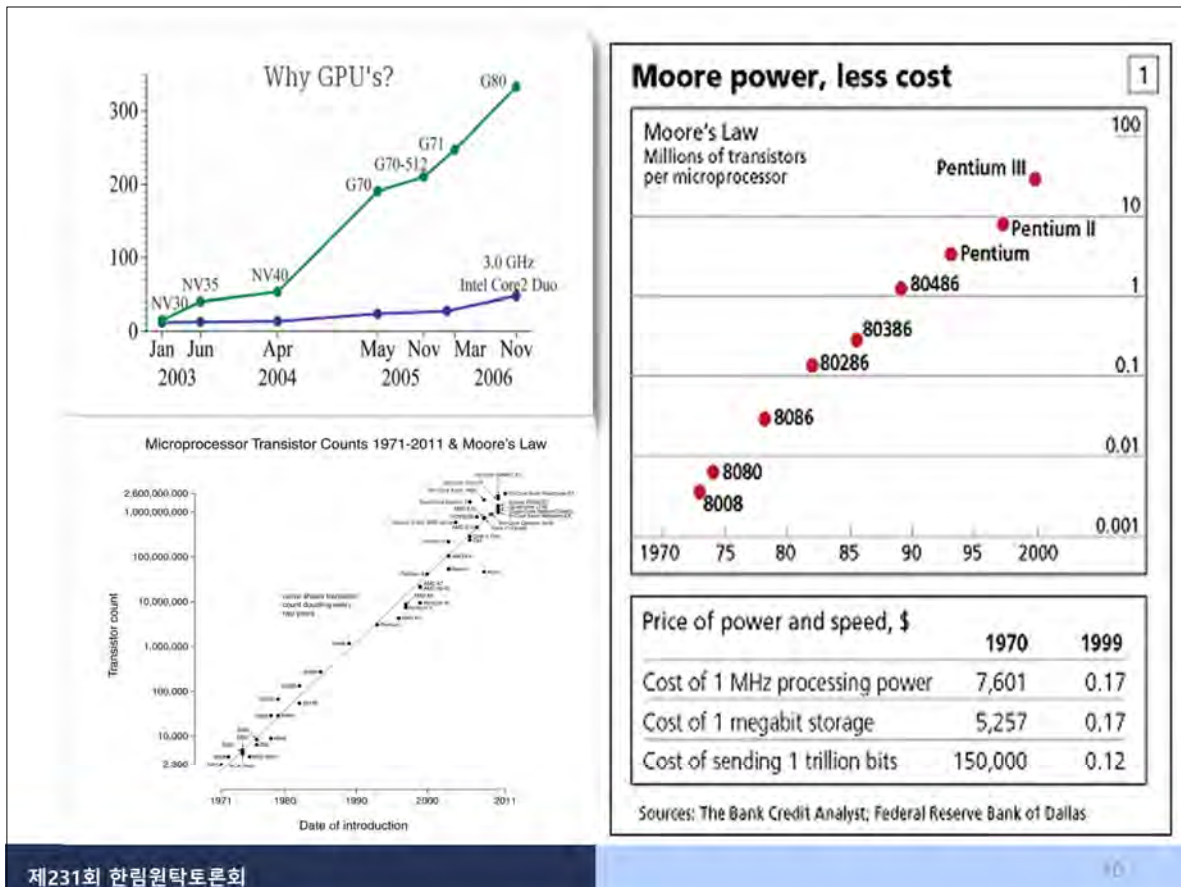
제231회 한림원탁토론회

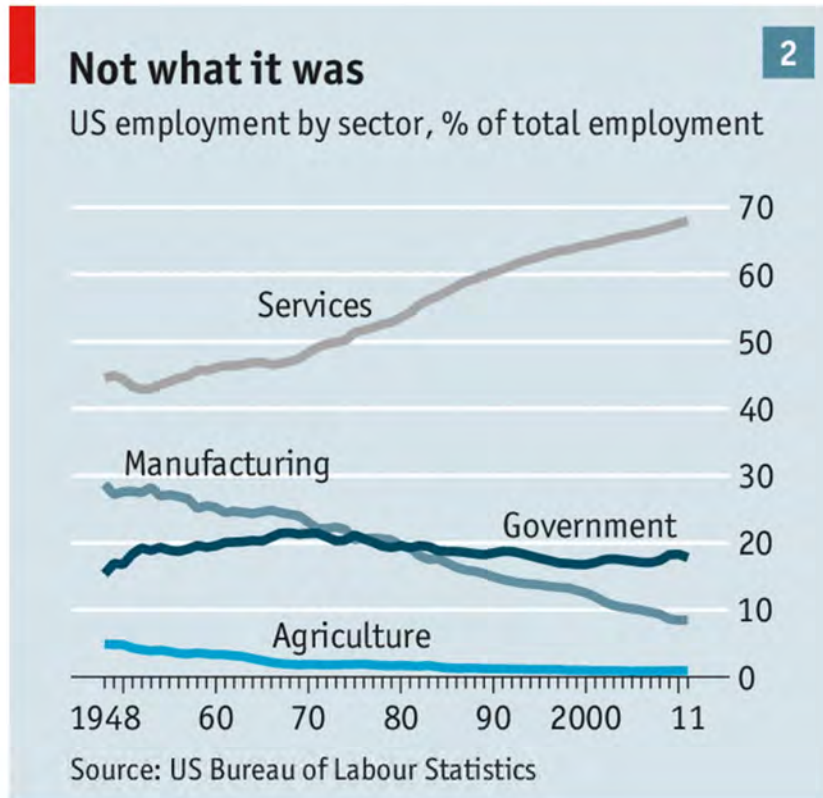
8



제231회 한림원탁토론회

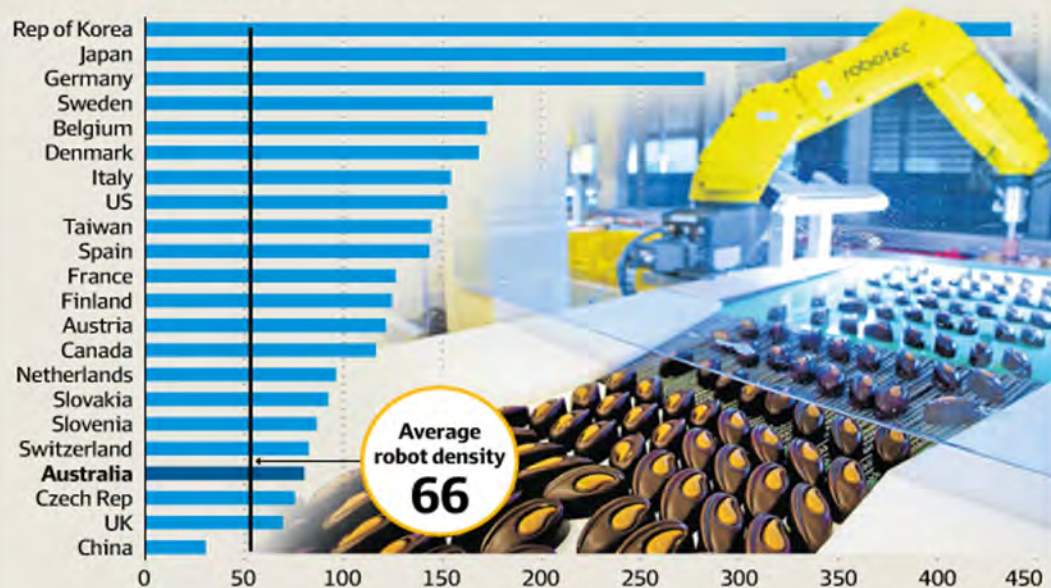
9





Automatic job losses

Number of multipurpose industrial robots (all types) per 10,000 employees in the manufacturing industry - 2014

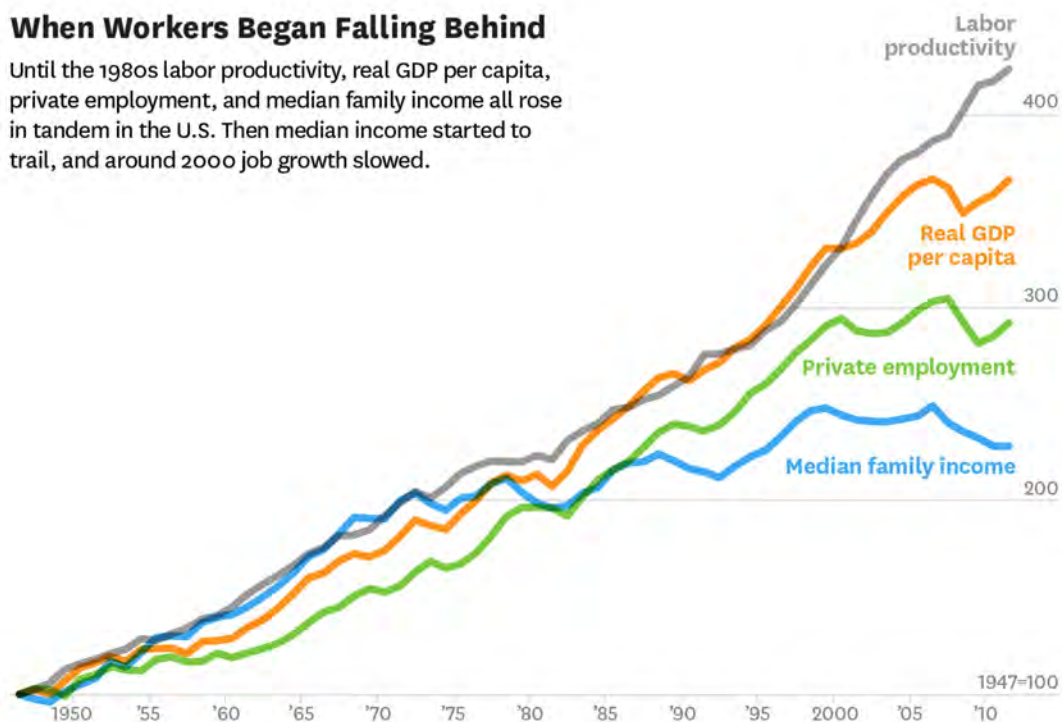


SOURCE: BANK OF AMERICA MERRILL LYNCH

제231회 한림원탁토론회

When Workers Began Falling Behind

Until the 1980s labor productivity, real GDP per capita, private employment, and median family income all rose in tandem in the U.S. Then median income started to trail, and around 2000 job growth slowed.



SOURCE: FEDERAL RESERVE BANK OF ST. LOUIS; ERIK BRYNJOLFSSON AND ANDREW MCAFEE
FROM "THE GREAT DECOUPLING," JUNE 2015

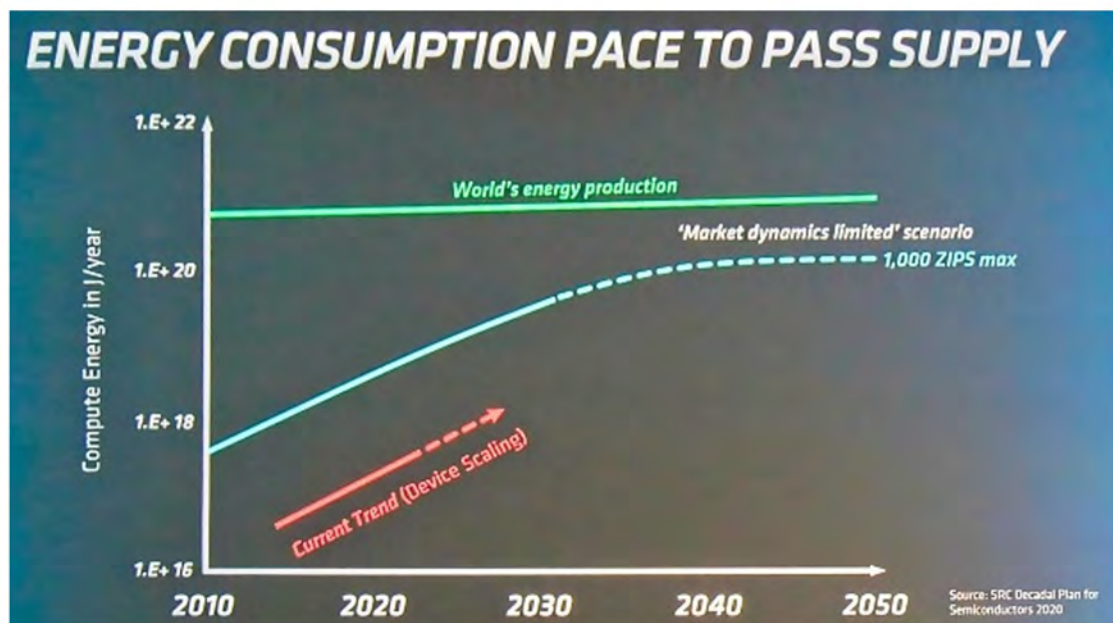
© HBR.ORG

제231회 한림원탁토론회

그러나 ... 빅데이터 인공지능이 야기할 문제들

제231회 한림원탁토론회

16



Brian Bailey, AI Power Consumption Exploding, Semiconductor engineering (2022)

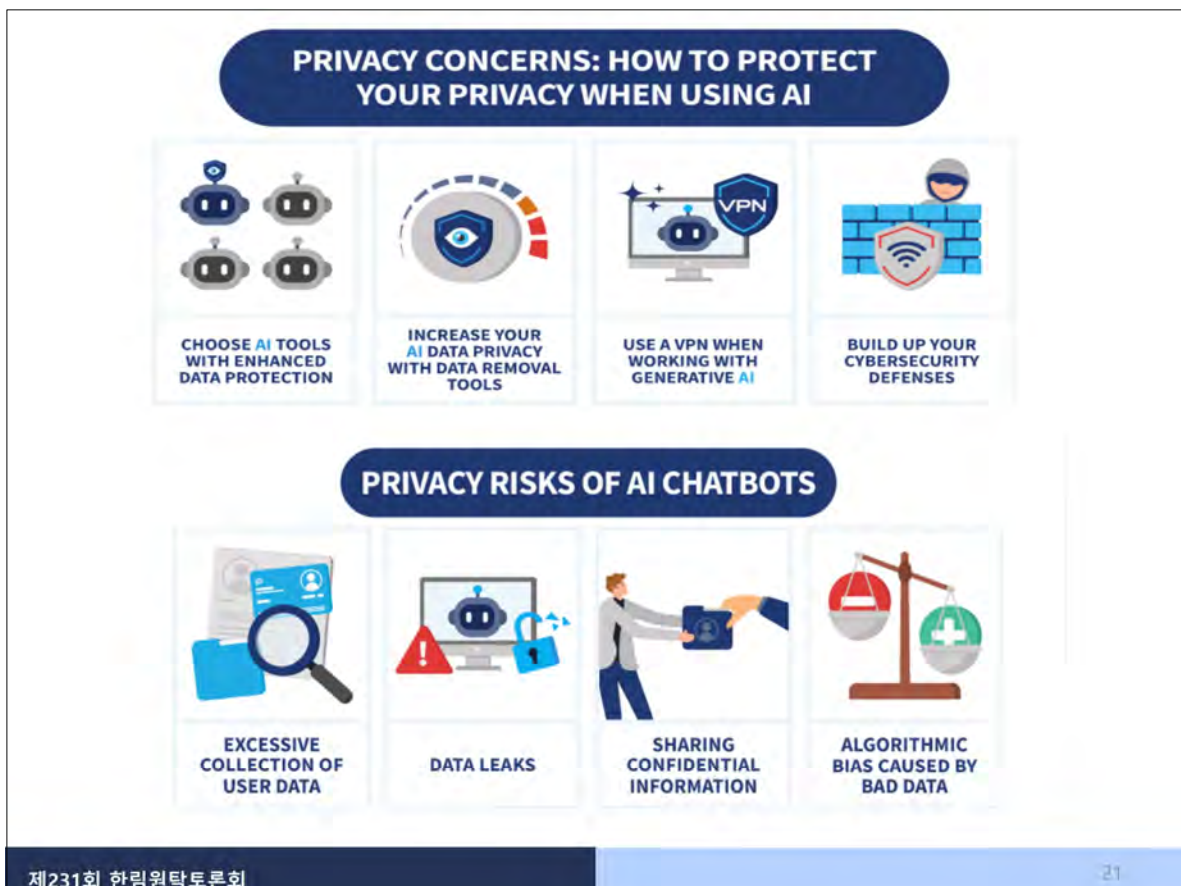
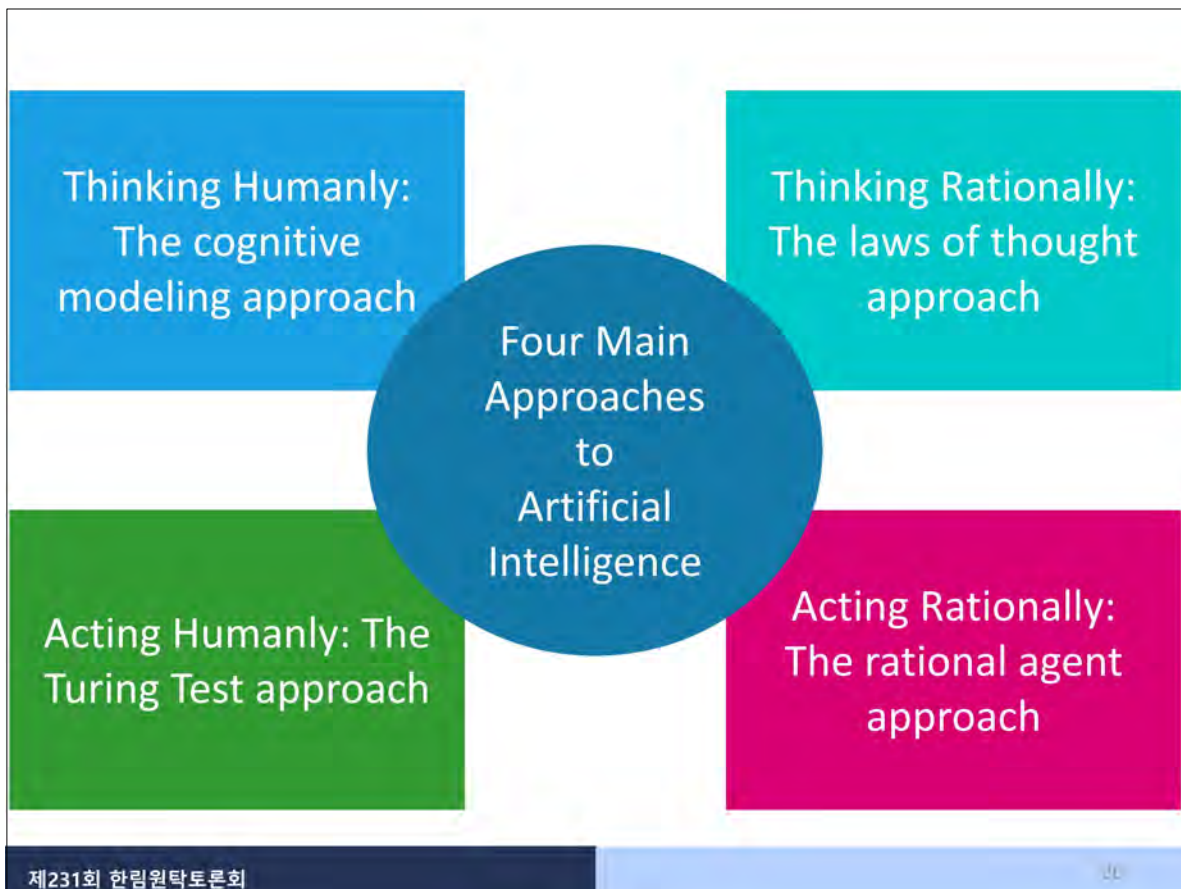
제231회 한림원탁토론회

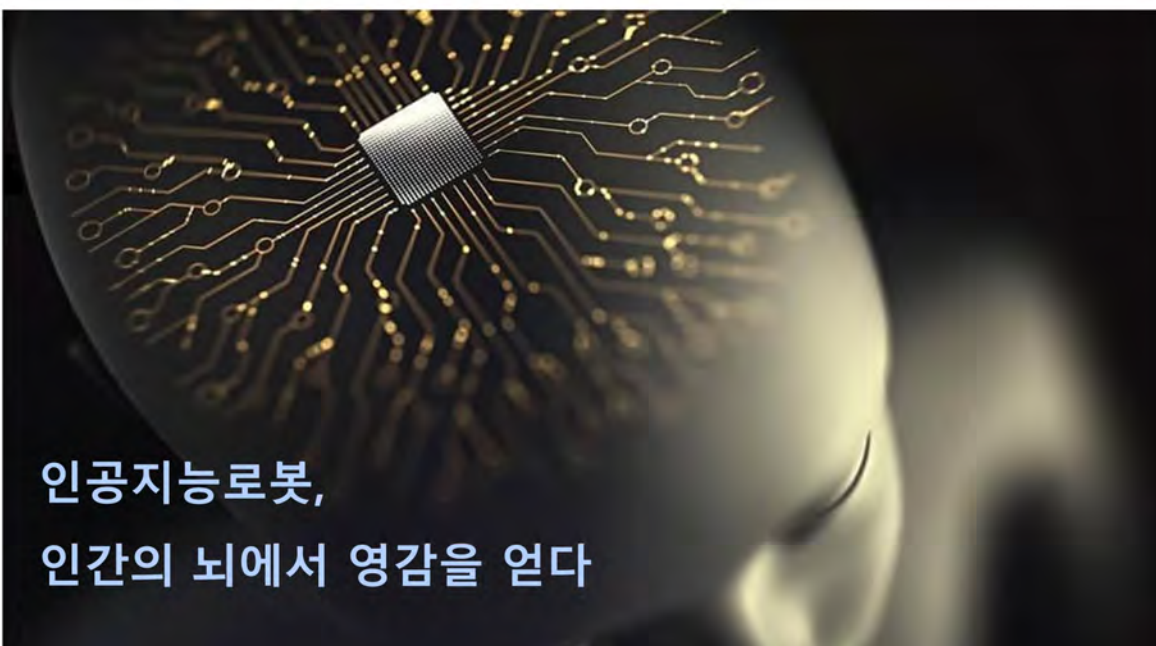
17



Interactions of the elderly and children with social robots







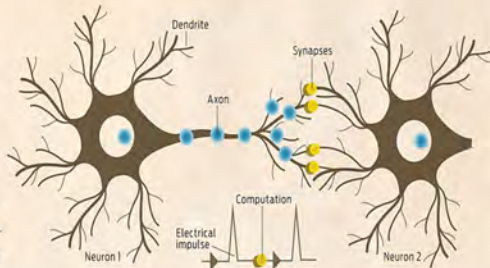
Next generation AI and computing processors

제231회 한림원탁토론회

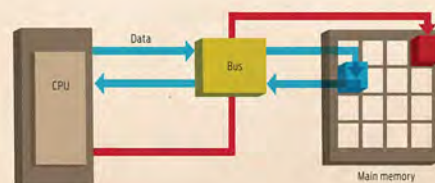


Hardware vs. Wetware To understand the difference between the architecture of the brain and a standard computer, compare the path of a hypothetical bit of data in a brain with that in a brain simulation.

BRAIN In the mammalian brain, storage and computation happen at the same time and in the same place. Neuron 1 sends a signal down the axon to Neuron 2. The synapse of Neuron 2 evaluates the importance of the information coming from Neuron 1 by contrasting it with its own previous state and the strength of its connection to Neuron 1. Then, these two pieces of information—the information from Neuron 1 and the state of Neuron 2's synapse—flow toward the body of Neuron 2 over the dendrites. By the time that information reaches the body of Neuron 2, there is only a single value—all computation has already taken place during the information transfer.



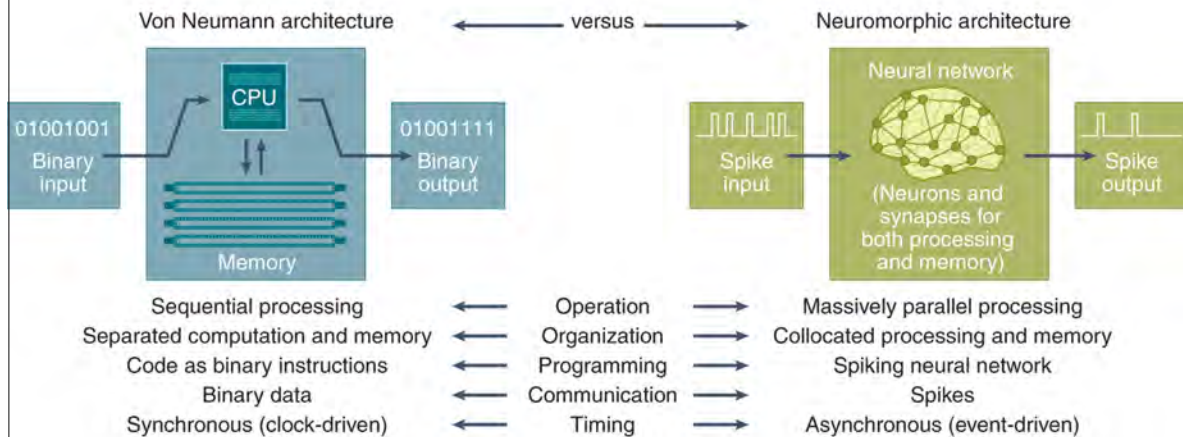
COMPUTER On a computer, the memory and processor are physically separated—a significant physical distance separates the areas where the data is stored from the areas where it is manipulated. Modeling just a single synapse requires the following to happen in the machinery: The synapse's state is in a location in main memory. To change that state, a signal must originate somewhere on the processor, travel to the edge of the processor, be packaged for transfer over the main bus, travel between 2 and 10 centimeters to reach the physical memory, and then be unpackaged to actually access the desired memory location. Multiplying that sequence by up to 8000 synapses—as many as in a single rat neuron—and then again by the brain's billions of neurons yields a single millisecond of brain activity.



제231회 한림원탁토론회

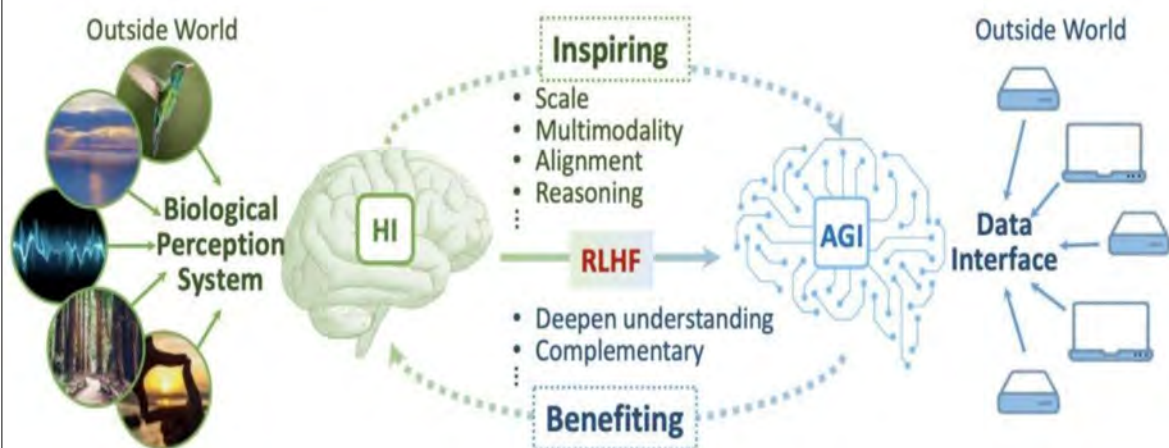
25

생물학적 뇌를 닮은 컴퓨터 (Neuromorphic computing)



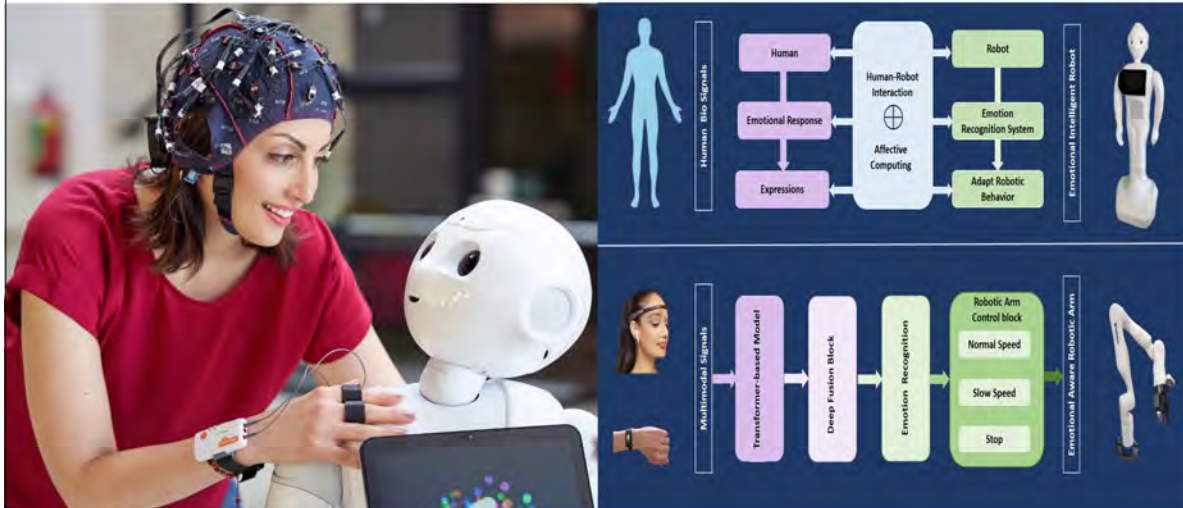
Catherine D. Schuman et al., Nature (2022)

Brain-inspired Artificial Intelligence



Lin Zhao et al, When Brain-inspired AI Meets AGI, Meta-Radiology (2023)

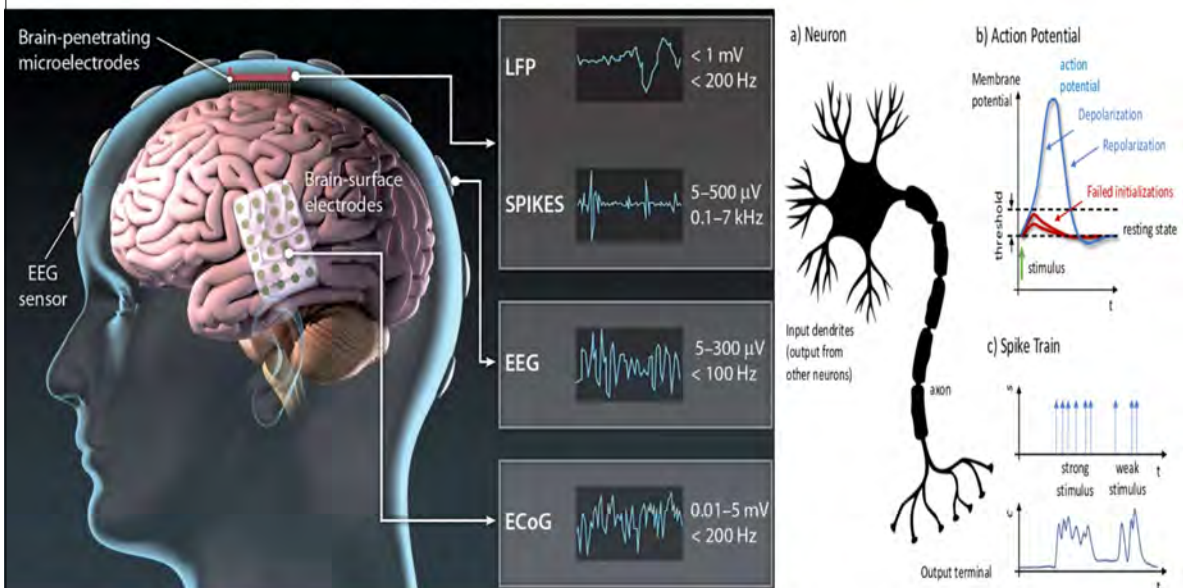
Human-Robot Collaboration through Brain-machine Interface



제231회 한림원탁토론회

26

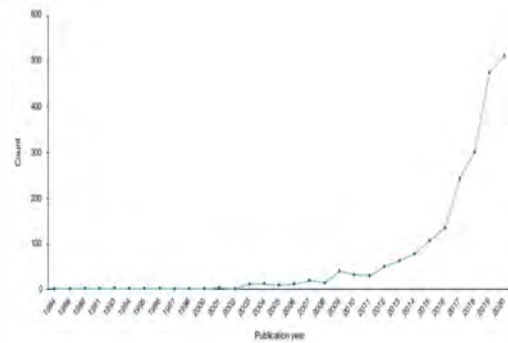
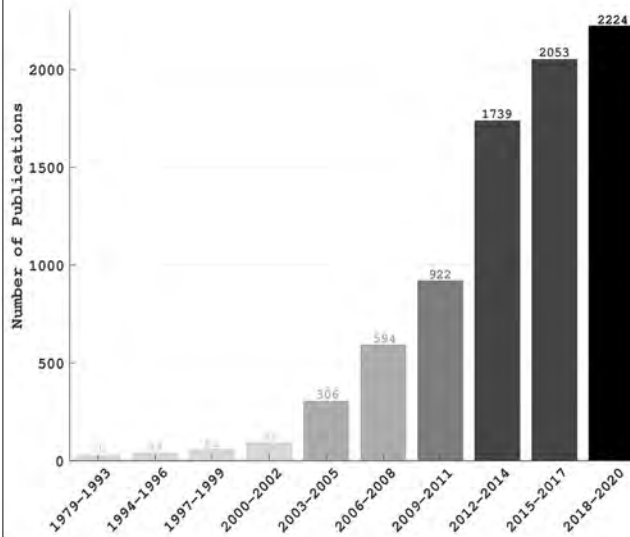
뇌-기계 인터페이스(Brain-machine Interface)



제231회 한림원탁토론회

27

BMI publications and patents



BMI Patent Publications over time

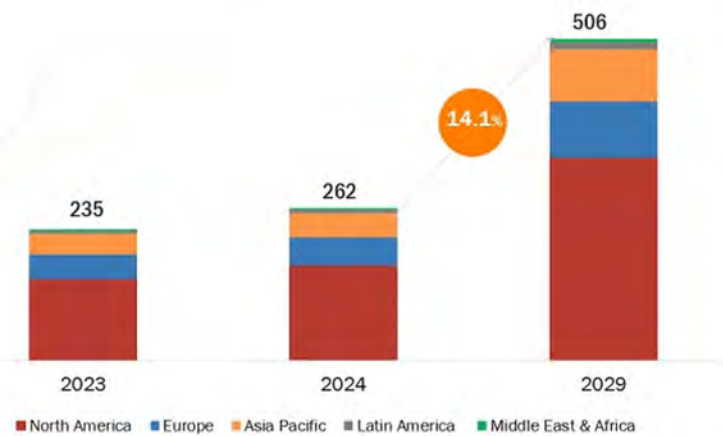
Anastasia Greenberg et al., Patent Landscape of Brain-Machine Interface Technology, Bioengineering & Biotechnology (2021)

BRAIN COMPUTER INTERFACE MARKET GLOBAL FORECAST TO 2029 (USD MN)



CAGR OF
14.1%

The global brain computer interface market is expected to be worth USD 506 million by 2029, growing at a CAGR of 14.1% during the forecast period



Elon Musk launches Neuralink, a venture to merge the human brain with AI

Rockets, cars, and now brain chips

by Nick Statt | @nickstatt | Mar 27, 2017, 4:10pm EDT

SHARE TWEET LINKEDIN



MUSK'S NEURALINK BRAIN CHIP

Elon Musk has said Neuralink will have a human brain implant ready "within a year"

The device will be inserted under the skull and a small robot will connect thread-like electrodes to the brain

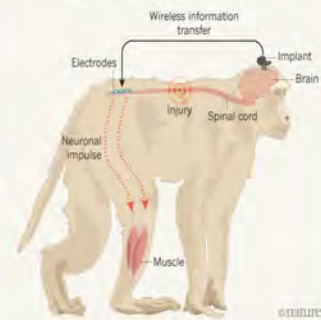
Once implanted, the chip could connect your brain waves to an app and may be able to help people with neurological conditions

제231회 한림원탁토론회

32

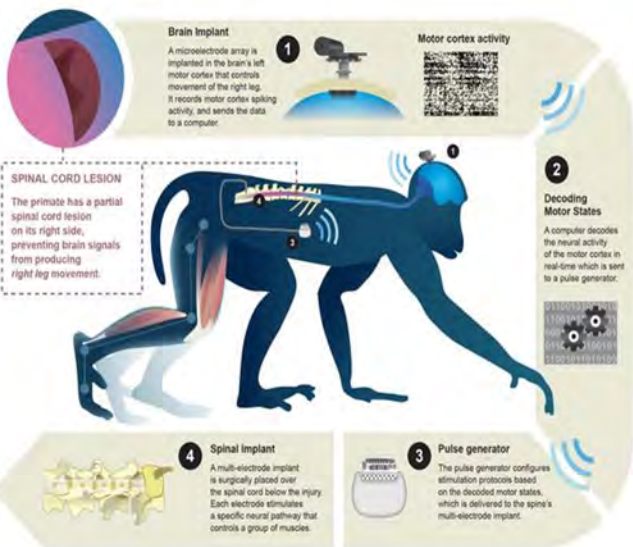
PARALYSED PRIMATES WALK

A wireless implant bypasses spinal-cord injuries in monkeys, enabling them to move their legs.



Primates Regain Control of Paralyzed Limb

Non-human primates regain control of their paralyzed limb. A neuroprosthetic interface serves as a wireless bridge between the brain and spine, completely bypassing the injury.



Marco Capogrosso, Grégoire Courtine et al., Nature (2016)

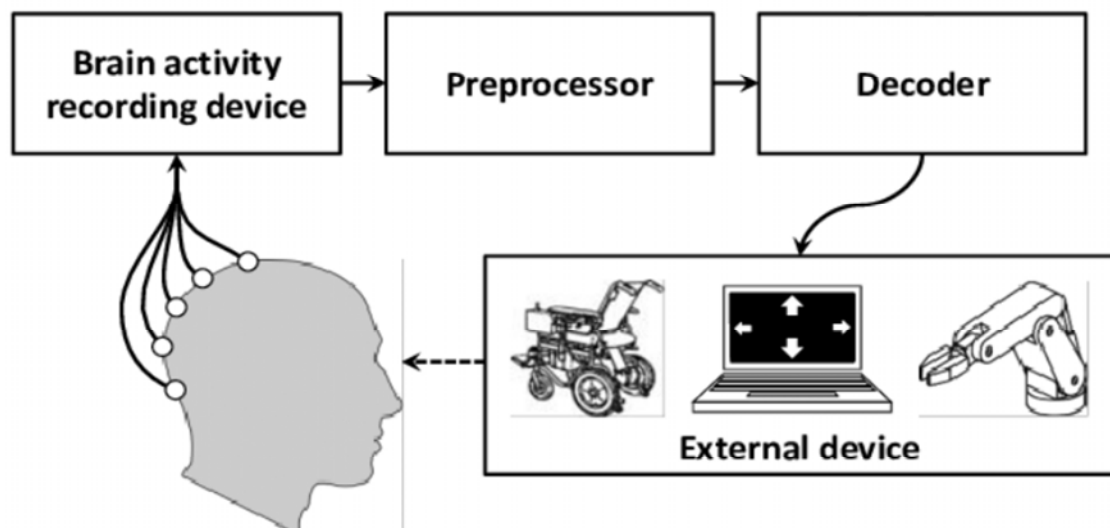
제231회 한림원탁토론회

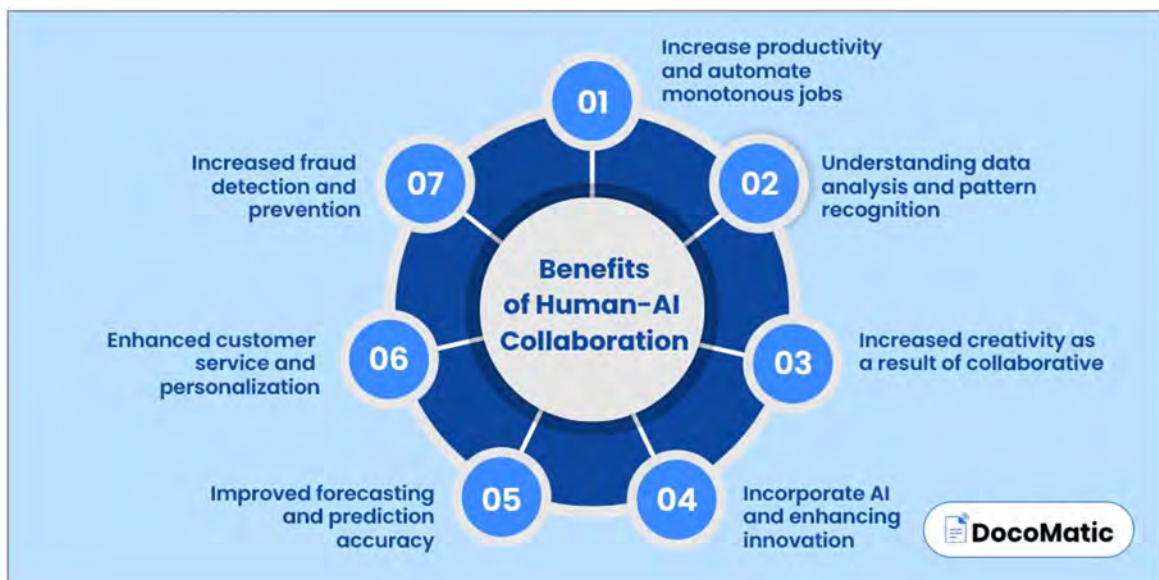
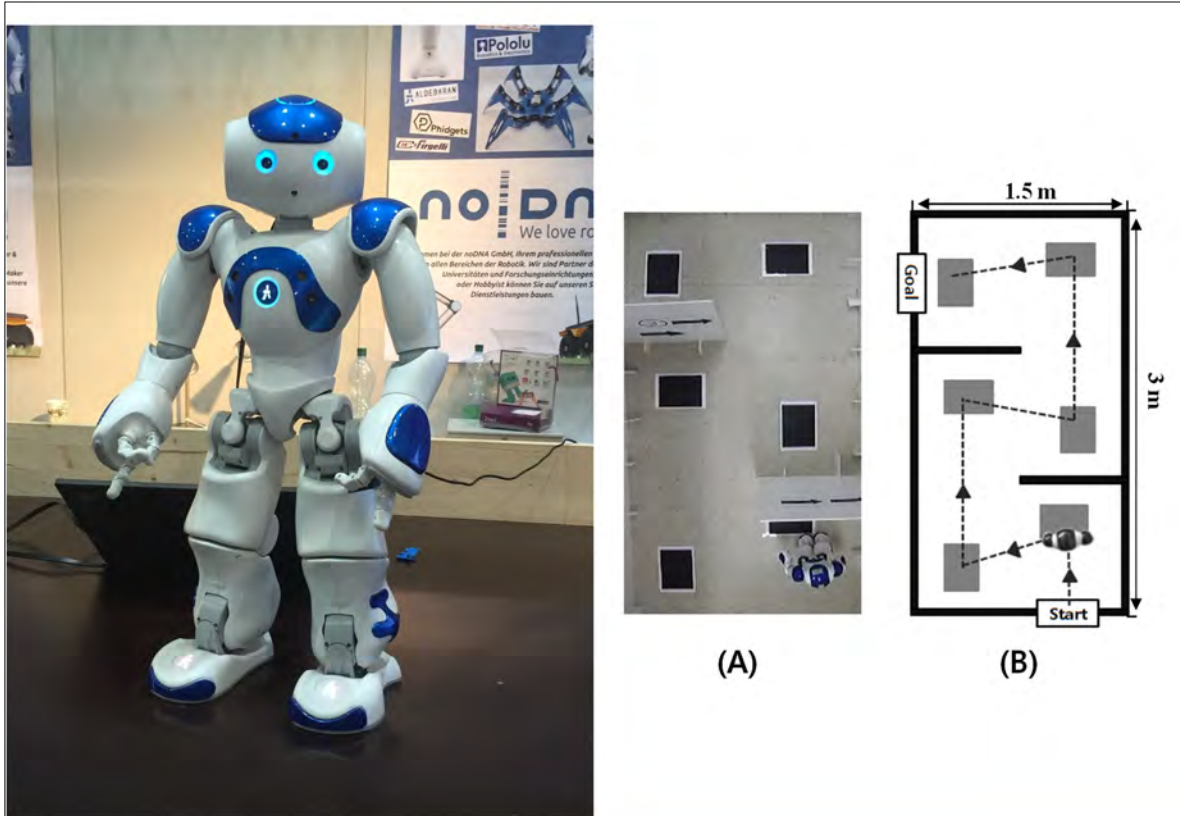
33



Grégoire Courtine et al., Nature (2022, 2024)

Noninvasive BMI

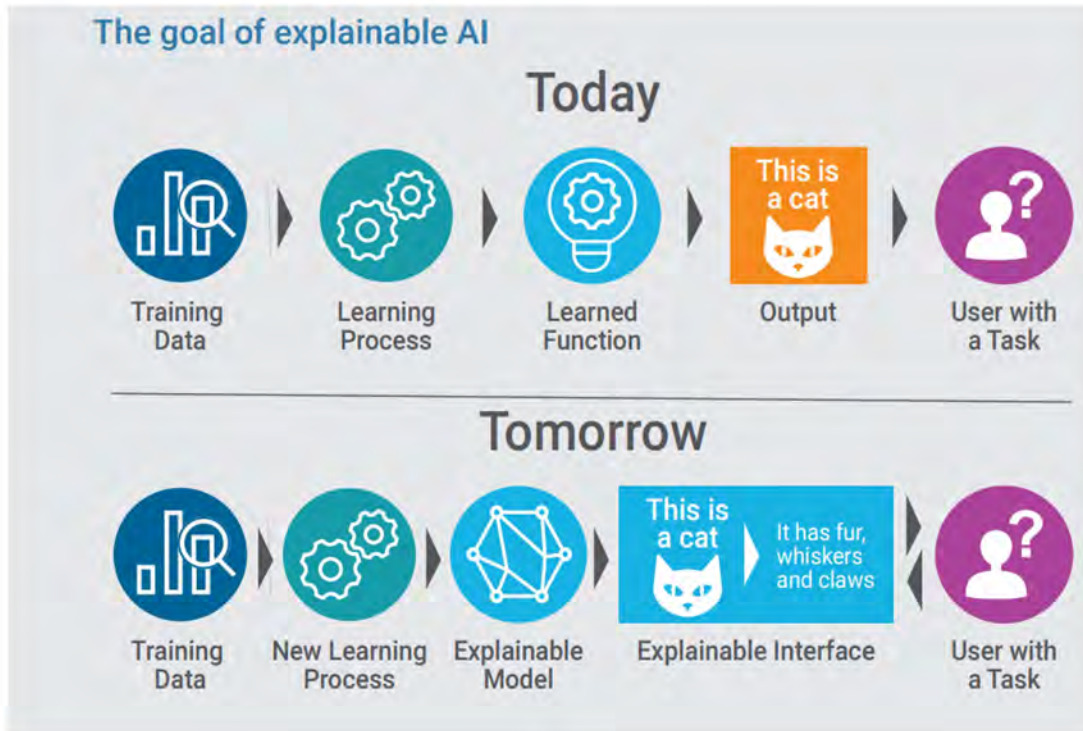






인간에게 요구되는 능력은?

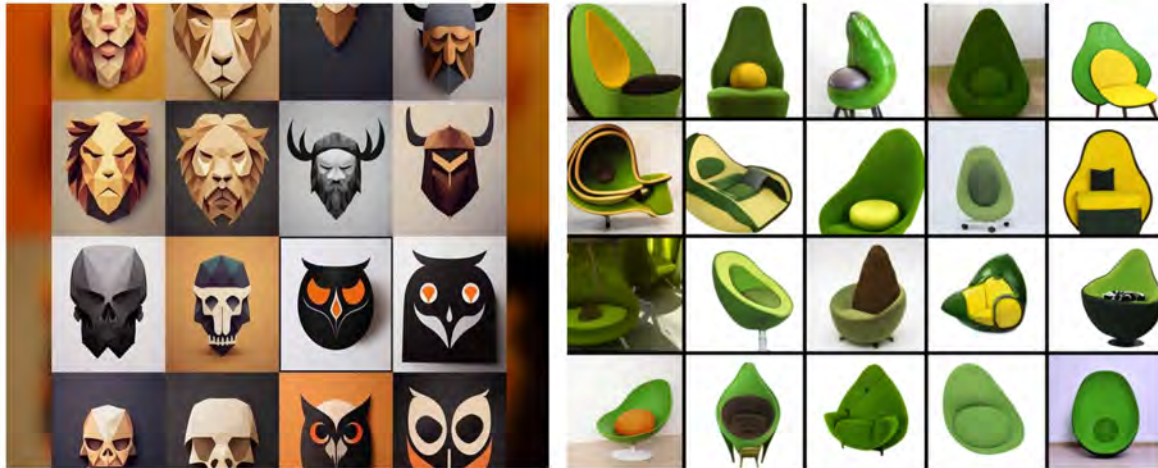
- 인간에게 요구되는 능력: 인터넷에 없는 생각을 만들어라
- 평범하지만 수많은 기존 데이터들의 연장 및 조합으로 만들어진 작품들 중에서 고르는 방식의 사람-인공지능 협업
- User created content (ucc) 에서 컨셉 예술의 시대로
- 이야기의 구조(사건 후 이야기 전개 및 결말)가 계속 바뀐다
- 데이터의 양이 많아지고, 오독이 줄어들고, 창조적 오독이 늘어나면 새로운 형태의 창작 출현



인간은 인공지능과 질문하며 협업한다



협업의 파트너, 도우미로서의 인공지능 Exploration in the solution space with Artificial intelligence



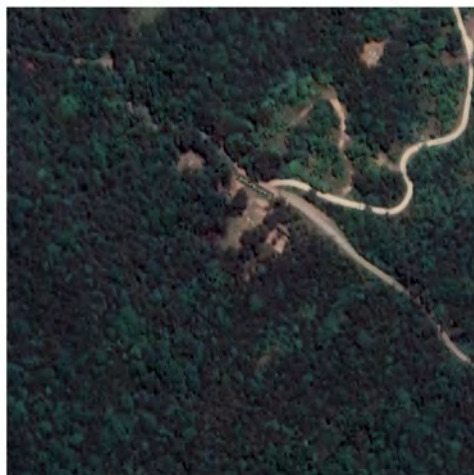
제231회 한림원탁토론회

42

ADD BCI competition



미사일 발사대



예시

제231회 한림원탁토론회

43

KAIST-BCI Results

		Set 1	Set 2	Set 3
Human	BCI 정답율	44.44	60.00	62.22
	군인 정답율	91.11	93.33	91.11

		Set 1	Set 2	Set 3
AI	BCI 정답율	57.77	57.77	48.88
	군인 정답율	86.66	100	91.11

		Set 1	Set 2	Set 3
Human	BCI 정답	4	2	4
	군인 오답 수	4	3	4
	BCI 보완율 (%)	100.00	66.67	100.00

		Set 1	Set 2	Set 3
AI	BCI 정답	4	0	1
	군인오답 수	6	0	4
	BCI 보완율 (%)	66.67	0	0.25

		Set 1	Set 2	Set 3
Human + AI	상호 보완율 (%)	100.00	97.91	100.00

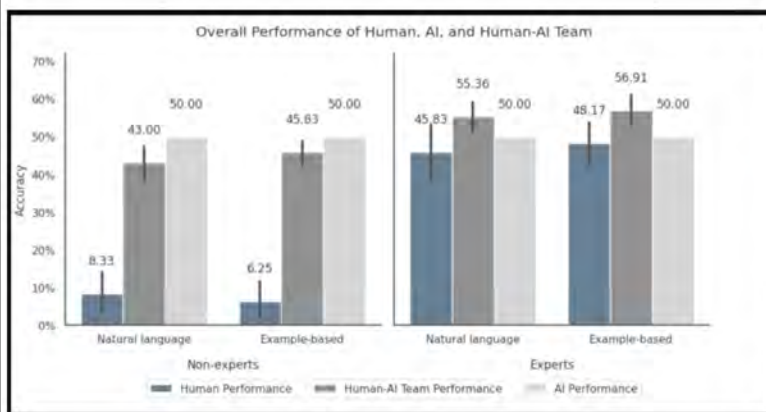
		Set 1	Set 2	Set 3
Human + AI	상호 보완율 (%)	95.83	100	93.75

상호 보완으로 최적의 결과를 얻을 수 있음

제231회 한림원탁토론회

44

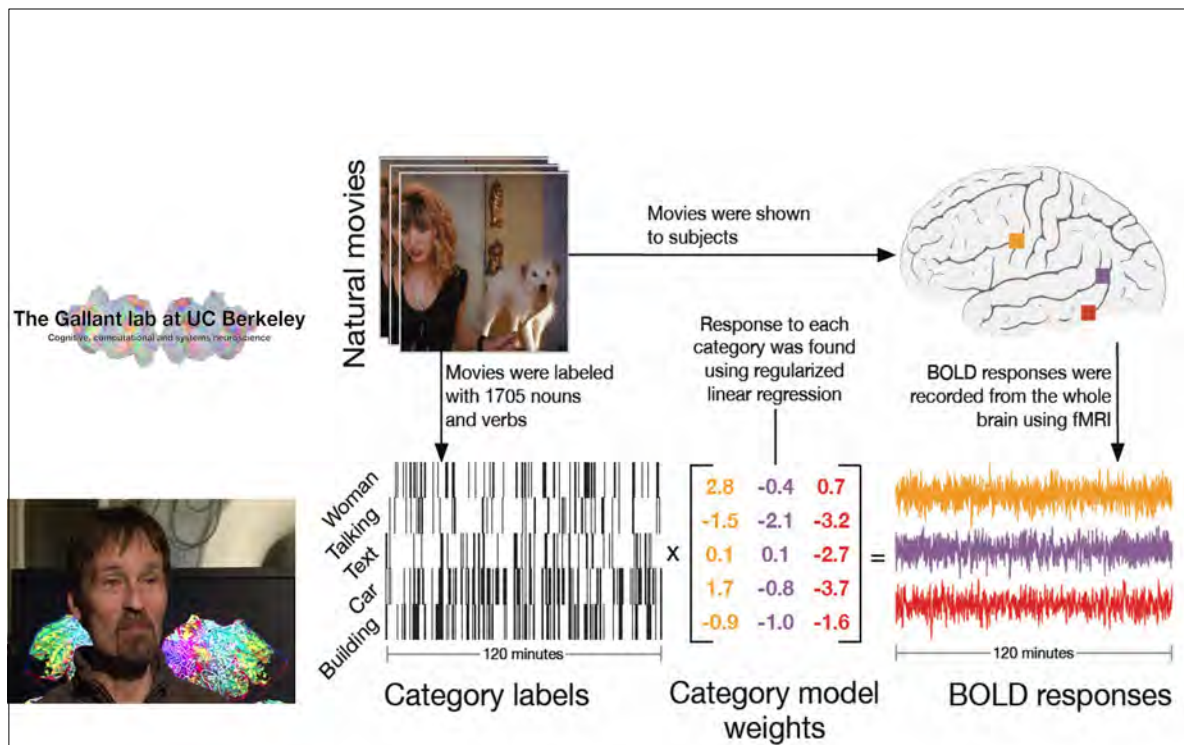
Human expert and AI team shows better performance



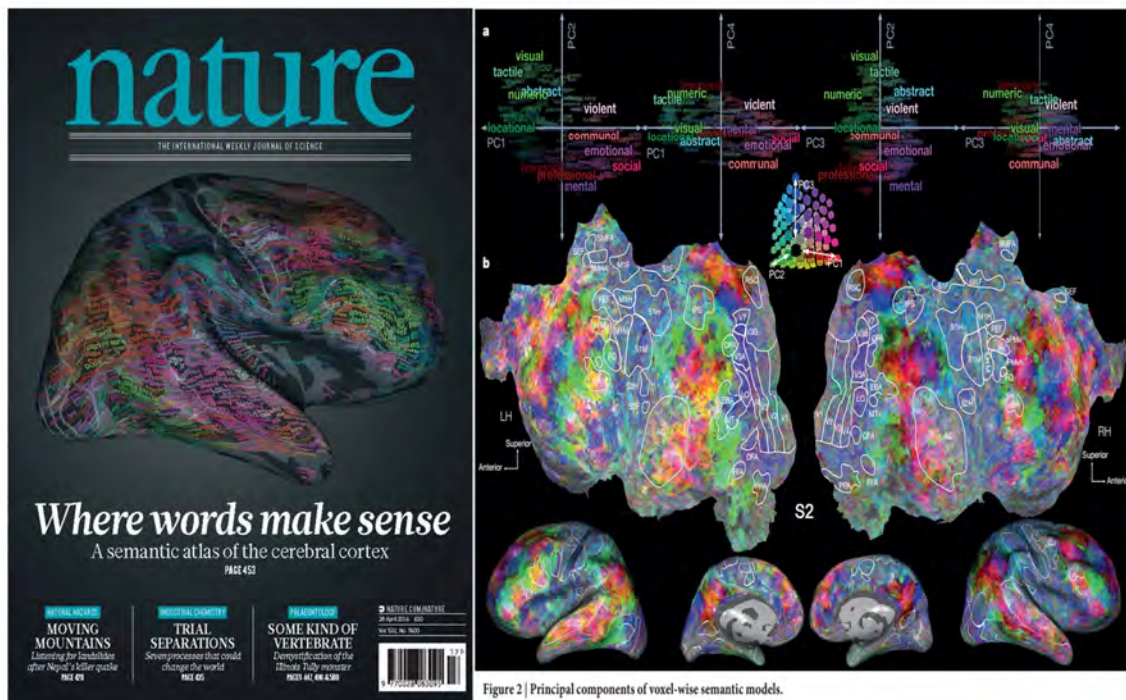
Katelyn Morrison et al., The Impact of Imperfect XAI on Human-AI Decision-Making (2023)

제231회 한림원탁토론회

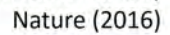
45



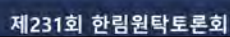
제231회 한림원탁토론회



제231회 한림원탁토론회



48



The Future of Human-AI Collaboration

Embracing the Future of Human-AI Collaboration

Building Trust and Transparency (02)

Enhancing Creativity and Innovation (03)

Leveraging AI in Healthcare (04)

Empowering Customer Service (05)

Fostering Ethical AI Practices (06)

Continual Learning and Adaptation (07)

Conclusion (08)

50

THIS IS MY BRAIN...

THIS IS MY BRAIN AFTER LOVE.

ANY QUESTIONS?

Sarah K. Atencio

제231회 한림원탁토론회

51

II

토론

좌 장 이현주 KAIST 전기및전자공학부 석좌교수

지정토론 1 이기원 와이브레인 대표이사

지정토론 2 우세준 분당서울대학교병원 의료기기연구개발센터 센터장

지정토론 3 박건혁 한국한의학연구원 한약자원연구센터 책임연구원

지정토론 4 박정환 서울대학교 의과대학 교수

지정토론 1



이 기 원

와이브레인 대표이사

Neuralink가 의료기기로 규제되는 이유

Neuralink는 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI) 기술로 뇌에 연결되는 기기를 개발 중이며, 이는 의료기기의 정의에 부합해 규제된다. 의료기기는 질병의 진단·치료·경감, 장애의 보정, 신체 기능의 검사·대체·변형을 목적으로 사용되는 제품을 의미한다. Neuralink는 특히 장애를 보정하거나 신체 기능을 대체하는 기술로, 뇌 신호를 디지털로 변환해 마비 환자의 움직임을 돕거나 청각·시각 장애 개선을 목표로 한다. 따라서 의료기기에 해당되며, 기기의 안전성과 효과를 보장하고, 사용자의 건강과 생명을 보호하기 위해 엄격한 규제와 승인이 필수적이다.

의료기기 규제 특성으로 보는 BCI 상용화 가능성

의료기기 규제는 기존 상용 기술과의 유사성이 높은 경우 예측 가능한 위해도를 기반으로 빠른 인체 임상과 시장 진입을 허용한다. Neuralink 등 BCI와 관련된 기존 상용 의료기기 품목은 측정, 디코딩, 자극의 세 가지로 살펴볼 수 있다.

- 측정: 이식형 뇌 신호 측정 장치는 식약처 4등급, FDA Class III(고위험)
- 디코딩: 생체신호 분석 소프트웨어는 식약처 2등급, FDA Class II(중간 위험)
- 자극: 이식형 뇌 자극 장치는 식약처 4등급, FDA Class III

Neuralink의 BCI 기술은 고위험군인 측정·자극 기술과 중간 수준의 디코딩 소프트웨어로 구성된다. 실제 상용화에는 규제 충족을 위한 다양한 안전성 및 성능 시험 성적서와 엄격한 임상 시험이 필수적이지만 기존 이식형 뇌심부자극기 등 유사 사례가 존재하므로 상용화 가능성은 매우 높은 것으로 판단할 수 있다.

마비 환자 기본권 보장과 보건 재정 건전성을 위한 국산 BCI 필요성

마비는 척수 손상 등 중추신경계 손상으로 발생하며, 환자의 자율성과 독립성을 제한해 기본권을 침해한다. 전 세계적으로 약 5천만 명이 신경계 손상으로 불편을 겪고 있으며, 기술적 대안 부족으로 평생 타인의 도움에 의존해야 한다.

국내 마비 환자 수는 40만 명을 넘어섰고, 장기 요양비와 의료비는 국가적 부담으로 이어지고 있다. 근본적 치료법이 부재한 상황에서 영국의 경우 중추신경계 환자의 연간 요양비가 약 5조 원에 달한다.

Neuralink를 비롯한 BCI 기술의 상용화가 가시화되는 가운데, 중국은 BCI 국제 표준화를 주도하고 국가적 지원을 확대하는 등 상용화에 속도를 내고 있다. 이식형 BCI 기술의 국산화는 마비 환자의 신체 기능 복원과 삶의 질 개선을 위해 반드시 필요하며, 국가 경쟁력 확보의 핵심 과제다. 정부의 적극적인 R&D 지원과 의료기기 규제 정비, 표준화 준비를 통해 해외 기술 의존도를 줄일 수 있다면 국산 기술을 통해 환자 기본권 보장, 보건 재정 부담 경감과 신시장 창출의 좋은 성공 사례를 만들 수 있을 것이다.

지정토론 2

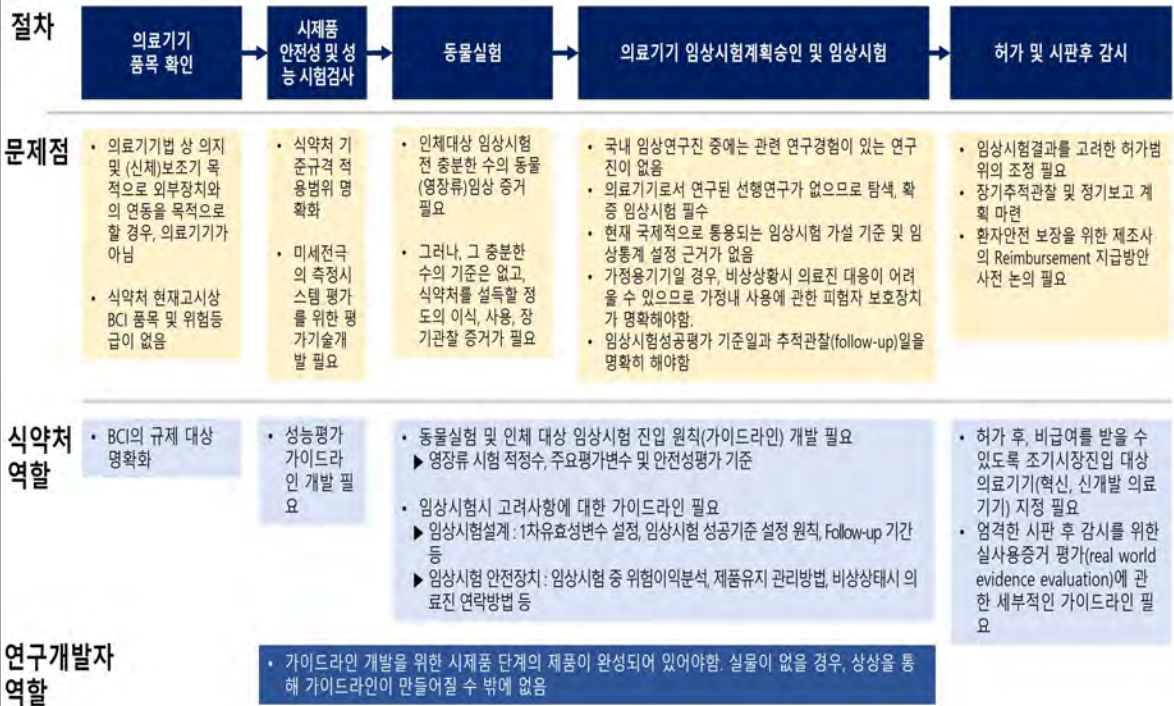


우 세 준

분당서울대학교병원 의료기기연구개발센터 센터장

BCI 인허가 과정과 필요 요건

SNUH 분당서울대학교병원 의료기기연구개발센터



새롭고 혁신적인 과학기술을 이용하여 미충족 의료수요를 해결하는 열정적인 연구·개발자들이 있는가 하면, 혁신기술이 의료분야에서 안전하고 유효하게 대중들에게 사용되기 위해 엄격한 인허가를 요구하는 규제당국이 있다. 미충족 의료수요 해결을 위해 혁신과 안전성 평가의 균형에 관한 논의는 오랜 기간 이해당사자들 간에 지속되어 논의되던 영역이다. BCI 의료제품이 허가 되기 위해서는 혁신과 안전에 관한 균형을 찾는 노력이 필요할 것이며, 그 지점들을 짚어보고자 한다.

첫째, 의료기기 분류의 불명확성. BCI제품의 주 활용은 뉴럴링크의 예시에서 볼 수 있듯이 뇌파를 이용하여 마우스나 로봇 팔 등 외부장치와 연결되어 사용되는 것이다. 「의료기기법」 제2조(정의)에서는 장애인보조법에 따르는 의지 및 보조기는 의료기기로 분류되지 않는다. Neuralink와 같은 BCI 제품은 침습적 기기임에도 현재의 식약처의 규제대상으로 분류되지 않을 수 있으며, 이 경우 미국의 규제당국과 달리 안전성과 유효성, 성능 등을 검증할 수 없을 수 있다. FDA가 이식형 BCI자체를 의료기기로 분류했듯, 식약처에서도 BCI 제품에 대한 규제 대상 여부를 명확히 제시해주어야 한다.

둘째, 임상시험 가이드라인 부재. 사람을 대상으로하는 임상시험에 들어가기 위해서는 사람에게도 적용가능함을 입증하는 수많은 선행 증거들을 식약처에 제공해야 한다. 뉴럴링크도 FDA를 설득하기 위해 2018년부터 양과 돼지, 원숭이 등 약 1500 여 마리의 실험을 수행한 것으로 나타나 있다. 그러나, 동물시험윤리를 고려해야하며, 인체 대상 임상시험을 인정해주기 위한 FDA와 같이 가이드라인 및 평가원칙이 필요하다.

셋째, 국내 시제품 개발의 필요성. 정부기관이 가이드라인 개발을 시작할 수는 있지만, 상상하거나 해외제품을 대상으로 국내 가이드라인을 개발할 수는 없다. 제품의 실물이 있어야 그 특성과 시행착오 등을 공유받아야 실효성 있는 가이드라인 개발이 가능해진다. 따라서 국내에서도 BCI제품이 인허가를 위해서는 동물실험까지 가능한 시제품이 먼저 제시되어야 한다.

넷째, 임상시험의 특수성과 시판후 모니터링 필요성. BCI 특성상 제품은 가정에서 주로 사용된다. 병원밖에서 수행되는 임상 시험은 이상사례발생시 즉각적인 조치가 어렵다는 단점이 있어 안전성에 우려가 발생할 수 있다. 또한 BCI제품은 장기간 인체내 삽입하여 사용하기 때문에 임상시험과 허가 이후에도 장기간 제품사용에 관한 이상사례를 추적하는 강력한 시판 후 감시가 필요하다.

마지막, 수가 정책 필요. 이러한 제품의 안전성 유효성 추적은 업체의 막대한 비용을 필요로 한다. 혁신은 업체의 손해와 희생으로만 이루어지지 않는다. 이식된 환자의 지속적인 감시와 관리하기 위해서는 비급여 지불 등 의료 수가 정책을 통해 판매 수익이 지속적으로 제조업체에게 흘러가야 하는 구조가 이루어져야 한다. 그래야, BCI 제조업체가 지치지 않고 혁신을 유지하며, 환자의 안전을 담보할 수 있을 것이다.

지정토론 3



박 건 혁

한국한의학연구원 한약자원연구센터 책임연구원

현실세계와 가상공간의 경계, 뇌-컴퓨터 인터페이스(BCI)

영화 트랜센던스(Transcendence)는 인간의 의식을 디지털화해 컴퓨터에 업로드하는 과정을 통해 인간과 기술의 융합 가능성을 탐구한다. 이 영화에서 주인공 월 캐스터는 자신의 의식을 컴퓨터로 옮겨 디지털 초지능으로 재탄생하지만, 이는 기술 발전과 인간성 사이의 갈등을 초래하며 다양한 윤리적 문제를 제기한다.

현대 과학계에서도 영화 속 상상이 점점 현실화되고 있다. 특히, 뇌와 컴퓨터를 연결하여 사고를 인터넷과 실시간으로 공유하는 이른바 ‘생각 인터넷(Internet of Thought)’ 기술은 트랜센던스에서 그려진 디지털 초지능의 초기 단계라고 볼 수 있다. 전세계 많은 연구자들에 따르면, 나노입자 수준이 뇌에 주입되어 인간의 정보를 암호화한 뒤 무선으로 인터넷과 실시간 연결할 수 있을 것으로 전망하기도 한다. 현재로는 설계된 칩을 수술적으로 이식하는 형태로 기술화 된 사례가 축적되고 있다. 이러한 기술은 개인의 뇌와 기계 연결 또는 여러 사람의 뇌를 연결하는 수퍼뇌를 형성하는데 기여될수 있다고 본다.

하지만 영화가 암시하듯, 기술 발전이 가져올 윤리적 딜레마와 사회적 문제는 간과할 수 없다. 트랜센던스는 기술이 인간의 한계를 극복하는 데 기여할 수 있지만, 통제되지 않을 경우 어떤 결과를 초래할 수 있는지를 경고한다. 마찬가지로 생각 인터넷 기술이 현실화된다면,

개인정보 보호, 해킹 위험, 그리고 인간 본연의 정체성에 대한 질문과 같은 문제들이 논의의 중심에 설 것이다.

결국, 영화와 현실 모두에서 중요한 점은 기술의 발전과 인간의 가치를 어떻게 조화롭게 통합할 것인가이다. 트랜센던스가 그린 디지털 초지능의 세계는 더 이상 허구가 아닌, 미래 과학기술의 방향성을 보여주는 하나의 가능성으로 다가오고 있다.

이러한 기술적 발전은 현실 세계와 가상공간의 경계를 점점 희미하게 만들고 있다. 특히 뇌-컴퓨터 인터페이스(Brain-Computer Interface, BCI) 기술은 이러한 변화의 핵심에 있다. BCI는 인간의 뇌와 컴퓨터를 연결하여 인간의 사고와 명령을 디지털 신호로 변환하는 기술이다. 이를 통해 인간은 물리적 장치 없이도 생각만으로 기계를 제어하거나, 가상 세계에서 새로운 형태의 경험을 할 수 있다.

현실과 가상의 경계가 점차 사라지는 시대. 우리는 기술을 통해 새로운 세상을 열어가는 동시에, 인간으로서의 본질을 잃지 않도록 균형을 맞추어야 한다. BCI는 그 중심에 있는 기술로서, 우리의 미래를 형성하는 데 중요한 역할을 하게 될 것이다.

지정토론 4



박 정 환

서울대학교 의과대학 교수

뇌-기계 인터페이스(Brain-Machine Interface, BMI)는 신경과학과 공학의 융합을 통해 인간의 뇌 신호를 해석하고 기계 장치를 제어하는 기술로, 인간의 삶의 질을 향상시킬 잠재력을 지니고 있다. 그러나 현재의 연구 및 개발 과정에서는 몇 가지 한계와 도전 과제가 존재한다.

1. 기능 중심의 연구 접근 문제점

BMI 연구는 종종 기능적 결과에만 집중하는 경향이 있다. 예를 들어, 정확한 기전 이해 없이 원하는 기능적 결과만 얻으면 수용하는 경향이 있는데, 이러한 접근은 예상치 못한 부작용을 초래하거나 기술의 보편적 적용에 한계를 가져올 수 있다. 따라서 기초 연구를 통해 뇌의 작용 원리를 철저히 이해하고, 이를 응용하려는 노력이 필요하다.

2. 규제와 연구 환경의 차이

우리나라에서는 BMI 연구를 위한 규제가 엄격하여, 사람을 대상으로 한 연구를 위해 식약처의 허가를 받는 데만 약 2년이 소요된다. 반면, 미국과 중국은 임상 연구를 보다 신속하게 진행할 수 있는 환경을 제공한다. 미국의 경우 뉴롤루션(Neurolutions)이라는 회사가 뇌졸중 환자의 손 움직임을 돕는 'IpsiHand'라는 뇌-컴퓨터 인터페이스 장치를 개발했는데, 이 장치는 2021년

4월 미국 식품의약국(FDA)으로부터 승인을 받았다. 이는 임상 승인 신청부터 승인까지 2년 이내에 완료된 사례이다. 중국 칭화대학교 연구진은 2023년 10월 사지 마비 환자의 뇌에 BMI 장치를 이식하여, 환자가 생각만으로 컴퓨터 화면의 커서를 움직일 수 있게 하는 데 성공했다. 이 연구는 임상 승인 신청부터 승인까지 약 1년이 소요되었다. 이러한 사례는 두 나라가 BMI 연구에 있어 보다 유연한 규제와 적극적인 지원을 하고 있음을 보여준다.

3. 기초 및 임상 연구 간의 협력 부족

우리나라에서는 기초 연구와 임상 연구가 분리되어 상호 이해가 부족한 상황이다. 기초 연구자는 임상 적용에 대한 이해가 부족하고, 임상 연구자는 기초 연구를 통한 기전 이해의 중요성을 인식하지 못하는 경우가 많다. 이러한 문제를 해결하기 위해 기초와 임상 연구자 간의 공동 연구 지원 체계를 구축하고, 변수들이 통제된 환경에서 임상 연구를 진행할 수 있도록 별도의 연구비를 지원해야 한다.

4. BMI 연구의 발전 방향

BMI의 궁극적 목표는 뇌의 작용 기전을 이해하여 인류의 편익을 증대시키는 것이다. 이를 위해 다음과 같은 노력이 필요하다:

- **기초-임상의 유기적 협력:** 기초와 임상 연구자 간의 공동 연구를 촉진하고, 변수들이 통제된 환경에서 임상 연구를 진행할 수 있도록 별도의 연구비를 지원해야 한다.
- **허가 절차 간소화:** 기초 연구 결과를 임상에 적용하는 과정에서의 복잡한 절차를 단순화하여 연구 속도를 높이는 방안을 마련해야 한다.

뇌-기계 인터페이스 연구는 기술 혁신뿐만 아니라 규제 및 협력 시스템의 개선을 통해 더 나은 방향으로 발전할 수 있다. 연구자와 정책 결정자 모두가 협력하여 기초 연구와 임상 연구를 통합하는 유기적 체계를 구축한다면, BMI 기술은 인간의 삶을 혁신적으로 변화시킬 수 있을 것이다.

한림원탁토론회는...



한림원탁토론회는 국가 과학기술의 장기적인 비전과 발전전략을 세우고, 동시에 과학기술 현안문제에 대한 해결방안을 모색하기 위한 목적으로 개최되고 있는 한림원의 대표적인 정책토론 행사입니다.

지난 1996년 처음 개최된 이래 지금까지 200회 이상에 걸쳐 초·중·등 과학교육, 문·이과 통합문제, 국가발전에 미치는 기초과학 등 과학기술분야의 기본문제는 물론 정부출연연구소의 발전방안, 광우병의 진실, 방사능, 안전 방제 등 국민생활에 직접 영향을 미치는 문제에 이르기까지 광범위한 주제를 다루고 있습니다.

한림원은 과학기술 선진화에 걸림돌이 되는 각종 현안문제 중 중요도와 시급성에 따라 주제를 선정하고, 과학기술 유관기관의 최고책임자들을 발제자로 초빙하여, 한림원 석학들을 비롯해 산·학·연·정의 전문가들이 심도 깊게 토론을 진행하고 있습니다.

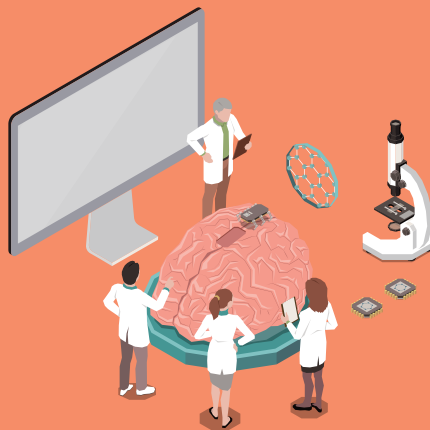
토론결과는 책자로 발간, 정부, 국회와 관련기관에 배포함으로써 정책 개선방안을 제시하고 정책 입안자료를 제공하여 여론 형성에 기여하도록 힘쓰고 있습니다.

■ 한림원탁토론회 개최실적 (2021년 ~ 2024년) ■

회차	일 자	주 제	발제자
182	2021. 2. 19.	세계대학평가 기관들의 객관성 분석과 국내대학을 위한 제언	이준영, 김 현, 박준원
183	2021. 4. 2.	인공지능 시대의 인재 양성	오혜연, 서정연
184	2021. 4. 7.	탄소중립 2050 구현을 위한 과학기술 도전 및 제언	박진호, 정병기, 윤제용
185	2021. 4. 15.	출연연구기관의 현재와 미래	임혜숙, 김명준, 윤석진
186	2021. 4. 30.	메타버스(Metaverse), 새로운 가상 융합 플랫폼의 미래가치	우운택, 양준영
187	2021. 5. 27.	원격의료: 현재와 미래	정 용, 최형식
188	2021. 6. 17.	배양육, 미래의 먹거리일까?	조철훈, 배호재
189	2021. 6. 30.	외국인 연구인력 지원 및 개선방안	이한진, 이동현, 버나드에게
190	2021. 7. 6.	국내 대학 연구 경쟁력의 현재와 미래	이현숙, 민정준, 윤봉준
191	2021. 7. 16.	아이들의 미래, 2022 교육과정 개정에 부쳐: 정보교육 없는 디지털 대전환 가능한가?	유기홍, 오세정, 이광형
192	2021. 10. 15.	자율주행을 넘어 생각하는 자동차로	조민수, 서창호, 조기춘
193	2021. 12. 13.	인간의 뇌를 담은 미래 반도체 뉴로모픽칩	윤택식, 최창환, 박진홍
194	2022. 1. 25.	거대한 생태계, 마이크로바이옴 연구의 미래	이세훈, 이주훈, 이성근
195	2022. 2. 14.	양자컴퓨터의 전망과 도전: 우리는 무엇을 준비해야 할까?	이진형, 김도현
196	2022. 3. 10.	오미크론, 기존 바이러스와 무엇이 다르고 어떻게 대응할 것인가?	김남중, 김재경
197	2022. 4. 29.	과학기술 주도 성장: 무엇을 해야 할 것인가?	송재용, 김원준

회차	일 자	주 제	발제자
198	2022. 6. 2.	더 이상 자연재난은 없다: 자연-기술 복합재난에 대한 이해와 대비	홍성욱, 이호영, 이강근, 고상백
199	2022. 6. 17.	K-푸드의 가치와 비전	권대영, 채수완
200	2022. 6. 29.	벤자민 버튼의 시간, 노화의 비밀을 넘어 역노화에 도전	이승재, 강찬희
201	2022. 9. 26.	신약개발의 새로운 패러다임	김성훈, 최 선, 김규원
202	2022. 9. 29.	우리는 왜, 어떻게 우주로 가야 하는가?	문홍규, 이창진
203	2022. 10. 12.	공학과 헬스케어의 만남 - AI가 여는 100세 건강	황 희, 백점기
204	2022. 10. 21.	과학기술과 사회 정의	박범순, 정상조, 류석영, 김승섭
205	2022. 11. 18.	지속 가능한 성장과 가치 혁신을 위한 수학의 역할	박태성, 백민경, 황형주
206	2022. 12. 1.	에너지와 기후변화 위기 극복을 위한 기초과학의 역할	유석재, 하경자, 윤익준
207	2023. 3. 15.	한국 여성과학자의 노벨상 수상은 요원한가?	김소영, 김정선
208	2023. 3. 22.	기정학(技政學) 시대의 새로운 과학기술혁신정책 방향	이승주, 이 근, 권석준
209	2023. 4. 13.	우리 식량 무엇이 문제인가?	곽상수, 이상열
210	2023. 5. 24.	대체 단백질 식품과 배양육의 현재와 미래	서진호, 배호재
211	2023. 6. 14.	영재교육의 내일을 생각한다	권길현, 이덕환, 이혜정
212	2023. 7. 6.	후쿠시마 오염수 처리 후 방류의 국내 영향	정용훈, 서경석, 강건욱
213	2023. 7. 12.	인구절벽 시대, 과학기술인재 확보를 위한 답을 찾아서	오현환, 엄미정

회차	일 자	주 제	발제자
214	2023. 8. 17.	과학·영재·자사고 교장이 이야기하는 바람직한 학생 선발과 교육	허우석, 오성환, 김명환
215	2023. 10. 27.	과학기술을 통한 삶의 질 향상 시리즈 (Ⅰ) 국민 삶의 질 향상을 위한 과학기술정책의 대전환	정선양, 박상철
216	2023. 11. 9.	과학기술을 통한 삶의 질 향상 시리즈 (Ⅱ) 삶의 질 향상을 위한 데이터 기반 식단 및 의학	박용순, 정해영
217	2023. 12. 5.	과학기술을 통한 삶의 질 향상 시리즈 (Ⅲ) 삶의 질 향상을 위한 퍼스널 모빌리티	공경철, 한소원
218	2023. 12. 19.	새로운 의료서비스 혁명: 디지털 치료제	서영준, 배민철
219	2024. 1. 31.	노쇠와 근감소증	원장원, 권기선, 고흥섭
220	2024. 3. 13.	필수의료 해결을 위한 제도적 방안	박민수, 김성근, 홍윤철
221	2024. 3. 19.	코로나보다 더 큰 위협이 올 수 있다, 어떻게 할까?	송대섭, 신의철
222	2024. 3. 20.	퍼스트 무버(First Mover)로의 필수 요소 - 과학네트워킹	김형하, 이상엽, 조희용
223	2024. 5. 10.	시민, 과학자가 되다	홍성욱, 박창범, 김 준
224	2024. 5. 29.	GMO, 지속가능성을 위한 전략	하상도, 김해영
225	2024. 6. 21.	전략기술시리즈 (Ⅰ) K-반도체 위기 극복을 위한 국제 협력 전략	정은승
226	2024. 8. 21.	조류인플루엔자의 위협: 팬데믹의 전조인가?	윤철희, 김우주, 송대섭
227	2024. 8. 28.	전략기술시리즈 (Ⅱ) AI로 과학하기: 새로운 패러다임	문용재, 백민경, 서재민
228	2024. 11. 18.	전략기술시리즈 (Ⅲ) K-방산의 완성: 첨단 항공기 엔진 독자 개발	심현석, 이홍철, 김재환
229	2024. 12. 3.	과학기술 정책은 얼마나 과학적인가?	이정동, 이성주
230	2024. 12. 17.	전략기술시리즈 (Ⅳ) 첨단 바이오, 난치병 치료의 게임 체인저	최강열, 신영기, 천병년



제231회 한림원탁토론회

뉴럴링크 : 뇌와 세상의 소통

이 사업은 복권기금 및 과학기술진흥기금 지원을 통한 사업으로
우리나라의 사회적 가치 증진에 기여하고 있습니다.