

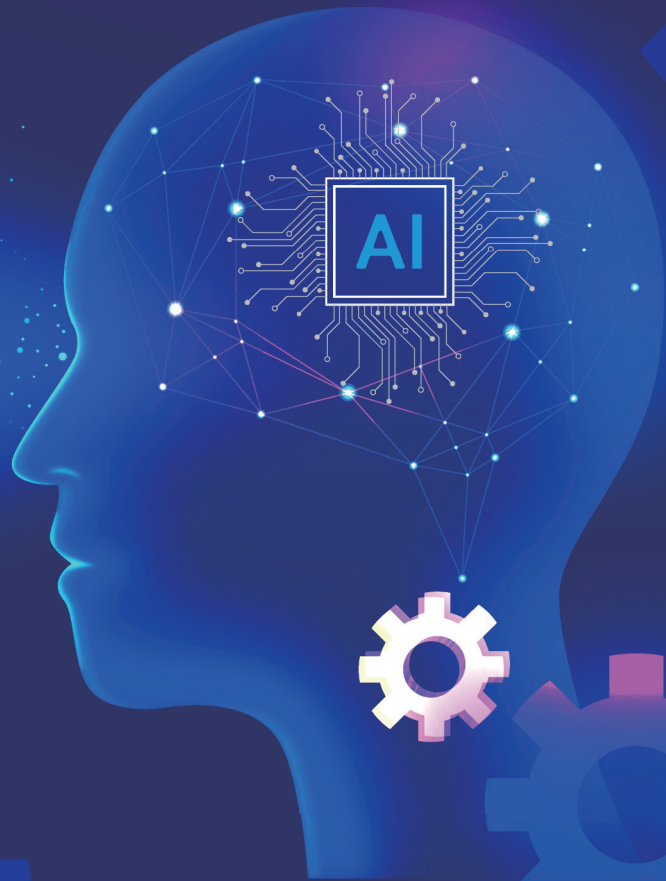


12

전기의 세계

기획 시리즈 컴퓨터지능 및 지능시스템연구회 소개 및
기술동향

자유 기고문 의료빅데이터의 세계에서 복잡계과학으로 길을 찾다



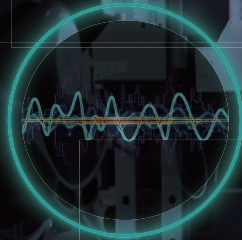
VIDEO
DATA



엣지로 시작하는 스마트한 미래

빠르게 변화하는 산업 현장을 위한 스마트 핵심 솔루션, D.Edge

SENSOR
DATA

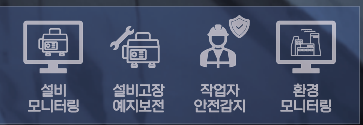


EQUIPMENT
DATA



ENVIRONMENT
DATA

D.Edge는 전기 설비를 포함한 산업 현장에서 생성되는 고속·대용량 데이터를 데이터 발생 현장에서 즉각적인 분석을 통한 실시간 이상 상황 감시와 분석 및 설비 데이터를 체계적으로 수집·관리·모니터링하는 엣지 AIoT 플랫폼입니다



D.Edge **EdgeV**



산업 현장의 CCTV 고화질 카메라 영상 수집·분석 및 대응 장치

- 고속·대용량 영상 분석 수행
- AI 알고리즘 고속처리를 위한 HW 가속기 탑재
- 서비스 추가 확장을 위한 컨테이너 제공
- 타장치 연계를 위한 IoT 기능
- 지속 운영관리를 위한 장치 모니터링
- 고온 신뢰성 및 방수·방진 인증



D.Edge **EdgeS**

산업 현장의 고속·대용량 센서·설비 데이터 실시간 수집·분석 및 제어 장치

- 멀티채널 고속센서 인터페이스 탑재
- 다양한 필드 프로토콜 탑재
- 손쉬운 프로그램 탑재 Edge Builder 제공
- 지속 운영관리를 위한 실시간 데이터 모니터링
- 고성능 컴퓨팅 파워 기반 안정적 동시처리 성능 제공



CONTENTS

The Korean Institute of Electrical Engineers

이임사 | 2



전기계뉴스

한전, 철탑에 '눈' 달아 산불 예방하고 백두대간 생태계 지킨다 | 4

남동발전, 해외에서도 온실가스 감축 힘보탠다 | 4

동서발전, 소양강댐서 8.8MW 수상태양광 준공 | 5

중부발전, 민간에 ESG경영 지원 | 5

서부발전, 지역 취약계층의 따뜻한 겨울나기 도와 | 5

기획시리즈 - 컴퓨터지능 및 지능시스템연구회 소개 및 기술동향

지능형 사물인터넷을 활용한 스마트 에너지 기술 동향 | 10

생성형 AI를 넘어 AGI 시대로 | 17

무선 센서 네트워크에서의 기계학습 활용 방안 및 사례 | 25

자유기고문

의료빅데이터의 세계에서 복잡계과학으로 길을 찾다 | 30

학회 소식

학회일지 | 35

전기의 세계

KIEE Magazine

Vol. 72, No. 12 December 2023

발행일 2023년 12월 1일
발행인 이근영
편집인 허진
발행처 사단법인 대한전기학회
(06130) 서울특별시 강남구 테헤란로 7길 22
과학기술회관 1관 901호
Tel 02-553-0151 Fax 02-566-9957
http://www.kiee.or.kr

학회 본부 임원

회장 이근영
차기회장 이병준
부회장 노대석 이준호 장용무 김태균 유상석 박종배
이우철 김용상 이정환 최상열 손진근
협동부회장 박경중 신윤용 안승원 오호진 원영진
이천구 장창익 최종수
감사 김정태 윤재영
총무이사 이방욱 한기선
재무이사 김규호 김슬기
기획·정책이사 송화창 김정수 정호성 박정욱
편집이사 장길수 남순열 허진
학술이사 정상용 우정욱 윤성욱 주성관
회원·교육이사 이병국 김원희 배성우 이수연 이수형 조현중
사업이사 지평식 김석주 배재운 손성용 송세현
차한주 최승연
산학협동이사 김경호 강용성 기유경 김재호 김종남
남익석 박훈양 유홍국 윤순일 이기환
임철교 정재룡 최목만
국제이사 강승택 이교범 허건
홍보이사 차준민 김홍섭 문종필 신성수 유희덕 이상복

부문의 회장

A부문 회장 박종배 B부문 회장 이우철
C부문 회장 김용상 D부문 회장 이정환
E부문 회장 최상열

전임 편집인

2016년 이병국 2017년~2018년 정인성
2019년~2021년 강승택 2022년~2023년 허진

온라인

수협은행 1010-2175-5210(대한전기학회)
국민은행 349401-04-009338(대한전기학회)

편집·디자인 드림기획 031-705-3812

인쇄 드림기획 031-705-3812

표지 2 디토닉

표지 3 한국공학교육인증원

표지 4 효성

학회 사무국 직원별 담당 연락처 ☎ 02-553-0151~7)

사무국장

김정훈 : 업무총괄, 하계학술대회, D부문의, 산업전기응용부회
electran@kiee.or.kr ☎ 0156

경영지원팀

팀장 이상필 : 총무, C부문의
elecproc@kiee.or.kr ☎ 0152

팀원 서영은 : 회원관리, 교육사업, 본부산하 연구회·위원회
account@kiee.or.kr ☎ 0155

팀원 최순례 : 재무회계, 정보화
member@kiee.or.kr ☎ 0154

편집팀

팀장 송호석 : 국문논문, 국문논문, E부문의
elecjour@kiee.or.kr ☎ 0153

팀원 전필준 : 학회지, A부문의, 연구용역
jun@kiee.or.kr ☎ 0157

팀원 박소희 : 영문논문(JEET), B부문의, 국제, 여성과학기술위원회
jeet@kiee.or.kr ☎ 0151

학회장 임기를 마치면서(이임사)



대한전기학회 회장
이건영

존경하는 회원 여러분 안녕하십니까?

계묘년(癸卯年) 새해맞이 인사로 “에너지 신기원을 여는 젊은 그대 대한전기학회”라는 슬로건과 함께 올 한해 모두 열심히 나아가자는 다짐을 했는데, 벌써 1년이 지났습니다.

금년 한 해 동안 우리 모든 회원들의 적극적인 참여와 노력으로 학회에 주어진 역할을 성실히 수행하면서 많은 결실을 거두었다고 생각합니다. 특히 코로나 종식과 함께, 올해는 대한전기학회가 100주년을 향해 지속 성장할 수 있도록 “젊은 학회, 산학연이 상생하는 집단지성의 메카”가 되기 위한 역점사업들을 진행하였습니다.

첫 번째로 KYACC(KIEE-Young Analysts Competency Consultant, 젊은 분석가 역량 자문단)을 조직하여 젊은 분석가(YA)와 역량자문단(CC)을 발굴하는 시스템을 구축하여 학회의 미래를 위한 토대를 다졌습니다. 하계학술대회 기간에 ‘KYACC 포럼’을 개최 하였습니다. 학부생 및 석·박사생으로부터 졸업 후 진출하고자 하는 회사의 직무 분야에 대한 정보 수집 및 보유 역량 분석 자료를 만들도록 하였으며, 이를 기반으로 관련 회사의 전문가를 확보하여 분석 자료에 대한 질문을 하도록 함으로써 학회를 중심으로 구인·구직 문제를 동시에 해결하는 기틀을 마련하였습니다. 전국 대학을 대상으로 프로그램에 참여하는 YA(대학생) 33명을 선발하고 국책연구기관, 공기업, 제조업, 에너지기업, 모빌리티기업 등 10개 CC(지도교수와 기업실무자)를 선정해 YA와 CC를 연계하였습니다. KYACC은 청년 일자리 네트워크 플랫폼 구축의 첫 출발이며, 취업 현장과 사회로 뛰어드는 학생들 사이의 눈높이 차이를 최소화 하여 젊은이와 산업계가 함께하는 전기학회가 되는 기반이 될 것입니다.

두 번째로 탄소중립이라는 시대적 소명에 따른 사회적 책무를 다하기 위하여 3대 학회 공동으로 “탄소중립을 위한 여정: 원자력과 신재생, 미래 전력망 주력 전원으로로서의 역할과 책임”이라는 제목으로 특별 좌담회를 개최하였습니다. 대한전기학회, 한국원자력학회, 한국신·재생에너지학회 학회장들이 직접 패널로 참여하여 미래 전력망의 주력 전원으로 자리 잡을 원전과 재생에너지에 대한 시대적 요구가 무엇이며, 극복해야 할 사항이 무엇인가에 대하여 논의 하였습니다. 이 좌담회를 기점으로 전기학회가 에너지라는 관점에서 유관 학회들과의 기술적·정책적

이해를 넓혀가는 계기가 되었으며, 앞으로도 에너지와 관련해 유관 학회들과 상호 협력하고 융합함으로써 올바른 에너지믹스를 만들어 가는데 일조하는 학회로 거듭나게 되었습니다.

세 번째로 하계학술대회 기간에 전기 산업계의 인력 확충을 목표로 학생들과 산업계가 함께하는 새로운 장을 마련하였습니다. 6대 대기업(LG전자, 현대모비스, 현대엔지비, LS일렉트릭, HD현대일렉트릭, 효성중공업)의 인사채용 부스, 종합건설사 및 전기협의회 주관의 인력양성 프로그램을 운영하여 많은 학생들이 기업과의 상담을 통해 취업 준비를 하며 보완해야 할 부분들을 알아갈 수 있는 기회의 장을 마련했습니다. 더불어 CF인력양성 워크샵에서는 탄소중립 분야의 인력양성 계획 및 진행상황에 대해 각 기관과 학교의 상황을 논의하는 시간을 가짐으로써 학회가 학술교류 및 전문가 집단의 정보교류라는 차원을 넘어 탄소중립시대를 대비하는 인력양성에 신기원을 마련하였습니다.

또한, 그동안 비정기적으로 산업계 회장을 추대해 온 우리 학회는 지난 연말 정관 일부 개정을 통하여 2024년부터는 3년 주기로 산업계 출신의 회장을 추대하는 내용을 명문화하였고, 년 초에 산업계 회장 추대위원회를 발족하였습니다. 추대위원회의 열정적인 활동으로 지난 11월에 2024년도 차기회장으로 산업계 인사를 추대 및 선출하였으며, 이를 통해 산·학·연이 한 자리에 어우러지는 조직으로 재탄생하게 되었습니다.

이 밖에도, 외국 학회와의 국제교류를 증진하여 학회의 국제적인 위상을 제고하는 사업도 추진하였습니다. 본부 국제학술행사인 ICEE 2023이 개최되는 홍콩에 참석하였으며, 일본 전기학회(IEEJ) 초청에 따른 Keynote Speech, 각 부문 회장으로 구성된 대표단 회의 참석 등 국내외 주요 이슈와 관련된 Keynote Speech를 경청하며 학술 및 교류에 큰 성과를 올렸습니다. 마지막으로 12월 인도공학기술학회의 초청으로 전기학회 대표단이 참석하여 국제교류 증진에 좀 더 나아갈 예정입니다.

마지막으로 올해는 학회 외연을 확장한 시기이기도 합니다. 그동안 5개의 부문회로 구성된 전기학회가 6개의 부문회가 되는 한해가 되었습니다. 현 산업전기응용부회는 산업계와 학계가 활발한 학술활동을 하여 여섯 번째 부문회로 승격 되었으며, 앞으로 전기학회의 보다 활발한 산·학·연 발전의 기반을 마련해 줄 것을 기대합니다.

대한전기학회의 발전은 회장단을 비롯한 이사님들과 사무국만으로는 결코 쉽게 이룩할 수 없는 일이라고 생각합니다. 존경하는 회원 여러분의 적극적이고 주도적인 참여와 헌신이 전기학회의 더욱 더 큰 발전을 이끌 것임을 다시 한 번 확인하는 한해였습니다. 정말 바쁘신 중에도 소중한 시간을 투자하여 대한전기학회의 발전에 헌신하고 계시는 총무, 재무, 기획정책, 회원교육, 편집, 학술, 국제, 사업, 산학협동, 홍보 등의 모든 이사들, 그리고 각 부문회 이사들, 위원회 및 연구회 위원들께 다시 한번 감사의 말씀을 드립니다. 앞으로도 대한전기학회의 무궁한 발전과 함께 회원 여러분의 행복을 기원하고, 변함없는 성원과 지원을 부탁드립니다.

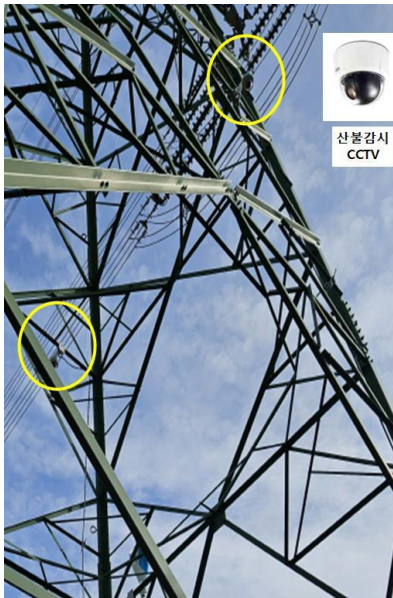
감사합니다.

2023년도 대한전기학회 회장 이진영 배상

전기계 뉴스



한전, 첩탐에 '눈' 달아 산불 예방하고 백두대간 생태계 지킨다 지능형 재해 환경 모니터링 시스템 설치



시험첩탐에 설치된 동물 모니터링용 CCTV(노란색 원 안쪽) 및 확대 이미지. (제공=한전)

한국전력은 가을철 산불 조심 기간을 맞아 20일부터 '지능형 재해 환경 모니터링 시스템'을 경북 울진지역 송전첩탐 2개소에 설치하고 시범운영을 시작했다고 밝혔다.

한전은 송전첩탐이 우리나라 지형 및 송전선로 특성상 산악지 통과가 불가피한 점을 고려해 2023년 3월에 이 시스템을 자체 개발했다.

'지능형 재해 환경 모니터링 시스템'은 AI 기술을 통해 CCTV에 촬

영되는 영상을 자체적으로 인식 분석해 산불, 산사태 등 재해 상황 발생시 한전과 관계기관에 자동으로 알려주는 시스템으로, 산불 감시기능과 함께 멸종위기종 등 생태계 모니터링 및 산사태 징후 감지 기능도 갖추고 있어 산불예방과 환경보전에 큰 도움이 될 것으로 기대된다.

이 시스템은 자체 개발한 AI 알고리즘의 영상 식별기능으로 산불을 인식하는데, 총 13만 장의 관련 이미지 딥러닝을 통해 산불 연기처럼 보일 수 있는 구름, 야간의 자동차 헤드라이트 등 유사 이미지를 구분할 수 있는 능력을 갖췄다.

또한 산양 등 멸종위기종인 동물들의 인식 기능이 있어 강원 경북지역에 서식 중인 산양의 생태특성 연구에도 활용할 수 있다.

또한 산사태 변위 측정 센서를 활용해 산사태 징후 감지 정보를 실시간으로 받아 신속한 대응으로 인명 재산 피해를 최소화할 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로 한전은 1년간 시범운영을 한 후 보완해 현재 건설 중인 500kV HVDC 동해안-신가평 송전첩탐 약 20개소에 확대 적용할 예정이다. 아울러 이 시스템에서 취득하는 실시간 화상정보 및 재해경보를 산림청, 환경청, 지자체 등 관계기관과 공유해 적극적으로 산불 피해 예방 및 환경 보전에 앞장서기 위해 노력할 계획이다.

남동발전, 해외에서도 온실가스 감축 힘보탠다 환경공단 온실가스 국제감축사업 추진 지원사업 선정

남동발전이 온실가스 국제감축사업을 추진한다.

15일 한국남동발전(사장 김회천)은 서울 코트야드 메리어트 호텔에서 한국환경공단과 '온실가스 국제감축사업' 지원을 위한 업무협약을 체결했다고 밝혔다.

이번 협약식에는 남동발전 외 공모에 최종 선정된 25개 기업 관계자들이 참석했다.

온실가스 국제감축사업은 감축기술에 대한 투자 및 시설설치 등을 통해 국외에서 온실가스를 감축하고 해당 감축실적 중 일부를 국내로 이전하는 사업이다.

남동발전은 지난 9월 환경공단의 온실가스 국제감축사업 공모에 대한 이앤씨, LG화학, 케이파워에너지와 함께 컨소시엄을 구성·참여해 1차 서류심사와 2차 발표평가를 통해 최종 지원사업으로 선정됐다.

남동발전이 추진하는 공모 참여사업은 화석연료를 사용하는 산업용 스팀보일러를 바이오매스 고체연료 전용 보일러로 교체하는 연료전환 온실가스 감축사업으로, 사업 대상자인 베트남에서 해당 사업에 대한 예비타당성조사를 수행할 계획이다.

정동진 남동발전 기후변화대응부장은 "올해 3월 정부가 발표한 제1차 국가탄소중립·녹색성장 기본계획에서 2030 국가 온실가스 감축목표



업무협약에 참석한 기관관계자들이 기념촬영을 하고 있다. (제공=남동발전)

(NDC) 달성을 위한 국제감축 목표를 기존 3350만t에서 3750만t으로 상향한만큼 국내 기업들의 활발한 참여가 더욱 중요해졌다"며 "남동발전은 정부, 기업 등과 함께 적극적인 온실가스 감축사업을 발굴해 국가 탄소 중립 달성에 기여하겠다"고 말했다.



전기계 뉴스



동서발전, 소양강댐서 8.8MW 수상태양광 준공 주민참여형 사업으로 지역주민이 출자... 연간 11.7GWh 청정에너지 생산



소양강댐 상류에 설치된 양구 수상태양광 전경. (제공=동서발전)

동서발전이 소양강댐에서 8.8MW 수상태양광 공사를 마무리했다.

한국동서발전(사장 김명문)은 한국수자원공사(사장 윤석대)와 소양강댐 상류에 8.8MW 양구 수상태양광 건설공사를 성공적으로 마무리하고, 강원특별자치도 양구군 수인리 발전부지에서 준공식을 최근 열었다고 10일 밝혔다.

동서발전과 수자원공사는 지난 3월 양구 수상태양광 건설을 위한 특수목적법인(SPC)을 공동으로 설립·착공하고 10월 준공했다. 양구 수상 태양광은 댐 수면에 설치하기 때문에 산림훼손이 없고, 태양광설치에 따른 차광효

과로 수분 증발을 줄여 소양강댐 수량 유지 및 수질 향상에 도움이 될 전망이라는 게 동서발전 측의 설명이다.

양구 수상태양광은 '주민참여형 사업'으로 수인리 지역주민이 주주로서 출자에 참여했다. 이를 통해 연간 약 11.7GWh 전기를 생산해 약 4141가구에 청정에너지를 공급할 예정이다.

이는 매년 약 1만 8580배럴 원유를 수입하거나 소나무 88만8000그루를 심는 것과 동일한 약 5350t의 온실가스 감축 효과가 있다. 또한 태양광 발전소에 양구군 군화인 살구꽃무늬 디자인을 적용해 지역의 새로운 관광명소가 될 것으로 기대된다.

김명문 동서발전 사장은 "양구 수상태양광은 공기업과 민간기업이 협력하여 지역주민에게 이익을 환원한다는 데 의미가 있다"면서 "앞으로도 청정에너지 공급으로 탄소 중립을 실현하고 지역주민과 공존하는 친환경 발전사업을 추진하겠다"고 말했다.

한편 준공식은 오테한 동서발전 재생에너지처장, 한기호 양구군 국회의원, 서흥원 양구군수, 이윤범 환경부 원주지방환경청장, 김종우 LS일렉트릭 사장, 류형주 수자원공사 부사장, 이문선 수인리 이장 등 주요 관계자들과 지역주민 약 150여 명이 참석했다.

중부발전, 민간에 ESG경영 지원 중소기업·벤처기업 등에 기업수준 진단 및 친환경 설비 구축 도와



동서발전 본사 전경. (제공=동서발전)

중부발전이 민간에 ESG경영 달성을 지원했다.

20일 한국중부발전(사장 김호빈)은 민간의 성공적인 성장을 위한 공공기관의 적극적인 역할과 ESG경영 확산을 주도하기 위해 중소기업 벤처기업의 친환경 설비 구축, ESG경영 수준 진단평가 등을 지원했다고 밝혔다.

이번 사업은 충남창조경제혁신센터와 업무협약을 통해 민간의 창업 초기 단계에 있는 기업의 지속가능성을 모색하기 위해 추진됐다는 게 중부발전 측의 설명이다. 기업의 ESG수준 진단평가, ESG교육 수강, 친환경 설비 구축에 참여한 기업은 총 15개사이다.

참여 기업은 이번 사업을 통해 친환경 기술투자, 상생협력, 윤리경영 등

ESG 핵심이슈에 대한 기업수준을 진단하고 효과적인 ESG경영의 기준을 제시받았다. 참여기업 직원 대상 중대재해 대응전략, 중소 수출기업 ESG 평가 대응 등 관련 교육을 통해 ESG경영 실무 능력을 제고하는 기회도 얻었다.

아울러 설비구축 타당성 평가를 통해 선정된 5개사에는 냉 난방기, 집진기 등 친환경 설비구축을 지원함으로써 ESG경영 추진 과정에서 발생할 수 있는 환경설비 투자 지연을 해소했다.

ESG관련 경쟁력을 확보하지 않은 중소기업 등은 공급망 ESG평가에서 리스크가 높을 수밖에 없다. 이와 관련 단기실적 중심의 의사결정이 아닌 중소기업이 ESG경영 기반을 구축하는 중장기적인 경쟁력 확보를 위해 중부발전이 나선 것.

김호빈 중부발전 사장은 "중부발전은 ESG경영을 선도하는 발전 공기업으로서의 경험과 노하우를 민간에 적극적으로 확산할 예정"이라며 "앞으로도 협력기업 뿐만 아니라 민간의 스타트업 기업들이 ESG경영을 함께 실천할 수 있도록 최선을 다하겠다"고 말했다.

서부발전, 지역 취약계층의 따뜻한 겨울나기 도와 태안군 내 장애인 30가구 대상으로 재난대비 시설점검



지역내 취약가구를 대상으로 한 재난안전 점검에 참여한 기관 관계자들이 기념촬영을 하고 있다. (제공=서부발전)

서부발전이 지역 내 취약계층이 안전한 겨울을 보낼 수 있도록 재난안전 점검에 나섰다.

17일 한국서부발전(사장 박형덕)은 장애인복지관, 서해에너지, 자회사 코웨이서비스 등 유관기관들과 함께 태안군 내 거

주하는 장애인 30가구를 대상으로 겨울철 재난예방을 위한 안전점검을 최근 시행했다고 밝혔다.

이번 사업은 'WP-안전드림' 프로젝트의 일환으로, 지역주민들이 안전하고 따뜻한 겨울을 보낼 수 있도록 지원하는 것이다. 지난 7월 재난안전용품 지원에 이어 겨울철 추위 발생하는 화재, 폭설, 한파 등에 대비한 시설점검 활동이다. 유관기관에서 분야별 전문가가 각 가정을 방문해 가스, 전기, 주거시설 등을 점검했다.

서부발전 관계자는 "이번 지원사업을 통해 지역내 장애인들이 따뜻하고 안전한 겨울을 보낼 수 있길 바란다"며 "앞으로도 재난용품 지원은 물론 재난 체험교육과 안전 점검을 지속적으로 추진해 나갈 계획"이라고 말했다.



기획시리즈

컴퓨터지능 및 지능시스템연구회 소개 및 기술동향

지능형 사물인터넷을 활용한 스마트 에너지 기술 동향
생성형 AI를 넘어 AGI 시대로
무선 센서 네트워크에서의 기계학습 활용 방안 및 사례

컴퓨터지능 및 지능시스템연구회 소개 및 기술동향



정중진 교수
대진대학교 AI융합학부,
정보 및 제어부문회 학술이사,
컴퓨터지능 및 지능시스템연구회 위원장



4차산업혁명 시대가 본격화되고 있는 시점에서 글로벌 국가들은 국가의 경쟁력을 갖추는데, 더 나아가서는 전체 산업시스템을 한 차원 업그레이드시킬 수 있는 핵심기술로서 인공지능(Artificial Intelligence)이 중요한 역할을 할 수 있다고 생각하고 있습니다. 따라서 인공지능 기술을 발전시키는데 국가적 역량을 집중하고 있으며, 이러한 추세는 우리나라의 경우도 마찬가지입니다. 저희 컴퓨터지능 및 지능시스템 연구회는 전기 분야에서 IT 기술을 기반으로 빅데이터 및 인공지능을 적용하여 전력제어를 비롯한 각종 전기운용 시스템에서 발생하는 대용량의 데이터 분석을 통해 프로세스 최적화, 상황인지를 통한 예지보전, 전력량 예측, 효율적 시스템 관리 등의 중요한 목표를 달성하는 연구를 활발하게 진행하고 있습니다. 이에 본 기획 시리즈를 통해 전기의 세계 독자들에 컴퓨터지능 및 지능시스템 연구회의 연구 분야와 일부 세부연구 내용에 대한 예를 소개하고자 합니다.

저희 연구회는 지능 및 제어(D) 부문에 속해 있으며, 약 120여 명의 회원으로 구성되어 있습니다. 매 학술대회마다 30편 이상의 논문발표와 국문/영문 학술지에 논문을 게재하는 등 활발하게 연구 활동을 수행하고 있습니다. 전기 분야에도 빅데이터 및 인공지능이 중요한 이슈가 됨에 따라 현재까지는 회원들의 개인적인

논문 및 프로젝트 수행 중심으로 연구회의 활동이 왕성하게 진행되고 있지만 향후에는 세부 연구모임 단위의 워크숍 개최를 비롯하여 산학 프로젝트 활동, 정기적인 연구회 세미나 등의 활동을 수행하려고 합니다.

컴퓨터지능 및 지능시스템 연구회의 연구 분야는 전기 분야에 적용하기 위한 다양한 컴퓨터공학 이론 및 알고리즘을 비롯하여 빅데이터 및 AI의 응용에 관한 연구를 집중적으로 수행하고 있습니다. 기 구축된 IT 기반 시스템 운용 시 발생하는 대용량의 데이터를 바탕으로 모니터링을 위한 빅데이터 분석을 시작으로 수치 데이터 중심의 머신러닝 모델을 개발하여 최적의 조건을 탐색하거나 시스템을 제어하는 연구와 소리, 이미지, 문장과 같은 복잡한 데이터를 바탕으로 딥러닝 기술을 적용하여 탐지 및 예측 모델을 개발하는 등의 고난이도의 연구를 수행하고 있습니다.

AI 분야는 1940년대 초기부터 현재에 이르기까지 선진국 중심으로 국가 차원의 지원을 바탕으로 폭넓고 깊이 있는 연구를 진행해 왔습니다. 우리나라 역시 90년대 초부터 학문 분야별로 주로 대학과 국책연구소, 일부 민간회사를 중심으로 연구하기 시작했습니다. 통계학 분야에서는 데이터 기반의 현상 분석, 컴퓨터공학 분야에서는 지식 기반의 탐색 및 전문가 시스템 구축, 전기공

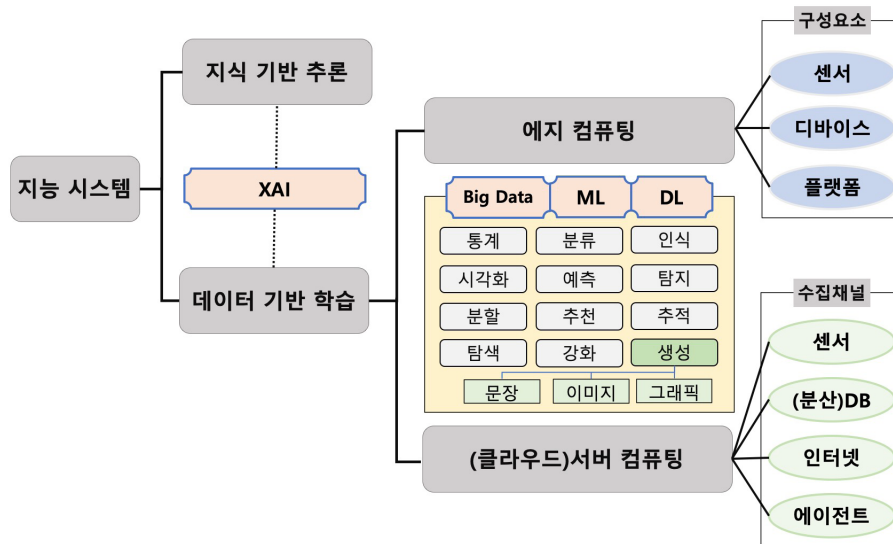


그림 1 지능 구현을 위한 접근방법 관점의 인공지능 학문영역

학 분야에서는 인공지능망 중심의 제어 및 최적화에 대한 연구를 주로 수행해 왔습니다. 이후 2016년 이세돌-알파고 바둑대전을 계기로 AI에 대한 관심이 폭발하면서 학습 기반의 머신러닝 및 딥러닝에 대한 연구가 집중되고 있는 상황입니다.

빅데이터 및 인공지능은 연구 분야가 광범위하지만 최근 연구 분야를 중심으로 분류하면 다음의 그림 1과 같은 연구 분야를 포함하고 있습니다.

- 지식 기반 추론
 - 지식 기반의 휴리스틱 탐색 및 계획 시스템
 - 논리 프로그래밍 및 추론
 - CBR(Case Based Reasoning)
 - 전문가 시스템 등
- 데이터 기반 학습
 - 빅데이터 분석 및 시각화, 대용량 데이터 저장 및 처리 기술
 - 센서 기반의 상황인지 기술
 - 에지 컴퓨팅 기반의 실시간 지능화 기술
 - 대용량 데이터 학습 기반의 머신러닝 및 딥러닝
 - 고성능 컴퓨팅 기반 병렬처리
 - 자연어처리 기반의 거대언어모델(LLM : Large Lan-

guage Model)

- 컴퓨터그래픽스와 생성AI를 결합한 이미지 생성 모델
- 멀티 모달 기반의 지능형 로봇틱스

- 지식 기반의 인과관계 AI와 학습 기반의 상관관계 AI를 결합한 XAI(eXplainable AI)

특히 최근 AI 분야에서 급속도로 발전하고 있는 생성AI(AGI : Generative AI)는 주목할 만한 성과를 내고 빠르게 비즈니스 세계로 확산되고 있습니다. 그림 2에서 볼 수 있듯이 다양한 수준과 규모의 LLM(Large Language Model)이 출시되어 API 또는 오픈소스 형태로 제공되고 있습니다. 대표적으로 OpenAI에서 개발하여 마이크로소프트 Bing에 ChatGPT를 통해 적용되고 있는 GPT-4, 구글에서 개발한 BERT-Bard-PaLM2-Gemini 라인, 메타에서 개발한 에지 및 클라우드 컴퓨팅용 LLaMA 버전 등이 있습니다.

뿐만 아니라 글로벌 빅테크 기업을 비롯한 대학 연구소를 중심으로 Midjourney, Stable Diffusion, Dali-e3 등의 고품질 이미지를 생성할 수 있는 생성AI를 출시하면서 AI의 발전을 가속화하고 있습니다. 최근에는 LLM과 같은 자연어 생성 AI와 이미지 생성 AI들이 서로 결합하여 멀티 모달 환경에서 복합적인 콘텐츠를 생성

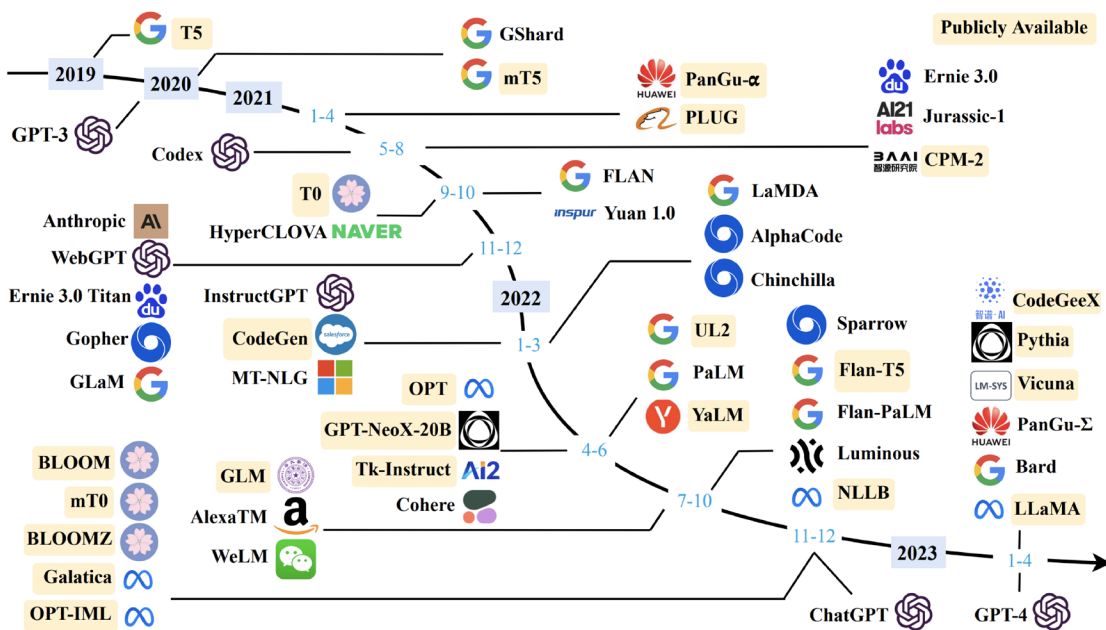
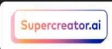
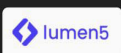
출처 <https://arxiv.org/abs/2303.18223>

그림 2 주요 LLM 모델

Video			
Images			
Text			
Research			
Design			
Presentations			
Audio			
Productivity			

출처 2023 Buy Me a Coffee

그림 3 유용한 시도구들

해주는 도구로 진화하면서부터 일부 전문가 그룹 중심에서 일반인 중심으로 생태계가 빠르게 확대되고 있습니다.

그림 3에서 보여주는 바와 같이 생성AI를 응용한 어플리케이션 개발과 비즈니스 모델에 대한 연구도 많은 관심을 끌고 있습니다. 이러한 추세에 힘입어 전기공학 분야에서도 기존의 IT 기반의 시스템 구축 및 운용 차원에서 벗어나 시스템 운용 시 발생하는 대용량의 다양한 데이터를 바탕으로 머신러닝 및 딥러닝 기술을 응용해서 큰 성과를 만들어 내고 있는 것입니다.

저희 컴퓨터지능 및 지능시스템 연구회는 AI 원천 기술 및 응용 기술에 대한 연구를 토대로 기존의 정보화 시스템을 지능 시스템으로 진화시키기 위한 방향을 선도하고 있습니다. 따라서 저희 연구회는 지능 시스템 기술에 관심을 가지고 계시는 산·학·연·병·관 전문가들과의 적극적인 네트워킹과 유기적인 협력을 통하여 관련 분야를 선도해 나갈 수 있도록 최선의 노력을 기울이겠습니다. 연구회 차원의 학술대회를 비롯하여 독립 단위의 소규모 워크숍, 학술 세션까지 많은 분들의 참여를 원합니다. 회원 여러분들의 많은 관심과 응원, 더 나아가서 적극적인 참여를 부탁드립니다.

지능형 사물인터넷을 활용한 스마트 에너지 기술 동향

Technology Trends of Smart Energy Field using AIoT

이준열 | 디토닉 주식회사

Lee, Junyoul | Dtonic Co.



요약

최근에 지능형 사물인터넷(AIoT; Artificial Intelligence of Things)의 기술 발전은 여러 분야에서 급속도로 성장하였다. AIoT는 기존의 사물인터넷(IoT)과 달리 스마트 엣지 컴퓨팅이라는 시장 수요에 따라 소장 엣지 장비에 효과적인 AI 기술을 탑재하여 실시간으로 현장을 분석하고 처리할 수 있는 기능을 제공한다. 스마트 에너지 분야에서도 스마트 빌딩, 스마트 공장, 스마트 발전소 등의 영역에서 에너지 절감 및 탄소 저감을 위한 실시간 분석 및 제어 기술에 활용되고 있으며, 이에 관한 기술 동향을 알아보고자 한다.

Abstract

Recently, technological developments in the intelligent Internet of Things (Artificial Intelligence of Things) have grown rapidly in many fields. Unlike the existing Internet of Things (IoT), AIoT provides the ability to analyze and process the field in real time by equipping edge equipment with effective AI technology in accordance with the market demand for smart edge computing. In the smart energy field, it is being used for real-time analysis and control technology for energy saving and carbon reduction in areas such as smart buildings, smart factories, and smart power plants, and we will look into technology trends related to it.

1. 서론

AIoT(Artificial Intelligence of Things)는 사물인터넷(Internet of Things(IoT)과 인공지능(Artificial Intelligence)이 결합한 단어이다. 사물인터넷을 통해 수집된 데이터를 인공지능이 분석하는 융합 기술로 5G/6G, 빅데이터, 블록체인, 클라우드 등의 기술이 결합하여 더욱 신속하고 능동적이며 지능적인 서비스를 제공하도록 구현하는 것을 목적으로 한다. 이에 따라 AIoT는 4차 산업혁명에서의 주요 특징 중 초연결성(Hyper-connectivity), 초지

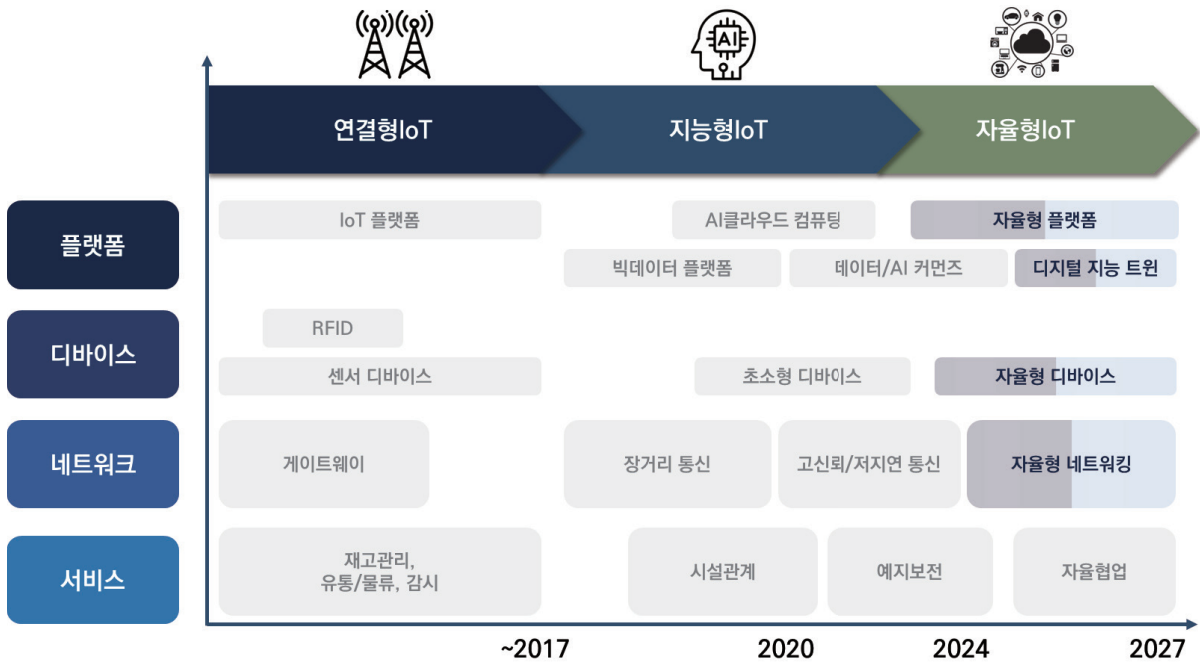
능성(Super-intelligence), 초융합성(Hyper-convergence)의 성격을 띠고 있다.

ETRI(2012) 보고서에 따르면 IoT 기술은 표 1과 같이 3단계로 발전할 것이다[1]. 1단계인 연결형 IoT(Connectivity IoT)는 사물-사물, 사람-사람 등의 연결이 주목적이며 현재까지 이를 구현 완료하였다. 2단계인 지능형 IoT(Intelligence IoT)에서는 클라우드나 인공지능 기술을 결합하여 데이터 기반의 의사 결정을 지원하도록 정의하였으며, 현재 이를 위한 기술이 활발히 진행되고 있다. 마지막 3단계인 자율형 IoT(Autonomy IoT)는 융합 기술을 이용

표 1 사물인터넷의 발전 단계별 특징 및 비교

출처 ETRI, 2021-09 ETRI Insight 표준화 동향 일부 재구성[3]

분류	1단계 : 연결형 IoT (Connectivity IoT)	2단계 : 지능형 IoT (intelligence IoT)	3단계 : 자율형 IoT (Autonomy IoT)
적용기술	무선통신, 연결관리	인공지능, 빅데이터, 클라우드 컴퓨팅	인공지능, 사물지능, 엣지컴퓨팅
결정주체	인간	인간, 클라우드 지능	인간, 클라우드 지능, 사물(협업) 지능
초점	사물의 연결	클라우드 기술 진화, 인공지능 융합	지능 사물간 협업, 인간 개입 최소화



출처 정보통신기획평가원(2020)

그림 1 AIoT 기술의 국내 발전 로드맵

한 분산 협업과 사물의 지능화를 통해 유연한 의사 결정을 추구 하며, 사람의 개입을 가능한 한 최소화하도록 설계되었다.

그림 1과 같이 지능형 IoT(AIoT)는 빅데이터 플랫폼 및 AI 클 라우드 컴퓨팅을 기반으로, 초소형 디바이스에 5G/6G 등의 장 거리/고신뢰 통신 기술을 결합하여 서비스를 구현하도록 추진되 고 있다. 이에 대한 활용 영역으로는 시설 관제 및 예지 보전 등의 서비스가 중심이 될 전망이다[2].

자율형 IoT는 △ 24시간 무중단 운영으로 이상 감지나 대응 을 목적으로 하는 제조, 운송 등의 산업 분야에 최적화된 산업용 IoT(IIoT, Industrial Internet of Things), △ 의료 기기 정보나 건강 관리 기능을 연계하여 의료 데이터를 관리하는 IoMT(Internet of Medical Things), △ 질병 예방 및 건강 강화를 위한 목적으로 건 강관리 서비스를 제공하는 IoHT(Internet of Health Things) 등

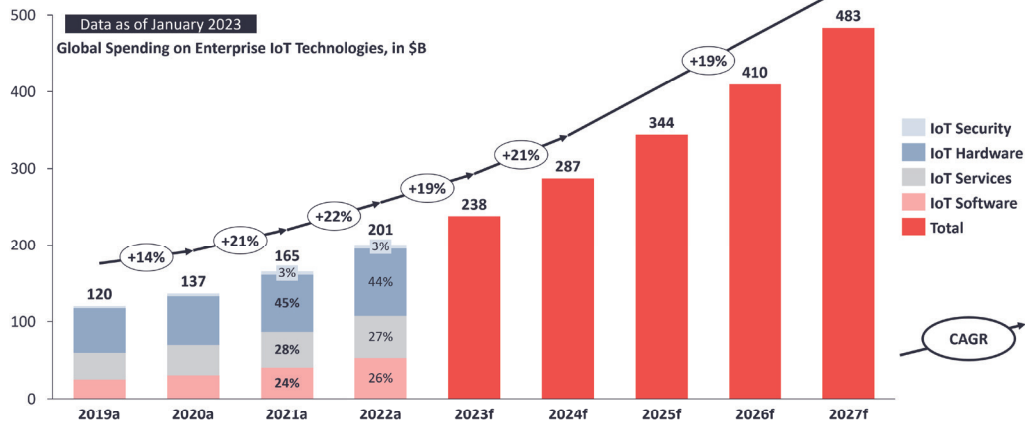
의 서비스에 활용될 전망이다.

이제 현재 당면하고 있는 국제적 탄소 저감 문제 및 에너지 활 용 효율을 극대화하고 에너지 낭비를 최소화하기 위해 지능형 IoT 또는 자율형 IoT 기술이 어떻게 적용 및 연구되고 있는지 여 기서 알아보고자 한다.

2. 지능형 사물인터넷의 시장 전망

그림 2와 같이 IoT Analytics에서 발표한 자료에 따르면 2023 년 기준 2,380억 달러(한화 약 318조 2,060억 원)로 예측되던 시 장 점유율은 2027년 기준 4,830억 달러(한화 약 645조 7,710억 원)에 육박할 것으로 전망하고 있다. 이 중 사물인터넷 하드웨어 시장의 비중은 약 44~45%를 차지할 것이며 소프트웨어 및 서비

Enterprise IoT market 2019–2027



Note: IoT Analytics defines IoT as a network of internet-enabled physical objects. Objects that become internet-enabled (IoT devices) typically interact via embedded systems, some form of network communication, or a combination of edge and cloud computing. The data from IoT-connected devices is often used to create novel end-user applications. Connected personal computers, tablets, and smartphones are not considered IoT, although these may be part of the solution setup. Devices connected via extremely simple connectivity methods, such as radio frequency identification or quick response codes, are not considered IoT devices. a: Actuals, f: Forecast
Source: IoT Analytics Research 2023. We welcome republishing of images but ask for source citation with a link to the original post or company website.

출처 IoT Analytics, Enterprise IoT market 2019-2027, January 2023

그림 2 2019-2027 엔터프라이즈 IoT 시장 전망

표 2 AIoT 적용에 관한 국내 산업 동향

출처 정보통신기획평가원, “지능형 사물인터넷 산업 동향”, 2020)

구분	제조	물류	공공	건설/주거/에너지	헬스케어
활용방안	스마트 팩토리	스마트 물류센터	스마트 홍수 관제 시스템 스마트 가로등	스마트 건설 스마트홈	스마트 헬스케어
활용분야	· 생산 : 디지털 트윈, 반복 업무 자동화 · 안전 : 지능형 모니터링 시스템 · 관리 : IIoT	· 유통 : IoT 식품 공급망, IoT 자율 추적 시스템 · 운반 : 자율주행 운반차 (AGV, AMR) · 배송 : 무인택배함	· 사회기반시설 : 스마트 홍수 관제 시스템, 스마트 가로등 · 공공교통 : 초정밀 위성 항법 시스템 (RTK-GNSS)	· 설계 : BIM · 안전 : 스마트 헬멧, 스마트 안전 조끼 · 주거 : 스마트홈 · 에너지 : HEMS, BEMS, FEMS	· 의료 : P-HIS, AIoMT, 지정인 활동상태 관리/ 분석 · 생활보건 : 웨어러블 디바이스
기대효과	· 설비기기에 IoT 접목, 불량률 최소화 · CCTV에 AI 접목 작업자의 사고예방 · 디지털 트윈기술로 IoT가 연결된 세계 어디에서도 생산 가능하여 장비가동 효율 증대	· 식품 공급망 추적을 통한 식품의 안전성 보장 · 자동운반 장비 적용을 통한 최적의 물류 배송관리 및 생산성 향상 · 운송, 장비 가동 효율 증대	· 상수도 관리 시설에 IoT망 도입, 관제를 통한 홍수 예방	· 3D 설계 및 VR을 통한 생활 동선 최적화 설계 · 건설작업 안전 도구에 IoT 접목하여 작업자 사고 예방 · 사용 에너지를 지능적으로 측정, 조절하여 효율적 관리	· 원격 지능형 치료를 통한 효율적 환자관리 · 웨어러블 디바이스를 통한 상시 건강 체크 · 의료관리의 자동화로 부족한 의료 자원 문제 해결과 효율적 관리 가능

스 시장은 52~54%의 비중을 차지할 것으로 전망된다. 특히 소프트웨어는 실시간 현장 자료수집을 통한 초지능성과 초융합성의 효용 가치를 특히 강조하였다.

표 2와 같이 국내 지능형 IoT(AIoT)를 활용한 분야는 스마트 제조, 스마트 물류, 스마트 공공, 스마트 건설/주거/에너지, 스마트 헬스케어 등 다양하게 응용되었다. 스마트홈 또는 스마트 건설 영역에서는 AIoT를 활용하여 에너지를 실시간으로 측정하고 지능적으로 활용하기 위한 원격 HEMS(Home Energy Management

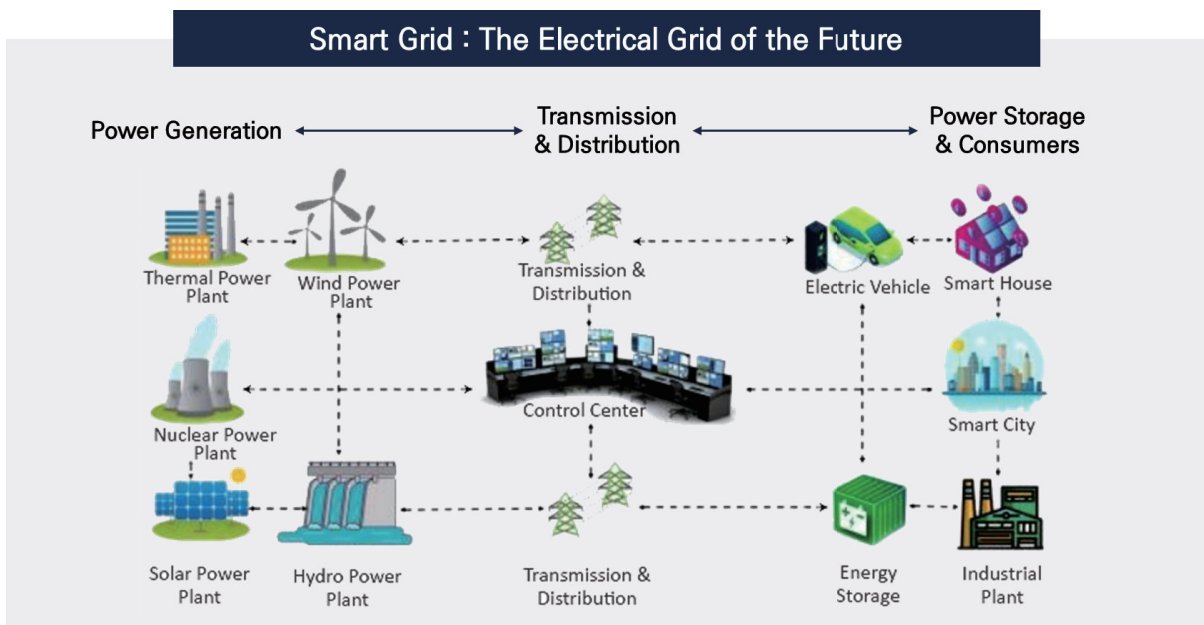
System), BEMS(Building Energy Management System) 등의 솔루션이 제시되었다.

표 3은 현재 수준은 AIoT 활용 단계로, 융복합된 빅데이터를 학습한 인공지능 기술을 AIoT 장치에 배포하여 단순 모니터링 및 원격제어를 쉽게 할 수 있도록 지원하는 서비스를 제공하는 수준에 있다. 그러나 이는 자율형 IoT 기술로 발전하게 되어 AIoT 장비들이 스스로 초연결을 이루고 상호 간 업무를 자동 조율하는 형태로 발전하여 사람의 개입을 최소화하도록 진화할 전망이다. 이

표 3 지능형 IoT 및 자율형 IoT의 국내 ICT R&D 추진 방향 제시

출처 정보통신기획평가원, "ICT R&D 기술로드맵 2025 통신·전파", 2020

분류	As-Is	To-Be
서비스	단순 모니터링 및 원격제어 대응서비스	사람개입이 최소화된 실시간 자율대응 서비스
플랫폼	데이터 학습기반 예측을 수행하는 클라우드 중심의 지능형 IoT 플랫폼	지능 사물을 중재·조정해 임무를 수행하는 사물 중심의 자율형 IoT 플랫폼
네트워크	단순한 연결 중심의 저전력, 장거리 IoT 네트워크	디바이스 간 자율 연결을 제공
디바이스	센서를 이용해 수집한 데이터를 서버로 전달하는 디바이스	다양한 센서를 이용해 수집한 데이터를 스스로 학습·추론하고 상호 협업하여 임무를 수행하는 자율형 디바이스



출처 Circuit Digest 2022[5])

그림 3 스마트 그리드: 전기 그리드의 미래 모습

는 AIoT 기기에게 역할과 임무를 배정하면 자율적인 판단과 주변 AIoT의 협조를 통해 자율형 IoT 서비스를 제공할 수 있는 방향으로 기술을 개발하도록 국내 연구개발 로드맵이 수립되었다[4].

3. 안정적 전력 공급 대책을 위한 스마트 그리드 기술 동향

스마트 그리드는 현재 그리드의 기능 강화를 통해 더욱 안전하고, 신뢰할 수 있으며, 효율적으로 자급자족할 수 있도록 기존 전력 그리드와 양방향 통신 및 디지털 감지 기술을 통합한 것이다. 스마트 그리드는 DISCOM¹⁾에 다양한 매개변수를 모니터링하고

오류 및 정전을 방지하려는 예방조치를 취할 수 있는 기능을 제공한다. 또한, 스마트 그리드 기술을 사용하면 소비자가 원격으로 장치를 제어하고 에너지 소비를 측정하여 에너지 소비를 크게 줄일 수 있다[5]. 그림 3은 에너지 공급 및 유통을 위한 스마트 그리드의 모습을 보여주고 있다.

전 세계는 기술의 발전으로 화석 에너지의 수요 증가에 따른 대기 오염 증가를 억제하기 위해 재생 가능 에너지 발전을 채택했으며, 이로 인해 분산 에너지 자원을 통한 발전량이 증가했다. 이는 탄소 배출량이 적기 때문에 환경에 매우 유익하지만, 현재 그리드에 적시에 필요한 에너지를 공급할 수 없다는 부정적인 점이 존재한다. 이에 그리드의 효율성을 향상하고 에너지 손실을 줄여 소비자의 에너지 비용을 최소화할 수 있도록 하는 기술 개발

1. DISCOM(Distribution Companies) : 에너지 생산자와 가정을 연결하여 에너지 유통을 담당하는 회사

이 필요하다.

AIoT 또는 자율형 IoT 시대에서의 에너지 소비자들은 가정 및 전기차 등 전기를 누구로부터 공급받고 누구와 공유할지, 어떻게 전기를 소비할 것인지 등을 스스로 결정해야 한다. 또한 에너지 생산 및 공급 업체는 에너지 창출부터 소비에 이르기까지 에너지 유통 전반에 걸쳐 AIoT를 최대한 활용해야 한다.

특히 에너지 영역에서의 디지털화(Digitization), 탈중앙화(Decentralization), 파괴적 혁신(Disruption)이라는 스마트 그리드 업계의 3대 주요 기술 동향은 AIoT의 활용 가치를 빠르게 높이고 있다. SAS Korea에서는 위의 세 가지 기술 동향이 전기 그리드에 가져오는 이점과 사물인터넷의 역할을 아래와 같이 하나씩 살펴보았다[6].

1) 디지털화(Digitization) : 오늘날 전기 그리드는 생산되는 모든 전력을 소비할 수 없는 비효율 이슈가 가장 큰 문제이다. 이 전력 중 일부는 자연적으로 손실되지만, 나머지는 시스템이 제대로 작동하지 않는 전력 공급 중단으로 인해 발생한다. 후자는 AIoT를 활용하여 에너지 손실이 발생하기 전에 문제를 예측하고 방지하도록 시스템을 개선할 수 있다. AIoT를 활용하여 수집되는 디지털 정보 체계는 에너지 낭비를 예방하기 위한 중요한 기초를 만들 것이다.

2) 분산화(Decentralization) : AIoT 기술은 태양열, 풍력, 배터리와 같은 분산된 에너지 자원을 통합하는 데 도움을 준다. 최근의 AIoT 기술은 현재의 전기 그리드를 빠르게 연결해 가고 있다.

3) 파괴적 혁신(Disruption) : AIoT 기기와 데이터를 기반으로 더 많은 DISCOM 업체들이 전력 시장에 참가할 수 있다. 이미 태양열 공급 업체가 등장했고, 전기차 인프라가 확장됨에 따라 다양한 유형의 DISCOM 업체가 더욱 확대될 것으로 예상된다. 미국의 경우 에너지 유틸리티 업체들의 생성으로 더욱 경쟁력 있는 에너지 공급 포트폴리오를 제공하여 고객 유치에 강점을 가질 것이고, 에너지 소비자들은 본인에게 가장 유리한 에너지 소비 방법을 선택하게 될 것이다.

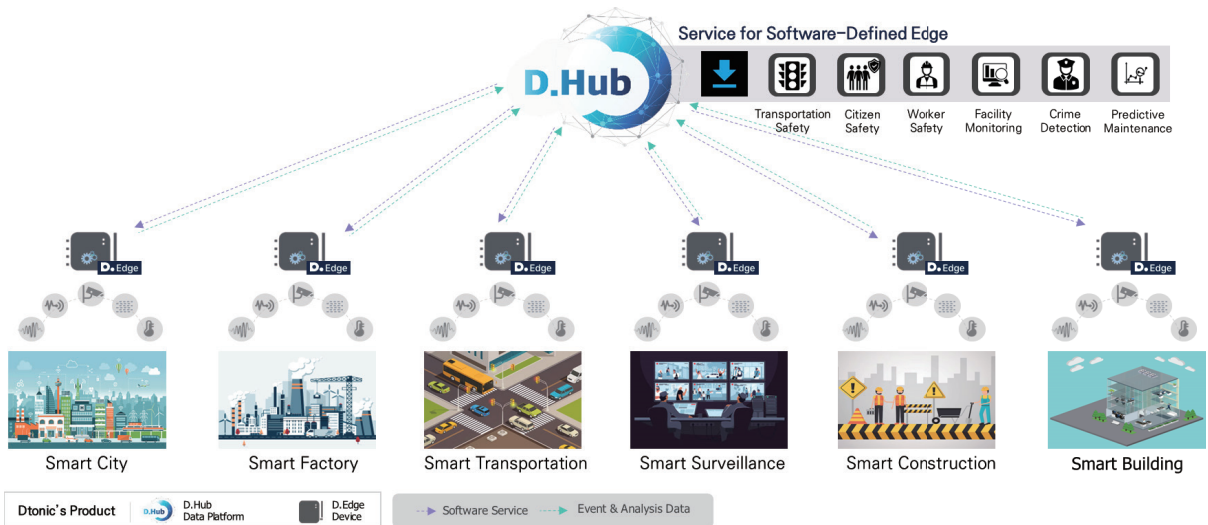
4. AIoT를 지향하는 스마트 엣지 기술 개발

스마트 그리드 관제 및 통제를 담당하는 DISCOM 업체들은 에너지 생산업체의 공급과 최종 에너지 소비 고객의 수요를 실시간으로 수집하고 분석할 수 있는 빅데이터 플랫폼이 필요하다. 에너지 공급 및 배포는 시공간적인 데이터의 효율적인 배분을 결정할 수 있어야 자연 발생적으로 낭비되는 에너지 손실을 최소화할 수 있다.

에너지의 수급과 유통은 거대한 네트워크를 구성하므로, 수요와 공급을 충족시킬 수 있는 네트워크 알고리즘 및 솔루션이 활용되고 있다. 해당 알고리즘을 통해 구할 수 있는 것은 에너지 수급과 공급의 계획이다. 그러나 현실에서는 에너지 유통의 차질이 발생할 수 있는 예측 불가능한 사건/사고가 발생하기 마련이고, 이를 해결하기 위해서는 AIoT 기반의 스마트 엣지 기술의 적용이 필요하다.

스마트 그리드에서의 AIoT의 활용은 유통 및 중개를 담당하는 설비의 예지 보전, 에너지 충전 장치의 고장 유무 등 에너지 시설과 기계의 가동률 유무를 실시간으로 예측하고 고장 가능성을 예측하는 등의 인공지능 기술이 활용되어야 한다.

그림 4는 스마트 그리드에서 적용이 가능한 D.Hub 빅데이터 플랫폼의 활용 모습을 보여주고 있다. 현장에서의 데이터 처리 분석을 위해 엔드 노드에서는 고속 대용량의 데이터를 실시간 분석해 현장에서 실시간 이상 상황을 알린다. 이와 동시에 결과 데이터는 중개 포인트 및 중앙으로 전송되며 중앙에서 분산된 데이터를 체계적으로 관리한다. 해당 플랫폼은 스마트 시티, 스마트 빌딩, 스마트 건설, 스마트 팩토리 등에서 에너지 소비의 모니터링, 설비 또는 기계의 이상 징후 감지 및 예지 보전, DISCOM 고객의 자산 및 유틸리티의 원격관리 등에 융복합 데이터를 활용하기 위한 시공간 데이터를 취급하고 있다. D.Hub 데이터 플랫폼은 에너지 수요, 중개, 공급이 형성하는 초거대 네트워크를 구성하여 에너지의 수요와 공급의 실시간 모니터링 및 에너지 수급에 따른 이슈 예측과 에너지 소모량에 대해 예측할 수 있는 데이터 인프라를 제공한다. 스마트 그리드를 위해 설치된 AIoT 기기들로 특정 DISCOM의 에너지 유통 데이터 네트워크를 구성하여 실시간



출처 디토닉㈜

그림 4 시공간 빅데이터 수집/분석을 위한 D.Hub 빅데이터 플랫폼 소개

원격 설비 모니터링

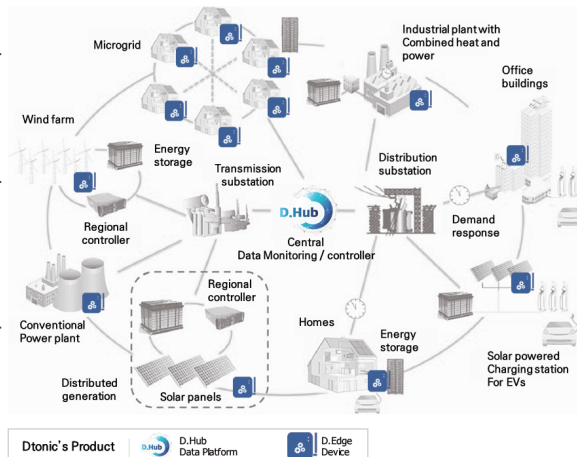
- 설비 상태 모니터링
- 센서 및 설비 데이터 인터페이스

고장 예지 보전

- 설비 고장 여부를 사전에 알림
- 설비 상태 모니터링
- 고장분석 기반 사전 알림 기능

전기 작업자 안전 모니터링

- AI Vision 기반 작업자 모니터링
- 작업자 안전 설비 장착 여부 감지
- 작업자 안전사고 위험 감지
- 작업자 위험존 진입 감지



에너지 위험 예측 및 관제

- 에너지 과충전에 따른 화재 위험 예측
- 설비 고장 및 불량에 따른 화재 위험 예측
- ADT(공격-방어 시나리오 트리) 기반 에너지 발전소 위험 예측 모니터링

에너지 생산 및 공급 최적화

- 태양광 전력 수율 최적화 (태양 복사 예측)
- 초과 에너지 수요에 따른 정전 위험 예측
- 정전 사태 해결을 위한 스마트 스위칭 기술
- AIoT를 활용한 전력 수요 예측 AI 기술

출처 “디토닉㈜”, “Marilyn A. Brown & Shan Zhou [8]”

그림 5 스마트 그리드를 위한 AIoT 기반 서비스 제안

으로 시공간 데이터를 수집한다. 그리고 이를 기반으로 더욱 진화된 스마트 그리드 서비스를 위한 인공지능 기술 및 알고리즘 개발에 빅데이터 레이크 인프라(Big Data Lake Infrastructure)를 제공한다.

그림 5는 AIoT를 활용하고 스마트 그리드를 구성할 때 필요한 인공지능 기반 서비스를 제시하였다. 에너지 생산의 안정적 공급을 위해서는 원격 설비 모니터링과 고장 예측 및 설비 예지 보전이 매우 중요한 관리 요소이다. 이에 못지않게 에너지 생산 및 축전 과정에서 발생할 수 있는 화재의 위험, 외부 사이버 공격에 따른

위험으로부터 보호하기 위한 ADT²⁾ 기반 위험 예측 모니터링[7], 전기 작업자의 안전 모니터링도 매우 중요한 요소이다. DISCOM은 소비자에게 최소의 에너지 유틸리티 포트폴리오를 제공하기 위해 에너지 생산과 수급에 관한 최적화 알고리즘을 개발해야 하며, 이는 매우 중요하다. 여기에 AIoT 기술과 설명할 수 있는 인공지능 기술 및 초거대 인공지능 기술의 활용이 융복합하여 활용될 것으로 전망된다.

2. ADT (Attack-Defense Trees) : 스마트 그리드 시스템의 예상 공격-방어 시나리오인 공격-방어 트리로, 시스템의 다양한 부분이나 구성 요소에 대한 잠재적인 공격 이벤트 간의 관계를 추론하는 데 사용함

5. 결 론

본 고에서는 지능형 사물인터넷(AIoT), 자율형 사물인터넷의 기술 전망 및 시장 전망을 소개하였다. 그리고 지능형 사물인터넷에서 자율형 사물인터넷으로 발전하기 위한 국내 연구개발 로드맵을 소개하였다. 탄소 저감 및 에너지 절약을 위한 스마트 그리드는 스마트 시티 및 스마트 빌딩과 함께 반드시 도입되어야 할 미래 모습이다. 국내에는 미국과 달리 다양한 DISCOM 에너지 공급회사가 존재하는 것은 아니나, 다양한 방식의 에너지 공급기관이 기존의 에너지 공급기관과 협력하여 소비자에게 제공되는 추세는 변함이 없다. 또한 이 기술을 국내 시장에 국한하지 않고 해외에 수출하기 위해서는 국내 에너지 공급 환경보다 더욱 유연한 스마트 그리드 솔루션이 필요할 것이다.

더욱 진보된 스마트 그리드 솔루션을 제공하기 위해서 시공간 빅데이터를 실시간으로 처리할 수 있는 빅데이터 플랫폼과 스마트 그리드 인프라에서의 중개 및 엔드 포인트를 담당할 AIoT 기술의 보급이 필요하다. 또한 발전소의 에너지 생산부터 소비자의 에너지 공급에 이르는 유틸리티 유통망은, 다른 DISCOM 기업과의 경쟁력 있는 에너지 서비스를 제공하기 위한 인공지능 기술들이 필요할 것이다. 스마트 그리드의 미래에 필요로 하는 진보된 솔루션을 제시하여 국내 산학연이 더욱 효과적이고 실질적인 연구개발을 추진할 수 있는 여건이 마련되기를 기대한다.

[참고문헌]

- [1] 김혜진, "스마트 IT 융합 플랫폼을 위한 지능형 센서 기술 동향", 한국전자통신연구원, 전자통신동향분석 34권 5호, 2019. 10. 1, pp.15-20.
- [2] 정보통신기획평가원, "지능형 사물인터넷 산업 동향", (2020)
- [3] 한국전자통신연구원, "지능형을 넘어 자율형으로 진화하는 사물인터넷", ETRI Insight (표준화 동향), 2021-1호
- [4] 정보통신기획평가원, "ICT R&D 기술로드맵 2025 통신·전파", (2020)
- [5] Sharad Bhowmick, "Smart Grid: The Electrical Grid of the Future", Circuit Digest, January 10, 2022
- [6] SAS Korea Blog, "사물인터넷(IoT)으로 진화하는 스마트 그리드 - 에너지 트렌드와 활용 사례", SAS Korea, September 11, 2018
- [7] Erkuden Rios, et.al., "Continuous Quantitative Risk Management in Smart Grids Using Attack Defense Trees", Sensors 2020, 20(16), 4404
- [8] Marilyn A. Brown & Shan Zhou, "Smart grid governance: An international review of evolving policy issues and innovations", Wiley Interdisciplinary Review: Energy and Environment (May 2018)

저자소개

이준열 (Lee, Junyoul)

1990년 고려대학교 산업공학과 졸업
 1993년 동 대학교 대학원 졸업 (석사)
 2003년 Iowa State University
 전기전산공학과 졸업(석사)
 2008년 Iowa State University
 산업공학과 졸업(박사)
 2003년~2017년 삼성에스디에스 근무
 2017년~2020년 엠아이큐브솔루션 연구소장 역임
 2023년 현재 디토닉(주) 근무 (이사)





생성형 AI를 넘어 AGI 시대로

Beyond Generative AI to the Era of AGI

이화민 | 고려대학교 의료정보학과

Lee, Hwamin | Biomedical Informatics, Korea University



요 약

생성형 AI는 기존 데이터 세트의 복잡한 패턴을 학습하여 새로운 데이터를 합성하는 고도의 기술이며, 이는 텍스트, 이미지, 음악, 소프트웨어 코드 등 다양한 분야에 적용되고 있다. 파운데이션 모델은 대규모의 훈련 데이터를 활용하여 광범위한 작업을 수행할 수 있는 다목적 AI 모델을 지칭하며, 현재는 개발 초기 단계에 머물고 있지만, 그 범용성으로 인해 향후 다양한 분야에서의 응용 가능성이 기대된다. 본고에서는 생성형 AI와 파운데이션 모델의 기본 원리, 발전 경로, 주요 사례, 응용 사례 및 관련 이슈들을 소개한다. 또한, 생성형 AI의 현 한계를 극복하고, 인간 지능에 근접하거나 이를 넘어서려는 노력의 일환으로 등장한 인공 일반 지능(AGI)에 대해서도 논의한다.

Abstract

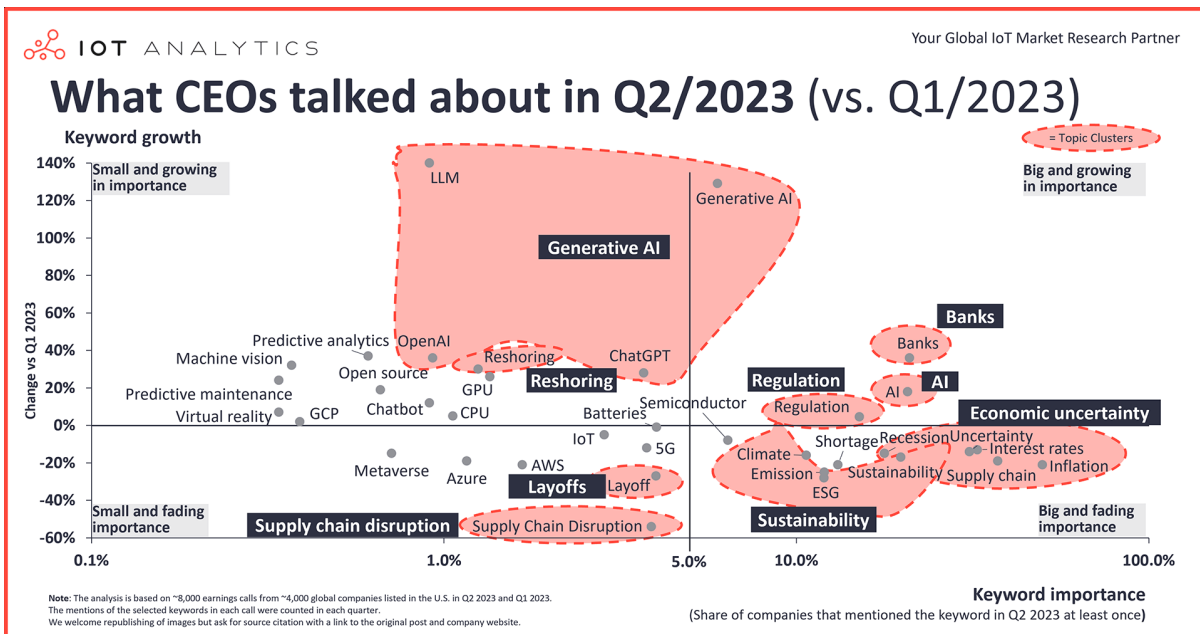
Generative AI is an advanced technology that learns complex patterns from existing data sets to synthesize new data, and it is being applied across various domains including text, images, music, and software code. Foundation models refer to versatile AI models capable of performing a wide range of tasks using massive training data. Although currently in the early stages of development, their versatility holds promise for future applications in various fields. This document introduces the basic principles, development trajectory, key examples, applications, and related issues of Generative AI and foundation models. Additionally, it discusses Artificial General Intelligence (AGI), which has emerged as part of the effort to overcome the current limitations of Generative AI and to achieve or surpass human intelligence.

1. 서 론

딥러닝 모델의 등장으로 인공지능(AI) 기술은 지난 몇 년간 급속도로 발전을 거듭하고 있다. 최근에는 자연어, 이미지, 음악, 영상 등 다양한 형태의 정보를 생성할 수 있는 생성형 AI(Generative AI)의 발전이 두드러지게 나타나고 있다. IoT Analytics가 발표한 최신 “What CEOs talked about” 보고서[1]에 따르면 그림 1과 같이 2023년 2분기 글로벌 CEO들의 최대 관심 주제가 생성형 AI였

다는 것에서 이를 단적으로 확인할 수 있다.

ChatGPT로 대표되는 생성형 AI(Generative AI)는 기존의 AI와 달리 데이터에서 패턴을 학습하여 새로운 데이터를 생성하는 능력을 가지고 있다. 생성형 AI의 value chain은 컴퓨터 하드웨어, 클라우드 플랫폼, 파운데이션 모델, MLOps, 애플리케이션, 서비스 등 6개의 요소로 구성되며[2], 이러한 생성형 AI는 다양한 분야에 적용되어 산업 전반에 걸쳐 창의적이고 혁신적인 응용 서비스를 창출할 수 있다. 하지만, 생성형 AI는 아직도 특정 분야에 국



출처 IoT Analytics

그림 1 2023년 2분기 "What CEOs Talked about"

한된 능력을 가지고 있으며, 인간의 지능과 같은 수준의 창의성이나 문제 해결 능력을 보여주지 못하고 있다. 이에 생성형 AI의 한계를 극복하고, 인간의 지능을 전반적으로 구현할 수 있는 발전된 AI의 개발이 필요하다.

본 고에서는 생성형 AI, 초거대 언어 모델(LLM, Large Language Model), 파운데이션 모델(Foundation Model), 인공 일반/범용 지능(AGI, Artificial General Intelligence)의 기술 동향에 대해 살펴보고자 한다.

2. 생성형 AI와 LLM

1) 생성형 AI의 정의 및 종류

생성형 AI는 기존 데이터에서 패턴을 학습하여 새로운 데이터를 생성하는 AI의 한 분야이다[3]. 생성형 AI는 크게 텍스트 생성, 이미지 생성, 음악 생성, 코드 생성 등으로 분류할 수 있다.

- 텍스트 생성 : 기존의 텍스트 데이터에서 패턴을 학습하여 새로운 텍스트를 생성하는 기술이다. 텍스트 생성은 챗봇, 번역, 창작물 작성 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.

- 이미지 생성 : 기존의 이미지 데이터에서 패턴을 학습하여 새로운 이미지를 생성하는 기술이다. 웹툰, 가상현실, 증강현실, 컴퓨터 그래픽 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.
- 코드 생성 : 기존의 프로그램 코드 데이터에서 패턴을 학습하여 새로운 프로그래밍 코드를 생성하는 기술이다. 코드 생성은 소프트웨어 개발, 보안, 인공지능 연구 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.
- 음악 생성 : 기존의 음악 데이터에서 패턴을 학습하여 새로운 음악을 생성하는 기술이다. 음악 생성은 자동 작곡, 음악 편곡, 음악 추천 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.

2) LLM

LLM은 생성형 AI의 주요 분야 중 하나로, 방대한 양의 텍스트 데이터를 깊이 있게 학습하여, 텍스트 생성, 번역, 요약, 질의응답 등 다양한 언어 처리 작업을 수행할 수 있는 고도화된 AI 모델이다. 이 모델들은 기존의 AI 기술을 뛰어넘어, 맥락적 이해, 자연스러운 언어 생성, 복잡한 질문에 대한 정교한 응답 등을 가능하게 한다. LLM은 단순한 텍스트 생성을 넘어, 사용자의 의도를 파악

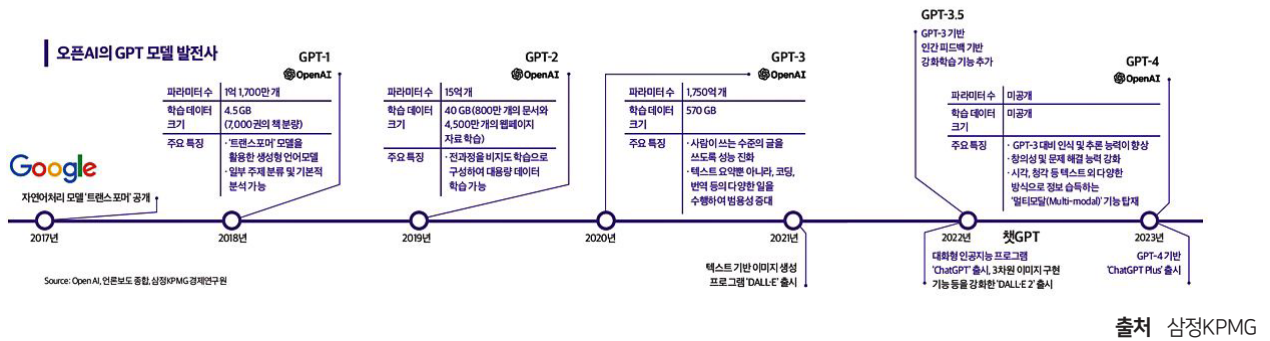


그림 2 OpenAI의 GPT 모델의 발전사

하고, 복잡한 질문에 답하며, 주제에 관한 심도 있는 토론을 제공 하는 데 사용된다.

3) 생성형 AI의 발전과정

생성형 AI의 역사는 1950년대까지 거슬러 올라간다. 1957년에는 프랑스의 앨런 튜링이 “생성적 언어 모델”이라는 용어를 처음 사용하였으며, 1960년대에는 텍스트 생성, 이미지 생성 등 다양한 분야에서 생성형 AI 연구가 시작되었다. 2010년대 이후에는 딥러닝 기술의 발전으로 생성형 AI의 성능이 크게 향상되었으며, 다양한 분야에서 생성형 AI가 실용화되기 시작하였다.

대표적인 생성형 AI의 성공 사례인 오픈AI의 GPT(Generative Pre-trained Transformer)는 축적된 학습 데이터를 바탕으로 인간과 유사한 텍스트를 생성하는 대규모 자연어처리 모델이다. GPT 모델은 그림 2와 같이 2017년 구글의 트랜스포머 아키텍처를 기반으로 2018년 GPT-1은 1.2B 파라미터와 12개의 레이어를 가진 모델을 시작으로 2022년 GPT-3.5 모델에 기반한 ChatGPT를 출시하였으며, 현재 GPT-4 기반 유료 버전인 ChatGPT Plus를 출시하였다[4]. 2023년 11월 업데이트를 통해 GPT-4 Turbo의 경우 2023년 4월까지 최신 정보가 반영되었으며, 최대 128,000개의 토큰을 지원하여 300 페이지까지 입력이 가능하다.

4) 대표적인 생성형 AI 모델

주요 글로벌 IT기업들이 개발한 대표적인 생성형 AI 모델 현황은 [그림 3]과 같으며[2], 각 모델의 주요 특징과 용도는 다음과 같다.

■ Closed source¹ ■ Closed source, available through APIs² ■ Open source³

	Text	Image	Audio or music	3-D	Video	Protein structures or DNA sequences
Microsoft			VALL-E	RODIN Diffusion	GODIVA	MoLeR
OpenAI ⁴	GPT-4	DALL-E 2	Jukebox	Point-E		
Meta	LLaMA	Make-a-scene	AudioGen	Builder Bot	Make-a-video	ESMFold
Google/DeepMind	LaMDA	Imagen	MusicLM	DreamFusion	Imagen Video	AlphaFold2
Stability AI	StableLM	Stable Diffusion 2	Dance Diffusion			LibreFold
Amazon	Lex		DeepComposer			
Apple				GAUDI		
NVIDIA	MT-NLG	Edify		Edify	Edify	MegaMoBART

출처: McKinsey

그림 3 주요 글로벌 IT 기업들의 생성형 AI 모델

- OpenAI의 GPT
 - 모델 개요 : GPT 모델들은 자연어처리에 혁신을 가져온 모델들로, 다양한 언어기반 작업에 적용할 수 있다.
 - 주요 용도 : 텍스트 생성, 번역, 요약, 질의응답, 보고서 작성 등
- 마이크로소프트의 VALL-E
 - 모델 개요 : VALL-E는 음성 합성과 관련된 최신 AI 모델로, 특정 인물의 음성 특성을 학습하여, 그 인물이 말한 것처럼 들리는 합성 음성을 생성할 수 있다.
 - 주요 용도 : 개인화된 음성 어시스턴트, 오디오북 생성, 가상 캐릭터 음성 등
- Meta의 LLaMA
 - 모델 개요 : LLaMA(Large Language Model Meta AI)는 Meta가 개발한 언어 모델로, 자연어 이해와 생성에

초점을 맞추고 있다. 다양한 언어 작업에 대한 유연성과 정확성을 제공한다.

- 주요 용도 : 자연어 이해, 텍스트 생성, 기계 번역 등

- 구글의 LaMDA

- 모델 개요 : LaMDA(Language Model for Dialogue Applications)는 대화형 AI 모델로, 광범위한 주제에 대해 유창하고 관련성 있는 대화를 생성할 수 있다.

- 주요 용도 : 대화형 챗봇, 가상 어시스턴트, 대화 기반 시스템 등

- 아마존의 Lex

- 모델 개요 : Amazon Lex는 대화형 인터페이스와 자연어 처리를 위한 서비스로, 사용자 의도를 정확하게 파악하는 음성 및 텍스트 챗봇에 사용된다.

- 주요 용도 : 고객 지원 챗봇, 가상 어시스턴트, 엔터프라이즈 애플리케이션 등

- 애플의 GAUDI

- 모델 개요 : GAUDI(Grounded Adaptive Universal Dialogue)는 사용자와의 상호작용을 기반으로 학습하며, 개인화된 대화를 생성하는 대화형 AI 시스템이다.

- 주요 용도 : 개인화된 대화형 어시스턴트, 사용자 경험 향상 등

- NVIDIA의 MT-NLG

- 모델 개요 : MT-NLG(Megatron-Turing Natural Lan-

guage Generation)는 NVIDIA가 개발한 대규모 언어 모델로 복잡한 언어 작업을 수행할 수 있다.

- 주요 용도 : 자연어 이해 및 생성, 고급 챗봇, 복잡한 문서 분석 등

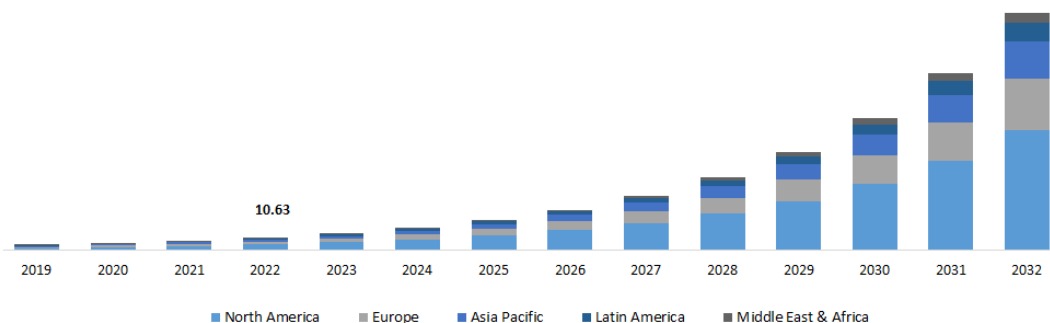
5) 생성형 AI 시장 규모

글로벌 시장 조사기관인 POLARIS에 따르면 그림 4와 같이 2022년 106억 3천만 달러 규모였던 글로벌 생성형 AI 시장은 연평균 성장률(CAGR) 34.2%씩 성장하여 2032년에는 2,007억 3천만 달러 규모에 이를 것으로 전망된다[5]. 한국IDC의 '국내 인공지능 시장 전망, 2023-2027' 보고서에 따르면 국내 AI 시장은 2023년 2조6천123억원에서 향후 5년간 연평균 성장률 14.9%를 기록하여 2027년에는 4조4천636억원 규모에 이를 것으로 전망하였다. 생성형 AI와 비즈니스 자동화 솔루션, 다양한 산업 분야의 예측 및 추천 솔루션 등 AI 기술이 다른 산업 기술과 융합하여 새로운 기술 범위 확장으로 AI 시장의 성장세는 더욱 가속화할 것으로 예상된다.

6) 생성형 AI의 주요 기업 및 애플리케이션

세콰이어 캐피탈은 그림 5와 같이 2023년 생성형 AI 분야에서 주도적인 역할을 하고 있는 기업과 서비스를 Infrastructure와 Apps로 정리하였다[6]. 인프라 영역은 AI 모델의 배포 및 모니터링, 모델 훈련 및 미세 조정, 오픈소스 모델 및 프레임워크 사용, 데

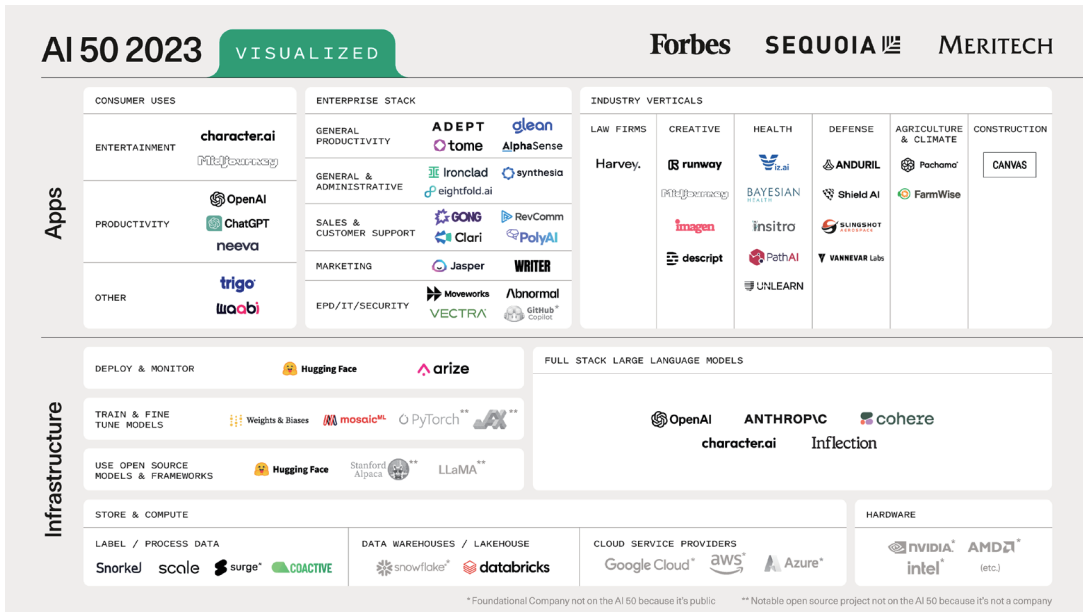
Generative AI Market Size, By Region, 2019 - 2032
(USD Billion)



Source: Polaris Market Research Analysis

출처 POLARIS MARKET RESEARCH

그림 4 2019년~2032년 지역별 생성형 AI 시장 규모



출처 SEQUOIA CAPITAL

그림 5 생성형 AI 주요 애플리케이션 50

이터 저장 및 컴퓨팅, 데이터 라벨링/처리, 데이터 웨어하우스/레이크하우스, 클라우드 서비스 제공업체, 하드웨어 등으로 구분하였다. 허깅 페이스(Hugging Face), 스노우플레이크(Snowflake), 데이터브릭스(Databricks), 구글 클라우드(Google Cloud), 아마존 웹 서비스(AWS), 마이크로소프트 애저(Azure) 등이 포함되어 있다. 애플리케이션은 소비자, 기업, 산업 영역으로 구분되며, 엔터테인먼트, 일반 생산성, 판매 및 고객 지원, 마케팅 등 여러 범주에서 다양한 애플리케이션들이 제공되고 있다.

3. 파운데이션 모델

1) 파운데이션 모델의 정의

초거대 AI는 적게는 수억, 많게는 수천억, 수조 단위의 데이터셋과 파라미터가 필요하기에 이를 개발하는 것이 쉽지 않다. 이에 중소기업이나 조직이 각자의 구체적인 용도에 맞게 미세 조정(fine tuning)만 하면 바로 사용할 수 있는 다목적 파운데이션 모

델이 주목받고 있다.

한국지능정보사회진흥원(NIA)은 파운데이션 모델이란 방대한 양의 폭넓은 데이터를 사용하여 자기 지도학습(Self-supervised learning)을 통해 방대한 내부 파라미터를 지닌 모델을 학습시킨 후, 아직 명확하게 수행해야 할 작업이 정해지지 않은 상태로 배포되어, 사용자가 원하는 목적에 맞게 미세조정(fine-tuning)하거나 문맥 내 학습(in-context learning) 등과 같은 과정을 거침으로써 완성되는 기초 모델이라고 정의한다[8]. 즉, 방대한 양의 데이터를 자기 지도학습을 통해 학습한 기초 모델로, 사용자들은 이런 기초 모델을 사용자가 원하는 용도나 목적에 맞게 과 같은 방법을 사용할 수 있는 '범용' 모델로 이해할 수 있다.

2) 파운데이션 모델의 대표적인 예

파운데이션 모델을 개발하기 위해서는 대규모 컴퓨팅 자원과 거대 데이터셋을 이용하여 대규모 학습이 필요하기 때문에, 그림 7과 같이 OpenAI의 GPT-3와 GPT-4, 구글의 LaMDA와 Bard, 메타(페이스북)의 LLaBA, 마이크로소프트의 Megatron-Turing NLG 등의 대기업 중심으로 연구가 이루어지고 있다[9]. 국내에서는 네이버의 Hyper CLOVA와 카카오의 KoGPT 모델이 있다.

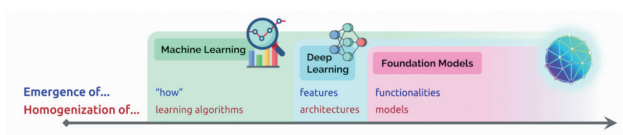
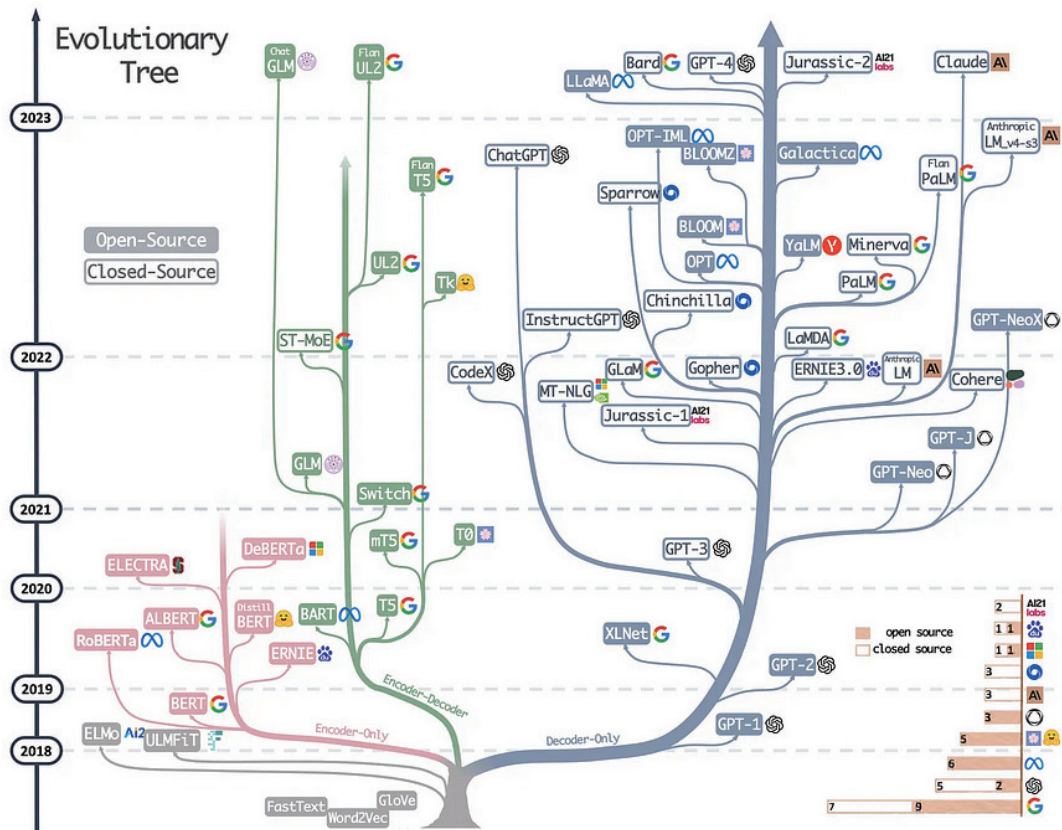


그림 6 AI와 파운데이션 모델 [7]



출처 <https://arxiv.org/abs/2304.13712>

그림 7 파운데이션 모델의 발전과정

3) FMOps(Foundation Model Operations)

FMOps는 파운데이션 모델을 효율적으로 관리하고 운영하기 위한 방법론 및 프로세스를 말한다. FMOps 플랫폼은 모델의 학습, 배포, 모니터링, 유지보수 등을 포함하며, 대규모 모델의 복잡성과 리소스 요구사항을 관리하는 데 중요하다. MLOps가 머신러닝 모델의 개발, 배포, 최적화를 위한 플랫폼이라면, FMOps는 이미 학습을 마치고 배포된 모델과 자사 또는 자신의 데이터를 결합하여 특화된 LLM 기반 AI 서비스를 만드는 것이 주된 차이점이라고 할 수 있다.

4) 파운데이션 모델의 이슈

스탠포드대학교 파운데이션모델연구센터(Center for Research on Foundation Models)는 2021년 파운데이션 모델이 불러올 거대한 패러다임의 변화와 영향력을 강조하고 있다[7]. 파운데이션 모델을 사용하면 거대 AI 모델을 학습시킬 여건이 되지 않

는 작은 기업이나 조직들도 높은 수준의 AI 서비스를 구축할 수 있다는 점에서 장점이 있다. 하지만 파운데이션 모델이 어떻게 학습되었는지에 따라 최종 모델에 여러 가지 편향(bias)이 존재할 수 있다는 위험성도 존재한다. 그리고 학습 데이터셋에 포함된 인터넷상의 많은 데이터에 대한 액세스 권한과 저작권에 대한 이슈도 고려해야 하며, 모델의 예측 결과에 대한 법적 책임 문제도 논의가 필요하다.

4. AGI (Artificial General Intelligence)

1) AGI의 정의

인공 일반 지능 또는 범용AI라고 일컫는 AGI는 인간과 동등한 수준의 지능으로 여러 가지 태스크를 사람처럼 수행할 수 있는 인공지능을 의미한다. 인공지능의 레벨은 그림 8과 같이 크게 능력(capabilities)에 따라 1단계 특정 분야의 단일 태스크를 사람

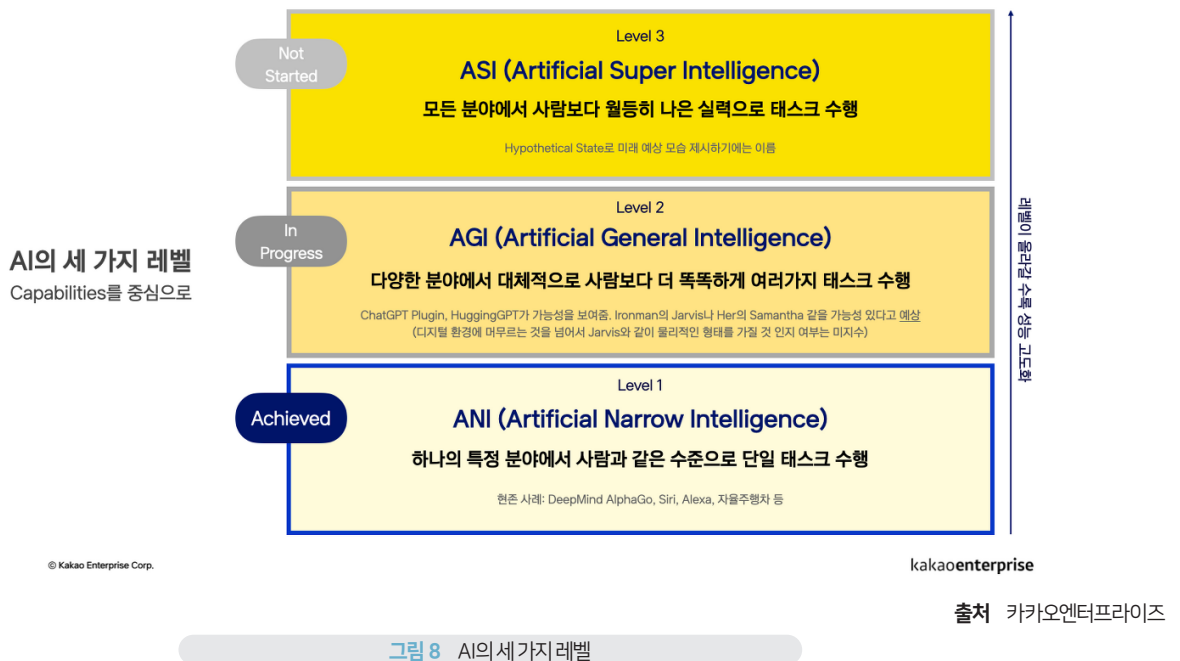


그림 8 AI의 세 가지 레벨

과 같이 수행하는 ANI(Artificial Narrow Intelligence), 2단계 다양한 분야에서 사람과 같은 수준으로 여러 태스크를 범용적으로 수행하는 AGI(Artificial General Intelligence), 3단계 모든 분야에서 사람의 지능을 초월하여 태스크를 수행하는 ASI(Artificial Super Intelligence)로 나눌 수 있다[10]. 현존하는 대부분의 AI 시스템은 ANI에 속하며, AGI는 단순히 특정 작업을 수행하는 ANI 수준을 넘어 다양한 작업과 상황에 적응하며 인간과 유사한 방식으로 학습하고 추론할 수 있으며 인간 수준의 지적 능력을 갖춘 시스템이라고 할 수 있다.

2) AGI 연구 접근법

인간 수준의 범용 지능을 구현하는 것은 기술적으로 매우 복잡하고 도전적인 문제이다. 현재 다양한 분야에서 AGI 개발을 위해, 다양한 방법론과 이론적 접근이 이루어지고 있다.

- **신경망 기반 접근** : 현재 가장 널리 사용되는 AI 기술 중 하나로, 신경망은 인간 뇌의 작동 방식을 모방하여 설계되었다. 이러한 접근은 특히 패턴 인식과 데이터 처리에서 뛰어난 성과를 보여주고 있다.
- **인지 모델링 접근** : 인간의 인지 과정을 컴퓨터 모델로 구현하는 방식으로, 이 접근법은 인간의 사고, 학습, 기억 방

식을 모방하려고 시도하며, AGI의 행동과 결정 과정을 더 잘 이해하는 데 도움이 된다.

- **신경생물학적 접근** : 이 접근법은 인간 뇌의 구조와 기능에 기반하여 AGI를 개발한다. 뇌의 특정 부분이 어떻게 작동하는지에 대한 깊은 이해를 바탕으로, 더 복잡하고 유연한 AI 시스템을 개발하는 것이 목표다.
- **다학제적 접근** : 이 접근법은 위의 방법들을 통합하거나, 다른 학문 분야의 지식을 결합하여 AGI를 개발하고자 한다. 예를 들어, 신경과학, 심리학, 컴퓨터 과학, 철학 등의 분야가 협력하여 AGI 개발을 시도하고 있다.

3) AGI 주요 이슈

현재 AGI 연구 수준은 초기 단계로 향후 많은 시간과 연구 투자가 필요하지만, 인간의 노동력을 대체하고 새로운 가치를 창출할 수 있어 인류의 미래를 바꿀 수 있는 핵심 기술이다. 하지만 AGI로 인해 발생할 수 있는 각종 사회적, 경제적, 윤리적 위험 요소들도 존재하기에 AGI와 관련된 주요 이슈들을 소개한다.

- **자율성과 책임** : AGI가 자율적인 의사결정을 할 수 있게 되면, 그 결과에 대한 법적 책임 소재가 중요한 논쟁거리가 되고 있다.

- 통제와 안전성 : AGI의 행동을 인간이 어떻게 통제할 수 있을지, 그리고 이러한 시스템이 안전하게 작동할 수 있을지에 대한 논의가 필요하다.
- 일자리 대체와 경제적 영향 : AGI가 다양한 직업을 대체할 수 있게 되면, 이는 경제적 구조와 고용 시장에 큰 영향을 미칠 것이다.
- 개인정보 보호와 데이터 안전성 : AGI가 처리하는 대규모 데이터 중에는 개인정보가 포함될 수 있기에 이에 대한 보호가 필요하며, 학습 데이터의 이용 권한 및 저작권에 대한 논의도 필요하다.

5. 결 론

생성형 AI는 자연어처리, 이미지, 음악, 영상 등 다양한 형태의 정보를 생성할 수 있는 능력을 가지고 있으며, 우리 사회의 다양한 분야에 큰 변화를 가져오고 있다. 그러나 생성형 AI는 아직도 특정 분야에 국한된 능력을 가지고 있으며, 인간의 지능과 같은 수준의 창의성이나 문제 해결 능력을 보여주지 못하고 있다. 생성형 AI의 한계를 극복하고, 인간의 지능을 전반적으로 구현할 수 있는 AGI의 개발이 필요하다. AGI 시대로의 전환을 위해서는 생성형 AI의 한계를 극복하고, 인간의 지능을 전반적으로 구현할 수 있는 AI의 개발이 필요하다. AGI는 인공지능 시장 발전을 가속화하는 핵심 요소로 주목받고 있지만, 아직 초기 단계에 있으며, 다양한 사회적, 경제적, 윤리적 이슈들이 존재한다. AGI의 개발은 안전성과 윤리성을 고려하여 이루어져야 할 것이다.

*본 고의 일부 내용은 ChatGPT와 Bard를 활용하여 작성되었음.

[참고문헌]

- [1] <https://iot-analytics.com/what-ceos-talked-about-q2-2023/>
- [2] <https://www.mckinsey.com/capabilities/quantumblack/our-insights/>
- [3] Epstein, Ziv, et al. "Art and the science of generative AI", Science, 380(6650), 2023
- [4] <https://kpmg.com/kr/ko/home/newsletter-channel/202304/emerging-trends.html>
- [5] <https://www.polarismarketresearch.com/industry-analysis/generative-ai-market>
- [6] <https://www.sequoiacap.com/article/ai-50-2023/>
- [7] Bommasani, Rishi, et al. "On the opportunities and risks of foundation models", arXiv preprint arXiv:2108.07258, 2021
- [8] 파운데이션 모델의 이해와 전망, Digital Insight 2023, 한국지능정보사회진흥원, 2023
- [9] <https://arxiv.org/abs/2304.13712>
- [10] <https://tech.kakaoenterprise.com/189>

저자소개

이화민(Lee, Hwamin)

2000년 고려대학교 컴퓨터교육과 졸업

2002년 동 대학교 대학원 졸업(교육학석사)

2006년 동 대학교 대학원 졸업(이학박사)

2006년~2007년 특허청 통신사무관

2007년~2022년 순천향대학교

컴퓨터소프트웨어공학과 교수

2022년~현재 고려대학교 의료정보학과 교수

주 연구분야 : 의료인공지능, 의료데이터분석, 클라우드컴퓨팅 등





무선 센서 네트워크에서의 기계학습 활용 방안 및 사례

Machine Learning Applications and Use Case in Wireless Sensor Networks

김상대 | 순천향대학교 의료IT공학과

Kim, Sang-Dae | Medical IT Engineering, Soonchunhyang University



요약

무선 센서 네트워크는 관심 지역의 물리적 또는 환경적 상태를 모니터링하기 위한 애드-혹 네트워크로, 사용자가 요구하는 다양한 정보를 수집하기 위해 활용되고 있다. 최근 기계학습의 발전으로 무선 센서 네트워크 역시 더욱 진화하고 있으며, 사용자에게 더욱 의미있는 정보 제공이 가능해지고 있고 더 많은 분야에서 활용될 것으로 기대되고 있다.

Abstract

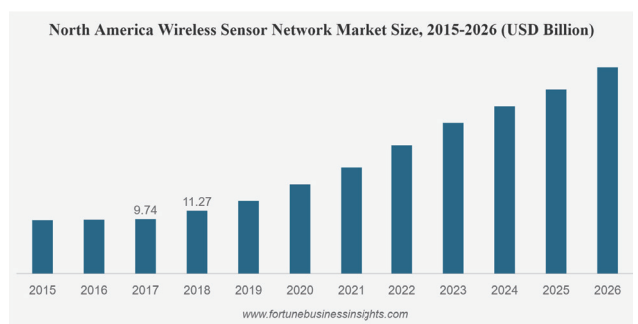
Wireless Sensor Networks (WSNs) is an ad-hoc network for monitoring the physical or environmental conditions of an interest area, and is exploited to collect a variety of information required by the user. With the recent development of machine learning, wireless sensor networks is also evolving to provide more meaningful information to the user and is expected to be exploited in more areas.

1. 서론

무선 센서 네트워크는 관심 지역에 분포된 센서 노드를 이용하여, 사용자가 요구하는 정보를 수집하는 애드-혹 네트워크로, 분포된 센서 노드에 따라 다양한 물리적 또는 환경적 상태를 모니터링하기 위해 활용되고 있다. 특히, 사물인터넷이라는 용어가 조명받기 시작하던 시점부터 지금까지 다양한 분야에서 무선 센서 네트워크를 활용하기 시작하여, 무선 센서 네트워크 시장은 꾸준히 성장하고 있다.

포춘지에서는 전세계 무선 센서 네트워크 시장 규모는 2018년 389억 9천만 달러였으며, 2026년에는 1486억 7천만 달러로 전망 기간 동안 매년 18.3%의 연평균 성장률을 보일 것으로 예상하고

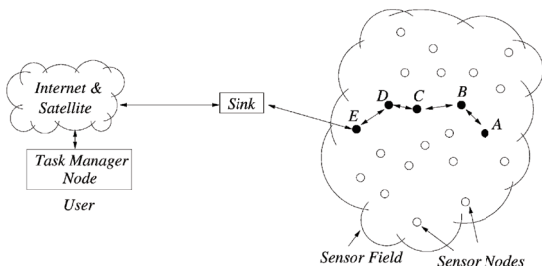
있다. 이러한 무선 센서 네트워크는 센서 노드, 싱크 노드, 백본 네트워크 및 사용자로 구성되어 있으며, 각 요소들은 다음과 같은 기능을 담당한다.



출처 포춘지

그림 1 북미무선 센서 네트워크 시장 전망

- 1) 센서 노드 : 사용자의 요구에 따라 관심 지역 및 장치의 데이터를 수집한다. 수집되는 데이터는 무선 센서 네트워크가 사용되는 어플리케이션에 따라 상이하하며, 온도, 습도, 진동, 소음 등과 같은 물리적 또는 환경 정보에 대한 데이터를 수집한다.
- 2) 싱크 노드 : 센서 노드로부터 수집된 데이터를 일차적으로 수집 및 처리하고, 수집된 데이터를 사용자에게 전달하는 기능을 담당한다.
- 3) 백본 네트워크 : 싱크 노드가 수집 및 처리한 데이터를 사용자에게 전달하기 위한 중간 매체이다.
- 4) 사용자 : 무선 센서 네트워크에서 수집된 데이터를 바탕으로 침입탐지에 대한 대응, 예측 유지보수 등과 같은 최종적으로 의사결정을 수행한다.



출처 Wireless sensor networks: a survey

그림 2 무선 센서 네트워크의 구조

일반적으로 위와 같은 구조의 무선 센서 네트워크는 일반적으로 도시, 농장, 숲 등과 같이 매우 넓은 관심 지역에서 활용된다. 하지만, 센서 노드는 제한된 통신 범위를 가지고 있기 때문에 그림 2와 같이 센서 노드는 수집한 데이터를 싱크 노드에게 전달하기 위해 멀티 홉 통신을 수행하게 된다. 이 과정에서 다양한 요구사항이 발생하며 관련된 많은 연구가 진행되어 왔고, 최근에는 기계학습을 이용하여 연구가 진행되고 있다. 본 기사에서는 무선 센서 네트워크에서 요구되는 요구사항을 달성하기 위한 기계학습 활용 방안에 대해 간단히 소개하고, 기계학습이 적용된 무선 센서 네트워크의 활용 사례를 소개하고자 한다.

2. 무선 센서 네트워크에서의 기계학습 활용 방안

서론에서 설명된 무선 센서 네트워크의 구조와 동작 과정, 그

리고 사용자의 요구사항에 따라 다양한 요구사항이 존재하지만, 본 기사에서는 무선 센서 네트워크의 동작 과정에서 필수로 요구된다고 생각되는 몇 가지 요구사항에 대해서 살펴보고, 기계학습을 통해 이 요구사항을 달성하는 방법들을 간단히 소개하고자 한다.

1) 위치 파악

무선 센서 네트워크에서의 위치 파악은 센서 및 싱크 노드의 물리적 위치를 인식하는 것을 의미한다. 네트워크의 센서는 수집된 데이터를 싱크 노드로 전달하기 위해 지리적 라우팅을 이용할 수 있는데, 이를 위해서는 싱크 노드의 위치를 파악할 수 있어야 한다. 또한 전달 과정에서 자신의 위치와 자신과 이웃한 센서 노드의 위치를 바탕으로 다음 노드를 선정하기 때문에 위치 파악은 매우 중요한 요구사항 중 하나이다.

위치 파악을 위해서는 k-평균과 같은 클러스터링 기법을 사용할 수 있다. 알려진 위치에 대한 RSSI값을 기반으로 전체 네트워크를 여러 클러스터로 나눈다. 이 후, 각 클러스터는 센서 노드의 좌표 값을 찾기 위해 별도의 훈련과정을 거치며, 이 과정을 통해 각 센서 노드들의 위치를 파악할 수 있다[1].

2) 고장 탐지

무선 센서 네트워크에서의 고장 탐지는 크게 센서 자체의 고장 탐지와 탐지 대상의 고장을 탐지하는 두 가지로 나누어 볼 수 있다. 먼저, 센서 자체의 고장을 탐지하는 것은, 사용자가 네트워크로부터 수집된 데이터를 바탕으로 의사결정을 수행하기 때문에, 각 센서에서 수집되는 데이터에 대한 오류를 탐지해내기 위함이다. 두 번째로, 탐지 대상의 고장을 탐지하는 것은, 예측 정비와 같은 어플리케이션에서 감지되는 이상치를 바탕으로 문제가 발생하기 이전에 사전적 조치를 수행하기 위함이다.

고장 탐지를 위해서는 서포트벡터머신과 같은 방법을 사용할 수 있다. 임의의 장치에 대해서 정상 상태와 이상 상태에 대한 데이터를 서포트벡터머신에 학습을 시킨 후, 실제 센서로부터 수집되는 데이터를 분류하여 고장을 탐지해낼 수 있다[2].

3) 라우팅

무선 센서 네트워크에서의 라우팅은 데이터를 수집한 센서 노드가 싱크 노드로 데이터를 일련의 과정을 의미한다. 이때 센서 노드가 싱크 노드까지 데이터를 전달하기 위한 경로를 결정하는 방법이 필요하며, 사용자의 요구사항에 따라 다양한 요구사항이 존재한다. 대표적으로 사용되는 라우팅 방법의 하나인 지리적 라우팅은 자신의 위치와 자신과 이웃한 센서 노드의 위치를 바탕으로 싱크 노드에 가장 가까이 위치한 이웃 노드로 데이터를 전달하는 방법이다.

이러한 지리적 라우팅을 사용하는 과정에서도 강화학습을 사용할 수 있다. 강화학습에서 사용되는 보상함수를 구성하는 요소로는 데이터를 전달했을 때의 진전 거리와 에너지 잔량을 고려할 수 있다. 즉, 싱크 노드로의 진전이 크고 에너지 잔량이 많은 노드를 선택했을 때 큰 보상이 주어진다. 또한, 센서와 싱크 노드와의 관계에 따라 싱크 노드가 한 홉 범위에 있는 경우 또는 한 홉 범위 밖에 있는 경우에 따라 서로 다른 보상을 줄 수 있다. 이러한 과정을 거쳐 에너지 효율적으로 데이터를 전달할 수 있을 뿐만 아니라, 변화하는 네트워크에도 적응하여 데이터를 전달할 수 있다[3].

4) 에너지 효율성

무선 센서 네트워크를 구성하는 센서 노드는 제한적인 에너지를 가지고 있기 때문에, 앞의 다양한 요구사항을 달성함과 동시에 에너지 효율성을 고려해야 한다. 에너지 효율성을 증대시키기 위한 방법의 하나인 클러스터링은 네트워크의 노드들을 논리적으로 일정 단위의 클러스터로 나누는 방법이다. 각 클러스터에는 클러스터 헤드가 존재하며, 클러스터 헤드가 클러스터 내의 데이터 수집 및 관리를 담당함으로써 전체 네트워크의 에너지 효율성을 향상시킬 수 있다.

클러스터링을 수행하기 위해서도 k-평균과 같은 클러스터링 기법을 사용할 수 있다. 에너지 효율성의 증대를 위해서는 기본적인 k-평균 알고리즘에서 사용하는 거리 뿐만 아니라 잔여 에너지를 고려하여 클러스터 헤드를 선정하여, 잔여 에너지가 일정 기준 이하로 떨어지게 되면 새로운 클러스터 헤드를 선정하는 과정

을 통해 에너지 소비를 균등하게 분산시키고 전체적인 에너지 효율성을 향상시킬 수 있다[4].

3. 무선 센서 네트워크의 활용 사례

이전 장에서 무선 센서 네트워크에서의 요구사항을 달성하기 위해 기계학습 기술이 활용되는 사례들에 대해서 간단히 살펴 보았다. 이번 장에서는 무선 센서 네트워크가 우리의 실제 생활에서 어떻게 적용되고 있는지 그 활용 사례를 살펴보고자 한다.

1) 스마트 홈 및 스마트 빌딩

스마트 홈 및 스마트 빌딩은 공간 내의 다양한 기기와 시스템을 원격으로 제어하는 등 사용자의 편의성과 편리성을 향상시킬 수 있으며, 사용자에 따른 자동화가 가능하다. 뿐만 아니라, 조명 및 공조시스템의 자동 제어를 통한 에너지 효율성 증대와 원격 모니터링 및 알람을 통해 침입 탐지 및 안전사고 등에 대해 실시간으로 알람을 받을 수 있다.

이러한 스마트 홈 및 스마트 빌딩 시스템을 구현하기 위해서는 무선 센서 네트워크 기술이 필수적이다. 무선 센서 네트워크 기술로 구축된 시스템은 사용자가 스마트폰 등을 통해 공간의 다양한 기기와 시스템을 원격으로 제어할 수 있으며, 다양한 센서를 통한 환경 모니터링 결과를 바탕으로 공간 내 자동화를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 스마트 홈의 거주자는 집 밖에서도 언제든지 집 내부의 게이트웨이를 통해 각 센서 및 액추에이터에 접근하여



출처 다담마이크로(주)

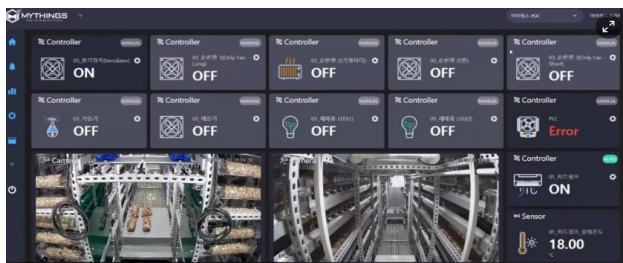
그림 3 스마트 홈

현재 집 내부의 상황을 모니터링하거나 제어할 수 있으며, 거주자가 집으로 돌아오는 시간에 맞추어 조명 및 공조시스템을 제어할 수도, 혹은 스마트 홈 자체의 인공지능에 의해 제어될 수도 있다. 이러한 거주 환경은 거주자에게 편의성과 편리성을 제공할 수 있으며, 에너지 효율성 등의 다양한 장점을 제공할 수 있다.

2) 스마트 팜

스마트 팜은 다양한 기술을 활용하여 농업 생산성을 향상시키고 작물 관리를 최적화하기 위한 기술이다. 앞서 스마트 홈과 유사하게 공간 내의 습도, 온도 토양내의 수분 등의 환경적 정보를 모니터링한 결과를 사용자에게 전달하거나, 다양한 인공지능 기술에 기반하여 적절히 공간 내의 환경을 조성할 수 있다.

이러한 스마트 팜 시스템을 구현하기 위해서는 무선 센서 네트워크 기술이 필수적이다. 공간 내의 다양한 환경 정보를 수집하기 위해서 무선 센서 네트워크 기술이 활용되며, 스마트 홈 시스템과 유사하게 공간 내에 필요한 액추에이터들을 원격으로 제어하거나 자동화를 가능하게 할 수 있다. 예를 들어, 전자동화된 스마트 팜 시스템은 공간 내부의 다양한 환경적 요소를 상시 모니터링하여 작물이 자랄 수 있는 최상의 환경을 조성한다. 작물의 성장 환경에 맞추어 온도, 습도 및 조명을 상시 관리하고, 토양의 수분, 영양상태를 고려하여 필요한 적정량의 수분과 영양을 공급할 수 있다.



출처 마이명스(주)

그림 4 스마트 팜

3) 스마트 팩토리

스마트 팩토리는 공정 모니터링, 생산 라인 관리 및 자동화, 자원 효율성 등 제조 공정을 최적화하고 지능적으로 관리하기 위한 기술이다. 전술된 목표를 달성하기 위해서 다양한 인공지능, 빅데이터 기술이 사용되며, 이를 위한 공장내 데이터를 수집하기 위한

기술이 반드시 필요하다. 즉, 무선 센서 네트워크를 이용한 데이터 수집이 필수적인데, 산업 분야에서 활용되는 무선 센서 네트워크를 산업용 무선 센서 네트워크라고 부른다. 산업용 무선 센서 네트워크는 일반적인 무선 센서 네트워크와 달리 산업 분야의 요구 사항을 달성하기 위한 특별한 목적을 가지고 있다.

산업용 무선 센서 네트워크에서 수집되는 데이터에 따른 의사결정은 다양한 공정 환경에서의 생산성 및 효율성과 직결되기 때문에, 일반적인 무선 센서 네트워크에 비해 높은 신뢰성과 실시간성을 요구받는다. 예를 들어, 생산 라인 모니터링과 같은 공정에서 제품의 품질을 모니터링을 수행할 때 데이터의 지연이나 손실은 불량품 생산과 같은 문제를 발생시킬 수 있다. 또한, 대부분의 자동화 공정에서는 정확한 제어와 실시간 반응을 필요로 하기 때문에, 자동화 장비를 원격으로 제어하거나 모니터링 할 때, 긴 지연시간 및 낮은 신뢰성은 자동화 장비의 안정성과 정확성의 하락을 야기 할 수 있다.



출처 베타(주)

그림 5 스마트 팩토리

4) 예측정비 시스템

예측 정비 시스템은 기계 및 장비의 상태를 모니터링하며 수집된 데이터를 분석하여 장비의 고장 및 유지보수의 필요를 예측하여 고장이 발생하기 이전 사전적으로 정비를 수행할 수 있도록 돕는 기술이다. 이러한 예측 정비 시스템을 구현하기 위해서는 대상 장치로부터 데이터를 수집하기 위한 많은 수의 센서가 필요하고, 이 센서들로부터 수집된 데이터를 분석하여 장치의 효율성을 극대화할 수 있다.

예를 들어, 과거 항공기의 안전사고를 방지하기 위한 정비를 수행할 때는 항공기에 아무 이상이 없더라도 정해진 시간에 따라 항공기를 정비하였다. 이로 인해 불필요하게 지상에 정박시켰



출처 GE리포트 코리아

그림 6 예측정비 시스템

어야 했기 때문에 발생하는 손실과 함께, 정해진 시간보다 빠르게 발생한 문제로 인한 손실이 발생할 수 있다. 예측 정비는 실제 장비들로부터 온도나 진동 등과 같은 다양한 데이터를 수집하고 장비를 모니터링함으로써 앞서 전술된 문제들을 해결 할 수 있다.

이 외에도 의료, 보건, 안전과 보안 등 다양한 상황에서 무선 센서 네트워크가 활용되고 있으며, 앞으로도 더 많은 분야와 응용에서 활용될 수 있을 것이라 기대된다.

4. 결 론

본 기사에서는 무선 센서 네트워크에서의 기계학습 활용 방안 및 사례를 주제로 다양한 기계학습 기술들이 어떻게 무선 센서 네트워크의 요구사항을 만족시키고, 그 성능을 개선해 나가고 있는지, 그리고 이러한 무선 센서 네트워크가 우리의 실제 생활에 어떻게 활용되고 있는지에 대해 간단히 소개하였다. 본 기사에서 소개한 무선 센서 네트워크는 과거 사물인터넷이라는 용어가 조명받기 시작하던 시점부터 지금까지도 연구 및 활용되고 있으며, 앞으로도 꾸준히 활용될 것이라 기대한다.

[참고문헌]

- [1] Bernas M., Placzek B., "Fully connected neural networks ensemble with signal strength clustering for indoor localization in wireless sensor network," International Journal of Distributed Sensor Networks. Vol. 11, No. 12, Dec., 2015.
- [2] Rashedul I., Jia U. and Jongmyon K. "Acoustic emission sensor network based fault diagnosis of induction motors using a gabor filter and multiclass support vector machines," Ad Hoc & Sensor Wireless Network Vol.34, No. 1, Nov., 2016.
- [3] S. Dong, P. Agrawal and K. Sivalingam, "Reinforcement Learning Based Geographic Routing Protocol for UWB Wireless Sensor Network," IEEE GLOBECOM 2007, Washington, DC, USA, 2007, pp. 652-656.
- [4] Anindita R., Debashis D., "Energy efficient clustering protocol based on K-means (EECPK-means)-midpoint algorithm for enhanced network lifetime in wireless sensor network," IET Wireless Sensor Systems, Vol. 6, Iss. 6, Dec., 2016.

저자소개

김상대 (Kim, Sang-Dae)

2013년 충남대학교 컴퓨터공학과 졸업
 2019년 동 대학교 대학원 졸업(공학박사)
 2021년~현재 순천향대학교 의료IT공학과 교수
 2019년~2020년 충남대학교 박사후연구원
 2020년~2021년 공주대학교 연구교수
 주 연구분야: 무선 센서 네트워크,

산업용 무선 센서 네트워크, 기계학습 등



의료빅데이터의 세계에서 복잡계과학으로 길을 찾다

Complex systems science: Navigating the world of medical big-data

황정은 | 순천향대학교 의료IT공학과

Hwang, Jeongeun | Department of medical IT engineering, Soonchunhyang University



요 약

프랙탈 이론을 포함한 복잡계의 과학은 인체와 생명 시스템에 대한 독특한 통찰력을 제공해왔다. 복잡계 과학의 이론을 적용함으로써 인체의 형상과 동역학, 기능이 어떻게 스케일을 건너 상호작용하는지 밝혀내고, 불규칙하지만 패턴화된 구조를 모델링하고 분석할 수 있다. 이러한 종합적인 접근법은 질병 메커니즘의 이해, 진단 도구 개발, 그리고 치료 전략의 발전에 있어서 돌파구를 제공할 수 있는 잠재력을 가지고 있다. 특히 최근 들어 의료빅데이터를 활용할 수 있게 되면서 더욱 커진 의료데이터 복잡계 과학의 잠재력을 살펴본다.

Abstract

The science of complex systems has provided unique insights into the human body. By applying the theories of complex system science, we can elucidate how the morphology, dynamics, and function of the human body interact across scales, and it enables us to model the patterns of living organism. A potential for breakthroughs in understanding disease mechanisms, developing diagnostic tools, and advancing therapeutic strategies lies in it, particularly with the recent advance in medical big data science.

1. 서 론

복잡계의 과학은 (Science of Complex systems) 통계물리학의 한 분과로서 자연계는 물론 사회 문화 현상과 인공물에 이르기까지, 그리고 양자의 세계에서부터 우주배경복사에 이르기까지 ‘복잡한’ 현상을 다루는 학문이다. “물리학자는 숫자를 영, 하나, 둘, 많다 라고 센다”는 농담이 있다. 넓은 의미에서 복잡계 과학은 3체 문제 (three body problem) 이상의 복잡도를 가지는 모든 현상을 다루며, 이 ‘복잡한’ 세계는 혼돈과 (chaos) 이상한 끌개 (strange attractor), 창발현상 (emergent property) 등이 나타

나는 역동적인 세계다.

2. 프랙탈

복잡계 과학에서도 특히 프랙탈 이론은 유사한 구조가 작은 스케일에서부터 큰 스케일에 이르기까지 반복되면서 단순한 패턴으로부터 매우 복잡한 구조를 만들어낼 수 있는 기초를 제공한다. 그림 1의 사진처럼 하늘을 향해 뻗은 나뭇가지들, 땅으로 퍼져나간 나무뿌리, 평야를 가로질러 흐르는 하천의 지류들, 잎사귀에 가득한 잎맥의 구조, 같은 구조가 반복되는 듯 보이는 고사리



그림 1 프랙탈 패턴을 보이는 자연계와 인공 형상들. 왼쪽에서부터
 첫 번째 : 유콘강 하구 위성사진 [출처: Landsat Image Gallery by NASA]
 두 번째 : 영국의 1,046살 추정 참나무 [출처: Photography By Helen Briggs, BBC news]
 세 번째 : 눈송이의 현미경 사진 [출처: Snowflake Bentley, historic photograph]
 네 번째 : 인체의 형태형성과 프랙탈 일러스트 [Created using DALI-3 by Microsoft Bing]

잎의 패턴, 하늘에서 떨어지는 눈송이 속의 아름다운 문양, 이런 것들이 모두 프랙탈 구조로 만들어진 패턴의 전형적인 예시이다. 사람의 몸에도 단순한 구조에서 복잡한 패턴을 펼쳐 보이는 프랙탈 도형이 들어있다. 이러한 도형들의 특징은 일부를 확대하면 전체와 유사하고, 또 다시 그 일부를 확대해도 또 전체와 유사한 패턴을 가진다는 것이다. 이러한 성질을 척도 없음 (scale-free) 이라고 부른다.

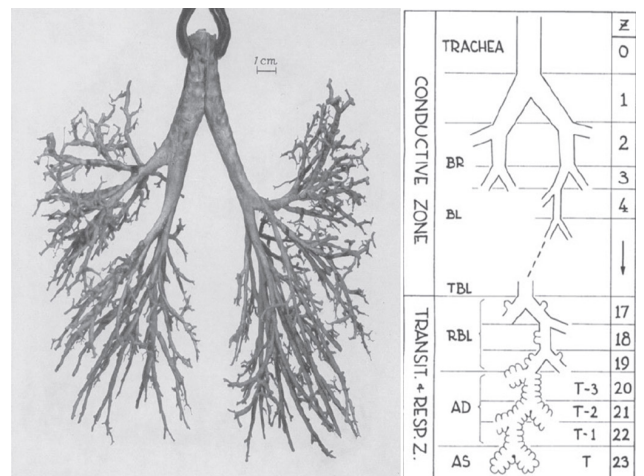
3. 인체에서 프랙탈 구조의 역할

복잡계의 과학은 태동기인 1960년대부터 이미 Mandelbrot, Wiebel 등에 의해 인체와 의학에 관심을 가졌다 [1]. 그들은 폐의 기관지 시스템과 전신의 혈관 시스템이 반복적인 이분기 (dichotomy) 구조로 이루어진 프랙탈 도형이라고 보았다. 인체에서 혈관의 길이는 총 10만 km가 넘는다고 추정되고 있으며, 이렇게 기나긴 1차원인 혈액의 경로를 유한한 3차원 부피를 가지는 우리 몸 구석구석에 효율적으로 밀어 넣으면서 핵심 기능인 물질 교환은 2차원인 혈관내피를 무대로 이루어지므로 충분한 물질 교환 면적 또한 확보해야 하는, 차원을 넘나드는 기하학적 문제에 대한 최적 솔루션을 제공하는 혈관계 구조가 마련되어야 생존이 가능하다.

세익스피어의 소설 ‘베니스의 상인’에서 고리대금업자 샤일록에게 내려진 판결은 혈관의 분포에 대한 깊은 이해를 보여준다. 물론 세익스피어가 의학적 가르침을 주기 위해 베니스의 상인을 집필하지는 않았겠지만 말이다. 상인인 안토니오는 고리대금업자

샤일록에게서 돈을 빌린 친구의 보증을 서면서 갚지 못할 경우 살 1파운드를 떼 주겠다는 계약을 했는데, 갚을 수 없는 처지가 되어 죽을 위기에 처한다. 판사는 계약대로 이행하되 계약에 없는 피는 한 방울도 잃게 해서는 안 된다고 판결하여 안토니오를 살린다. 인체 어디라도 남녀노소를 불문하고 혈관이 분포하지 않은 부위는 1파운드는커녕 1온스도 찾기 어렵다. 그만큼 공간을 가득 채우고 있는 것이 혈관계이고, 이러한 ‘공간 채움 성질’ 또한 프랙탈 도형의 특징 중 하나이다.

그림 2와 같은 폐의 기관지 시스템도 마찬가지이다. 폐에서는 폐포의 기체교환 면 (2차원)에서 핵심 기능인 기체 교환이 일어나지만 공기가 흐르는 경로는 1차원이며 이러한 구조물이 접혀지고 구부러져 들어가야 하는 공간은 흉강 내부의 유한한 3차원 공간이다.

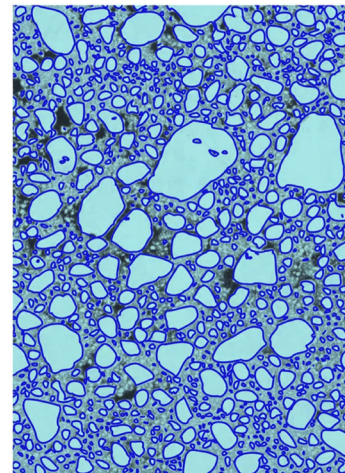
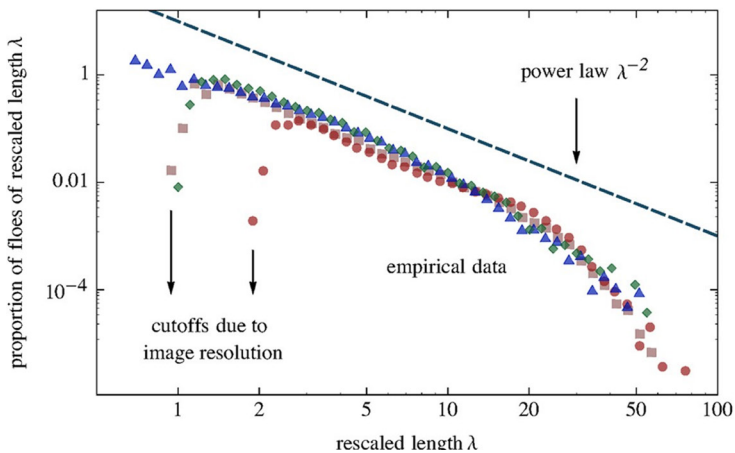


출처 ER Wiebel et al., "Morphometry of the Human Lung", Springer-Verlag GmbH, 1963

그림 2 인간의 폐 기관지의 실리콘 캐스트와 자기반복적인 구조 모식도.

표 1 프랙탈 구조가 나타나는 인체 구조와 기능, 프랙탈 구조의 역할

구분	기능	상세
혈관계	모든 조직의 물질교환	호흡으로 얻은 산소와 물질대사로 만든 에너지, 소화작용을 통해 얻은 영양물질은 모두 프랙탈 구조를 통해 온 몸 구성구석으로 퍼져나갈 수 있다 [2].
폐 기관지	기체교환	프랙탈 구조를 통해 수 리터의 한정된 부피 내에 테니스코트 넓이만한 기체교환면적을 확보해야 생존할 수 있다 [1].
뇌 주름	기억, 사고, 집중 등	큰 주름을 중심으로 영역이 나뉘고 그 사이를 잔주름이 채우고 있다. 뇌주름은 표면적을 넓혀 네트워크 규모를 키워야 높은 지능을 달성할 수 있는 한편, 충분한 대사활동을 위해 혈류량도 빠짐없이 유지해야 하는 프랙탈 구조이다 [3].
신경망	정보 통합	신경세포 사이의 복잡한 네트워크는 프랙탈구조이다. 사고, 의식, 지능과 같은 현상은 신경들이 복잡계 네트워크로 상호작용하면서 창발하는 현상이다 [4].
뇌파	뇌 신경 활동	뇌파의 시간적 구조가 자기반복적인 프랙탈 패턴이다 [5]. 뇌파의 프랙탈 차원을 모니터링함으로써 마취 중 각성이나 뇌전증 증상 발현 등을 모니터링할 수 있다.
해면골	골수조직, 조혈모세포 등 보유	스펀지 같은 해면골의 복잡한 구조 안에는 혈액 줄기세포를 포함한 골수 조직이 들어있다. 바깥의 치밀골을 거쳐 기계적 부하를 감당하는 한편, 무기물로 이루어진 뼈와 활발한 대사활동을 하는 골수를 함께 지지하는 기관으로 골다공증이 있으면 프랙탈 차원이 낮아진다 [6].
종양 혈관	종양 조직에 혈액 공급	종양 조직이 만드는 혈관은 정상 혈관과 생김새가 다르며, 이는 프랙탈 차원을 통해 정량적으로 평가할 수 있다 [7].
심장박동	혈액 순환	개인마다 심장박동에 고유한 프랙탈 차원을 가진다. 젊고 건강한 사람일수록 심장박동의 프랙탈 차원이 낮다 [8].
언어	의사소통	언중이 사용하는 어휘의 빈도는 멱함수 분포를 가진다 [9].
걸음걸이	보행	개인마다 걸음걸이에 고유한 프랙탈 차원을 가진다. 고령이나 파킨슨병에 의해 걸음걸이의 프랙탈 차원이 높아질 수 있다 [10].



출처 Scientific Reports 5, 10226 (2015)

그림 3 멱함수 법칙을 따르는 북극해부빙의 크기 분포

또, 이와 같이 매우 복잡하게 생긴 혈관 네트워크와 폐 기관지의 형상이 유전자를 통해 대물림된다는 점을 생각하면, 이러한 형태적 청사진은 매우 높은 압축률을 가지는 유전정보로 코딩되어야 한다는 요건도 만족해야 한다. 혈관 가지 하나하나의 위치와 형상을 건축도면에 배관을 그려 넣듯이 코딩한다면 인간의 한정된 DNA 길이를 훨씬 상회하는 용량이 나올 것이기 때문에, 혈관이나 기관지의 형상은 간단한 레시피 형태로 압축적으로 코딩되어 있으리라고 짐작할 수 있다. 이러한 조건에 부합하는 것이 프

랙탈 도형의 자기반복적 구조이다.

표 1에 혈관계와 폐 기관지 외에도 인체에서 발견되는 다양한 프랙탈 구조와 기능을 목록화하였다.

4. 프랙탈 차원 측정하기

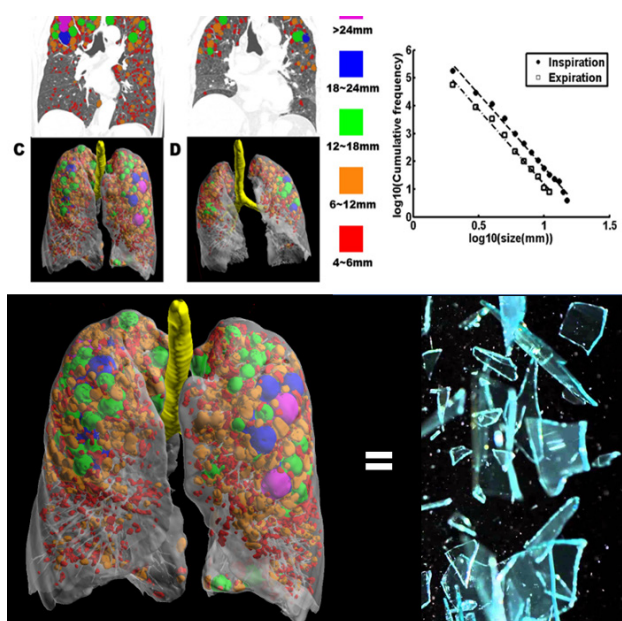
그렇다면 인체 내의 어떤 구조가 프랙탈 도형인지 아닌지 어떻게 알아낼 수 있을까? 위에서 설명한 척도 없음을 평가해 알아

낼 수 있다. 척도-의존적인 형태형성 메커니즘이 없는 한, 자연계의 패턴은 멱함수 법칙 (power-law)을 따르게 된다. 극지의 바다에서 커다란 빙산이 부서져 아주 작은 얼음조각부터 거대한 빙산 (하지만 원래의 빙산보다는 작은)에 이르기까지 다양한 크기로 쪼개어 진다 [11]. 빙산이 아니라 유리창이 깨지거나 태양계에서 소행성 둘이 충돌하여 부서지는 경우라도 마찬가지다. 이렇게 부서진 파편들의 크기 별 개수를 각각 로그를 취해 가로축, 세로축에 배열하는 로그-로그 그래프를 그리면 그림 3과 같이 선형으로 분포하는 것이 척도 없는 분포의 특징이며, 이것을 멱함수 법칙이라 한다. 80대 20의 법칙으로 경제학에서 유명한 파레토의 법칙 역시 멱함수 법칙의 한 예로 볼 수 있다. 이와 같은 로그-로그 그래프에서 멱함수 분포를 가지면 프랙탈 구조라고 할 수 있고, 또한 로그-로그 그래프에서의 기울기를 프랙탈 차원으로 동치할 수 있다.

5. 부서진 파편과 폐기종

만성폐쇄성폐질환 (COPD)는 비가역적인 폐파괴, 즉 폐기종 (emphysema)을 동반하는 질환이다. COPD 환자들의 폐 CT 영상을 정량적으로 분석하여, 폐파괴가 일어난 영역을 동정하고 각각의 영역의 크기를 측정하는 것이 가능하므로 이것이 부서진 빙산이나 유리창, 또는 소행성 파편처럼 척도 없음 성질을 가지는지, 즉 프랙탈인지 따져볼 수 있었다. 결과는 실제로 확인하기 전까지는 예단하기 어려웠다. 멱함수 분포는 자연계에서 매우 광범위하게 발견할 수 있기 때문에 폐기종에서도 다른 물리현상에서와 마찬가지로 나타날 수도 있었고, 반대로 생명현상이며 병태생리학적인 패턴이기 때문에 척도-의존적인 메커니즘이 작동하고 있을 가능성도 있었다. 결과는 [12] 그림 4와 같이, 눈을 의심할 정도로 명백한 멱함수 분포가 나타났다. COPD 환자의 흡기 시와 호기 시 흉부 CT를 촬영한 후 폐기종 영역을 분할하고, 각 영역의 크기를 측정하여 그림 4 왼쪽 상단과 같이 크기 별로 서로 다른 색상으로 표시하였다. 그림 4의 오른쪽 상단과 같이 폐기종 영역의 크기별 개수 분포를 로그-로그 그래프로 나타내었더니 모든 환자에서 예외 없이 선형의 멱함수 분포를 보였을 뿐 아

니라, 전체 폐 부피 대비 폐기종 영역의 부피 비는 흡기/호기 정도에 따라 같은 환자에서도 큰 차이를 보이는 데 비해 멱함수 분포의 기울기 (power-law exponent) 만은 흡기/호기 정도와 관계없이 개인 고유의 값으로 일정하게 유지되었다. 후속 연구를 통해 이 기울기가 곧 폐기종의 프랙탈 차원으로 간주될 수 있으며, 프랙탈 차원값이 호흡곤란 증상의 중증도와도 음의 상관관계를 가지고 사망 예후 예측지표로서도 유의미한 기여를 한다는 사실을 밝혀냈다 [13].



출처 J Hwang et al., Int J COPD (2016)

그림 4 폐기종 (emphysema)에 의해 생긴 폐 조직의 파괴 양상은 척도 없는 프랙탈 성질, 즉 멱함수 분포를 가진다는 점에서 유리창이나 얼음, 소행성 등이 파괴되는 양상과 공통된다.

6. 결 론

복잡계의 과학의 여러 분야 중에서도 특히 프랙탈 기하학이 의학에 기여할 수 있는 방법에 대해 만성폐질환에서의 폐 파괴 연구를 중심으로 살펴보았다. 최근 들어 우리는 그렇지 않아도 복잡한 인체에서 진단과 치료 등 의료가 더욱 복잡해지는 상황을 목도하고 있으며, 대규모 데이터의 홍수를 맞이하며 자칫 복잡성이 빚어내는 혼돈에 잠식당할 수 있는 상황이 되었다. 복잡한 시스템에서 단순한 패턴의 실마리를 찾아 숨겨진 스토리를 풀어 나가는 것이 복잡계의 과학이다. 복잡계의 과학이 지금까지 의료에

기여한 것 보다, 앞으로 기여 할 일이 훨씬 더 많기를 희망한다.

[참고문헌]

- [1] ER Weibel et al., "Morphometry of the Human Lung", Springer-Verlag GmbH, 1963
- [2] F Michallek et al., JACC Cardiovasc Img (2022) 15(9):1591-1601
- [3] RA Yotter et al., Neuro Img (2011) 56(3):961-973
- [4] DS Bassett et al., PNAS (2006) 103(51):19518-19523
- [5] A Accardo et al., Biol Cyb (1997) 77(5):339-350
- [6] A Alberich-Bayarri et al., Med Phys (2010) 37(9):4930-4937
- [7] B Ganeshan et al., Canc Img (2013) 13(1):140-149
- [8] K Otsuka et al., Clin Cardiol (1997) 20(7):631-638
- [9] E Najafi et al., Phys Lett A (2018) 382(17):1140-1148
- [10] SM Bruijn et al., J Royal Soc Intf (2013) 10(83):1-23
- [11] M Gherardi et al., Sci Rep (2015) 5:10226 (2015)
- [12] J Hwang et al., Int J COPD (2016) 11:1835-1841
- [13] J Hwang et al., Eur Radiol (2019) 29:176

저자소개

황정은(Hwang, Jeongeun)

2006년 포스텍 생명과학과 졸업 (이학사)

2013년 동 대학교 대학원 시스템생명공학부 졸업
(이학박사)

2023년~현재 순천향대학교 의료IT공학과 조교수

2021년~2023년 고려대학교 의료원 연구교수

2019년~2021년 울산의대 연구조교수

2013년~2019년 서울아산병원 Post Doc.

주 연구분야: 의생명데이터과학, 프랙탈 의학, 대기오염 건강영향연구 등



학회 소식

☰ 2023년도 제2차 평의원회

일 시 2023년 11월 10일(금) 18:00~19:30

장 소 한국과학기술회관 12층 “아나이스홀”

참석자 이건영 회장 외 179명

주요 회의 내용

1. 개회 및 성원보고 (이방욱 총무이사)
 - 재적평의원 : 279명 (규칙 제3장 제4조 ③항에 의거하여 평의원 회비 미납자 16명 제외)
 - 참석평의원 : 180명 (출석 48명, 위임 132명)
2. 이건영 회장 인사
3. 보고사항
 - (1) 2023년도 사업실적 및 수지결과 보고
 - (2) 2024년도 차기회장 및 부회장 입후보 등록 현황 보고
 - ① 차기회장 입후보 등록 : 1명 (산업체 차기회장 추대) - 이준호 평의원(한국전력공사 부사장)
 - ② 부회장 입후보 등록 : 2명 - 박종배 평의원(건국대 교수), 이준호 평의원(호서대 교수)
4. 심의사항
 - (1) 2024년도 사업계획(안) 및 예산(안) : 원안대로 동의함.
 - (2) 산업전기응용 부문회 승격(안) : 원안대로 승인함.
 - (3) 기술위원회 전환에 따른 규칙 개정(안) : 원안대로 승인함.
 - (4) 2024년도 차기회장, 부회장 및 감사 선출
 - ① 2024년도 차기회장 선출의 건
2024년 차기회장으로 이준호 평의원(한국전력공사 부사장)을 선출함.
 - ② 2024년도 부회장 선출의 건
2024년도 학계 부회장으로 박종배 평의원, 이준호 평의원 2인을 선출함.
또한 학계 및 산업계 부회장 3인은 차기회장이 추대하여 총회에서 추인받기로 함.
 - ③ 2024년도 감사 2인 선출의 건
김세호 평의원(제주대 교수)과 장용무 평의원(가천대 교수)을 선출함.
 - ④ 2024년도 이사 인준
2023년도 제73회 정기총회에서 이사를 인준 받도록 위임함.
5. 폐회



☰ 2023년도 제11차 이사회

일 시 2023년 11월 10(금) 16:00-18:00

장 소 한국과학기술회관 12층 “아나이스홀”

참석자 이건영, 이병준, 이준호, 장용무, 박종배, 이우철, 김용상, 이정환, 최상열, 손진근, 박경종, 신윤용, 안승원, 오호진, 이천구, 이방욱, 김규호, 송화창, 김정수, 장길수, 남순열, 우정욱, 주성관, 조현중, 지평식, 손성용, 차한주, 최승연, 김경호, 김재호, 김종남, 박훈양, 유홍국, 윤순일, 임철교, 최옥만, 강승택, 허 건, 차준민, 김정태(감사), 이정호(Observer)

[이상 41명]

주요 회의 내용

1. 신입회원 승인 : 원안 승인함.
 - 개인회원 78명 [정회원 33명, 준회원(석사) 12명, 준회원(학부) 26명, 종신 2명, 다수년 4명, 제후회원 1명]
2. 2024년 사업계획(안) 및 예산(안) 승인 : 원안대로 승인함.
3. 2023년도 학회상 수상자 승인 : 원안대로 승인함.
4. 전국 지회별 우수졸업생 표창 대상자 선정 승인 : 원안대로 승인함.
5. 젊은 연구자 학술대상 수상자 선정 승인 : 원안대로 승인함.
6. 전기학회 발전방안에 따른 규칙, 규정 개정의 건
 - 1) 기술위원회 전환에 따른 규칙 개정(안)
 - 2) 소통위원회 신설에 따른 명칭 변경 규칙 개정(안)
 - 3) 국문지 활성화 방안 관련 규정 개정(안) : 원안대로 승인함
7. 전기에너지위원회 규정 및 전기학회 교육원 규정 개정(안) : 원안대로 승인함.
8. 2024년 차기회장 및 부회장 선출 절차
 - 선거관리위원으로부터 선출 절차에 대해 사전 설명을 듣고, 평의원회에서 차기회장 및 부회장 선거시 절차대로 진행하기로 함.



학회 소식

대한전기학회 이병국 교수(성균관대학교)

IEEE 석학회원 선정

대한전기학회(회장 이건영) 이사 및 평의원으로 활동 중 인 성균관대학교 정보통신대학 전자전기공학부 이병국 교수가 국제전기전자공학회(IEEE) 석학회원(Fellow)으로 선정됐다.

IEEE는 전기·전자·컴퓨터·통신 분야로는 세계에서 가장 권위 있는 학회로 160여 개국 40만여 명의 회원을 보유하고 있다. IEEE 회원 최고 등급인 석학회원은 탁월한 개인 연구업적, 기술성취실적, 전문분야 총괄 경력 등 7개의 평가 기준 심사를 거쳐 회원의 최상위 0.1% 내에서 선정된다.

이병국 교수는 학회 학술 활동뿐 아니라, 전기자동차 배터리를 충전하는 유·무선충전기 및 배터리상 태관리시스템(BMS)에 대한 연구를 기반으로 산업화에 기여한 공로를 인정받았으며, 전기자동차 충전 분야에 대해 여러 대기업 및 중소·중견기업들과 밀접한 산학 연구를 수행하고 있으며 특히 현대자동차 공동연구실 및 현대캐피코 타겟랩을 운영하고 있다.



학 회 일 지

2023.10.20.~2023.11.19

10.20(금)

B부문회 제6차 이사회 (충북대)

10.23(월)

D부문회 정보 및 제어학술대회
(세인트존스호텔, 10.23~25)

10.24(화)

D부문회 제6차 이사회 (세인트존스호텔)

10.26(월)

C부문회 추계학술대회 및 정기총회
(제주 오리엔탈호텔, 10.26~28)
E부문회 추계학술대회 및 정기총회
(파르나스 호텔 제주, 10.26~28)

10.27(화)

E부문회 제8차 이사회 (파르나스 호텔 제주)

10.31(화)

제10차 국문지편집위원회 (화상회의)

11.1(수)

회지 「전기의 세계」 72권 11호(11월호) 발간
전기학회 국문논문지 72권 11호(11월호) 발간
전기학회 영문논문지 18권 6호(11월호) 발간

11.5(일)

ICEMS 2023 (중국 zhuhai, 11.5~8)

11.6(월)

A부문회 수력양수발전연구회 추계학술대회
(The-K 호텔, 11.6~7)

11.10(금)

본부 제11차 이사회
(한국과학기술회관 12층 "아나이스홀")
본부 제2차 평의위원회
(한국과학기술회관 12층 "아나이스홀")
본부 제2차 상벌심사위원회 (학회 회의실)

11.16(목)

KYACC 워크샵 (한국과학기술회관 B1 중회의실 6)

편집위원

허 진(편집위원장, 인천대학교)

강동원(중앙대학교)

노종석(중앙대학교)

문원식(숭실대학교)

박능수(건국대학교)

박형준(한국전자통신연구원)

배인수(강원대학교)

서훈철(연암공과대학교)

민세동(순천향대학교)

이귀준(한국교통대학교)

이기덕(한국전자기술연구원)

이성구(동아대학교)

이승재(한국폴리텍대학)

조수연(한국자동차연구원)

조준남(한국폴리텍대학)



공학 인적자본의 퀀텀점프

산업경쟁력을 도약시키기 위한 공학 인재양성 생태계,
공학교육인증제도가 만들어갑니다.





How to light up the world? **Ask HYOSUNG**

세상에 힘이 되는 전력기술로 온 세상을 밝히고 있습니다.

효성중공업은 전 세계를 무대로 다양한 에너지 분야에서 고품질의 제품과 서비스를 통해 고객 여러분을 만나고 있습니다. 변압기, 차단기 등 최고 품질의 전력설비와 HVDC, STATCOM, ESS 등 스마트 그리드 솔루션을 통해 전력 전송 기술의 첨단화를 이끌고 있습니다. 고효율 전동기, 풍력용 발전기와 같은 친환경 신재생 에너지의 발전시스템을 제공하여 녹색기술 분야를 이끌어 나가고 있습니다.

'Global No. 1'을 모토로 글로벌 환경과 미래까지 생각하는 효성중공업은 끊임없는 도전과 혁신을 통해 글로벌 시장을 이끌어 나가고 있습니다.

HYOSUNG HEAVY INDUSTRIES

(04144) 서울특별시 마포구 마포대로 119 (공덕동) www.hyosungheavyindustries.com