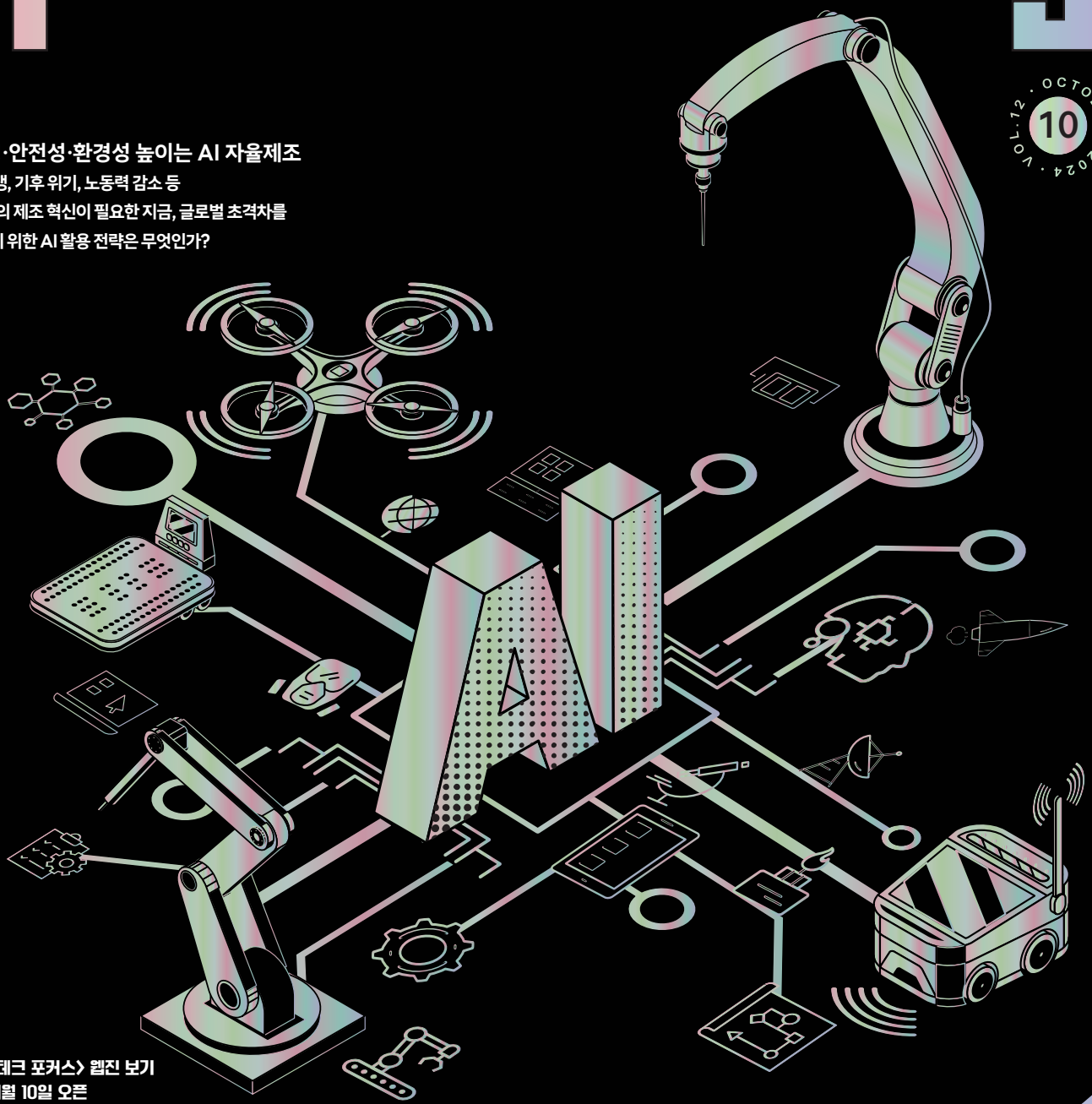
국내외 산업기술의 모든 것을 담은 전문지

TECH FOCUS

VOL.12 · OCTOBER · 2024
10

생산성·안전성·환경성 높이는 AI 자율제조

기술 경쟁, 기후 위기, 노동력 감소 등
또 한 번의 제조 혁신이 필요한 지금, 글로벌 초격차를
확보하기 위한 AI 활용 전략은 무엇인가?

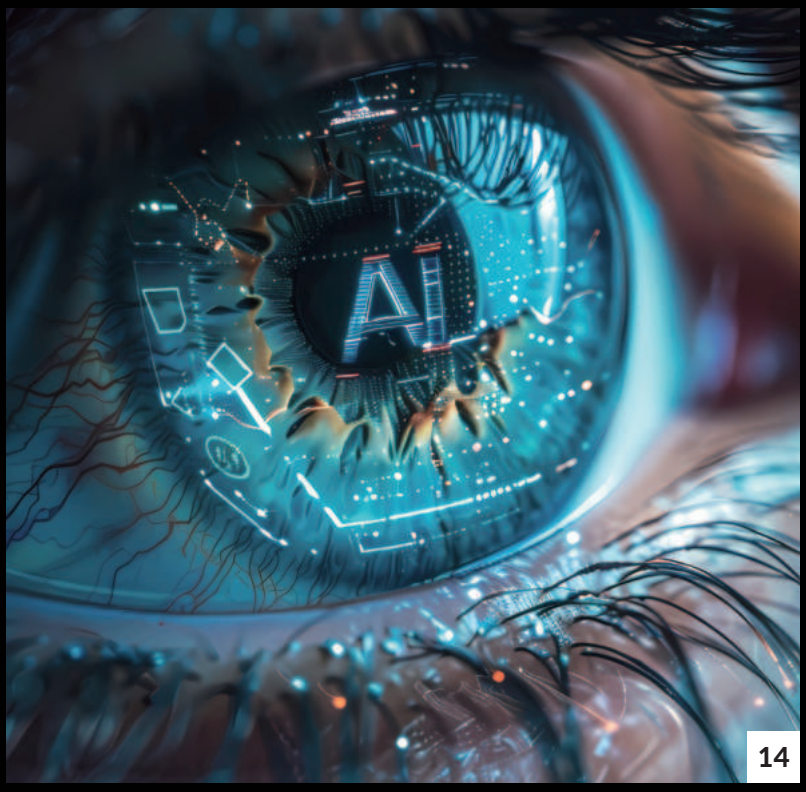


〈테크 포커스〉 웹진 보기
매월 10일 오픈

제조 기술, AI로 더 강해진다

<테크 포커스> 웹진에서 10월호 기사를 확인하세요! **techfocus.kr**

20



14

30

58

26

VOL.12 · OCTOBER · 2024 · 10

등록일자 2013년 8월 24일 **발행일** 2024년 10월 7일 **발행인** 한국산업기술기획평가원 원장 전윤종 **발행처** 한국산업기술기획평가원, 한국산업기술진흥원, 한국에너지기술평가원, 한국공학한림원 **주소** 대구광역시 동구 첨단로8길 32(신서동) 한국산업기술기획평가원 **후원** 산업통상자원부
편집 및 제작 한국경제매거진㈜(02-360-4816) **인쇄** ㈜타라티피에스(031-945-1080) **문의** 한국산업기술기획평가원(053-718-8567) **잡지등록** 대구동, 라00026

본지에 게재된 모든 기사의 판권은 한국산업기술기획평가원이 보유하며, 발행인의 사전 허가 없이는 기사와 사진의 무단 전재, 복사를 금합니다.
필자의 원고 및 취재원의 인터뷰 방향은 한국산업기술기획평가원의 입장과 일부 차이가 있거나 다를 수 있습니다.

Focus Story

02
Intro
All About AI 자율제조

04
History
생산성의 혁신을 가져온 역사 속 자동화 기술

08
Trend
AI 시대 제조업의 패러다임 변화
'자율제조'와 '산업 혁신'

14
Issue
AI는 그리고[Draw] 인간은 생각한다

20
Interview
대한민국 제조 경쟁력 'AI 자율제조' 시스템이 지킨다
한국전자기술연구원[KETI] 자율제조연구센터 송병훈 센터장

R&D Note

26
Changing Tomorrow&Challenge
㈜시지바이오
전 세계 유일한 '3D 맞춤형 골 이식재'
환자의 잃어버린 삶 찾은 R&D

30
R&D 프로젝트1
㈜수젠텍
소변으로 여성 생애주기 진단하는
글로벌 리딩 디바이스의 탄생

34
R&D 프로젝트2
㈜비에스지
친환경 고기능성 원단 상용화,
내수 넘어 세계로 도약한다

R&D Policy

38
Issue
비효율 투자 걷고, 고효과·고리스크 R&D 대폭 지원한다

Global Tech

40
Info
한눈에 보는 스마트 리테일

42
Trend
리테일 산업, AI 기술로 더욱 똑똑하게 성장한다

ESG Tech Trend

46
ESG & Tech
폐디스플레이 활용하는 디스플레이 강국의 친환경 노하우

50
ESG Issue
국산 지속가능항공유[SAF]로 깨끗한 하늘길 여는 데 앞장선다

Tech & Story

54
테크 알쓸신잡
딥페이크 기술은 죄가 없다

58
잡 인사이드
김남국 울산의대/서울아산병원 융합의학과·영상의학과 교수
AI와 융합의학의 만남
'의사과학자' 의료 혁신 이끈다

Review & News

62
똑소리단 리뷰

64
Notice
독자 퀴즈

All About

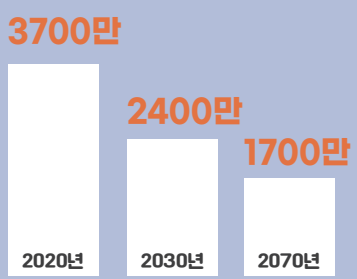
AI 자율제조

AI 자율제조?

인공지능AI과 로봇 등을 결합해 사람이 하기 어렵거나 위험한 일 등을 대체시키는 개념이다. 제조업 전반에 AI를 활용해 생산성과 경쟁력을 높이는 것이 목적이다.

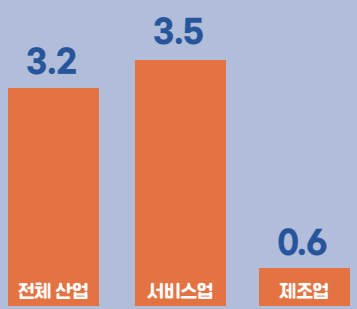
AI 자율제조의 필요성

❶ 노동인구의 감소세를 보완

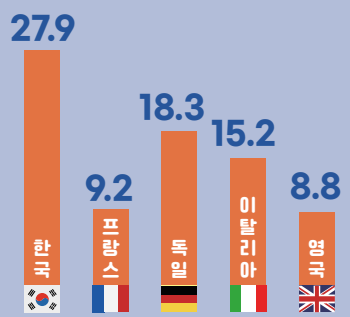


노동인구 추세(명)

❷ 제조업의 노동생산성 향상



업종별 노동생산성 증가율(%, 2022년)



OECD 주요국 GDP 대비 제조업 비중(%, 2021년)

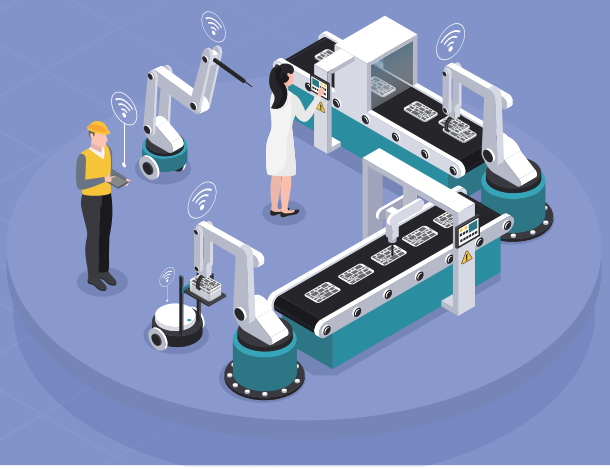
➡ 우리 산업 근간인 제조업의 경쟁력 강화는 필수! ⬅

자료: 산업통상자원부, 한국산업기술기획평가원, OECD

AI가 도입되면 사람의 일자리가 줄어든다?

NO!

자동차 보조운전시스템이 안전하게 운전할 수 있도록 돕는 것처럼 AI 자율제조 역시 AI를 통해 제조업의 안전성과 경쟁력을 지원하는 역할을 맡는다.



글로벌 AI 자율제조 시장 규모는?

연평균 성장률
44.2%
2024~2030년

2023년
41 억 달러
5조5000억 원

자료: 그랜드뷰리서치

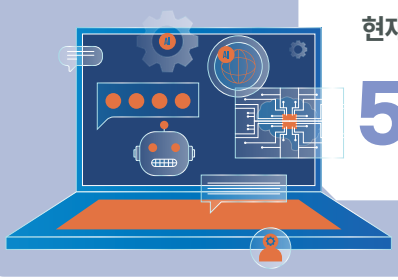
우리나라 AI 자율제조 현황은?

2024년 7월
AI 자율제조 얼라이언스 출범

12개 업종 **153**개 기업·기관 참여

2028년까지 **200**개 사업 발굴·추진

산업부 **3000**억 원 규모 대형 R&D 기획
무역보험공사 **5**년간 **10**조 원 금융 지원



AI 자율제조 비율 예상

현재	2030년
5%	40%

자료: 산업통상자원부

생산성의 혁신을 가져온 역사 속 자동화 기술

**오늘날 우리에게 자동화는 공기나 물처럼 당연한 요소가 되었다.
하지만 자동화는 결코 자연스레 얻어진 것이 아니다.
자동화 기기가 모두 사라진 일상을 과연 상상이나 할 수 있을까?
우리 일상을 뒤바꾼 자동화 제어 기술에 대해 정리해봤다.**

기원전 270년 이집트 크테시비우스의 물시계,
인류 최초의 자동화 기기 중 하나다.

자동화의 필수 불가결, 피드백 제어 메커니즘

자동화自動化의 사전적 의미는 '다른 힘을 빌리지 않고도 스스로 움직이거나 작용하는 것'을 말한다. 여기서 '다른 힘'이란 바로 사람의 힘이다. 다만 현실적으로 사람의 개입을 완전히 없애기는 어렵다. 모든 일의 최종 결정권과 그에 따르는 책임을 사람이 져야 하기 때문이다. 따라서 자동화의 실질적인 의미는 '사람의 판단력과 노동력의 개입을 최소화하면서 일이 잘 진행되게 하는 것'이라고 볼 수 있다.

그런 의미에서 인류의 역사는 곧 자동화의 역사와 궤를 같이한다. 인류는 산업혁명 이전부터 사람의 힘이 아닌 동물력(가축), 자연력(풍력과 수력 등)을 이용해왔기 때문이다. '남의 힘'을 제대로 제어하려면 자동화가 필수적이다. 자동화 하면 흔히 인공지능, 로봇을 떠올리지만, 그것은 앞뒤가 뒤바뀐 인식에 가깝다.
인류 최초의 자동화를 명확하게 정의하기는 어렵다. 하지만 기본이 되고 절실했던 자동화

수요 중 하나는 시간 계측이었다. 사람들을 제때 모아서 일하게 하려면 시간을 정확히 알아야 하니까 말이다.

기원전 270년 이집트에서 발명가 크테시비우스Ctesibius가 부표 조정기를 설치한 물시계를 발명했다. 물을 흘려 통 안으로 넣어주면 통 안의 수위가 높아지고, 부표가 높이 떠오르면서 특정 시간을 가리킨다. 그러다가 물이 기준 높이를 초과할 경우, 순간적으로 긴 통 속의 물이 다음 칸으로 이동하게 된다. 이때 아래 톱니바퀴들을 움직이며 위의 눈금을 다음 시간으로 돌리는 것이다. 오늘날 화장실 변기 물탱크에 쓰이는 것과 매우 비슷한 이것이 인류 역사 최초의 피드백 제어 메커니즘이다. 즉, 결과값을 입력값에 반영하여 제어값을 결정하는 장치이다. 이러한 제어 장치는 자동화에 필수 불가결로, 기계의 원치 않는 정지나 폭주를 막고, 일정하게 원하는 출력값을 내도록 한다.

수차와 풍차, 자연력의 본격적 이용

수차는 물의 힘으로 돌아가는 바퀴다. 고대에는 문자 기록이 제대로 남아 있지 않아 최초의 수차를 명확히 특정하기는 어려움이 있으나, 기원전 1세기 그리스와 로마에서는 수차를 이용해 곡물을 제분하는 행위가 보편적이었다고 본다.

서양인의 주식은 밀이다. 밀은 제분 과정을 통해 밀가루를 만드는 과정이 필수적이다. 따라서 서양에서는 제분에 필요한 동력 확보, 이를 통제하는 자동화에 일찌감치 관심을 기울였다. 수차는 이전에 인력이나 동물력으로만 수행하던 제분 작업을 '자연력'으로 수행, 인간과 동물의 노동력을 절약시켜주었을 뿐 아니라 반半자동화의 시대, 즉 자동화 혁명의 시초를 열었다.

서기 7세기에는 페르시아에서 풍차가 발명되었다. 풍차는 바람의 힘으로 돌아가는 바퀴다. 수차와 풍차는 세계 각지에 전파되어 제분을 포함한 다양한 산업에 활용되었다. 둘은 상호 보완적인 부분이 있었다. 에너지 효율은 수차가 훨씬 뛰어났지만, 물이 없이 바람만 부는 지역(페르시아) 등에서는 풍차의 쓰임새가 더욱 높았다.

기계력, 자동화를 가속하다

17세기 서유럽에서 시작된 산업혁명은 산업 자동화의 큰 분수령이었다. 이 시기에 증기기관과 내연기관이 차례로 발명되며 풍차와 수차를 대체하기 시작했다. 인력과 동물력, 자연력은 그 힘의 한계가 명확했다. 그러나 인간이 만든 힘인 '기계력'은 기술의 발전에

풍차는 그 자체로 훌륭한 자동화 기기다. 사진 속 풍차에는 자동 팬테일(우측의 작은 바람개비)이 달려 있다. 자동 팬테일은 풍향에 맞춰 반응, 풍차의 주날개가 언제나 바람을 가장 잘 받는 쪽으로 향하게 해주는 자동화 제어 기기다.

따라 그 힘을 얼마든지 높일 수 있었다. 이와 동시에 물리적인 힘을 제어하는 기술 또한 매우 중요해졌다.

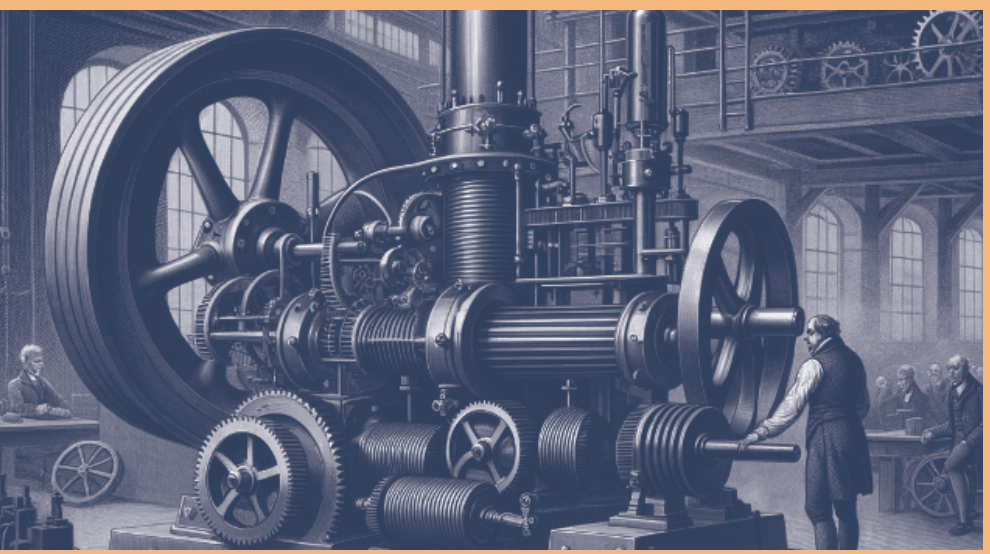
1785년 영국의 발명가 올리버 에반스Oliver Evans가 만든 자동 제분기는 인간의 개입 없이 연속적으로 생산이 가능한, 즉 완전 자동화 산업 체계를 구현한 최초의 제품이었다. 또한 1867년 영국의 물리학자 제임스 클러크 맥스웰James Clerk Maxwell이 발간한 논문 <동력학적 기체 이론에 관해>는 자동화 제어 이론의 기초를 다졌다. 인간이 사용할 수 있는 물리적인 힘과 그 제어 능력이 증가함에 따라 선진국들은 다양한 상품을 이전보다 더욱 많이 빠르게 만들 수 있게 되었다. 동시에 교통과 통신 기술이 발달하며 이러한 상품들은 전 세계로 팔려나가게 되었다.

1920년대에 들어서는 전기의 보급이 자동화를 촉진했다. 생산 현장의 전동기 및 릴레이Relay 논리회로 도입이 그 구체적인 형태였다. 계전기라고도 불리는 릴레이는 인간의 개입 없이 자동으로 전기회로를 켜고 끌 수 있는 스위치다. 내부에 전자석이 들어 있어, 전원을 공급하면 이 전자석이 자석이 되어 전기회로를 켠다. 이러한 작동을 하는 데 필요한 전압 및 전류는 작지만, 그것으로도 훨씬 큰 전압 및 전류를 제어할 수 있다. 그리고 이러한 릴레이를 여러 개 연결하는 방식에 따라서, 특정 조건에 따라 회로를 자동으로 켜거나 끌 수 있는데, 이를 릴레이 논리회로라고 한다. 릴레이 논리회로를 전력망 및 전동화된 공장의 생산 기기에 적용, 자동적으로 제어할 수 있게 된 것이다. 이렇게 전동화된 공장의 생산 효율은 증기기관 시대에 비해 최소 30% 늘었다. 성능 자체의 개선 외에 정비 유지 시간을 줄이고 라인 축과 벨트의 마찰을 감소시키는 데도 기여했다.

1930년대에는 정해진 값에서 편차가 발생할 경우에도 대응할 수 있는 정밀 제어 장치들이 등장한다. 이러한 제어 장치들을 제조 현장에 투입해 생산성을 크게 늘렸고, 공장 전동화의 단점을 상쇄할 수 있었다. 또한 제1·2차 세계대전 가운데 등장한 대규모 통신과 신호 처리 필요성 역시 자동화 기술의 발전에 도움을 주었다. 1958년부터는 자동화 제어 장치의 반도체화가 진행되기 시작하며 더욱 정밀한 자동화 제어가 가능해졌다.

전자 기술을 통한 자동화가 안방까지

반도체의 발전은 컴퓨터 성능 개선으로 직결되었다. 특히 1971년 마이크로 프로세서가 발명되면서 컴퓨터 대량 보급이 가능해졌고, 컴퓨터를 사용해 생산 현장의 정밀 수치를 제어하게 된다. 컴퓨터가 제어하는 물리력을 사람들은 로봇이라고 부른다. 오늘날 로봇은 다양한 제조 현장은 물론 가정과 식당, 카페 등에도 배치되어 있다. 로봇은 생산과 생활의 자동화만 이룩한 것이 아니다. 인간을 위험한 요소들로부터 보호하고, 제품의 생산 단가와 품질을 개선시켰다.



자동화는 가전제품을 통해 우리 일상을 변화시켰다. 일례로 미국의 경우 약 100년 전인 1930년대에 이미 가정 전기 보급률이 70%에 도달해 식기세척기, 냉장고, 세탁기 등 다양한 가전제품을 사용할 수

인간이 가용하는 힘의 크기가 커질수록 자동화의 필요성과 기술 성숙도도 그에 비례해 올라갔다. 증기기관의 발명 및 보급이 그 대표적 사례다.

현대인이 수족처럼 편하게 사용하는 스마트폰은 수천 년간 발전해온 자동화 제어 기술의 결정체다.

있었다. 오늘날 우리는 이러한 가전제품을 너무나도 당연히 여기고, 자동화로 따로 분류하지 않는다. 그러나 이러한 가정 자동화는 실로 기술의 축복이다.

4차산업혁명은 자동화를 더욱 촉진시키고 있다. 빅데이터를 기반으로 하는 인공지능은 네트워크를 이용해 다양한 기기를 효과적으로 자동 제어하고 있다. 이만큼 발전을 이룩한 자동화는 현대인의 생활 속 사실상 모든 부분에 영향을 주고 있다. 멀리 갈 것도 없이 동네마다 있는 자판기, 버스와 전철마다 있는 교통카드 리더기부터 자동화의 산물 아닌가.

자동화의 이점과 숙제

자동화의 장점은 효율이다. 110여 년 전인 1905년에 등장한 자동화 유리병 제조 기계의 사례만 보더라도 분명히 알 수 있다. 조작에 2명이 필요한 이 기계는 24시간 동안 1만7280개의 유리병을 만들어냈다. 제조 단가는 10센트에 불과했다. 반면 인간 6명으로 이루어진 1개 팀이 수작업으로 유리병을 제조할 경우, 24시간 동안 2880개를 생산했는데 비용은 1.8달러가 들었다.

자동화에도 단점은 존재한다. 무엇보다 자동화 설비를 구축하기 위해선 초기비용이 크게 든다. 또한 빠른 생산 속도로 인해, 제품 불량을 조기에 발견해내지 못할 시에는 불량품에 의한 손실도 클 수 있다. 그리고 역설적으로 자동화가 진행될수록, 자동화를 감독하는 인간의 중요성 역시 커진다. 물론 인간의 개입 정도는 줄어들지만, 그 줄어든 개입 하나하나가 전체 공정에 가하는 영향은 더욱 커지게 되는 것이다. 이와 비슷한 이유에서 아무리 자동화를 진행한다고 하더라도 인간의 개입을 제로화할 수는 없다. 인간은 비선형 계산이 가능한 가장 효율적인 존재이기 때문이다. 인간과 기계의 능력을 잘 조율해 최적의 결과를 도출해내는 것, 그것이 동서고금을 막론하고 기술을 손에 쥔 인간이 풀어야 할 숙제일 것이다.

이동훈 과학 칼럼니스트 <월간 항공> 기자, <파퓰러사이언스> 외신 기자 역임. 현재 과학/인문/국방 관련 저술 및 번역가. <과학이 말하는 윤리>, <화성 탐사> 등의 과학 서적을 번역했다.

인공지능AI 시대가 도래하며 전 세계 제조업은 새로운 전환의 압력을 받고 있다. 과연 AI가 가져온 산업 환경은 제조업을 오래된 굴뚝산업으로 전락시켜버릴 것인가? 아니면 제조업이 새롭게 부활할 기회로 다가올 것인가?

AI 시대 제조업의 패러다임 변화

'자율제조'와 '산업 혁신'

AI 자율제조, 한국에 기회로 작용할 수도

AI와 제조업에 대한 논쟁이 국내외에서 활발히 벌어지고 있다. ‘AI는 과연 어디까지 발전할 것인가?’, ‘AI와 전통 제조업을 어떻게 결합해 지속가능한 기술 생태계를 만들 수 있을 것인가?’, ‘산업화 시대에 각각 다른 경쟁력을 가졌던 국가들은 어떻게 국가전략을 전환하여 생존해 나갈 것인가?’ 등에 대한 다양한 시각이 존재한다.

현재 한국이 처해 있는 국내외적 환경은 이 같은 과제를 해결해나가는 데 많은 도전 요인과 가능성을 동시에 던져주고 있다. 국내의 정치·사회적 환경은 물론이고 미·중 기술 전쟁의 국제정치 환경 아래 한국이 가야 할 길은 결코 쉽지 않아 보인다. 하지만 한국이 경쟁력을 갖고 있는 제조업을 어떻게 새로운 AI와 결합할 것인가에 따라 한국에도 기회의 창이 열릴 수 있을 것으로 기대된다.

한국은 급격한 출산율 하락으로 전 산업군에서 인력 수급의 어려움을 겪고 있다. 특히 제조업의 경우 대도시와 떨어진 근무지와 열악한 근무 환경 등으로 인해 젊은 층이 기피하는 산업 분야로 인식되고 있다. 제조업 기피 현상은 비단 한국의 문제만은 아닌 전통 제조 강국인 독일, 일본에서도 겪고 있는 현상이다. 미국 MIT 공대와 보스턴 대학의 공동 연구에 따르면 독일, 일본, 한국 모두 고령화로 인한 제조업 노동력 부족을 심각하게 경험하고 있으며, 이를 해결하기 위해 자동화 및 로봇 활용이 증대되고 있다고 분석했다.

제조업의 가치를 올려야 하는 까닭은

미국 트럼프 정부의 자국 무역 보호 조치를 시작으로 바이든 정부의 탈공조Decoupling 및 탈리스크Derisking 전략 등은 세계 제조 무역 질서의 새로운 국면을 열고 있다. 최첨단 제조 분야인 반도체의 경우 일본의 소재와 미국의 장비 연합으로 중국 반도체 성장에 대응하는 전략을 취하고 있고, 중국은 갈륨, 게르마늄과 같은 반도체 천연자원 공급 수출 제안으로 맞서는 형국이다. 이처럼 제조업, 특히 반도체나 이차전지와 같은 첨단 제조업은 국가 경제 및 정치 외교 전략으로 그 가치가 증대되고 있다.

제조업의 가치를 가장 잘 설명해줄 수 있는 부분이 지난 20년간 중국과 인도가 취해왔던 산업 정책이다. 중국은 제조 중심, 인도는 IT 기술 중심 성장 전략을 선택했다. 국가 규모와 인구를 감안하면 두 정부의 시작점은 비슷했지만, 국가적 위상은 차이가 존재한다. 중국의 외교적 위상과 비교해 인도는 아직 그에 미치지 못한다. 이것이 제조업의 차이라 결론 내리기에는 다소 비약이 있을 수 있겠지만, 제조업을 기반으로 성장한 국가의 위상과 자원·서비스업으로 성장한 국가의 외교 위상이 다른 점은 부인할 수 없는 사실이다. 물론 여기에 대해서는 보다 심층적인 연구가 필요하겠지만, 제조업이 경제·산업적 가치뿐만 아니라 외교 안보, 기술 확산 등 국가경쟁력 전반을 담당하고 있다는 것은 분명해 보인다.

제조업에 적용되고 있는 글로벌 AI 트렌드

첨단 ICT 기술의 발전에 따라 제조업도 새 변화를 맞이하고 있다. 스마트팩토리는 제조 산업과 ICT 기술 융합의 결과물이다.

산업부는 제조업 분야에 AI 기술을 도입해 우리 산업의 경쟁력을 높이고, 새롭게 열리는 AI 시대의 제조 트렌드를 주도하기 위해 'AI 자율제조' 기술 개발 및 현장 도입에 힘쓰고 있다. 사진은 지난 7월에 열린 '인공지능AI 자율제조 얼라이언스 출범식'(위)과 지난해 12월에 열린 '인공지능AI 자율제조 혁신전략 포럼' 현장을 담았다.

제품의 불량을 일일이 수작업으로 분류하던 것에서 'AI 분류Classification and Clustering 기술'을 통해 자동으로 분류하는 방식이 이미 반도체, 이차전지, 평판 디스플레이 산업에서 활용되고 있다. 경험치와 암묵적 지식에 의존하던 장비 진단 또한 'AI의 이상 징후 판독Anomaly Detection 기술'이 적용되어 일반적인 상황과 이상 상황을 파악한다. 생산 운영 분야에서는 수학적 최적화 등의 기술을 활용하여 재고 관리, 생산 스케줄링 관리, 생산 물류 관리 등을 전산화하고 있다.

발전된 로봇 기술은 공장 환경 전체를 바꾸고 있다. 1912년 미국 포드사가 도입하여 보편화된 컨베이어 방식은 지난 100년 이상 제조 자동화를 대표하는 기술이었다. 그러나 최근에는 '자율주행 로봇ARM, Autonomous Mobile Robot'이 컨베이어를 대체하고 있다. 특히 강화 학습Reinforcement Learning과 로봇 기술이 융합하여 제조 자동화의 새로운 패러다임을 열고 있다. 수십 대에서 수백 대에 이르는 로봇이 필요한 부품을 제조 장비에 보급하는 방식은 이미 가전, 전자 부품 조립, 자동차 생산 분야에 활발히 적용되고 있다.

챗GPT와 같은 대규모 언어 모델LLM, Large Language Model 기술 및 생성형 AI 기술 또한 제조 산업의 혁신을 주도할 것이라 기대된다. 기존 로봇 기술과 결합해 사람의 자연언어로 로봇이나 자동화 장비를 제어하는 기술은 구글 및 마이크로소프트사에서 개발 중이며, 생성형 AI를 활용해서 제품 설계를 자동화하는 기술들이 이미 제품화 단계에 이르렀다.

글로벌 AI 경쟁 가운데 우리의 강점은 '제조업'

범용적인 AI 기술들은 마이크로소프트, 구글과 같은 미국 거대 IT 기업이 주도할 수밖에 없는 산업으로 전환되었다. 최근 주목받고 있는 OpenAI사의 챗GPT와 같은 LLM 또한 조 단위의 투자가 없이는 경쟁이 불가피하다. 국내 기업으로는 네이버가 클로버 X를 출시하며 챗GPT의 대항마로 거론되고 있지만, 한국어 데이터에 의지하는 상황에서는 개발 및 비즈니스 모델에 한계가 있다는 것이 전문가들의 중론이다.

그렇다면 국가 AI 기술을 포기하는 것이 답일까? 이에 대한 답은 제조업에서 찾을 수 있을 것이다. 한국은 이미 명실상부한 제조 강국이다. 메모리 반도체, 평판 디스플레이, 자동차, 이차전지, 조선 등에서 세계적인 제조 리더십을 확보하고 있다. 또 인구당 산업 로봇 보급률 1위는 한국이다. 이처럼 다양한 제조 산업에서 이미 로봇 및 첨단 ICT 기술이 도입되고 있으며 첨단 기술 적용에 적극적인 곳이 바로 우리나라다.

미국이 범용 AI 사업에는 독보적인 지위를 가지고 있지만, 제조 AI와 관련해서는 아직 시장을 장악하지 못했다. 제조 AI를 적용할 제조 기반 산업이 부족하기 때문이다. 실제 제품을 만드는 공장이 있어야 '제조-공정 데이터' 수집이 가능하다. 한국이 이 강점을 잘 활용해서 제조 AI 기술을 적극 육성한다면, 세계적인 제조 AI 기술 강국으로 부상할 수 있는 기회가 있다. 한국은 ICT 기술에서 중요한 '속도'와 '빠른 의사결정' 측면에서 독일과 경쟁이 가능하다. 중국의 경우 제조 AI 기술을 자체적으로 활용할 수 있지만, 이에 기반한 비즈니스 모델을 개발하고 전 세계로 확산해 글로벌 서비스로 제공하는 것에 한계가 있다.

자율제조는 AI, 디지털트윈, 로봇 기술을 융합하여 인간의 개입을 최소화한 무인 공장을 의미한다. 자동화는 정해진 업무를 반복적으로 수행하는 것이지만, 공장 환경 변화나 제품 변경, 예측하지 못한 상황 발생 등에 인간의 개입이 필요한 한계가 있다. 이러한 한계를 극복하는 것이 바로 자율제조의 목표다.

'자율제조' 우리의 다음 수출 효자 품목이 될 수 있다

자율제조는 제조 자동화의 다음 단계다. '자동화'가 사람이 사전에 정의할 룰과 규칙에 의해 반복적인 업무 수행을 의미한다면, '자율제조'는 변화하는 환경에 시스템이 이를 인지, 파악하고 최적의 의사결정을 스스로 내리는 것을 의미한다. 공장 생산 제품 물량이 변할 때나 장비가 고장 나면 이를 즉각 인지하고, 공장 생산 스케줄링, 재고 관리 등을 자동으로 수행해 최적화 시스템을 구축한다는 뜻이다.

자율제조에서 가장 핵심적인 기술은 'AI'와 '디지털트윈'이다.

제조 현장에 적용 중인 AI 기술들

	특징	예시	이점
AI 분류 기술	데이터를 기반으로 특정 그룹이나 카테고리로 나누는 과정	품질 검사, 공정 자동화, 재료 분류	생산성 향상, 불량률 감소, 비용 절감
AI 이상 징후 판독	공정에서 발생할 수 있는 비정상적인 상황이나 문제 징후를 자동으로 감지하고 분석	설비 유지 보수, 공정 품질 관리, 실시간 오류 감지	공정의 안전성 및 효율성 증대, 운영 비용 절감
자율 주행 로봇	자동 유도 차량AGV: 정해진 경로 따라 이동 자율 이동 로봇AMR: 실시간으로 경로를 계획하며 이동	스마트팩토리·물류 창고에서 자재 및 물품을 이동	생산성과 유연성을 기적적으로 향상시킴
강화 학습	제조 공정 내 다양한 변수를 다루며, 효율성 극대화와 자율 의사결정을 통해 최적의 생산성을 계산	생산 공정 최적화, 로봇 공정 최적화, 에너지 효율 관리	생산성 향상, 비용 절감, 품질 개선
대규모 언어 모델 및 생성형 AI	자연어 처리를 기반으로 사람처럼 언어를 이해하고 생성	지식 관리 및 기술 문서 자동화, 지능형 협업 도구	데이터 분석, 의사결정 지원, 예측 모델링, 협업 등에 유연하게 대응

스스로 인지하고 판단하는 AI 기술과 AI의 판단을 가상 환경에서 구현해 오류나 문제점이 없는지 사전에 검토하는 가상 검증Virtual Commissioning 등이 여기에 속한다. 공장을 유연하게 운영하는 '로봇 기반 유연 생산 시스템Flexible Manufacturing System' 또한 자율제조의 주요 개념이라 할 수 있다.

KAIST에서는 이미 제조 물류 시스템 및 로봇 기반의 자율 공장 연구를 통해 실증 사업화를 진행 중이다. 자율제조는 이제 선진국에서 제조 산업을 육성하기 위한 필수 기술이 되었다. 선진국이 제조의 자국화를 추구하는 시점에서, 자율제조는 대한민국을 대표하는 수출 아이템이 될 수 있다.

자율제조 산업 육성하기 위한 방안

지금까지 한국의 제조 전략은 좋은 제품을 잘 만들어 공급하는 것이었다. 품질 좋은 자동차와 전자제품으로 세계 자동차 및 가전 시장을 장악했던 일본의 전략을 모방한 것이었다. 최근에는 중국이 이 전략을 모방했다. 대규모 자국 시장을 기반으로 저가 제품부터 고품질 제품에 이르기까지, 제품군을 확대하고 시장도 넓혔다. 이에 중국과 비교해 한국이 '물건을 만들어 판매'하는 유사한 전략을 지속하기에는 한계가 있다.

이제는 제품을 만드는 장비, 설비, 인프라 및 공장 자체를 구축하거나 위탁 운영하는 독일의 전략에 집중할 필요가

세계에서 가장 진화한 스마트팩토리로 꼽히는 독일 지멘스 암베르크 공장의 내부 모습.
최신 스마트 제조 시설을 한자리에 모아놓았다.

자료: ㈜롯데칠성음료 홈페이지

2017년에 설립된 ㈜롯데칠성음료 충주2공장. 독일 기술진이 설비, 장비, 제조 IT 시스템 등을 전부 맡아 설립했다. 우리나라 또한 독일처럼 AI 기술을 결합한 제조 시스템 자체를 수출한다면, AI 분야에서 남다른 경쟁력을 확보할 수 있을 것이다.

있다. 독일의 지멘스는 10여 년 전, 기업의 사업 방향을 전자 부품 판매에서 공장 구축 및 운영 서비스로 변경했다. 지멘스에서 제공하는 제조 분석, 시뮬레이션, 제조 AI 서비스 및 스마트공장 구축 서비스 등 공장 자체가 수출품이 되었다. 예를 들어 설명하자면 ㈜롯데칠성음료의 맥주 '클라우드'를 생산하는 충북 충주 공장은 독일 기술진이 설비, 장비, 제조 IT 시스템을 통째로 구축한 공장이다.

이러한 독일의 '공장 수출' 전략을 벤치마킹하고 여기에 AI를 결합하여 제조업을 인공지능화하는 새로운 산업화 전략을 추구해볼 만하다. AI 기술을 제조업에 특화하고, 이러한 기술과 스마트공장을 글로벌 시장에 수출하는 전략은 AI 시대에 한국의 국제경쟁력을 제고하는 새로운 돌파구로 작용할 수 있을 것이다. 독일처럼 국내 장비, 설비, 자동화 장비 기업 등과 함께 해외 공장 건설 수출 및 서비스 지원 사업으로 전략을 확대해볼 것을 제안하고 싶다.

제조업은 지난 30년간 한국의 주력산업이었다. 이 주력산업이 미래에도 그 경쟁력을 유지하기 위해서는 과감한 투자와 새로운 전략이 필요하다. 제조업의 지속가능한 경쟁력과 국가 기술 경쟁력 확보를 위해서도 자율제조는 핵심적인 국가전략으로 채택되어야 할 것이다.

장영재 KAIST 산업 및 시스템공학과 교수 스마트팩토리, 자동화 시스템, 인공지능 및 수학 알고리즘과 데이터를 이용한 제조 최적화 등이 주 연구 분야다. 디지털제조혁신인재양성사업단 단장으로 활동하고 있으며, 스마트팩토리&디지털트윈 연구로 카이스트 10대 기술에 선정된 바 있다.

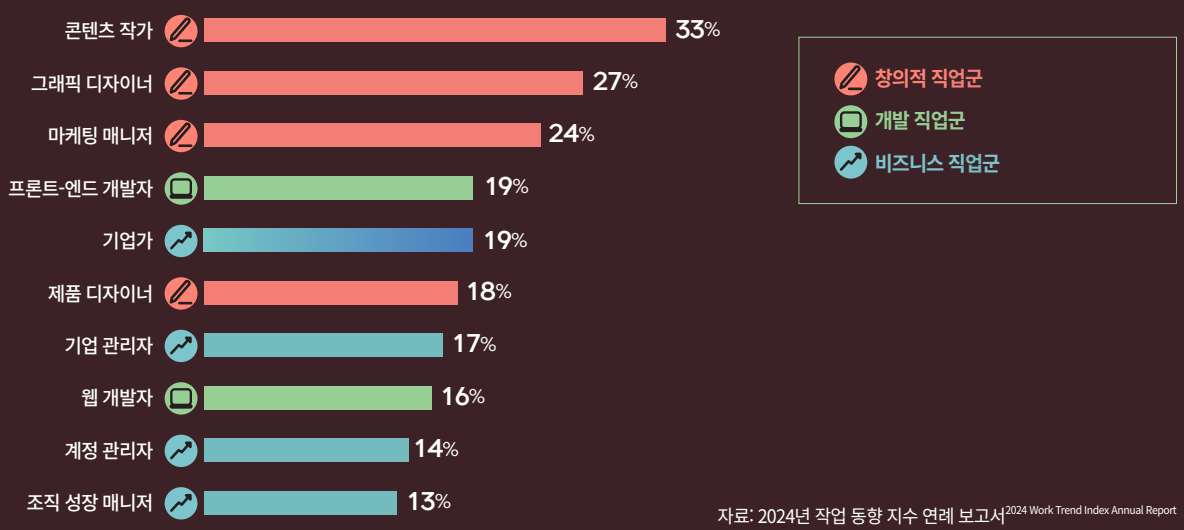
AI는 그리고 Draw 인간은 생각한다

디자인 혁명의 시작, AI

마이크로소프트Microsoft와 링크드인LinkedIn이 공동으로 제작한 '2024년 작업 동향 지수 연례 보고서2024 Work Trend Index Annual Report'에 따르면, 링크드인 회원 중 다양한 직종에서 AI 능력을 프로필에 추가한 것을 확인할 수 있다. 특히 창의적 직업군에서 눈에 띄는 증가세를 보였다. AI의 등장 이후, 2024년은 디자인 산업에서 AI가 현실로 자리 잡는 변곡점이 되고 있다.

다양한 직무와 산업에서 뜨거워지고 있는 AI 역량

AI가 주류로 자리 잡고 있으며, 창의적인 직업을 가진 전문가들이 빠르게 기술을 습득하고 있다.



자료: 2024년 작업 동향 지수 연례 보고서[2024 Work Trend Index Annual Report]

SF 영화에서나 볼 법했던 장면들이 현실이 되어가고, 창의적 영역으로 여겨지던 디자인 분야마저 기술의 파고를 피해 갈 수 없게 되었다. 디자이너라면 기대와 불안이 교차하는 복잡한 감정을 느낄 것이다. AI는 디자인 프로세스를 혁신적으로 변화시키고 있다. 반복 작업의 신속한 처리, 빅데이터 기반 트렌드 분석, 심지어는 인간의 창의력을 모방한 이미지 생성까지 가능하다. 이러한 변화는 디자인 산업 전반의 효율성과 생산성을 향상시킬 것으로 기대된다.

그러나 동시에 우리는 중요한 질문과 마주하게 된다. AI와 인간의 창의성은 무엇이 다르며, 어떻게 상호 보완할 수 있는가? AI 시대에 디자이너가 갖춰야 할 핵심 역량은 무엇인가? AI의 발전이 디자인 산업에 미치는 윤리적 영향은 무엇이며, 우리는 이에 어떻게 대응해야 하는가에 대한 궁금증이다.

AI, 새로운 디자인 도구일까? 경쟁자일까?

AI의 디자인 능력은 나날이 발전하고 있다. 생성형 AI는 단순한 텍스트를 입력하는 것만으로 놀라운 수준의 이미지와 영상을 만들어내며 디자인, 컬러 팔레트 제안, 폰트 매칭 등 다양한 영역에서 그 능력을 입증하고 있다. 최근에는 AI가 생성한 이미지와 인간이 제작한 이미지를 구별하기 어려운 수준에 이르렀다.

반면, AI 디자인의 한계는 분명히 존재한다. AI는 데이터를 기반으로 학습하기 때문에, 완전히 새로운 것을 창조하는 데는 어려움이 있다. 문화적 맥락이나 미묘한 감정을 이해하고 표현하는 데에도 한계를 보이고 AI의 '블랙박스' 특성으로 인해 결과를 예측하거나 설명하기 어려운 경우가 많다. 더불어 학습 데이터의 편향성 문제도 존재한다.
무엇보다 AI는 '왜'라는 질문에 심도 있는 대답을 하지 못한다. 디자인의 목적과 의도를 이해하고 그에 맞는 전략을 수립하는 것은 여전히 인간의 몫이다.

AI 활용은 선택이 아닌 필수

2023년만 해도 외부 강연을 할 때마다 "AI가 모든 사람을 대체할 수 없겠지만, AI를 능숙하게 다룰 줄 아는 사람은 그렇지 않은 사람을 대체할 것입니다"라는 이야기를 했다. 하지만 딱 1년이 지난 요즘, 디자이너의 AI 기술 활용 역량은 기본 업무 능력이 되었다. 2023년 어도비[Adobe]가 발표한 보고서에 따르면, 현재 디자이너의 약 73%가 AI 툴[Tool]을 활용 중이며, 95%는 AI 툴의 사용을 늘릴 계획이라고 응답했다.

앞서 언급한 '2024년 작업 동향 지수 연례 보고서'에서도, 지식 근로자의 75%가 오늘날 직장에서 AI를 사용 중이며,

시간 절약(90%), 핵심 업무 집중(85%), 창의성 향상(84%), 업무 만족도 증가(83%) 등의 이점을 경험했다고 밝혔다. 이것만 봐도 AI 활용 능력은 이제 필수가 되고 있음을 알 수 있다.

필자 역시 회의록 정리, 데이터 분석, 외국어 번역, 문서 초안 작성, 이미지 및 영상 생성 등 다양한 업무 프로세스에서 AI 툴을 적극 활용하고 있다. 이를 통해 업무 시간을 효율적으로 절약할 뿐만 아니라, 창의성을 고도화하고 더 많은 기회를 창출하는 데에도 도움을 얻고 있다.

챗GPT가 등장한 2022년 11월부터 지금까지 업무 전체 프로세스에 다양한 AI 툴을 접목하고 활용하면서 가장 많이 고민하는 부분이다. 이 질문에 대한 답은 개인마다 차이가 있겠지만, 필자가 강조하고 싶은 것은 '핵심'이다. 창의성의 본질을 이해하는 것이다. AI는 데이터 기반의 패턴 인식과 재조합에 의존하는 반면, 인간은 경험, 감정, 직관, 그리고 문화적 맥락의 복잡한 상호작용을 통해 새로운 것을 만들어낸다. 인간의 강점은 바로 이 지점에 있다.

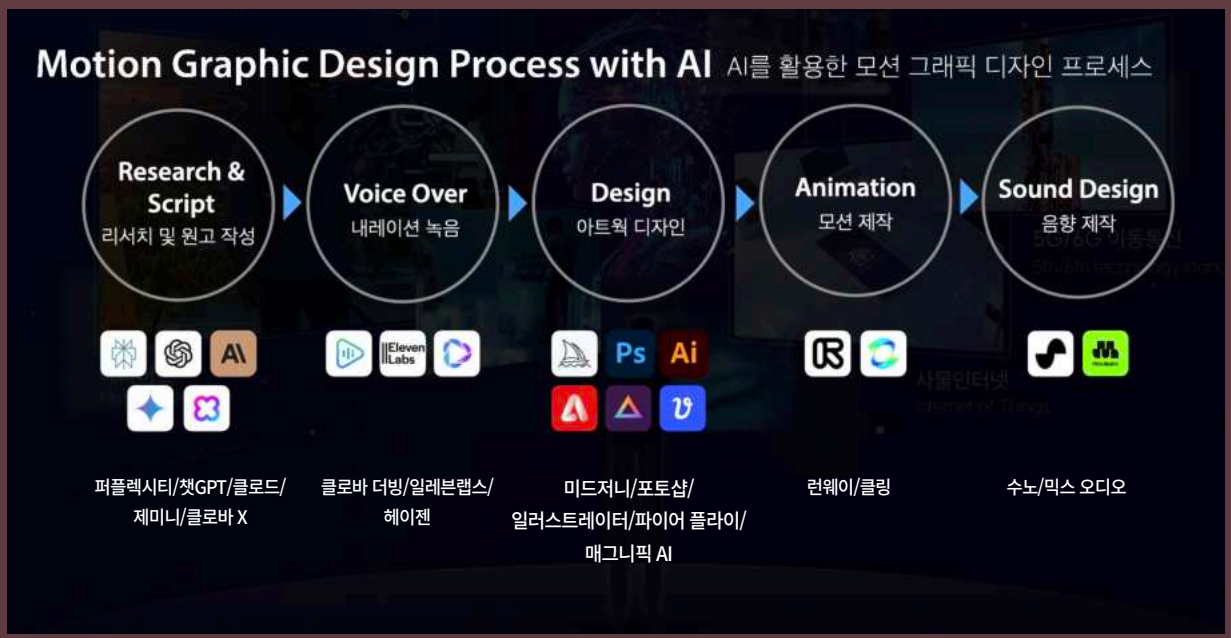
앞으로 디자이너의 핵심 가치는 '공감 능력'과 '문제 해결 능력'이 될 것으로 보인다. 사용자의 니즈를 깊이 이해하고, 복잡한 문제를 창의적으로 해결하는 능력은 AI가 쉽게 따라올 수 없는 영역이다. 또 윤리적 판단과 사회적 책임감을 바탕으로 한 디자인 결정은 인간만이 할 수 있는 일이다.

공생의 미학, AI와 인간 디자이너의 협업

AI와 디자이너는 경쟁이 아니라 상호 보완적 관계를 형성해야 한다. AI는 여전히 완벽하지 않지만, 다양한 툴을 적재적소에 활용한다면 반복적인 작업의 효율을 높일 수 있다. 절약한 시간만큼 디자이너는 창의적 사고와 전략적 결정에 집중할 수 있다.

효율성과 창의성의 균형을 찾는 것이 중요하다. AI 툴을 활용해 디자인 프로젝트 전 과정에서 작업 속도를 높이되, 그 시간을 더 깊이 있는 사고와 실험에 투자해야 한다. AI의 제안을 단순히 수용하고 가능한 범위 내에서 프로젝트를 수행하는 것이 아니라, 이를 창의적 영감의 원천으로 활용하는 자세가 필요하다.

필자가 운영 중인 디자인 스튜디오에서 AI 툴을 활용해 프로젝트를 수행하는 과정을 보여주고 있다.



지난 7월 9일 산업부는 AI 및 디자인 전문가 등과 함께 'AI 디자인 현장 간담회'를 주재하고 AI 디자인 확산 전략 발표와 함께 업계에 산재한 여러 이슈를 논의했다.

AI 시대에는 기술을 이해하고 활용하는 기술 리터러시literacy 능력이 더욱 부각될 터. 따라서 AI 도구를 효과적으로 활용하는 능력은 디자이너에게 필수적이며, 프롬프트 엔지니어링, 데이터 분석, 기초적인 프로그래밍 지식 등이 디자이너의 새로운 역량으로 자리 잡을 것이다. 동시에 인간 중심 사고는 더욱 중요해진다. 기술이 발전할수록 인간의 감성과 니즈를 깊이 이해하는 능력이 차별화의 핵심이 된다. 문화적 감수성, 윤리적 판단력, 그리고 다양한 분야를 융합할 수 있는 통찰력이 미래 디자이너의 핵심 역량이 될 것이다.

AI 시대의 디자인 교육은 어떻게?

디자인 산업의 급격한 변화에 따라 디자인 교육에도 변화가 필요하다. 전통적인 디자인 교육 방식으로는 AI 시대에 필요한 역량을 키우기 어렵다. 따라서 교육기관들은 커리큘럼과 교육 방식을 재구성해야 한다. 크게는 세 가지의 변화가 필요하다.

첫째, AI 리터러시 교육이 필수적이다. 학생들은 AI 도구의 기본 원리를 이해하고 이를 효과적으로 활용하는 방법을 배워야 한다. 프롬프트 엔지니어링, 머신러닝 기초, AI 윤리 등이 커리큘럼에 포함될 수 있겠다.

둘째, 학제 간 협력을 강화해야 한다. 디자인은 더 이상 독립 분야가 아니다. 컴퓨터 과학, 심리학, 인류학, 경영학 등 다양한 분야와의 융합이 필요하다. 현재 여러 대학에서 다양한 융합학부를 신설하고 있지만, 실제로 진정한 융합 수업이 이루어지고 있는지에 대한 성찰이 필요하다. 공동 프로젝트, 워크숍 등을 활성화하고 각각의 상황에 맞는 디테일한 교육 과정 개발이 시급하다.

셋째, 문제 해결 능력과 비판적 사고를 키우는 교육이다. AI가 반복적인 작업을 대체할수록, 인간에게는 복잡한 문제를 해결하는 능력이 요구된다. 따라서 실제 산업 현장의 문제를 다루는 프로젝트 기반 학습을 강화해야 한다. 이러한 새로운 교육의 패러다임을 통해, 우리는 AI와 함께 더 나은 미래를 디자인할 수 있는 새로운 세대의 디자이너를 양성하게 될 것이다.

윤리의 경계, AI와 디자인의 딜레마

AI의 발전은 디자인 분야에 새로운 윤리적 과제를 제시하고 있다. 저작권과 오리지널리티의 문제가 대표적이다. AI가 생성한 디자인의 저작권은 누구에게 있는가? AI 학습에 사용된 데이터의 출처와 사용 방식은 윤리적으로 정당한가? 여기에 대한 사회적, 법적 합의가 시급하다. 데이터 편향성, 투명성과 설명 가능성,

인간의 창의성 대 AI의 효율성, 책임성 등의 문제들을 해결하기 위해 디자인 커뮤니티는 새로운 윤리 가이드라인을 만들고, 이를 지속적으로 업데이트해야 할 것이다.

일자리 불안 문제도 간과할 수 없다. AI의 발전으로 일부 디자인 직군이 사라질 수 있다는 우려가 있으며, 실제로 우려하던 상황이 시작되었다고 이야기하는 분야도 있다. 이는 개인의 문제를 넘어 사회적 문제로 확대될 수 있으며, 디자인 업계와 교육기관은 이러한 변화에 대비하여 재교육과 업무 영역을 확장할 수 있는 새 직무 개발에 집중해야 한다.

디자인 업계가 해결해야 할 과제

가장 먼저, 데이터 인프라 구축에 힘써야 한다. IT 뉴스 채널 ITWorld Korea의 '생성형 AI라는 거부할 수 없는 물결' 조사에 따르면, 국내 기업들이 AI를 활용할 때 '데이터 부족 및 품질 문제'(52.9%)를 가장 큰 어려움으로 꼽았다. 실제로 국가기관에서 보유하고 있는 통계 자료나 디자인 관련 데이터는 라벨링이 제대로 되어 있지 않아 활용에 어려움이 많다.

양질의 데이터를 바탕으로 체계적인 데이터베이스를 구축하고, 이를 잘 활용할 수 있도록 공유한다면 산업 발전에 큰 도움이 될 것이다.

다음으로 AI 통합 비즈니스 전략을 수립하는 것이다. 일부 리더들은 AI가 비즈니스에 필수적이라는 데 동의하지만, 그와 달리 대부분은 조직에 AI를 적용해 최종 이익을 창출할 계획과 비전이 부족하다고 생각한다. 필자도 같은 생각이다. 단순히 한두 가지 툴을 익히는 것이 문제가 아니다. 전체 비즈니스 프로세스를 AI로 재설계해야만 제대로 된 효과를 볼 수 있을 것이다.

마지막으로 국제적 협력과 표준을 구축하는 것이다. AI와 디자인의 결합은 글로벌한 현상이다. 유럽연합의 AI 규제안이나 글로벌 전기전자공학자협회IEEE의 윤리적 AI 설계 가이드라인 등을 참고하여, 국제적으로 통용될 수 있는 AI 디자인 표준을 만들어야 한다.

인간과 AI가 함께 그리는 미래

AI 시대의 도래로 디자인의 본질에 대한 재정의가 요구되고 있다. 디자인은 이제 단순한 시각적 결과물이 아니다. 사람의 니즈를 깊이 이해하고, 복잡한 문제를 창의적으로 해결하며, 기술과 인간성의 균형을 찾는 총체적인 사고 과정이 되어가고 있다.

향후 5년, 10년 후에는 예상하기도 힘든 변화가 디자인 산업에 찾아올 것이다. AI 기술의 도입은 피할 수 없다. '피할 수 없다면 즐겨라'라는 말처럼, AI를 반갑게 받아들이고 새로운 창의성의 도구로 받아들이길 권한다.

'AI는 그리고Draw 인간은 생각한다'는 말은 단순한 역할 구분이 아니다. AI와 인간이 각자의 강점을 살려 미래 디자인의 청사진을 함께 그려나가는 것을 의미한다. 우리는 이미 이 청사진을 현실로 만들어가는 여정을 시작했다. AI와의 공존은 도전이고 기회가 될 수 있다. 보다 멋진 디자인을 꿈꾸는 디자이너라면 이 흥미진진한 변화를 주도적으로 이끌어가기를 응원한다. AI와 함께 더 나은 미래를 디자인하는 과정이야말로 우리 시대 최고의 창의적 도전이 될 것이다.

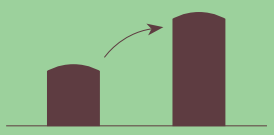
K-디자인과 AI 융합을 위한 산업부의 'AI 디자인 확산 전략'

AI 디자인 혁신

✓ 디자인 전문기업 AI 도입률 50%

✓ AI 전문 디자이너 1만 명

✓ AI 디자인 혁신 기업 500개



디자인 활용률

37% ➡ 60%

김묘영 한국디자인산업연합회 AI&New Media 사업부회장 한국예술종합학교에서 인터랙션 디자인을 전공했다. 국내 최초의 인포그래픽 전문 스튜디오 '바이스 버사 디자인 스튜디오'를 운영하고 있으며 동국대학교 AI융합학과, 국민대학교 테크노디자인전문대학원에서 학생들과 만난다.

산업통상자원부는 제조업에 인공지능AI을 도입해 생산성과 안전성, 환경성을 획기적으로 높이겠다는 'AI 자율제조' 전략을 선언했다. 이에 우리 제조업의 경쟁력을 강화하겠다는 정부의 방침을 응원하면서도 한 가지 의문을 품게 됐다. '그런데 AI 자율제조가 정확히 뭔가요?'라는. 중견·중소 기업들을 위한 자율제조 기술을 연구하는 한국전자기술연구원 자율제조연구센터 송병훈 센터장을 만나 AI 자율제조에 대해 물었다.

word 김아름, 김규성 photo 김기남

대한민국 제조 경쟁력 'AI 자율제조' 시스템이 지킨다

Q. 한국전자기술연구원KETI 자율제조연구센터가 어떤 일을 하는 곳인지 독자분들에게 간단히 설명해주세요.

KETI는 전자 분야의 전문 생산 연구기관입니다. 첨단산업 분야에서 중견·중소 기업들의 성장을 지원하고 유망 기술을 선제적으로 연구개발R&D하는 곳이지요. 저희 자율제조연구센터는 KETI 내에서 AI 기반의 로봇·기계·시스템 등이 생산 주체가 되어 자율적으로 협업 생산하는 원천 기술과 응용 기술을 개발하기 위해 세워졌습니다. 'AI 자율제조' 그 자체를 연구하고 개발하는 곳이라고 생각하시면 됩니다. 현재 저희는 자율제조에 필수적인 데이터 표준과 산업용 네트워크, 산업 AI, 휴머노이드 로봇 활용 기술 등을 연구하고 있으며 각 기술이 제조 현장에서 활용 가능한지를 검증하고 있습니다.

Q. 'AI 자율제조'를 한마디로 설명한다면요?

AI가 두뇌가 되고 공장의 각종 로봇·장비가 몸통, 손발이 되어 움직이는 첨단 제조 기술이라고 하면 적절할까요. AI는 제조 현장에서 발생하는 여러 데이터를 통합하고 분석해 제조 상황을 실시간으로 파악하고, 최종 생산 목표를 달성하기 위해 최적의 방안을 도출합니다. 이를 로봇과 장비, 공정, 시스템 등에 실행하도록 명령을 내리면 각각의 기계들이 그에 따라 작동하게 되지요. 작업자(인간)의 개입을 최소화해서 공장이 잘 돌아가도록 하는 시스템입니다.

Q. AI 자율제조를 통해 우리가 얻을 수 있는 이점은 무엇일까요?

제조업이 국가의 핵심 산업인 나라들은 현재 비슷한 문제를 안고 있습니다. 품질, 노동력, 생산성 등에 따른 부가가치 문제와 ESG가 대표적이죠. 특히 우리나라는 다른 제조 선도국과 비교해 저출산에 따른 인구감소 문제가 심각한 상황입니다. 지금도 일부 산업에서는 숙련공이 부족한 상황이며, 앞으로 노동력 부족 문제는 더 커질 전망입니다.

한편 4차산업혁명이 시작된 이후, 산업계는 제조 데이터를 확보하는 데 주력했습니다. 해당 데이터를 AI 기술에 접목해본 결과 새로운 기술에 대한 습득이 빠르고, 경우에 따라서는 사람보다 정확한 판단을 내리기도 합니다. 결국 자율제조 환경에서는 AI 기반의 로봇·장비 등이 자율적으로 제품을 생산하기 때문에 노동력 문제를 일부 해소할 수 있으며,

한국전자기술연구원[KETI] 자율제조연구센터 송병훈 센터장

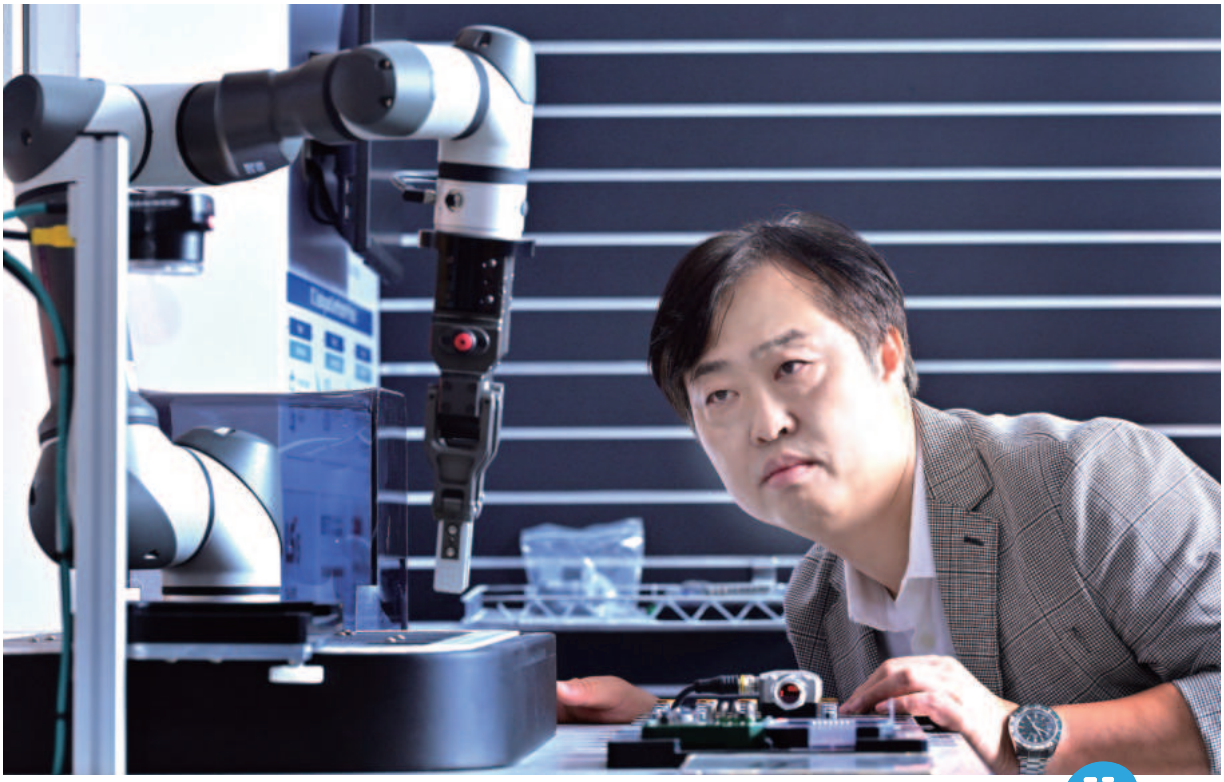
고품질의 제품을 더욱 빠르게 만들 수 있습니다. 이것이 제조업의 고부가가치화를 가능하게 할 것입니다.
또 제조 과정 전반에서 데이터를 수집하기 때문에 탄소 이력 관리가 가능해지며, AI를 통해 에너지 효율을 높일 수도 있어 ESG 트렌드를 따르는 데도 효과적일 것입니다.

Q. 최근 생성형 AI에 대한 문제점, 한계가 나타나고 있습니다. 가장 논란이 되는 것은 신뢰성인데요, 이런 상황에서 우리가 AI를 믿고 제조 업무를 맡길 수 있을까 하는 우려도 있습니다.

정형 테이터가 많이 사용되는 제조영역의 데이터는 보안상 확보는 어렵지만, 형태는 명확한 유형이라 학습을 통한 오류가 일반 영역에 비해 더 적긴 합니다. 그러나 제조업에서는 잘못된 AI 학습으로 인한 오답이 주는 피해 규모는 상상할수 없는 수준으로 파장이 커질수 있습니다. 따라서 우리 연구센터에서는 이러한 오류를 막기위해 설명가능한AI[XAI]와 같은 기술을 통해 오답 가능성을 줄이고 AI의 신뢰성을 높이고자 노력하고 있습니다. 특히, 중요한 공정의 판단에 AI 모델을 도입할 때는, 여러번의 검정을 하는 구조 모델을 개발하여 안전한 공정 운영이 가능하게 하고 있습니다. 근본적으로 제조업에서 AI가 신뢰성 있는 결과를 도출하기 위해서는 정확하고 일관된 데이터가 필요합니다. 이를 위해 데이터를 수집, 정제, 처리하는 프로세스를 잘 정립하는것이 필요하고 저희는 이러한 방법을 업종별로 지원하는 '표준 산업 데이터 수집/활용' 지원 센터도 운영하고 있습니다.

Q. 결국은 데이터의 역할이 결정적이겠네요.

네, 그렇습니다. **AI의 인지, 판단 정확도를 높이기 위해서는 양질의 산업 데이터를 확보하는 것이 가장 중요합니다.** 자동화된 설비에 네트워크 기능을 가진 데이터 수집 및



제조업에 대한 의존도가 높은 우리나라가 현재 산재한 노동력 부족, 환경오염 등의 문제를 해결하려면 'AI 자율제조'가 그 답을 제시할 것이다.

처리 장치를 내장해야 하지요. 이를 통해 디지털화된 현장의 데이터를 단계적으로 학습시켜야 합니다. 이 과정에 학습 기능을 가진 AI 플랫폼과 AI 기능을 연계 활용하는 소프트웨어(MES, ERP 등)가 필요하지요.
한편 데이터 수집만큼 중요한 것 중 하나가 '표준을 세우는 일'입니다. 데이터의 형식이나 의미에 대한 표준이 명확해야, 데이터 수집이 수월하고 AI 학습 시간과 비용을 절감할 수 있습니다.

Q. AI 자율제조의 이점과는 별개로, 실제 제조 환경에서 이를 적용하기란 쉬운 일이 아닐 텐데요. 특히 상대적으로 규모가 작은 사업장이나 중소기업에선 고민이 크겠습니다. 센터장님께서 만나본 산업계 사람들의 반응은 어땠나요?

대기업과 중견·중소 기업 간의 입장 차가 클 수밖에는 없지요. 국가 주력산업을 맡고 있는 대기업들은 자체적으로 데이터를 수집하는 환경을 만들고 있고, AI 분야의 인력을 채용하는 등 R&D 투자에 적극적입니다. 삼성전자 반도체 공장 무인화, LG전자 스마트파크, 현대자동차의 싱가포르 글로벌 혁신센터[HMGICS] 등이 대표적인 예가 되겠지요. 그들은 글로벌 경쟁에서 살아남기 위해 AI 자율제조에 온 힘을 다하고 있습니다. 물론 글로벌 수준의 데이터 표준화나 자율제조용 로봇 기술인 휴머노이드 로봇 등의 적용은 초기 단계지만요.

대기업과 직접적으로 협력하는 일부 중견기업들은 공장 자동화나 제조응용시스템(MES, ERP 등) 등의 중간 단계 기술들을 이미 활용하고 있어, AI 자율제조 도입의 기반은 어느 정도 마련되었다고 볼 수 있습니다. 일부 공정에서는 이미 AI 기술을 활용하고 있어 기술이 확산된다면 적용도 가능할 것입니다.

안타까운 곳이 중소기업입니다. 일부 스마트공장을 경험하고 기초적인 수준을 넘어선 중소기업들은 자율 제조 시스템을 도입할 때 방향성 설정과 적절한 투자 시기를 고민하고 있지만, 실질적인 성공 사례가 부족해 어려움을 겪고 있습니다. 이러한 상황에서 중소기업들이 시행착오를 줄이고 안정적으로 디지털 전환을 추진할 수 있는 벤치마크 사례가 절실히 요구됩니다.

Q. 제조 현장에 AI를 도입하면 일자리가 크게 줄 것이란 걱정도 많습니다. 단순히 생각해보면 틀린 말이 아닌 것 같은데요, 여기에 대한 생각을 여쭙고 싶습니다.

인간이냐 기계냐에 대한 갈등은 공장자동화 초기부터 중요한 사회적 이슈로 작용해왔습니다. 그 때문에 이를 해결하기 위해 다양한 사회적 대응과 정책이 제시되었고요.

최근 AI와 자율제조 시스템이 도입되면서 전에 겪었던 이슈들이 다시 등장하고 있습니다. 차이점은 과거의 자동화는 단순히 육체노동을 대신했다는 것이고, 오늘날의 AI는 보다 복잡한 분석이나 관리의 역할까지 대체할 수 있다는 것이겠죠. 하지만 과거의 문제들이 잘 해결되었던 것처럼, 지금의 걱정도 그 방법을 찾을 것이라 생각합니다. 자동화는 부정적인 것만은 아니었고, 새로운 일자리를 창출하기도 했습니다. 다만 AI 자율제조가 광범위하게 확산되면서 발생하는 문제들을 해결하기 위해서는 정부와 기업들이 많은 고민을 해야겠지요.

AI 자율제조 인재 양성을 위한 노력들

우리 정부는 2026년까지 디지털 분야에서 100만 명의 인재를 양성한다는 목표로 여러 정책을 추진하고 있다.

AI 분야에서는 생성형 AI 핵심 인재 양성 프로그램을 새로 도입했고 메타버스, 사이버 보안 등 디지털 기술 대학원 과정을 확대하고 있다. 산업계와의 산학 협력도 활발히 진행 중이며, 기업 맞춤형 교육을 통해 실무에 바로 투입될 수 있는 인재를 양성하고 있다.

이 가운데 산업통상자원부는 제조업과 관련된 분야에서 AI 기술을 융합한 인재를 키우고자 관련 정책을 적극 추진 중이다. 제조업 현장에 AI 기술을 확산하는 인력을 양성하기 위한 교육 프로그램도 준비 중. 그 밖에 중소기업을 위한 소프트웨어 교육, 프로젝트 중심의 디지털 교육, 사이버 보안 등 다양한 프로그램을 대학과 함께 연계 운영하겠다는 방침이다.

노동자들에게 재교육 기회를 제공하거나 새로운 기술을 습득하는 기회를 마련해야 합니다.

Q. 그렇다면 AI 자율제조 시스템 안에서 인간의 역할은 무엇일까요? 관리·감독의 일을 맡게 된다면 어떤 역량이 필요할까요?

AI 시스템과 인간이 협력하는 제조 환경에서는 AI 시스템을 잘 이해하고, 해당 제조업의 도메인 지식이나 AI 기술을 아는 능력이 필요할 것입니다. AI는 반복적이고 정형화된 작업을 잘 처리하지만, 예외적인 상황이나 복합적인 문제 앞에서는 인간에게 도움을 요구할 것입니다. 우리는 더욱 창의적이고 비정형적인 문제를 해결하는 일을 하게 될 것입니다.

Q. 자율제조연구센터의 수장으로서 개인적인 목표 혹은 센터가 지향하는 방향성에 대해 이야기해주세요.

저희 역할은 무엇보다 AI 자율제조가 잘 구현되고 확산되도록 관련 기술을 개발하는 것입니다. 따라서 무엇보다 기술 개발에 몰두할 계획입니다. '산업 AI 기술'과 '로봇에게 인간의 제조 노하우를 전하는 AI 기술'을 개발하는 것에 우선적인 목표를 두고 있습니다.

산업 AI 기술은 AI 자율제조의 핵심입니다. 여러 중견·중소 기업 제조 현장에서 통용되는 AI 모델을 개발하기 위해, 토대가 되는 제조업 특화 AI 파운데이션 모델을 개발하고 있습니다. 휴머노이드 로봇에게 인간의 노하우를 전달하는 것도 중요한 부분입니다. 결국 인력으로 채울 수 없는 자리에 우리의 모습을 닮은 로봇이 일하게 될 것입니다. 전체적인 명령과 통제는 인간이 하겠지만, 사소한 문제들은 로봇 스스로 판단하고 결정하도록 할 것입니다.

일반적으로 AI 기술은 활용도가 높고 도입 시기도 빠릅니다. 다른 산업과 비교한다면 제조업의 AI 기술 도입은 느린 편이라고 볼 수도 있습니다. 하지만 그 어떤 산업보다 AI의 역할이 중요하고 필수적입니다. 제조업 의존도가 높은 우리나라가 글로벌 첨단산업 강국들과 계속해서 어깨를 나란히 할 수 있도록 연구자로서 최선을 다하겠다는 말씀을 드리고 싶습니다.

산업의 내일을 읽고
기업의 오늘을 이끕니다.

[알지RD] 넷솔㈜
**I'm on the next 반도체,
MRAM을 만나다!**

기억(DRAM)과 기록(낸드플래시)의 특성을 동시에 가지는 반도체의 탄생! 넷솔㈜의 기술력과 KEIT의 지원이 만들어낸 미래 반도체 산업의 핵심 STT-MRAM!
스낵타운과 함께 어떤 기술인지, 누가 개발하였는지 직접 만나보았습니다.

**한국산업기술기획평가원을
소개합니다**

깜깜한 밤하늘의 빛나는 별처럼 어둠 속에서도 희망과 미래의 길을 밝혀주는 것. 그것이 바로 산업기술을 연구개발하여 구현하는 대한민국의 R&D입니다.
KEIT는 산업기술 R&D 전문기관으로서 대한민국 산업기술의 담대한 미래를 위해 오늘도 연구자들 옆에서 함께 달려가고 있습니다.

Changing Tomorrow
내일을 바꾸는 기술

전 세계 유일한 '3D 맞춤형 골 이식재' 환자의 잃어버린 삶 찾은 R&D

바이오세라믹 소재를 활용한 3D 프린팅 기반 환자 맞춤형 의료기기 개발

㈜시지바이오

재생의료는 질병이나 사고 등으로 손상된 인체 세포와 조직, 장기 등을 대체하거나 재생함으로써 기능을 복원하는 기술을 말한다. 여기에는 체외에서 제작한 의료기기 등을 이용해 손상 부위의 재생을 촉진하는 기술도 포함된다. 바이오 재생의료 전문기업 ㈜시지바이오는 바이오세라믹 소재와 3D 프린팅 기술을 활용한 환자 맞춤형 의료기기로 재생의료 분야의 기술 혁신을 주도하고 있다.

word 김광균 photo 김기남

연구과제명	바이오세라믹 소재를 활용한 3D 프린팅 기반 환자 맞춤형 의료기기 개발
제품명	이지메이드(인공 광대뼈), 이지메이드-CF(특수재질 두개골 성형재료), 이지메이드-OS(정형용품)
정부과제 수행기간	2017.04~2022.05(60개월)
총 정부출연금	22억3200만 원
개발기관	㈜시지바이오
참여 연구진	유현승, 유미영, 송동률, 조명래, 권병우, 박성남, 이미란, 김선정

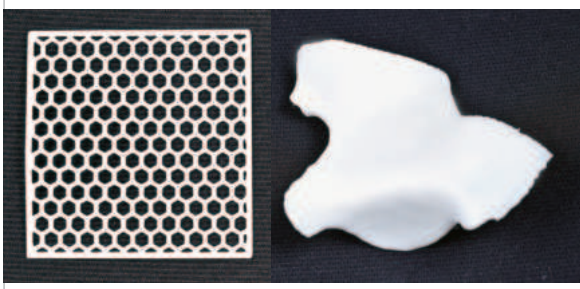
골 대체재 앞세워 의료기기 사업 영역 확장

㈜시지바이오만의 핵심 사업 분야는 '골 대체재 개발·생산'이다. 뼈를 대체할 수 있는 다양한 소재를 보유하고 있으며, 2013년 척추유합보형재 '노보맥스'를 개발해 상용화하는 데 성공했다. 여기에는 자체 개발한 생체 활성 세라믹 신소재 'BGS-7'이 사용돼 주목받았다. BGS-7은 실리카(바닷모래와 유사한 성분)를 주성분으로 하는 바이오세라믹으로 체내에 이식했을 때 뼈와 유사한 아파타이트[1] 층을 형성하며 뼈와 직접 강하게 결합하는 특징을 지닌다. 체내에서 이물 반응 발생 위험이 낮고 기계적 강도도 우수하다. 이러한 원리로 손실된 뼈 공간을 바이오세라믹으로 채워주면 주위의 뼈와 붙어 뼈를 재건할 수 있게 된다.

BGS-7 소재를 활용해 골 이식재 개발에 주력해온 ㈜시지바이오가 3D 프린팅 분야로 사업 영역을 넓힌 것은 환자 맞춤형 임플란트 개발의 필요성을 절감했기 때문이다. ㈜시지바이오는 인체조직은행을 운영하는 과정에서 거대 골 결손(뼈의 일부가 비어 있는 상태)이 발생하는 사례를 접할 때가 많았다. 인체 조직은 국내 기증자가 적어 해외에서 수입해 사용하는 경우가 대부분. 골 결손 치료를 위해 팔이나 얼굴 부위 뼈를 이식할 때 환부의 크기와 형태가 맞지 않아 상당한 제약이 따르곤 한다. 이에 ㈜시지바이오는 거대 골 결손부와 얼굴과 같은 복잡한 뼈 형상을 대체하기 위해 3D 프린팅 기술 기반의 환자 맞춤형 의료기기 개발에 도전했다.

3D 프린팅 기반 환자 맞춤형 임플란트 개발 성공

고령화 가속 등으로 유병률이 증가하면서 경조직[2] 대체 및 재생용 소재 개발 수요가 급증했다. 인체 유래의 자가(자신)·동종(다른 사람)·이종(동물 등) 골을 활용한 골 이식재의 경우 높은 수술비용과 질환 전염, 면역 반응, 이식 항원 유전 문제 등의 문제가 있다. 또 기존 골 이식재는 조형이 불가능하고 점착성[3]이 없어 형상을 유지하기 어렵다는 단점이 있었다. 이에 골 결손부와 동일한 형상으로 제작할 수 있는 맞춤형 3D 프린팅 기술 개발이 절실했다.



㈜시지바이오의 바이오세라믹 소재는 수술방에서 환자의 상황에 맞게 구부리고 커팅해서 사용할 수 있다. 가위나 칼로 자를 수 있으며, 고정을 위해 드릴링을 할 수도 있다.

3D 프린팅 기술을 활용한 환자 맞춤형 임플란트 시장은 아직 초기 단계지만 미국, 유럽 등 선진국을 중심으로 3D 수술 모형과 임플란트에 대한 연구가 활발하게 이뤄지고 있다. ㈜시지바이오는 앞서 2015년 한국재료연구원 윤희숙 박사팀이 국내 최초로 개발한 바이오세라믹 3D 프린팅 공정 기술을 이전받아 관련 연구의 준비 작업에 착수했다. 이에 더해 한국산업기술기획평가원의 '바이오세라믹 소재를 활용한 3D 프린팅 기반 환자 맞춤형 의료기기 개발' 과제에 참여하게 되어 2017년 본격적인 연구에 들어갔다.

㈜시지바이오는 당초 100% 바이오세라믹으로 구성된 소재만을 목표로 하면서 수많은 시행착오를 거쳐야 했다.

❶ **아파타이트:** 인산칼슘 화합물의 한 형태로 우리 뼈와 치아의 주요 무기질 성분이다.
❷ **경조직:** 뼈와 치아 같은 신체의 딱딱한 조직을 뜻한다.
❸ **점착성:** 끈끈하게 착 달라붙는 성질

세라믹의 특성상 충격이나 압력에 약해 가공 과정에서 휘거나 깨지기 쉬운 만큼 세라믹 소재를 3D 프린팅 기술을 활용해 정밀하게 출력·가공하고 열처리 과정을 거쳐 제품을 완성하는 것이 관건이었다. 순수 세라믹의 경우 고강도를 구현하기 위해 고온의 열처리를 하게 되는데 그 과정에서 평균 30% 정도 수축이 발생하며, 형상이나 성형 조건에 따라 수축률도 달라 고강도 세라믹은 3D 프린팅 기반의 맞춤형 임플란트 제작이 어려운 것으로 인식되었다.

㈜시지바이오는 어려운 여건 속에서도 분말 성형 최적화, 열처리 조건 확립 및 정밀 수축제어 기술 등이 집약된 공정 기술을 확보해 100% 세라믹으로 구성된 3D 프린팅 기반 환자 맞춤형 임플란트를 개발했다. 또한 생분해성 고분자^{PCL}와 BGS-7을 배합한 복합 소재로 정형 분야(상지) 치료에 활용 가능한 맞춤형 임플란트 개발에도 성공했다. 체내 안전성이 확보된 흡수성 고분자 PCL과 세라믹을 혼합함으로써 쉽게 깨지지 않고 연성을 갖는 소재로 탈바꿈한 것이다.

환자 맞춤형 의료 솔루션으로 글로벌 시장 공략 박차

㈜시지바이오는 2017년부터 2022년까지 약 5년간의 과제 수행으로 '이지메이드$^{Easy\text{-}made}$', '이지메이드-CF', '이지메이드-OS' 등 제품 3종을 개발했다. 식품의약품안전처로부터 제조 품목 허가를 획득한 후 상용화에 성공, 제품 모두 현재 의료 현장에서 활발히 사용되고 있다. 100% 세라믹으로 구성된 이지메이드는 광대뼈 재건이 필요한 환자에게 주로 사용되며, 국내 의료진에 의해 인공 광대뼈 이식의 재건 효과와 안전성을 인정받고 있다.
세라믹 소재인 BGS-7과 분해성 고분자 PCL을 혼합한 복합 소재로 제품화한 이지메이드-CF는 외상 및 질병으로 인한 안면골 및 두개골 결손을 재건하는 데 주로 사용된다. 마찬가지로 복합 소재가 사용된 이지메이드-OS는 정형용품으로 상지 부위(팔·손) 골 결손 재건에 활용되고 있다.
최근 들어 질병이나 사고로 인한 골 결손뿐 아니라 얼굴 성형 부작용에 대한 재건 수술로도 활용되고 있으며, 그 쓰임새가 확대되는 추세다.

환자 맞춤형 임플란트의 경우 생체 적합성이 우수한 소재, 3D 프린터 장비, 맞춤 설계 기술의 3박자가 어우러진 플랫폼 구성이 필수다.
이에 ㈜시지바이오는 제품 주문 접수 후 환자 수술 전 납품에 이르기까지 모든 프로세스를 수월하게 완료할 수 있는 환자 맞춤형 임플란트 제조 플랫폼$^{PSI\ Platform}$ 구축을 추진 중이다. PSI 플랫폼은 병원에서 제공받은 CT 데이터를 ㈜시지바이오 클라우드에 업로드한 뒤 디자인 센터에서 임플란트 모델링을 진행, 각국의 출력 센터에서 프린팅하는 시스템이다. 장기적으로 국내뿐 아니라 해외에도 전용 출력소를 구축해 서비스 영역을 대폭 확대할 계획이다. 꾸준히 사업 분야를 다각화하며 국내 1위 재생의료 전문기업으로 자리매김한 ㈜시지바이오가 향후 글로벌 인체 이식용 의료기기 시장에서도 맹위를 떨치게 되기를 응원한다.

㈜시지바이오

2006년 인체조직은행으로 출발, 기증자의 피부나 뼈를 가공해 환자에게 제공하는 사업을 수행해왔다. 국내에서 유일하게 세포·지지체·성장인자 등 재생의료 3요소에 대한 기술력을 갖춘 기업으로 바이오 재생의료 분야에서 국내외 다수의 특허 기술을 보유하고 있다. 2010년 이후 의료기기 분야로 사업을 확장하면서 뼈 재생, 척추 재건, 상처 치료, 미용 성형, 중재 의학용 스텐트 등 인체 이식용 의료기기 전반을 개발하고 제조하는 회사로 거듭났다.

www.cgbio.co.kr

유미영 ㈜시지바이오 연구2센터장

정부 R&D 과제로 비로소 완전함을 실현

3D 프린팅 기술을 활용해 인체 구조물을 만들게 된 계기가 궁금하다.

인체조직은행을 운영하면서 거대 골 결손이 발생하는 경우를 상당히 많이 접했다. 팔뼈나 얼굴뼈 등을 제공해야 하는데 기증자의 치수와 맞지 않는 경우가 많아 대체 가능한 소재가 필요했다. 생체 적합도가 높은 고강도 소재를 활용한다면 거대 골 결손부나 얼굴의 복잡한 뼈 형상을 대체할 수 있을 것으로 판단했다. R&D 과제를 수행하면서 3D 프린터, 환자 맞춤형 설계 기술, 생체 적합 소재를 모두 개발해 서비스할 수 있게 됐다.

인체 이식용 의료기기에 사용되는 소재로 바이오세라믹이 갖는 장점이라면?

바이오세라믹 기반의 단순 골 이식재는 국내외에서 다양하게 개발되어 있다. 하지만 세라믹 소재를 활용한 3D 프린팅 환자 맞춤형 임플란트는 우리 제품이 유일하다. 복합 소재의 경우도 마찬가지다. BGS-7이라는 골 유합 소재를 활용해 이식재를 뼈에 붙도록 설계한 맞춤형 제품은 전 세계적으로 유일하다. 바이오세라믹은 인체 이식 후 주위 뼈와 조직이 직접 결합하는 장점이 있다. 특히 ㈜시지바이오의 BGS-7이 포함된 환자 맞춤형 임플란트는 뼈와 직접 붙기 때문에 장기간에 걸쳐 안정적으로 형상을 유지할 수 있다.

정부 과제를 수행하는 과정에서 도움이 됐던 점이나 좀 더 지원이 필요하다고 느낀 점이 있다면?

고강도 세라믹의 경우 3D 프린팅을 활용한 맞춤형 임플란트 제작이 불가능한 것으로 알려져 있었지만 정부 과제를 통한 지원으로 이를 극복하고 100% 세라믹으로 구성된 제품은 물론 복합 소재로 구성된 환자 맞춤형 임플란트를 개발하고 상용화하는 데에도 성공할 수 있었다. 다만 소재와 제품 개발까지 지원되고 임상연구는 지원되지 않는 점은 아쉬웠다. 임상연구 분야는 다른 부처의 과제를 따로 수주받거나 회사가 따로 재원을 마련해 진행하는 경우가 대부분인데 이 부분도 연계가 된다면 좀 더 수월한 연구 진행이 이뤄지지 않을까 싶다.

과제 수행 과정에서 보람을 느끼거나 어려움을 겪은 에피소드가 있다면?

개발품은 주로 얼굴뼈가 손실된 환자에게 사용된다. 암 수술로 인해 얼굴뼈가 손실된 환자에게 이지메이드-CF를 이식해 얼굴 형상이 회복되는 과정을 확인할 수 있었다. 누군가의 얼굴 형상을 찾아주는 일은 그들의 일상을 회복시켜주는 것과 같다고 생각한다. 그런 점에서 우리 직원들 모두 환자들이 잃어버린 얼굴을 되찾을 수 있도록 돕는다는 자부심으로 일하고 있다.

㈜시지바이오의 R&D 과정을 담은 생생한 스토리는 10월 중 KEIT 유튜브를 통해 공개됩니다.

소변으로 여성 생애주기 진단하는 글로벌 리딩 디바이스의 탄생

여성 소변 호르몬 조합을 이용한 수정 관련 자가진단 바이오센서 및 기기 개발

㈜수젠텍

아파서 병원에 가면 대개 가장 먼저 검사를 한다. 검사 결과가 나온 후에야 약 처방이나 수술 등 치료가 진행된다. 이때 대부분의 검사가 체외진단으로 이뤄진다. 이 분야가 헬스케어를 주도할 분야로 꼽히는 이유가 여기 있다.

word 오인숙 photo 이승재

연구과제명	여성 소변 호르몬 조합을 이용한 수정 관련 자가진단 바이오센서 및 기기 개발
제품명	슈얼리 스마트 임신, 슈얼리 스마트 배란, 슈얼리 스마트 폐경
정부과제 수행기간	2016.07~2019.12(41개월)
총 정부출연금	22억9100만 원
개발기관	㈜수젠텍, 한국기계연구원, 한국기계전기전자시험연구원
참여 연구진	손미진, 유승범, 김은경, 이리미, 김민우, 전명수, 김효신, 노미희, 신아름, 이경순, 이선희, 박소영, 황사랑, 안치성

여성호르몬 5종을 하나의 디바이스로 측정

체외진단 회사가 일반 대중에게 널리 알려진 것은 코로나19 팬데믹이 계기가 됐다. 체외진단은 크게 PCR(중합효소 연쇄반응)처럼 유전자를 기반으로 하는 '분자진단'과 항체를 이용해 우리 몸에 있는 바이오마커를 측정하는 '면역화학진단'으로 나뉜다. 분자진단이 인프라가 필요한 대형 병원 시스템에 적합하다면, 면역화학진단은 대형병원시스템인 CLIA 뿐만 아니라 신속한 검사가 요구되는 작은 병원이나 개인용 홈 테스트등 그 활용이 광범위하다. 면역화학진단 중 신속진단의 경우 환자가 집에서 간단하게 혈당을 체크할 수 있는 혈당 측정기나 코로나19 진단키트를 떠올리면 이해하기 쉽다. 홈 테스트 제품이 성장하면 관련 시장도 긍정적인 영향을 받는다. 일례로 당뇨 시장은 혈당 측정기와 같이 개인이 사용할 수 있는 시스템이 없던 20여 년 전과 비교해 10배 이상 성장했다.

㈜수젠텍은 2016년부터 2019년까지 '여성 소변 호르몬 조합을 이용한 수정 관련 자가진단 바이오센서 및 기기 개발'을 진행했다. 회사는 이 과제를 수행하며 두 가지 목표를 세웠다.

첫째, 지금까지 개인이 측정 결과를 눈으로 판독하던 것을 시스템화하여 그 정확도를 높이는 것이다. 기존 임신 테스트기의 기술 정확도는 99%에 달한다. 그럼에도 임신 테스트기의 정확도가 75%라고 말하는 건 검사 결과를 개인이 판독하기 때문이다. 개인적 감정이나 바람을 바탕으로 결과를 판단하기 때문에 오류가 발생할 수 있다는 것. 측정 후 제품마다 제시하는 측정 시간을 시간을 지키지 않고 판독하는 경우 잘못된 판단을 내릴 수 있다. 이러한 개인의 판독 오류를 방지하기 위해서는 검사 결과를 정확한 시간내 기기로 읽어주는 시스템이 필요하다. ㈜수젠텍은 이 과제를 통해 소형 디바이스(진단 테스트기)에 5종의 호르몬 진단시약을 소변에 묻혀 테스트하고, 내장된 타이머가 정확히 결과를 인식한 후 앱과 연동해 디지털로 결과를 알려주는 기술을 개발했다.

둘째, 임신, 배란, 폐경은 물론 유산 가능성, 자궁외임신까지 모니터링할 수 있는 5종의 호르몬을 하나의 디바이스로 측정한다는 목표를 세웠다. 그 결과 진단시약(검사지)을 바꿔가며 5종의 호르몬을 동시에 측정할 수 있는 시스템을 완성했다. 무엇보다 가장 눈에 띄는 지점은 패턴 분석이다. 어떤 검사를 받았을 때 일정 수치 이상이면 양성, 이하면 정상으로 나뉘는데, 이를 구분해주는 것이 컷오프다. 하지만 호르몬의 경우는 개인 편차가 무척 큰 데다 다이어트 등 여러 변수에 의한 변화도 심하다. 따라서 다른 질환 검사와 달리 컷오프의 기준이 다소 애매할 수밖에 없다. 그래서 패턴이 중요하다. 지금까지 이러한 패턴을 분석하는 제품이 전무했는데, ㈜수젠텍이 이를 처음으로 개발해 구현했다. 지속적인 검사로 패턴을 분석해 배란기, 가임기 등을 보다 정확히 확인할 수 있게 됐다.

독보적 기술의 플랫폼 개발로 글로벌 사업 기지개

이 과제에는 바이오마커, 항체, 나노비드, 광학, 하드웨어, PCB, 앱 연동 등 여러 기술이 필요했다. 소형 디바이스를 통해 고가의 대형 장비와 유사한 결과를 내기 위해서는 그만큼 집약된 기술, 융합 기술이 필요했다. 난도가 높은 기술인 만큼 구현이 쉽지 않았고, 이를 하나의 시스템으로 통합하기 위해 시행착오를 거쳤다. 한국기계연구원 등과 함께 과제를 수행하고, 의료기기 만드는 IT 회사를 인수하고, '베스펙스'라는 IT 서비스 자회사를 만든 것도 이런 노력의 연장선상에 있다.

어렵게 개발에 성공한 제품을 대량 양산하기까지는 또 다른 지난한 과정이 있었다. 당시 코로나19 팬데믹으로 물류난이 심화되며 부품 수급이 어려워지면서 생산 일정이 지연된 것. 우여곡절 끝에 부품별 품질 테스트를 마치고 2022년 대량 양산 문제를 극복했다. 이후 2023년 말 '슈얼리 스마트'라는 이름으로 소비자에게 첫선을 보일 수 있었다.

현재 자사몰을 비롯해 올리브영, 네이버, 오픈마켓 등에서 만날 수 있는 이 제품은 20~40대 여성을 타깃으로 한다. 새로운 기능의 신제품이 겪는 어려운 점은 소비자에게 해당 제품의 필요성을 알리고 교육하며 스스로 시장을 키워나가야 한다는 것. 긴 마라톤이 될 것을 각오하고 마케팅에 온 힘을 다하고 있다. 내년부터는 미국, 일본, 사우디아라비아 등으로 글로벌 시장을 본격 공략할 예정이다.

팬데믹 상황으로 기술개발에서 상용화까지 다소 공백이 생겼지만, 독보적 기술을 확보한 만큼 시간은 크게 문제가 되지는 않았다. 이 정도 수준의 개인용 디바이스를 만들어낼 수 있는 회사는 우리나라에서는 ㈜수젠텍이 유일하며 세계적으로도 세 손가락에 꼽히기 때문이다.

체외진단 의료기기에서 디지털 헬스케어 기업으로

과제를 통해 ㈜수젠텍은 많은 것을 얻었다. 우선 다양한 것들을 시도하고 검증해볼 수 있는 자금 여력이 생겼다. 과제 수행 결과를 바탕으로 추가 투자를 받아 시장에 제품을 출시하는 선순환 구조도 만들었다. 신규 연구원 채용도 늘려 R&D 인력이 50명에 달한다. 진단 분야에서 이 정도 규모의 R&D 인력을 확보한 곳은 많지 않다. 2011년 12월 연구소기업으로 창업한 ㈜수젠텍은 2016년 이 과제를 시작하며 성장의 발판을 마련했고, 이를 통해 쌓은 기술적 특허와 성과를 디딤돌 삼아 2019년 코스닥 상장에 성공했다.

체외진단 영역은 면도기와 면도날과 같은 비즈니스다. 하나의 면도기에 여러 면도날을 바꿔 쓸 수 있는 것처럼 하나의 플랫폼을 만들어 당뇨, 심혈관, 코로나19 감염 등 여러 검사를 적용할 수 있다. 이런 시스템의 발전으로 개인이 주요 질환까지 검사할 수 있게 될 날도 머지않았다. 앞으로 개인용 디바이스가 병원에서 구현하는 정도의 정확도를 보장하면 게임체인저가 되고 시장의 변화를 이끌 것이다. 체외진단 의료기기 기업에서 디지털 헬스케어 기업으로 성장하고 있는 ㈜수젠텍은 그 변화의 선두에 서서 시장을 확대하며 성장해 가고 있다.

㈜수젠텍

체외진단 의료기기의 여러 플랫폼 기술을 가지고 있는 글로벌 헬스케어 기업이다. 대형 병원에서 사용하는 질병 진단 기기(랩용), 중소형 병원에서 간단히 검사를 진행하는 POCT[Point-of-Care Test], 집에서 진단하는 개인용(홈 테스트)까지 체외진단 의료기기 전 분야를 아우르는 기술력과 장비를 확보하고 있다. '알레르기나 자가면역을 진단하는 랩용 플랫폼', '당화혈색소, 심혈관 질환, 갑상선 질환 등을 검사할 수 있는 POCT', '여성 호르몬 진단 홈 테스트'가 주력 제품이다.

sugentech.com/kr

손미진 ㈜수젠텍 대표

산업의 성장을 위한 지원 좋은 기획이 좋은 결과물로

연구 결과물이 제품화되고 시장에 출시되면 연구자로서 느끼는 보람과 만족감이 클 것 같다.

과학자 출신으로 정부출연연구기관과 기업체 연구소에서 근무하다가 창업했다. 연구 결과가 주는 만족감이나 성취감이 지속 가능한 연구 사이클을 만드는데, 특히 보건의료분야는 많은 사람들에게 도움을 주고 사회에 기여할 수 있는 부분이 커 보람이 남다르다. 코로나19 팬데믹 때 경험했듯이 진단이 국가적·국민적 이슈가 되기도 한다. 이번 과제는 BT, NT, IT, AI 등 여러 기술에 대한 이해가 필요해 연구 책임자로서 힘들었지만, 이러한 기술을 통합해 하나의 시스템으로 완성하고 나니 그만큼 성취감도 크다.

기술 구현 이후 어려웠던 점은 무엇인가?

여러 규제 사항을 꼽을 수 있겠다. 기존에 없던 제품을 개발하면 규제 기관과 협의하는 게 쉽지 않고, 가이드라인이 없기 때문에 시간도 오래 걸린다. 그러다 보니 선진국에서 먼저 허가를 받고 들어와 국내에서 허가를 신청하는 경우도 있다. IT, 앱 등 디지털 관련 규제가 높은 편인데 특히 의료 데이터와 관련된 규제는 더욱 강화되고 있는 추세다. 수출 시 앱의 작은 변화까지 모니터링되기 때문에 이런 규제까지 감안해서 사업을 진행하는 것이 쉽지 않았다.

정부 R&D 지원과 관련해 필요한 부분이나 의견이 있다면?

산업통상자원부 과제의 경우 산업의 성장을 위한 지원이라는 명확한 목표가 있기 때문에 산업을 턴어라운드할 수 있는 방향으로 고민을 많이 하는 것 같다. 그만큼 과제의 기획이 중요하다. 기획을 어떻게 하느냐에 따라 결과가 달라질 수 있기 때문이다. 제안요청서RFP가 기업의 입장과 동떨어지지 않으려면 톱다운 방식보다는 바텀업 과제를 확대하면 좋겠다는 생각을 한다. 기업이 최신 기술 트렌드를 반영하고 아이디어 싸움을 벌일 수 있도록 말이다. 지금은 시장의 변화가 무척이나 빠르다. 과제를 진행하는 동안 시장이 바뀌기도 하는데, 이런 경우 상용화를 감안해 과제의 목표나 방향을 바꿀 수 있도록 유연성을 허용했으면 한다.

다음 목표는 무엇인가?

질염, 매독 검사 등 여성 관련 다른 아이템이나 남성호르몬 검사로도 제품을 확장해 나갈 계획이다. 이 플랫폼은 소변 뿐만 아니라 코로나19와 같은 감염 검사도 가능하다. 또 의료 분야 외에도 미생물 오염물질 검사, 수산물 바이러스 검사나 대장균 오염 검사와 같이 생명과학, 화학, 환경, 수산 분야 등으로도 확대 적용할 수 있다. ㈜수젠텍은 면역화학분야에서 시약과 자동화 장비를 모두 만들 수 있는 국내 유일의 회사다. 체외진단 영역에서 성장했지만, 가고자 하는 방향은 언제 어디서 누구나 검사할 수 있는 디지털 헬스케어 영역으로의 확장이다.

친환경 고기능성 원단 상용화, 내수 넘어 세계로 도약한다

식물 유래 폴리올을 이용한 투습·방수 PU 필름의 고기능화 및 그린마켓 대응형 응용 섬유제품 개발

㈜비에스지

섬유의 시간이 돌아왔다. 20세기 중후반 우리 경제의 큰 축이었던 섬유가 반세기가 지난 지금 첨단 산업과 친환경 전환의 키를 움켜쥐게 되었다. 다시 섬유의 시대가 오기만을 학수고대하며 연구개발R&D의 끈을 놓지 않았던 ㈜비에스지의 이야기를 들어봤다.

word 김아름 photo ㈜비에스지 제공

연구과제명	식물 유래 폴리올을 이용한 투습·방수 PU 필름의 고기능화 및 그린마켓 대응형 응용 섬유제품 개발
적용제품	바이오매스 기반 PU 필름 및 라미네이팅 원단
정부과제 수행기간	2013.06~2018.05(60개월)
총 정부출연금	20억5000만 원
개발기관	㈜비에스지
참여 연구진	총괄 책임 권오경, 김대호, 김민철, 김은정, 배병민, 이창민 외 29명

섬유산업은 크게 세 가지로 분류할 수 있다. '원료 및 원사', '원단' 그리고 '완제품'이다. ㈜비에스지는 '원단' 산업 내에 위치하는 기업으로, 원단에 폴리우레탄^{PU} 기반의 필름을 덧붙인 기능성 제품을 생산한다. ㈜비에스지처럼 원단에 필름이나 기타 재료 등을 결합해 새로운 복합 섬유 원단을 만드는 공정을 '라미네이팅^{Laminating}'이라고 한다. 쉽게 말해 '원단을 코팅하는 것'인데, 엄밀히 말하면 공정 방식과 결과물에서 코팅과는 차이가 크다. 라미네이팅은 원단의 방수·방풍·방염 기능 등을 향상시키고 내구성을 강화한다. ㈜비에스지는 여러 역할 가운데 방수·투습 등 '수분'의 이동을 효과적으로 제어하는 고기능성 PU 필름을 만들어 원단에 결합시킨다. 이렇게 만들어진 고기능성 원단은 각종 스포츠 의류, 아웃도어, 국방 및 보호복 등에 활용된다.

석유 대신 식물 원료, 친환경 PU 필름의 시작

PU 필름의 주요 재료 중 하나는 폴리올^{Polyol}이다. 폴리올은 산소^{O}와 수소^{H}로 이루어진 수산화기$^{-OH}$를 다수 가지고 있는 유기화합물로, 이소시아네이트^{NCO}라는 기능성 화합물과 결합해 PU가 된다. 이 폴리올은 다양한 원료에서 추출되거나 합성되지만, 보통은 석유에서 기인한다. 그 때문에 석유 기반 폴리올을 가공하고 폐기할 때 다량의 온실가스가 배출된다는 단점이 있다. 석유 자원의 한정성과 가격 변동성이 폴리올의 가격과 생산에 영향을 미치기도 한다. 최근 식물성 기름에서 추출한 바이오매스 폴리올의 수요가 높은 것도 석유 기반의 한계를 극복하기 위한 것이다. ㈜비에스지 또한 기업의 성장과 산업의 발전을 위해 바이오매스 폴리올 R&D를 고민하게 되었고, 한국산업기술기획평가원의 지원 아래 '식물 유래 폴리올을 이용한 투습·방수 PU 필름의 고기능화 및 그린마켓 섬유제품' 개발에 뛰어들었다.

해당 과제를 통해 개발해야 할 핵심 기술은 크게 두 가지였다. 첫 번째는 바이오매스 기반 원료를 적용한 PU 수지❶ 합성 공정이었다. 기존 PU 분자구조에서 석유계 원료를 가능한 많이 식물 유래 바이오매스로 대체하는 것이다. 여기서 중요한 점은 석유계 원료를 줄이더라도 기존 상용 제품과 동등한 물리적·화학적 특성을 유지하는 것이다. 이에 옥수수, 피마자유, 대두유 등 다양한 식물성 원료를 활용해 폴리올을 만들고 이를 NCO와 반응시켜 PU 물질을 완성해냈다.

두 번째로 확보해야 할 기술은 용도에 맞는 고기능화 제작 방법이었다. 스포츠나 아웃도어 원단과 의료 그리고 군사·보호용 섬유 소재는 그 목적과 쓰임새가 명백히 다르다. 따라서 각 분야에 맞는 라미네이팅이 중요하다. 예를 들어 의료 분야에 쓰이는 원단은 항균성이나 소취성❷이 강해야 하고, 군사 분야에서는 극한의 온도에서도 유연하게 움직일 수 있어야 한다. 항균성과 소취성에 적합한 필름은 은^{Ag}과 광촉매 기술을 복합 적용해 만들었고, 폴리머의 유리전이온도^{Tg}❸를 최적화해 -32°C의 극저온에서 유연하게 움직일 수 있는 필름을 개발했다.

2013년부터 2018년까지 5년간의 R&D 과정 가운데 곳곳에 장애물이 있었다. 그중 연구진을 가장 힘들게 만들었던 것은 바이오매스 기반 합성 원료 물질을 확보하는 데 있었다. 당시만 해도 관련 기술력을 보유한 곳이 많지 않았고, 참고할 만한 자료로 턱없이 부족했다. 결국 ㈜비에스지 연구진 스스로가 찾아내야만 했다. 실패가 일상이 된 하루하루가 5년이 되었고, 마침내 ㈜비에스지 연구진의 손에 관련 데이터베이스가 축적되었다.

❶ **수지**: 고체 또는 반고체 상태의 점성이 있는 물질로 합성수지, 천연수지 등으로 나뉜다.
❷ **소취성**: 악취를 없애는 성질
❸ **유리전이온도^{Tg}**: 고분자의 성질이 물리적으로 변하는 온도. 단단하고 딱딱한 물질이 부드럽고 탄성 있게 변하는 온도를 말한다.

그린마켓 대응형 응용 섬유제품. 식물 유래 투습 방수 PU 필름은 스포츠웨어나 아웃도어 원단에도 적용 가능하며, 이는 기업들의 ESG 성과를 높여줄 것으로 예상된다.

R&D에서 상용화로, 안전 지키는 보호복 되다

과제의 마지막 해인 2018년, 바이오매스 기반의 PU 수지 합성부터 필름화, 라미네이팅 가공, 섬유 제품 상용화까지 모든 과제가 성공했다. 무엇보다 감격스러웠던 것은 당초 목표였던 '바이오매스 함량 40%'를 초과 달성했다는 것. 최종 개발한 ㈜비에스지의 PU 소재 바이오매스 함량은 44%. 타사 대비 훨씬 높은 수치였다.

이후 미국 농무부USDA '바이오매스 기반 제품 인증', 독일표준협회 인증기관DIN CERTCO '바이오 기반 제품 인증 라벨'을 획득했다. 친환경 소재로의 전환과 탄소중립 등 글로벌 환경 이슈가 강화되는 이때 전 세계에 또 하나의 대안을 제시한 셈이다.

㈜비에스지의 PU 소재는 '농약침투안전 영농작업복'과 '포켓용 스마트 방연 마스크', '유아용 및 반려동물용 매트' 등으로 제작되어 시장에서 인기를 얻고 있다. 농약침투안전 영농작업복은 농약을 살포할 때 외부의 액체나 화학물질이 침투하지 않도록 보호하는 옷인데, 내부에서 발생하는 땀과 수분은 외부로 배출한다는 점에서 쾌적함과 보호 성능을 동시에 만족시킨다. 한국환경산업기술원에서 환경표지 인증을 받았으며 그 우수한 성능에 힘입어 조달우수제품에 지정되기도 했다.

포켓용 스마트 방연 마스크는 화재 현장에서 필요한 호흡 보호구다. PU 소재 특유의 신축성과 방염성 덕분에 유독가스나 분진이 안쪽으로 침투하지 못하며, 안면부 전체를 보호하도록 제작했다. 이 역시 우수 R&D 혁신 제품으로 지정되어 높은 매출을 기록 중이다. 유아용 및 반려동물 매트 역시 바이오매스 기반의 PU 필름을 적용해 친환경적이며 인체 친화적인 기능까지 고루 갖췄다. 특히 유아용 매트는 아마존 쇼핑몰을 통해 미국 시장에 입소문이 났을 만큼 높은 인기를 누리고 있다.

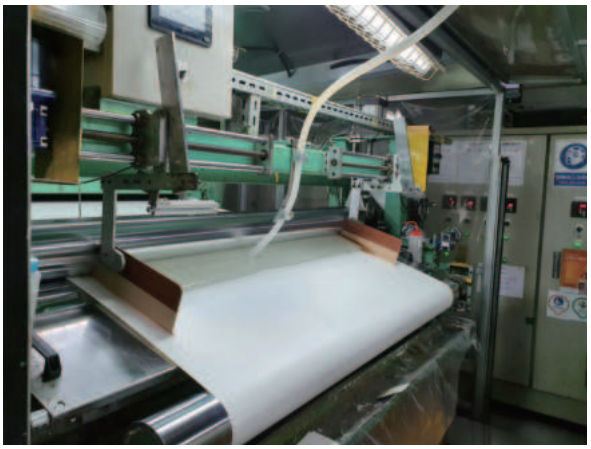
친환경·고기능성 제품을 위한 노력들

지난 8월, 산업부는 섬유산업 지원을 위한 '섬유패션 경쟁력 강화 전략'을 발표했다. 친환경, 고부가가치 섬유 기술을 확보해 후발국의 추격으로부터 국내 생산 기반을 보호하고, 2030년까지 산업용·친환경 섬유 분야에서 세계시장 점유율 10%를 달성하겠다는 목표를 제시했다. 이에 대해 섬유업계의 생각은 어떤지 물었다.

"국내 섬유산업의 생산 능력을 키우고 세계시장에서 경쟁력을 확보하기 위한 중요한 조치가 될 것입니다. 그중 '섬유패션 밸류체인 친환경 전환'은 우리 ㈜비에스지가 가지고 있는 강점 분야라서 기대가 큽니다. '디지털 전환' 역시 노동집약적인 우리 산업계에 필수적이죠."
권오경 연구소장의 표정이 밝아졌다. 여기에 업계 당사자로서의 조언을 더했다. "섬유산업은 제조업의 규모가 작고 기업별 특성이 다양하다"며 "일괄적인 전략보다는 산업의 특성을 고려한 맞춤형 지원에 신경 써주길 부탁한다"고 말했다.

㈜비에스지의 바이오매스 기반 PU 소재 개발 과정

STEP 1	STEP 2	STEP 3
식물 유래 폴리올을 이용한 PU 수지 합성	식물 유래 투습·방수 PU 필름의 용도 확대를 위한 복합 고기능화 기술	그린마켓 대응형 융합 섬유제품 상용화



식물 유래(바이오매스) 기반의 PU 필름을 원단에 라미네이팅하는 과정이다. 이 과정을 통해 원단의 방수나 투습 기능이 더해진다.

현재 ㈜비에스지는 한국산업기술기획평가원의 우수기업 연구소육성사업(ATC+)을 통해 바이오매스 함량을 70%로 높인 PU 소재를 개발 중이다. 이 과제의 핵심은 '무용제Solvent-free'에 있다. 화학 용제Solvent는 물질을 녹여 섞일 수 있도록 도와주는 액체로, 화학반응을 촉진하거나 물질을 용해시키는 데 이점이 크다. 여러 산업에서 용제를 활용해 제품을 생산하는데, PU 소재를 만들 때 또한 사용된다. 용제의 문제는 사용 시 휘발성 유기 화합물을 발생시켜 환경오염을 악화시킨다는 것이다. 이에 ㈜비에스지는 용제를 사용하지 않고 PU 소재를 만드는 기술을 연구하고 있다. 실험실 단계에서는 최대 71%의 바이오매스 함량을 갖는 소재를 개발한 상태로 머지않아 관련 제품이 출시될 전망이다.

다시 섬유여야 하는 이유

우리의 반도체, 디스플레이 기술은 세계 정상의 자리에 있다. 모두가 고부가가치, 첨단 기술에 집중한 사이 기존의 주력산업 몇몇은 간신히 그 명맥을 유지하고 있을 뿐이다.

"정부 과제 덕분에 독자적인 기술을 개발할 수 있었고, 덕분에 사업이 성장했으니 매우 만족스러운 것이 사실입니다. 하지만 여전히 목마른 것이 있으니 바로 국민의 관심이지요. 초격차 기술에 쏟는 관심의 일부라도 우리 섬유산업에 보태준다면, 거기에 힘입어 예상치 못한 성과를 만들어낼 수도 있지 않을까 생각해봅니다."

㈜비에스지의 토대가 된 삼공직물은 1956년에 대구에서 사업을 시작했다. 국내 최대의 섬유산업단지 한가운데서 산업의 흥망성쇠를 목도한 이들은 70여 년의 업력을 끝끝내 지키겠다는 남다른 각오를 내비쳤다. 침체기에 놓인 국내 시장의 한계를 넘기 위해 친환경, 고기능 제품으로 고부가가치사업을 육성하겠다는 의지도 밝혔다.

폭염과 폭우, 폭설이 매년 기록을 갈아치우고 있다. 한편 우주 시대가 가시화되고 있으며, 지구 곳곳에선 전쟁도 벌어진다. 갈피를 잡기 어려운 이상한 현실 가운데, 우리를 보호할 마지노선이 옷일 수도 있겠다는 생각이 든다. 우리 몸을 덮고 있는 섬유 조각이 사뭇 다르게 느껴진다.

㈜비에스지

20세기 중후반 국내 최대의 섬유도시 대구에 문을 연 뒤 70여 년 이상 섬유산업을 이어오고 있다. 현재는 폴리우레탄PU 기반의 투습 및 방수 기능을 갖춘 고기능성 필름 등을 생산하는 첨단 신소재 개발 기업으로 변신했다. 바이오매스 기반의 PU 필름 'Puritex', 라미네이팅 원단 'Eco-invex' 등이 주력 제품이다. '자연과 인간을 중시하는 기업'이라는 비전 아래 친환경·고기능 섬유 기술 R&D에 힘쓰고 있다.

www.bsgbsg.co.kr

비효율 투자 걷고, 고효과·고리스크 R&D 대폭 지원한다

역대 최대 규모의 2025년 산업·에너지 R&D 예산

정부가 내년 산업·에너지 연구개발[R&D]에 역대 최대 규모의 예산을 편성하기로 했다. 지난해 예산 구조조정을 통해 성과가 낮은 R&D를 상당수 걷어내고 올해는 첨단산업 및 공급망 안정화 등을 중심으로 예산을 편성한 것이다. 글로벌 공동 연구개발도 확대해 연구개발의 질도 함께 높일 예정이다.

word 이슬기 <한국경제신문> 기자

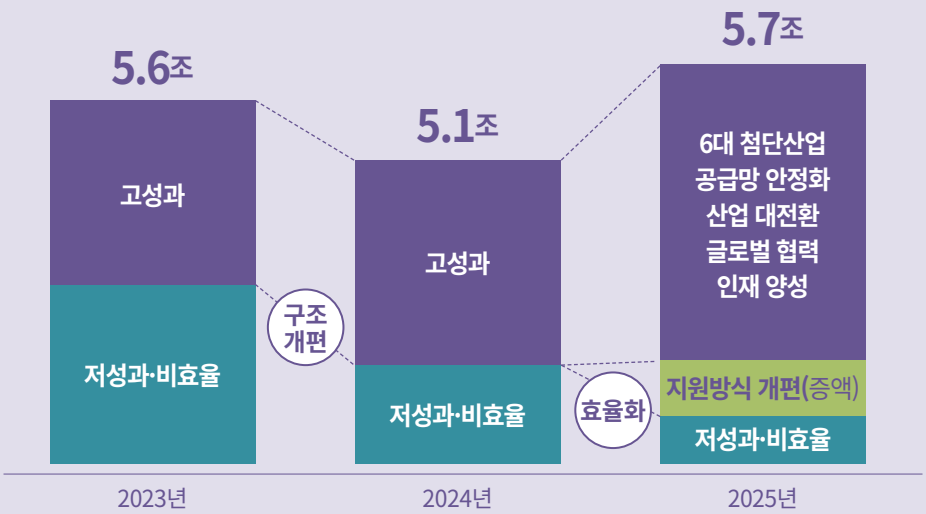
구조 개편 끝에 내년 역대 최대 수준 R&D 예산 편성

내년 산업·에너지 R&D 예산이 5조5701억 원으로 편성되었다. 이는 올해(5조802억 원) 대비 9.6% 증가한 규모이다. 일반 예산에 편성된 융자 방식 R&D 지원과 일부 사업의 우주항공청 이관 등을 고려하면 역대 최대 수준이다.

올해는 고성과·고리스크 과제의 비중을 대폭 늘리는 식으로 구성했다. 대표적인 예가 반도체·디스플레이·이차전지·첨단바이오·미래차·지능형로봇 6대 첨단전략산업 관련 예산이다. 2023년 1조376억 원에서 2024년 1조984억 원으로 소폭 증가했고, 내년에는 1조2565억 원으로 확대됐다. 공급망 안정화 관련 예산도 마찬가지다. 지난 2023년 1조6894억 원 수준이었던 예산이 올해 1조7320억 원으로 늘었고, 내년엔 1조8158억 원으로 더 큰 폭으로 늘었다. 글로벌 협력 R&D 예산 역시 2023년 2243억 원에서 2024년 2711억 원, 내년 3518억 원으로 계속해서 늘고 있다.

지원 방식을 개편해 실질 예산 규모를 늘린 분야도 있다. 예를 들어 내년엔 기관부담연구개발비에 대한 현금 부담 비율이 완화된다. 대기업은 60%에서 15%로, 중견기업은 50%에서 13%로, 중소기업은 40%에서 10%로 완화된다.

지난 3년간의
R&D 예산 구조 변화



지난 9월 5일 진행된 '산업·에너지 R&D 투자 방향 간담회'. 산업통상자원부 박성택 1차관, 한국산업기술기획평가원 전윤종 원장 등을 중심으로 대학·전문연구소·출연연구소의 연구자 및 관계자 등이 참석해 2025년 산업·에너지 R&D 투자 방향과 제도 개선 등을 논의했다.

글로벌 공동 R&D 등으로 R&D 질 높이기도 병행

R&D의 질을 높이는 작업도 병행된다. 먼저 글로벌 공동 R&D를 확대하고 인재 양성 지원도 강화한다. 산업부가 지난 9월 9일 산업기술 국제 공동 R&D 1차 과제 44개를 선정한 것이 그 일환이다. 이를 통해 해외 연구 기관이 보유하고 있는 원천기술을 국내 기업이 상용화하는 방식이 일반화될 것이다.

구체적으로 보면 한올바이오파마는 미국 매사추세츠공대[MIT]가 보유한 유전학 기술을 활용해 눈, 귀 등 인체 조직의 생체 나이를 어리게 만드는 기술을 개발한다. 한독은 하버드 의대와 공동으로 항암제의 부작용을 최소화할 수 있는 신약을 연구한다. 엘엔로보틱스는 존스홉킨스대와 함께 뇌혈관을 3차원[3D] 구조로 보면서 수술하는 정밀 로봇 개발에 나선다.

MIT 모운지 바웬디 교수(2023년 노벨화학상 수상자), 캘리포니아대 샌타바버라 캠퍼스 나카무라 슈지 교수(2014년 노벨물리학상 수상자) 등 세계 최고의 석학들이 다수 참여했다. 1차 프로젝트엔 글로벌 유수 대학 외에도 독일 프라운호퍼연구소, 프랑스 국립과학연구센터, 스웨덴 금속연구소 등 세계적인 연구 기관이 참여한다. 해외에서 응모한 기관만 22개국 205곳에 달한다. 이 중 47개 기관만 선정됐다.

R&D 위한 R&D는 NO! 상용화율도 높인다

R&D의 상용화율을 높이기 위한 작업도 이뤄진다. 기존엔 전문 기관이 톱다운으로 R&D 목표와 상세 기술을 기획했는데, 앞으로는 대상 품목과 기술 목표만 제시하고 연구 수요자들이 스스로 상세 기술을 정하는 품목 지정 방식을 적용하기로 했다.

사업체계도 시장 성과를 높이는 방식으로 개편했다. 개별 요소 기술 개발보다는 시스템을 통합해서 개발하면 상호 호환성이 높아져 개발된 기술의 활용도와 개발 속도를 높일 수 있다. 소규모 파편화된 과제를 줄이는 대신, 100억 원 이상 지원되는 대형 통합 과제(5개 이상 참여기관 필수, 세부 기술 통합)를 247개로(2023년 66개) 확대한 결과, 대·중견·중소기업과 학·연이 원팀으로 협력해 혁신 속도를 높이고 있다. 그뿐만 아니라 민간투자 연계 R&D 투자 확대(2024년 약 1600억 원)로, 지난해 대비 3배 수준인 약 3000억 원의 민간투자가 기대된다.

또, 현장 수요에 적시 대응하기 위해 과제 공고도 연 1회에서 3회로 확대했다. 수행 단계에서는 연구를 수행하는 기업에 공동 연구 기관 구성과 연구비 배분 등 과제 진행의 전권을 부여하는 캐스케이딩[Cascading] 방식을 9개 과제에 시범 도입했다. 캐스케이딩이란 큰 목표를 실행 가능한 구체적 목표로 세분화하는 것을 뜻한다. 평가 단계에서도 연구 과제의 도전성과 혁신성에 대한 검증을 강화하기 위해 산업부가 직접 수행하는 무기명 자문평가제도를 도입했다. 이러한 노력의 결과 프로그램형 사업 신규 과제의 30% 이상인 474개 과제가 세계 최초·최고를 목표로 하는 것으로 보인다.

한눈에 보는 스마트 리테일

리테일 산업에서 AI의 역할은?

1 개인화된 고객 경험 제공

고객의 행동이나 선호도, 구매 이력 등을 분석해 맞춤형 제품을 추천한다.

2 재고 및 수요 예측

판매 데이터와 계절성, 외부 요인 등을 분석해 수요 변동을 정확하게 예측하여 불필요한 재고나 품절을 방지한다.

3 고객 서비스 및 챗봇

24시간 고객 문의 처리, 주문 처리 및 지원을 제공해 고객 만족도를 높이고 직원의 업무 부담을 줄여준다.

4 사기 방지 및 보안

실시간으로 거래를 모니터링해 구매 행동에서 이상 패턴을 분석해 사기 행위를 감지하고 보안을 강화한다.

5 시각 검색 및 가상 착용

고객이 이미지를 업로드해 유사한 제품을 검색할 수 있도록 시각검색 기능을 제공하고, 증강현실을 통해 가상으로 의류나 액세서리 등을 착용해볼 수 있게 한다.

리테일 분야에서 활용되는 AI 기술 종류

머신러닝
수요 예측·가격 최적화

딥러닝
보안·운영 자동화

대화형 AI
고객 서비스 자동화

컴퓨터 비전
제품 관리·고객 행동 분석

자료: 인텔

글로벌 스마트 리테일 시장 규모는?

2023년
71억4000만 달러
(9조5000억 원)

연평균 성장률 31.8%

2032년
850억 달러
(113조 원)

자료: 포춘비즈니스인사이트

글로벌 키 플레이어는?

- amazon 아마존
- Walmart Save money. Live better. 월마트
- Alibaba.com 알리바바
- ZARA 자라

우리 일상 속의 리테일 기술은?

무인 결제 시스템
이마트24, GS편의점의 일부 점포에서는 AI 카메라와 센서를 설치해두어, 고객이 물건을 들고 나가면 자동으로 결제가 된다.

제품 추천 시스템
네이버, 쿠팡 등은 기존에 구매한 제품과 검색 기록을 바탕으로 맞춤형 제품을 추천한다.

챗봇 서비스
네이버쇼핑, 카카오 등은 AI 챗봇을 활용해 사용자가 특정 상품에 대해 궁금한 점을 물어보면 자동으로 답변해준다.

우리나라 스마트 리테일 시장은?

자료: 마켓앤마켓

2025년
30억5500만 달러 예상
(4조600억 원)

연평균 성장률 24.7%

리테일 산업, AI 기술로 더욱 똑똑하게 성장한다

인공지능AI 기술은 이미 리테일 산업 전반에 걸쳐 혁신을 이끌고 있다. 이미 대부분의 유통업체들이 일부 업무에 AI를 적용하고 있으며, 다수의 기업들이 AI 투자를 늘릴 계획이다. 전 세계 유통 산업에서의 AI 도입 규모는 2024년 118억3000만 달러에서 2028년까지 2배에 가까운 234억 달러로 매년 20%에 가까운 수준의 매우 빠른 증가 속도를 보일 것으로 전망된다. 리테일 산업에서 어떤 영역에 AI 기술이 적용되고 있는지, 미래의 리테일 환경에서 AI가 어떤 역할을 할 것인지 그리고 AI 활용 효과를 높이기 위해 무엇이 필요한가를 짚어본다.

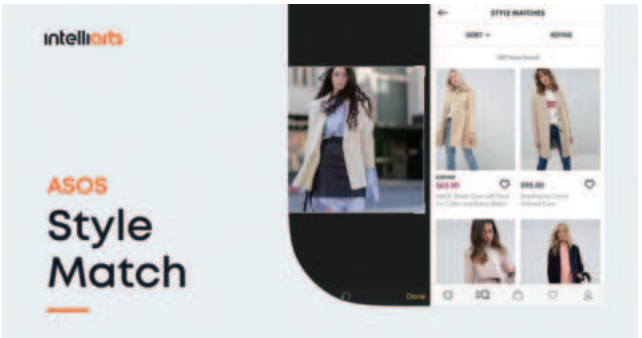
글로벌 리테일 기업들의 AI 사용 사례

리테일 산업에서 대표적으로 AI 기술이 적용되고 있는 업무는 오프라인 매장의 계산대 자동화, 재고 관리 고도화, 개인 맞춤형 고객 경험 제공, 챗봇을 이용한 고객 응대와 온라인 쇼핑에서의 비주얼 서치 등을 예로 들 수 있다.

컴퓨터 비전을 기반으로 한 계산대 자동화는 오프라인 매장에서 가시적인 변화를 만들어내고 있다. 예를 들어, 아마존의 'Amazon Go' 매장은 컴퓨터 비전과 센서 기술을 결합해 고객이 제품을 선택하거나 반납할 때 이를 자동으로 인식하는 'Just Walk Out' 기술을 적용해왔다. 물건을 스캔하거나 계산할 필요 없이 매장을 떠나면서 자동으로 결제된다. 이는 대기 시간을 대폭 줄이고, 고객 만족도를 높인다. 이러한 시스템은 고객 경험을 개선하면서도 매장 운영 효율성을 높인다. 비록 'Amazon Go' 매장 일부가 폐점하고, 완전 자동화가 아니라는 논란도 있었으나 일부 과정을 수작업으로 처리하는 식으로 변형하는 등 개선 시도가 이뤄지고 있으며 기술적 발전도 계속될 것으로 전망된다.

AI 기반 재고 관리 시스템 역시 리테일 매장의 운영 효율성을 향상시키고 있다. 예를 들어, 패스트 패션 브랜드 자라[Zara]는 RFID 태그와 AI를 결합해 재고를 실시간으로 추적하고, 인기 있는 제품이 부족해질 때 신속하게 보충할 수 있는 시스템을 활용한다. 이러한 시스템은 과잉 또는 과소 재고 문제를 줄여준다. 프랑스 리테일 업체 오샹[Auchan] 또한 컴퓨터 비전 기술을 활용해 매장 내 선반 상태를 모니터링하고, 재고 부족 시 즉각 알림을 보내는 시스템을 도입해 실시간 재고 관리를 최적화하고 있다.

AI 기술을 통한 개인 맞춤형 고객 경험 제공도 중요한 요소다. 예를 들어, 뷰티 브랜드 세포라[Sephora]는 고객 리뷰와 소셜 미디어



ASOS의 Style Match Visual Search 기능

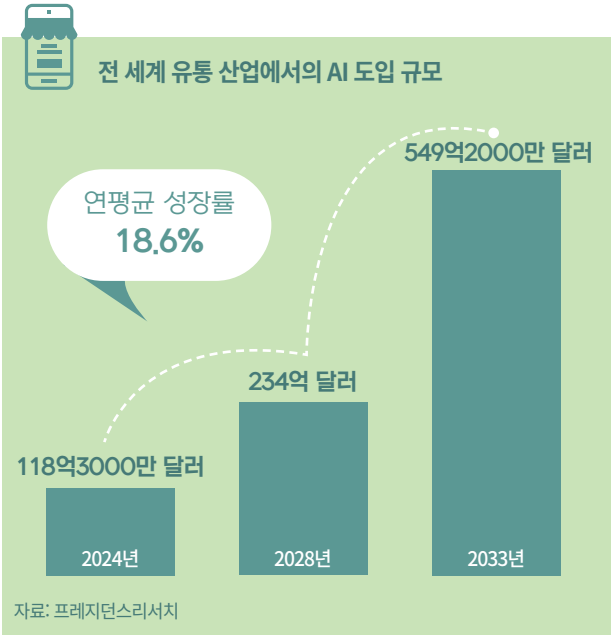
데이터를 분석해 개별 고객에게 적합한 스킨케어나 메이크업 제품을 추천하는 시스템을 운영하고 있다. 고객이 구매한 데이터를 기반으로 맞춤형 추천을 제공해 판매 증대에 기여하고 있다.

고객 응대 및 상품 추천에 AI 챗봇을 적용해 효율성과 서비스 품질을 높이려는 시도도 한창이다. 챗GPT와 같은 언어 모델이 각광받으면서, 고객의 문의에 응대하거나 고객과의 대화를 통해 고객이 원하는 적절한 상품을 추천해주는 기능을 챗봇으로 자동화하는 것이다. 대표적으로 메르카리[Mercari]는 사용자와 실시간 대화를 통해 개별 맞춤형 상품을 추천하는 'Merchat AI'라는 챗GPT 기반 쇼핑 추천 기능을 도입했다. 사용자에게 예산, 브랜드, 스타일 등에 대해 질문한 후, 마켓플레이스를 탐색해 적절한 상품을 제안한다. 추천받은 상품을 바로 클릭해 구매하거나, 추가 옵션을 요청할 수 있다. 월마트 역시 이와 유사한 쇼핑 도우미 기능을 온라인 쇼핑에 적용하고 있다.

마지막으로, 비주얼 서치[Visual Search] 기능은 온라인 쇼핑 환경을 획기적으로 개선하고 있다. 예를 들어, 영국의 스파 브랜드인 ASOS는 스타일 매치 기능으로 사용자가 사진을 업로드하면, 고객이 특정 제품의 이름을 기억하지 못하더라도, 유사한 제품을 추천하고, 빠르게 원하는 제품을 찾을 수 있도록 도와준다. 이는 텍스트 기반 검색보다 직관적이고 빠른 쇼핑 경험을 제공하며, 전환율을 높이는 데 큰 도움을 준다.

한국 리테일 기업들의 AI 사용 사례

한편 한국의 리테일 산업 역시 AI 기술을 빠르게 적용하며 다양한 혁신을 지속적으로 시도하고 있다. 현대백화점은 라이프스타일 편집숍 무인 매장 '언커먼 스토어'에 AI 기술을 적용하고 있다. 매장에 입장한 후 상품을 선택하고 나가면 AI 탑재 카메라와 무게 감지 센서를



활용해 자동으로 결제를 처리하며, QR코드를 통해 상품 정보도 제공한다. GS25를 비롯한 편의점 업계에서도 무인 매장이 매우 빠른 속도로 증가하고 있다. AI를 활용한 셀프 체크아웃 시스템은 인건비 절감뿐 아니라 고객 편의성 향상에도 기여하고 있다.

또한, 롯데마트는 모바일앱 'M쿠폰'에 AI를 이용해 고객의 구매 패턴을 분석하고 맞춤형 상품을 추천하는 시스템을 도입했다. AI는 고객의 과거 구매 이력과 선호도를 기반으로 최적의 상품을 추천함으로써 개인화된 쇼핑 경험을 제공하고 있다. 롯데마트는 또 '과일 선별'에 여러 장의 사진을 찍어 외형 평가를 하는 AI 기술을 적용해 고객들의 과일 구매 만족도가 높아지는 효과를 얻었다. 소비자마다 과일의 신선도, 모양, 숙성 진행 정도, 당도 등 선호하는 요소가 다양하다는 사실을 파악하고 여러 기준에서 평균 이상의 과일을 선별하는 방식을 사용한다.

사실 한국의 리테일 산업은 이미 20년 전부터 이와 같은 AI 기술을 활용하는 다양한 시도를 해왔다. 고객 맞춤형 상품 추천 마케팅이나 많은 변수를 반영한 판매 예측 등은 오랜 기간 지속적 시도와 고도화 과정을 거쳐왔다. 하지만 기술적 한계, 데이터 부족 등 근본적 문제를 해결하는 데 어려움이 많았고, 현장에서 적극적으로 수용하지 않는 애로사항도 있었다. 이런 상황에서 최근 몇 년간에 걸친 급격한 기술적 발전은 AI 활용과 관련된 기존의 문제점 중 일부를 해결하고 있고, 챗GPT와 같은 자연어 처리 기술의 보편화는 새로운 도약의 기회를 제공하고 있다.

AI와 미래의 리테일 환경

AI 기술의 발전은 리테일 산업의 미래를 크게 변화시킬 전망이다. 예측 분석을 통해 고객의 구매 패턴을 더욱 정확하게 분석하고, 이를 기반으로 정교한 맞춤형 마케팅이 가능해진다. 예를 들어, AI는 고객이 선호하는 상품을 미리 파악하고, 적절한 시점에 맞춰 상품을 추천하거나 할인 정보를 제공할 수 있다. 또한, AR(증강현실)과 VR(가상현실) 기술의 발전으로 고객은 물리적으로 매장을 방문하지 않고도 가상으로 제품을 실제와 같은 수준으로 체험할 수 있으며, 이는 온라인 쇼핑의 구조적 한계를 극복하는 데 중요한 역할을 할 것이다.

또, AI가 대량의 데이터를 실시간으로 분석해 고객의 선호도, 시장 트렌드, 경쟁사의 상품 등을 정밀하게 파악해 고객의 수요에 맞춘 맞춤형 상품을 개발하면서 예측의 정확성을 높이고, 불필요한 재고나 비용을 줄일 수 있을 것이다. AI 기반 가격 결정 시스템은 실시간으로 시장의 변동성, 재고 상황, 고객의 구매 행동 등을 분석해 최적의 가격을 자동으로 설정하고, 더 나아가 개별 고객에게 맞춤형 가격을 제공하는 '개인화 가격 정책'도 가능해질 것이다. 예를 들어, 각 고객의 구매 패턴을 분석해 최적의 할인 혜택을 제안하거나, 구매 유도의 최적 타이밍을 파악하는 식이다.

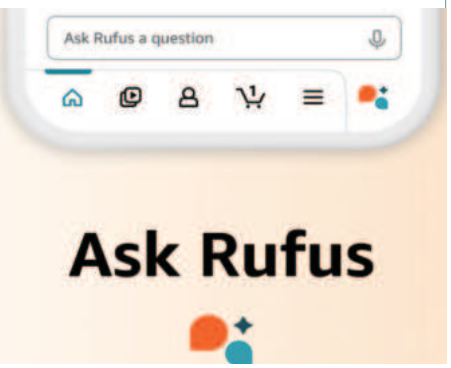
매장 측면에서는 온라인과 오프라인의 경계가 사라지고, 완성도 높은 옴니채널 쇼핑 경험을 제공하는 방향으로 발전할 것으로 예상된다. 고객들은 온라인에서 상품을

주문하고, 오프라인 매장에서 교환하거나, 반대로 매장에서 상품을 구매한 후 온라인으로 반품하는 등 다양한 방식으로 더 편리하게 쇼핑할 수 있게 될 것이다.
이 과정에서 AI는 채널 간의 연결이나 효율성을 높이는 데 기여할 것으로 예상된다.

이러한 자동화는 일부 직무의 감소를 초래할 수 있지만, 동시에 새로운 직무에 대한 요구가 증가하는 측면도 있다. 예를 들어, AI 시스템 관리와 데이터 분석 같은 역할의 수요가 증가하면서, 기술에 익숙한 인력을 필요로 할 것이다. 따라서 직원들은 새로운 기술을 배우고, AI와 함께 협력할 수 있는 능력을 갖추는 것이 요구된다.

아마존 역대 최대 매출에 기여한 AI 챗봇 '루퍼스Rufus'

2024년 7월, 아마존이 48시간 동안 유료 회원 '프라임 멤버'들을 대상으로 진행한 '2024년 프라임데이 이벤트'에서 역대 최대 매출인 142억 달러(약 19조6000억 원)를 기록했다. 이는 2023년 대비 11% 증가한 수치로 시장 예상을 웃도는 기록적인 매출이었다. 아마존 관계자의 말에 따르면 이와 같은 성과를 기록한 데는 지난 2월에 선보인 AI 기반 쇼핑 챗봇 루퍼스Rufus가 큰 역할을 했다. 루퍼스는 고객들이 원하는 제품을 추천하는 AI 챗봇 서비스로, 수백만 고객에게 다양한 제품을 빠르게 추천했다.



AI 활용 효과를 극대화하기 위한 리테일 기업의 전략

AI 기술이 발전한다고 해도 실제로 리테일 기업이 AI 기술을 통해 성과를 극대화하기 위해서는 체계적인 데이터 관리, 데이터 기반 의사결정, 그리고 AI 교육 및 역량 강화를 위한 노력이 요구된다.

우선, 체계적인 데이터 관리가 AI 기술을 성공적으로 적용하는 데 필수적이다. AI는 데이터를 바탕으로 작동하므로 필요한 다양한 내외부 데이터를 충분히 확보하고, 정확성과 일관성을 유지하는 등 기반을 탄탄하게 하는 것이 중요하다. 잘못되었거나 부족한 데이터는 AI의 분석 결과를 왜곡시키며, 이는 잘못된 결정을 유발할 수 있다. 따라서 데이터의 품질을 지속적으로 관리하고, 실시간으로 업데이트된 데이터를 확보하는 것이 AI 성과를 높이는 출발점이다.

또, 데이터 기반 의사결정이 조직 내에 정착되어야 한다. AI가 제공하는 분석 결과는 정밀하고 과학적이지만, 이를 실질적으로 적용하려는 의지가 없다면 AI의 잠재력을 충분히 활용하지 못할 것이다. 기업 내 모든 부서가 데이터를 기반으로 의사결정을 내리는 문화를 형성하고, AI 분석을 적극적으로 채택하려는 노력이 필요하다.

AI 교육 및 역량 강화도 기술 도입 초기부터 중요하게 다뤄져야 한다. AI 시스템을 잘 활용하려면 직원들이 해당 기술에 대한 충분한 이해와 활용 능력을 갖춰야 한다. 이를 위해 지속적인 교육훈련 프로그램으로 직원들이 AI 도구를 효과적으로 사용할 수 있도록 해야 한다.

AI 기술은 분명 발전할 것이다. 하지만 얼마나 빠른 속도로 어느 시점부터 어떤 기술이 실제 업무에 효과를 줄 수 있는 수준에 도달할 것인지는 불확실성이 존재하는 것이 사실이다. 따라서 새로운 기술의 잠재력과 실효성의 변화에 대한 선제적인 모니터링과 지속적 실험을 계속하는 것도 중요한 숙제일 것이다.

전용준 리비전컨설팅 대표 챗GPT 등 생성형 AI를 활용한 전략적 의사결정 및 디지털 마케팅 분야에 집중하고 있다. <디지털 마케터의 ChatGPT 활용 전략>, <CEO를 위한 빅데이터> 등을 썼다.

폐디스플레이 활용하는 디스플레이 강국의 친환경 노하우

글로벌 디스플레이 산업을 선도하는 우리나라는 폐디스플레이 재활용 기술도 남다르다. TV, 스마트폰, 컴퓨터 모니터 등 사용이 끝난 디스플레이는 어떤 과정을 거쳐 재활용될까.

폐디스플레이의 재활용 가치

3300 만 톤

재활용 가능한 유가 자원의 잠재량

70조 원 규모

폐디스플레이 재활용 기술이 필요한 이유

디스플레이 기술이 빠르게 발전하며, 차세대 고성능 신규 제품으로 바꾸는 사례가 늘고 있다. 기존 제품의 사용 연한이 감소하는 것은 물론이며, 디스플레이가 커지며 폐기되는 제품의 질량도 증가하는 추세다. 문제는 이렇게 폐기되는 폐디스플레이에 활용 가능한 유가 자원이 포함되어 있다는 것. 유가금속, 세라믹, 플라스틱 등 재사용할 수 있는 유가 자원의 잠재량은 연간 3300만 톤. 이를 경제적 효과로 환산해보면 70조 원 규모에 달한다. 이에 업계는 폐디스플레이의 모듈을 각각 해체하고 분리해 유가 소재를 회수하려는 여러 노력을 기울이고 있다.

우리나라의 폐디스플레이 재활용은 대부분 수작업을 통해 이루어진다. 인쇄회로기판[PCB], 구리 전선, 비철계 부품 등 유가 자원 함량이 높은 고부가가치 부품을 작업자가 직접 해체하고 선별한 후, 이 부품들을 각 재활용 업체로 보내는 것이 일반적이다. 우리의 고민은 이 과정의 효율을 높이고 작업자의 피로도를 줄이는 것. 필자가 소속된 고등기술연구원 또한 폐디스플레이 재활용 기술의 자동화를 위해 연구를 지속하고 있다. 각 공정의 자동화와 함께 폐자원의 재활용 비율을 높이는 것이 목표다.

폐제품 속에서 유가 자원을 추출하는 자동화 기술

최근 폐디스플레이 재활용 분야에서 주목하고 있는 제품군은 OLED, QLED 등의 차세대 디스플레이다. OLED 기술의 발달로 제품 가격이 인하되었고, 그에 따라 보급형 제품도 늘었다. 자연스럽게 OLED의 보급이나 교체 주기 또한 줄고 있다. 특히 OLED는 우리나라가 강점을 가지고 있는 분야로, 향후 이에 대한 기술개발이 증진될 것이다. 재활용 기술 또한 OLED에 집중해야 하는 이유다.

우리 업계는 차세대 디스플레이 폐제품의 제품별 구성 요소에 대한 데이터베이스[DB]를 구축하고 이를 바탕으로 맞춤형 해체·분리 및 선별 자동화에 대한 공정을 개발하고 있다. 최종 목표는 폐제품 1개를 15분 이내에, 95% 이상의 유가 자원을 회수하는 것이다. 이는 다음과 같은 순서로 이루어지게 된다.

1 | 폐제품 자동 로딩

전자제품 무상 수거 서비스 등을 통해 수집된 폐디스플레이는 종류나 크기가 분류되지 않은 상태로 입고 및 적재된다. 따라서 이를 공정 투입에 용이하도록 카트리지에 싣는 것이 첫 순서다. 이 과정은 수동으로 진행된다.

폐제품을 적재하는 카트리지는 그 자체로 이동이 가능한 무인운반차AGV, Automated Guided Vehicle. 공정 투입구까지 자동으로 이송하고, 이송된 장소에서는 자동 로딩 장치가 공정 흐름에 원활하도록 폐제품을 투입한다.

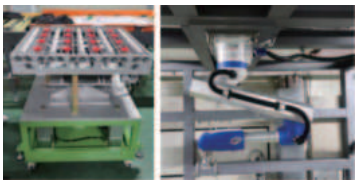
2 | 폐제품 인식(비전 인식)

공정에 투입된 폐제품은 컨베이어벨트로 이동한다. 여기서 제품 인식을 하는 과정이 '비전 인식 공정'이다. 이 공정에 사용되는 카메라는 총 4대. 최대 85인치 크기의 폐제품까지 인식할 수 있도록 가로 2000mm, 세로 1200mm의 이미지를 스캔한다.

제품의 주요 정보가 표기되어 있는 후면부를 스캔해, 라벨에 표기된 바코드, QR코드, 제품명 등을 인식한다. 기존 DB에 포함되어 있지 않은 폐제품은 뒤 공정으로 넘어가지 않고, '미인식 폐제품'으로 배출된다. 이 폐제품은 수작업으로 해체와 분리가 진행되며, 이후 신규 정보를 DB에 입력해 이후 자동 해체·분리할 수 있도록 조치한다.

3 | 폐제품 해체 및 분리

기존 DB에 포함된 폐제품은 자동 해체·분리 공정으로 옮겨진다. 6축 다관절 협동 로봇이 작업대에 고정된 폐제품을 자동으로 분리한다. 이 공정에는 자동 공구 교환 장치ATC, Auto Tool Changer가 포함되어 있다. 디스플레이 결합 방식에 따라 필요한 공구를 스스로 교체하는 시스템. 드라이버, 그리퍼, 그라인더 등을 로봇이 스스로 교체하고 분리해낸다.

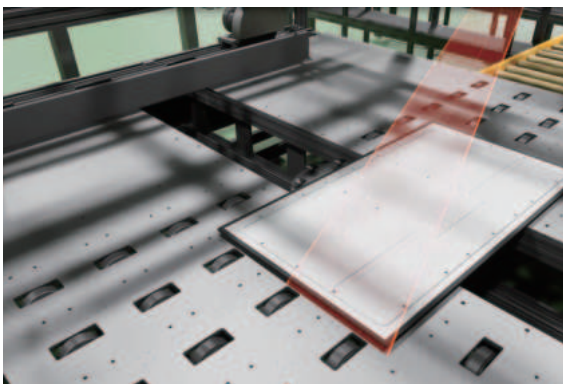


4 | 1차 부품 회수

모든 공정을 협동 로봇을 통해 진행할 수 있지만, 후면부 부품을 제거하는 과정은 수작업이 훨씬 효율적이다. 주로 PCB, 스피커, 브라켓 등의 분리가 수작업을 통한다.

5 | 폐제품 절단 및 소각

OLED, QLED 등의 프레임과 패널을 분리하기 위해서 베젤Bezel 4면을 절단 톱으로 자른다. 1차 부품 회수가 끝난 폐제품에는 테이프나 스티커 등의 잔여 이물질이 남아 있는데, 이를 고출력 레이저를 통해 소각함으로써 이물질의 혼입을 최소화한다.



6 | 2차 부품 회수

후면부 부품을 모두 회수한 상태에서는 차세대 디스플레이의 핵심 부품이라고 할 수 있는 패널과 백라이트, 컬러 시트 등의 출력 부품만 남는다. 이를 다시 자동 장치로 분리한다. 패널 또한 OLED, QLED 등으로 나눠 여러 물질이 혼입되지 않은 고순도 상태의 폐기물로 분리한다.

7 | 배출

해체와 분리, 선별 등을 완료한 폐제품에는 금속 프레임만 남는다. 이는 고순도 상태의 금속 폐기물로 재활용 업체에 공급되며, 앞서 분리한 폐기물 또한 각각 전문 업체에 전달된다.

수작업으로 해체 중인 모습

재활용 기술, 자원 빈국이 살아남는 길

산업기술이 발달하며 디스플레이의 중요성과 활용도 또한 날로 증가하고 있다. 이제 디스플레이 기기는 가정이나 학교, 공공기관 등에서 없어서는 안 되는 필수 가전제품으로 자리매김했다. 다행스러운 점은 이 기술을 선도하는 곳이 우리나라라는 것이고, 염려스러운 점은 자원이 부족하다는 사실이다.

필자를 포함해 우리 고등기술연구원 구성원들은 우리 산업계가 자원 부족이라는 한계를 헤쳐나갈 수 있도록, 폐디스플레이 재활용 기술을 연구하고 있다. 다 쓰고 버린 폐제품을 회수해 자원으로 만들어내 국내 금속 자원의 안정적인 공급에 기여하고, 환경오염을 줄이는 것은 물론 기후변화 대응에도 도움을 줄 수 있을 것이라 믿는다.

지금의 폐디스플레이 재활용 기술은 향후 다양한 전기·전자 제품으로 확대될 것이다. 우리의 가전이 세계 곳곳에서 사용되고 있다. 그만큼 우리의 역할 또한 중요하다고 생각하며 우리 산업이 더욱 성장하고 경쟁력을 높이도록, 최선을 다하겠다고 말하고 싶다.

디스플레이 기업들은 어떻게 힘을 보태고 있나?

LG디스플레이

▼

필름 분리 기술 개발해 폐유리 전량 재활용

2022년 폐기물 재활용률 (국내 사업장 기준)

99.5%

삼성디스플레이

▼

유리 기판 재활용, 나머지는 잘게 부수어 유리섬유로

2021년 기준 폐기물 재활용률

99.6%

이찬기 고등기술연구원 융합소재연구센터 센터장 금속 소재 기술, 융복합 소재 및 부품 기술을 주요 분야로 여러 연구를 진행하고 있다. 한국자원리싸이클링학회 당연직 이사, 한국분말야금학회 기술 이사, 고등기술연구원 연구위원 등을 역임하고 있다.

박종현 고등기술연구원 융합소재연구센터 선임연구원 2022년부터 환경부와 한국환경산업기술원이 지원하는 '차세대 폐디스플레이 전처리 시스템 및 소재화 기술 개발' 과제를 수행하고 있다.

국산 지속가능항공유SAF로 깨끗한 하늘길 여는 데 앞장선다

지난 8월 30일, 인천국제공항에서 국산 지속가능항공유SAF를 급유한 국제선이 정기 운항을 실시했다. 우리나라는 정유산업을 기반으로 한 세계 1위의 항공유 수출 국가. 이에 SAF 시장 또한 우리의 주요 관심사다. 산업통상자원부와 국토교통부는 '지속가능항공유SAF 확산 전략'을 발표하며 업계에 힘을 보태고 있다. 이 가운데 폐식용유를 활용한 국산 SAF를 수출한 HD현대오일뱅크의 사례 또한 주목받고 있다.

word 구현화 <한경ESG> 기자

지속가능항공유 시대가 왔다

국내 지속가능항공유SAF, Sustainable Aviation Fuel 시장을 선도하고 있는 HD현대오일뱅크가 SAF를 생산해 국내 최초로 일본에 수출했다. 구매한 곳은 일본 ANA항공이다. 국내 정유사 모두가 SAF 개발과 생산에 공을 들이고 있지만, 실제로 SAF를 생산해 판매까지 이뤄낸 곳은 HD현대오일뱅크가 최초로 꼽힌다. 항공사에 SAF 구매 비율이 의무화되며 글로벌 규제가 강화되는 시점에 국내 정유업계가 내놓은 첫 글로벌 성과이기도 하다.

지난 8월 30일 인천국제공항에서 진행된 '지속가능항공유SAF 확산 전략 발표'. 국내 SAF 사용 확대를 위한 상호 협력을 위해 산업부와 국토부, 국적 항공사 및 국내 정유사 등이 MOU를 체결했다.

HD현대오일뱅크가 SAF 개발에 본격적으로 관심을 갖기 시작한 것은 지난 2020년부터다. UN 산하 국제민간항공기구ICAO는 2020년부터 국제항공 분야의 온실가스 배출량을 2020년 수준으로 동결하기로 선언했다. 항공사 모임인 국제항공운송협회IATA 역시 2050 탄소중립을 목표로 2050년까지 2005년 대비 이산화탄소CO_2 배출량을 50% 감축하는 결의안을 통과시켰다.

다음 해인 2021년에는 각국 정부에서 규제 바람이 불었다. 유럽연합EU은 '지속가능항공연료ReFuel EU Aviation' 이니셔티브를 통해 2025년부터 목적지와 관계없이 EU에서 이륙하는 모든 항공기에 SAF 혼합 사용을 의무화했다. 2025년부터 SAF 혼합 비율은 2%, 2030년 5%를 거쳐 2050년에는 70%에 달할 예정이다.

미국 에너지부 또한 2030년까지 SAF 생산량을 연간 30억 갤런으로 늘리는 'SAF 그랜드 챌린지'를 발표했다. 또 미국은 인플레이션 감축법IRA을 통해 현지에서 혼합·급유하는 SAF에 1갤런당 1.25~1.75달러의 보조금을 지급하기로 했다. 일본 정부는 2030년까지 항공유 수요의 10%를 SAF로 대체하는 정책을 발표했다.

국산 SAF 수출 역사의 첫 순간

HD현대오일뱅크는 이와 같은 상황을 주시했다. 당시 바이오디젤, 에탄올 등 친환경 대체 연료를 연구 중이던 바이오에너지사업팀은 항공 부문에서 탈탄소화를 위해서는 SAF가 유일한 대안이라고 판단했다. 수소, 암모니아 등과 같은 대체 연료는 에너지 밀도량이 너무 낮고, 전기 배터리를 싣는 전동화를 이루기엔 비행기 특성상 무게가 문제였다. 이에 SAF에 대한 심도 있는 스터디를 시작했다.

결정적인 계기가 된 때는 2023년 말이었다. 당시 ICAO는 2030년까지 탄소배출량을 5% 줄이겠다고 선언하며 탄소 감축 및 상쇄 제도인 '코시아CORSIA'를 도입했다. 코시아는 2024년부터 2026년까지 탄소배출량 감소를 자율적으로 운영하고 2027년부터 SAF 혹은 탄소배출권을 구매하도록 의무화한 것이다. 가격경쟁력이나 안정성 측면에서 SAF를 선택하는 항공사가 많아졌다. 결국에는 SAF 수요가 급격히 늘어날 전망. 이에 HD현대오일뱅크는 SAF 확장에 무게를 싣게 되었다.

같은 시기 국내에서 SAF를 생산할 수 있는 길이 제시됐다. 기존에는 법에 자연산 원유에서만 항공유 같은 석유 제품을 생산할 수 있도록 명시해 SAF를 생산하는 데 걸림돌이 됐다.

2023년 국회는「석유 및 석유 대체 연료 사업법」대상을 친환경 정제 원료까지 확대하도록 하는 개정안을 통과시켰다. 친환경 정제 원료는 '석유에서 유래한 것을 재활용하거나 생물 유기체에서 유래한 것으로 석유 정제 원료로 사용할 수 있도록 정한 것'으로 규정됐다. 이제 고민은 SAF를 어떻게 만들 것인가였다.

폐식용유와 코프로세싱으로 국산 SAF 생산

SAF는 그 원료가 다양하다. 따라서 기업마다 그 원료를 정하는 것이 큰 숙제인 셈인데, HD현대오일뱅크는 '폐식용유'를 낙점했다. 온실가스를 줄이자는 취지를 위해서는 폐기물 기반의 원료가 적절했는데 그중 국내 소싱이 가능한 한국산 폐기물에 주목한 것이다. 이에 폐식용유를 수거해 정제한 후 판매하는 사업자와 협업을 맺었다. 폐식용유 자체는 훨씬 많지만 사업의 효율을 높이기 위해 조달 가능한 원료로 포커싱했다.

이와 동시에 기술 설비도 정해야 했다. SAF 전용 생산설비를 만들려면 7000~8000억 원 수준의 투자비가 소요된다. SAF가 규모 경제가 되려면 30만 톤 내외여야 하는데, 시장의 개화 시점이 오지 않은 상황에서는 투자를 최소화할 필요가 있었다. 따라서 우선 기존 정유 공정 일부를 전환해 SAF를 생산하는 방식이 합리적이라고 판단했다. 미국재료시험협회SATM에서 항공유를 만들 수 있는 다양한 공정에 대한 정의를 내리고 있는데, 그중 코프로세싱Co-Processing이 가장 적합한 형태라고 보았다.

코프로세싱은 그리 간단한 문제가 아니다. 안전 측면도 고려해야 하지만 기존 공정에 해가 되지 않는 것이 중요하다. 아무 공정에나 넣을 수도 없어 후보군 중 최종 수소 첨가 공정에서 생산하기로 결정했다. 바이오매스 원료에는 산소O가 있기 때문에 수소H 첨가 공정에 넣어 물H_2O을 만들어 산소를 탈락시키는 과정을 거친다. 이 과정에서 열이 발생해 온도가 올라가는데, 이 부분에서 관계자들은 기존 공정과는 다른 위험을 감수해야 했다. 공정담당팀은 SAF를 이해하기 위해 프로젝트에 함께 참여해 문제를 해결해나갔다. 코프로세싱은 생산을 확대하는 데 한계가 있다. SAF는 현재 석유 총공정의 5%밖에 넣지 못하도록 생산 규모에 제한이 있다. 따라서 SAF 생태계가 만들어지고, 어느 정도 시장이 성숙해진 후에는 기존 정유 공정 외에 새로운 설비를 준비해야만 한다.

SAF 시장, 선택 아닌 필수

지금 SAF의 가격은 일반 항공유 대비 2~3배 비싼 데 반해 일반 원유와 연비 차이는 크지 않다. 결국 SAF 시장의 관건은 규모의 경제다. 글로벌 정유사들도 전략의 차이는 있지만, SAF를 차세대 수익원으로 보고 사업을 꾸준히 확장하고 있다. 자체적으로 전용 설비를 갖추거나, HD현대오일뱅크처럼 코프로세싱을 택하는 곳도 많다. 현재 SAF 분야의 선도적인 기업 중 한 곳은 핀란드의 네스테Neste이다. 자체적으로 SAF 단독 설비를 다양하게 갖추고 있으며, 전 세계적으로 바이오 항공유, 바이오디젤 등을 가장 많이 만드는 기업으로, 상업성과 친환경성을 모두 잡고 있다.

글로벌 시장조사기관 마켓앤마켓MarketsandMarkets에 따르면, SAF 시장은 2030년 157억 달러(한화 약 21조 원)로 성장할 전망이다. HD현대오일뱅크와 같은 기업들이 SAF 시장에 빠르게 진출해야 하는 명확한 이유다.

대한항공은 2024년 8월 30일부터 2025년 7월까지 인천-하네다 노선 KE719편에 국산 SAF를 일반 항공유와 혼합해 사용한다. 국내산 SAF를 사용하는 국적 항공사는 대한항공이 최초다.

한강의 기적을 넘어 한국의 기적으로

산업기술 R&D가 대한민국 경제의 든든한 빛이 됩니다

산업통상자원부

KEIT 한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology

딥페이크 기술은 죄가 없다

전 세계적으로 딥페이크 콘텐츠가 유행처럼 번지고 있습니다. 단순히 재미와 유머를 목적으로 만들기도 하지만, 정치·사회 영역에서 가짜 뉴스를 퍼트려 혼란을 유발하거나 특정 인물을 음해하는 등 부작용을 초래하기도 합니다. 우려와 기대를 동시에 받고 있는 딥페이크는 과연 어떤 기술로 진짜 같은 가짜를 만들어내는 걸까요.

딥페이크Deepfake는 인공지능AI 기술인 딥러닝Deep Learning과 '가짜'를 의미하는 페이크Fake의 합성어로, AI를 활용해 만든 진짜 같은 가짜 이미지나 영상물을 말합니다. 원본 이미지나 동영상 위에 다른 영상을 중첩하여 가공하거나 새로운 콘텐츠를 생산합니다.

딥페이크라는 단어는 2017년에 등장했습니다. 미국의 커뮤니티 사이트인 레딧Reddit의 한 이용자(닉네임이 deepfake)가 기존 영상의 얼굴을 유명인의 얼굴로 바꿔 가짜 동영상을 올린 데서 유래했습니다. 이후 AI를 활용해 실제처럼 보이도록 만든 비디오, 사진, 오디오가 온라인 커뮤니티와 SNS를 중심으로 빠르게 퍼졌습니다.

진짜 같은 가짜 만드는 알고리즘 'GAN'

그렇다면 딥페이크는 어떻게 만들어질까요? 딥페이크에 활용되는 AI에는 '생산적 적대 신경망GAN, Generative Adversarial Network'이라는 핵심 기술이 있습니다. 이는 한 개의 신경망Network을 학습시켜 활용하는 기존 방법과 달리, 두 개의 신경망 모델을 통해 서로 경쟁하면서 더 나은 결과물을 만들어내는 강화 학습 방식의 AI 기술입니다. 생산 모델과 감별 모델이 상반된 목적을 갖고 공존합니다.

먼저 생산 모델이 실제 데이터를 학습하여 진짜 같은 가짜 데이터를 생산Generative합니다. 실제에 가까운 거짓 데이터를 생산하는 게 목적입니다.

감별 모델은 생산 모델이 만든 데이터가 진짜인지 가짜인지 판별하도록 학습합니다. 생산 모델의 가짜 데이터에 놀아나지 않는 게 목적입니다. 이 과정에서 서로를 '적대적Adversarial 경쟁자'로 인식해 상호 발전하고, 점점 더 실제에 가까운 거짓 데이터를 만들어냅니다. 즉 생산자와 판별자가 서로 대립하며 서로의 성능을 점차 개선해 나가는 쪽으로 학습이 진행된다는 개념입니다.

GAN은 2014년 미국의 컴퓨터 과학자 이안 굿펠로우Ian Goodfellow가 처음 소개한 머신러닝 기술입니다. 그는 GAN 기술을 '위조지폐범(생산 모델)'과 '경찰(감별 모델)'에 비유했습니다. 위조지폐범은 진짜 지폐(실제 데이터)를 바탕으로 더욱 정교하게 가짜 지폐(가짜 데이터)를 만들려고 노력(학습)하고, 경찰은 가짜 지폐와 진짜 지폐를 비교하며 가짜 지폐를 더 정확하게 감별하고자 노력(학습)합니다. 이렇게 서로 만들고 판별하는 과정이 더해질수록 가짜 지폐는 점점 진짜 지폐와 비슷해진다는 것입니다.

위조지폐범과 경찰에 비유한 GAN 기술의 개념

GAN, 가상세계를 더욱 실감나게 만드는 게 목적

GAN은 사실 가상 이미지를 현실적인 질감으로 구현하기 위해 개발된 기술입니다. 비디오게임 디자인, 가상현실VR, 애니메이션 분야에서 기존 방법으로는 해결하기 힘든 질감의 영상이나 이미지를 정교하게 편집하고, 보다 실감나는 콘텐츠를 제작하고, 손상된 영상을 복원하기 위함이 목적입니다.

GAN 기술이 등장하면서 가상세계의 영상이나 이미지의 질이 점점 높아졌습니다. 초기에는 손 모양이 부자연스럽거나 얼굴 윤곽선이 뭉개지는 등의 한계가 존재했지만 점점 판별하기 어려워졌습니다.

최근엔 사람의 피부는 물론 머리카락까지 실제와 똑같은 이미지를 생산하는 수준까지 도달했습니다.

기술적 측면에서 볼 때 GAN은 산업적으로 활용성이 다양한 기술입니다. 뉴욕대 쿠란트 수학연구소 교수이자 메타Meta의 AI 연구팀 리더인 얀 르쿤Yann LeCun이 '최근 10년간 머신러닝 연구 중 가장 혁신적인 아이디어로 GAN'을 꼽았을 만큼 가치 있는 기술입니다. 대부분의 AI 연구는 인간이 정제한 데이터를 바탕으로 학습하는 방식의 지도 학습으로 이뤄집니다. 반면 GAN은 지도 학습에서 벗어나 스스로 답을 찾는 비지도 학습 방식을 사용합니다. 이 때문에 GAN은 AI 연구의 새로운 장을 열었다는 평가를 받고 있습니다.

GAN 기술은 사람이 어떻게 사용하느냐에 따라 나쁘게도 쓰일 수 있고 좋게도 쓰일 수 있습니다. 그러나 최근엔 테러나 가짜 뉴스 등 악용에 무게가 더 실리고 있는 상황입니다. 사람들은 오히려 AI가 합성한 가짜를 더 신뢰한다는 미국 UC버클리대와 영국 랭카스터대 공동 연구팀의 실험 결과도 발표된 바 있습니다. 결국 딥페이크 사건의 본질은 기술 그 자체가 아니라 그것을 악용하는 인간의 의도에 있다고 할 수 있습니다.

딥페이크 기술을 활용한 사례들

딥페이크는 일반인도 쉽게 만들 수 있습니다. 오픈소스 형태의 애플리케이션들이 등장했기 때문입니다. 구글·애플 앱스토어에서 '딥페이크'를 검색하면 사진 몇 장만으로 원하는 움직임을 구현할 수 있는 관련 앱이 수두룩합니다.

국가보훈부와 빙그레가 지난 8월 한 달간 진행한 '처음 입는 광복' 캠페인. 옥중에서 순국한 독립유공자 87명에게 AI 기술을 활용해 수의 대신 한복을 입은 모습으로 변신시켰다.

현재 가장 많이 사용되는 딥페이크 합성 앱은 가상 인간 얼굴을 제작하는 '페이스 제너레이션Face Generation', 원하는 얼굴 등 신체 일부를 교체하는 '페이스 스왑Face Swap' 등입니다. 또 전 세계에서 1억5000만 명 이상이 사용하는 '리페이스' 같은 앱은 워터마크Watermark 없는 딥페이크 이미지를 만들어냅니다. 워터마크는 진본을 확인하거나 위조, 불법 복제를 방지하기 위해 삽입하는 물리적 표식입니다. 이러한 앱들을 통해 딥페이크는 갈수록 더 교묘해지고, 그에 따른 인권침해는 더욱 늘고 있습니다.

반면 영화, 게임, 광고 등에서는 본래의 목적에 맞는 딥페이크로 현실감 있는 특수효과와 캐릭터를 만들어내는 사례도 많습니다. 영화 <스타워즈: 라이즈 오브 스카이워커>에서는 고인이 된 배우 캐리 피셔의 젊은 시절 모습을 딥페이크로 재현해 자연스러운 연기를 연출했습니다.

의료 분야에서는 2019년 7월 독일 뤼벡대 의료정보학연구소에서 GAN 기술을 이용해 다양한 암의 징후와 이상 신호를 탐지할 수 있는, MRI나 CT와 같은 질병 진단용 AI를 개발했습니다. 이를 통해 가상의 데이터를 생산해 환자의 질병을 진단하고, 의사가 복잡한 수술을 시뮬레이션하거나 환자의 상태를 시각화할 수 있습니다. 암 환자의 데이터는 개인 정보라서 구하기가 어렵고, 실제 MRI나 CT로 3D 이미지를 생산하는 데는 비용이 많이 듭니다.

교육 목적으로도 딥페이크가 활용됩니다. 지난 8월, 제79주년 광복절을 맞아 국내 기업 빙그레와 국가보훈부는 안중근, 유관순 등의 독립운동가 87명에게 빛바랜 죄수복 대신 한국의 전통 의복인 빛고운 한복을 입힌 딥페이크 영상을 만들었습니다. 단순히 과거 사진을 그대로 복원한 게 아닌 역사적 사실을 고려해 독립운동가들의 '온전한 얼굴'을 되살렸습니다. 이를 통해 우리 국민들이 독립운동의 의미와 역사적 사건을 다시 한번 학습하는 기회가 되었습니다.

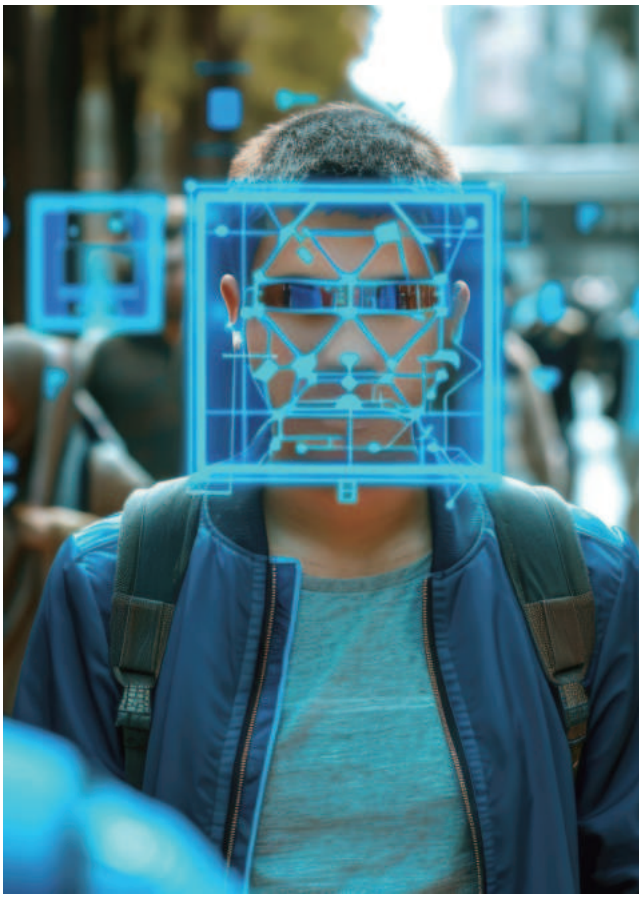
딥페이크 기술을 잘 쓰기 위한 대응 방안

지금 전 세계의 대학과 IT 기업들은 딥페이크를 걸러내는 기술개발에 온 힘을 쏟고 있습니다. 그중 대표적인 기술이 영국 헐대학교University of Hull 모델링·인공지능·데이터사이언스 연구소의 '은하 분석 기법'입니다. 은하 분석은 은하의 빛 분포를 계산하는 천문학의 '지니계수'를 활용해 딥페이크 영상을 찾아내는 기술입니다. 영상 속 인물의 눈동자 속에 비친 빛이 물리적 법칙을 따르는지의 여부에 따라 진짜와 가짜 영상을 판별합니다.

처음부터 딥페이크를 만들지 못하게 훼방 놓는 기술도 있습니다. 이미지와 텍스트를 묶어 학습하는 생산형 AI를 역이용하는 기술로, 텍스트와 관계없는 이미지를 묶어 데이터를 제공하는 방식입니다. 한마디로 AI가 학습하는 이미지 자체에 함정을 심어놓는 격입니다. 미국 시카고대 컴퓨터과학과 연구팀이 개발 중입니다.

한국에서는 원본 이미지의 화소(픽셀), 음성의 주파수 패턴을 학습한 뒤 이를 바탕으로 위조 이미지에서 변조된 패턴을 대조하는 기술이 개발됐습니다. 프로그램 개발업체인 '딥브레인AI'가 개발한 이 기술은 사진 등 이미지 딥페이크는 장당 1~2분, 1분 내외의 짧은 영상(숏폼) 콘텐츠는 5~7분 이내에 가짜와 진짜를 판독해냅니다. 네이버는 AI 생산물에 공인인증서처럼 암호화 알고리즘을 심는 방법을 연구 중입니다. 앱 '리페이스'는 워터마크를 없앤 딥페이크를 만들지만, 표식이 지워지거나 파괴되지 않도록 고려한 기술입니다.

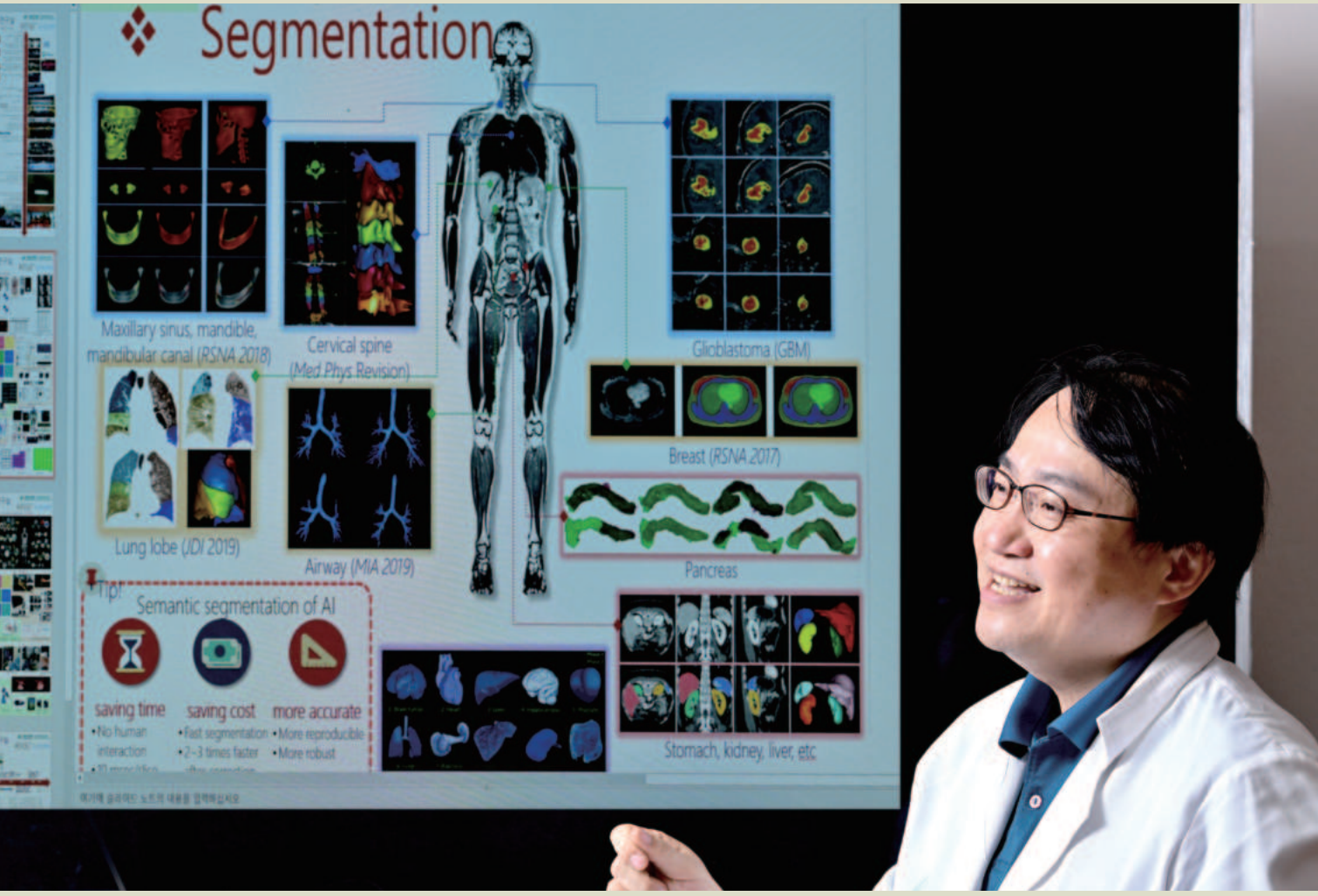
앞으로 딥페이크 콘텐츠 접근은 기술이 보편화되면서 더욱 쉬워질 전망입니다. 따라서 기술의 악용에 대응하면서도 다양한 산업적 활용과 긍정적 모멘텀을 만들어야 할 것입니다.



김형자 과학 칼럼니스트 청소년 과학 잡지 <Newton> 편집장을 지냈으며, 현재 과학 칼럼니스트와 저술가로 활동 중이다. 저서로는 <구멍에서 발견한 과학>, <먹는 과학책> 등이 있다.

AI와 융합의학의 만남 ‘의사과학자’ 의료 혁신 이끈다

김남국 울산의대/서울아산병원 융합의학과·영상의학과 교수



인공지능AI은 4차산업혁명과 맞물려 의료 서비스 전반을 재편할 핵심 기술로 자리 잡으며 의료 현장에 혁신적인 변화를 불러오고 있다. 그 중심에는 의학과 공학, 자연과학 등 학문 간 융합 연구를 선도하고 있는 의사과학자가 있다. 울산의대/서울아산병원 김남국 교수를 만나 AI와 학문의 융합이 어떤 혁신을 낳고 있는지 물었다.

word 김광균 photo 김기남

의사과학자는 의학과 과학을 결합해 연구하는 전문가로 알고 있습니다. 일반적인 의사와 비교해 어떤 차이가 있는지 주로 어떤 일을 하는지 궁금합니다.

|

보통 환자를 대상으로 임상 진료를 하는 의사를 '임상 의사'라고 합니다. 그와 달리 '의사과학자'는 임상을 병행하기도 하지만 주로 임상 경험이나 교육을 기반으로 과학적 연구를 수행한다는 차이가 있습니다. 세상에서 제일 좋은 약이나 의료기기를 만든다고 하더라도 의사 면허를 가진 임상 의사가 아니라면 임상시험을 할 수 없기도 하지만, 환자를 보는 임상경험이 중요하기 때문에 실제 의사 자격을 갖추고 연구에 임하는 것이 의사과학자의 중요한 역할이라 할 수 있습니다.

교수님께서는 산업공학을 전공하셨어요. 어떤 계기로 영상의학, 융합의학을 연구하는 의사과학자의 길을 택하게 되셨나요?

|

저는 의사 면허를 취득한 의사과학자는 아닙니다. 공학을 전공한 공학자로서 의학에 필요한 의공학 분야를 연구하고 있는 것이죠. 의대 교수가 되면서 기초의학과 임상의학이 융합된 중개의학 연구를 주력으로 하고 있습니다. 석사 시절 제 논문 주제는 3차원 시각화로, 당시 자동차 설계 등의 분야에서는 캐드CAD로 디자인하고 있었는데 CT(컴퓨터단층촬영) 등 의료영상 장비가 발달하면서 복잡한 인체 구조를 3차원으로 시각화할 수 있는 기술이 나오기 시작했습니다. 그런 기술에 매력을 느껴 공학에서 영상의학으로 넘어오게 됐고요. 초기에는 CT로 인체의 끊어진 단층을 찍는 수준에 불과했지만 기술이 점차 발달하면서 3차원을 통으로 촬영할 수 있게 되었고, 이를 시각화하는 필요성도 늘었습니다. 의대 교수가 된 이후에 이러한 연구를 시작으로 다양한 영상 정량화 연구를 주로 했고, 그 과정에서 수많은 데이터를 확보한 덕분에 남들보다 빠르게 AI 연구를 할 수 있지 않았나 생각합니다.

보통 어떤 경로를 통해 의사과학자가 되는지, 별도의 준비 과정이 필요한 것인지 알고 싶습니다.

|

임상 의사가 되려는 사람들은 대부분 전문의를 목표로 합니다. 우리나라는 실제로 의사의 90%가 전문의입니다. 전문의로 일하면서 대학병원에 남거나 연구에 집중하고자 하는 사람들도 있지요. 그런 경우 의대 교수를 목표로 하기 위해 의학박사를 취득하곤 합니다. 반면 공학이나 생물학 등 기초과학 분야에서 석·박사를 하는 분들도 있습니다. 이처럼 의학과가 아닌 다른 분야의 석·박사 과정을 거치는 분들을 통칭해 의사과학자라 할 수 있어요. 즉 임상이 주가 아니라 다른 학문을 기반으로 삼고자 하는 사람들이죠. 의사과학자가 되고 싶다면 정부가 지원하는 의사과학자 인력 양성 프로그램을 이용할 수도 있습니다.

교수님께서는 의료 AI 분야에 남다른 관심을 가지고 계신데요. 여러 연구 분야 가운데 의료 AI 분야를 선택한 이유는 무엇인가요?

|

코로나19를 예를 들어 설명해드리겠습니다. 공기 중의 균이 체내에 유입되면 폐 안 기도Airway 벽에 염증 반응이 생기면서 기도 벽이 두꺼워집니다. 폐질환을 정확하게 진단하려면 미세한 기관지까지 분석해야 하는데 고전 영상처리 방식으로는 어렵습니다. 깊고 정교한 구조로 돼 있는 장기의 경우 CT 촬영을 아무리 잘해도 의학적으로 원하는 수준의 해상도가 잘 나오기 힘듭니다. 하지만 딥러닝 기술을 활용하면 이런 문제를 극복할 수 있어요. 딥러닝을 통해 CT로 촬영한 3D 이미지를 학습시키면 빠르고 정확한 분석이 가능해집니다. 이런 것이 AI가 주는 매력이죠. 좋은 AI 모델을 만들면

의사들의 업무 부담을 줄이고 워크플로우workflow를 개선할 수 있다는 점에서 상당히 매력적이라 할 수 있습니다.

의료 AI 분야를 연구하면서 얻은 성과를 소개해주신다면요?

|

최근 챗GPT가 등장하며 많은 사람들이 생성 모델에 대한 관심이 커졌는데, 저희 연구팀은 그보다 훨씬 전부터 생성 모델에 관심이 많았습니다. 그래서 빠르고 정확하게 질환을 판별할 수 있도록 생성 모델을 만들었고 그 덕분에 진단 정확도를 크게 높였습니다. 질환에 따라 너무 희귀하거나 변이가 많아서 학습시키기 어려운 경우도 있어서, 특정 질환을 학습시키는 방법 대신 정상적인 CT 데이터를 학습해 질환을 찾아내는 방식의 딥러닝 생성 모델을 만들었죠.

또 하나는 디지털트윈 연구인데요. 간암의 경우 환자마다 특성이 다를 뿐더러, 치료법이 다양하고, 병원마다 특화된 치료법이 다릅니다. 환자 입장에서는 유명하다는 병원이나 의사를 찾는 것이 전부일 뿐, 어느 병원이 어떤 치료법을 잘 다루는지는 알기 어렵죠. 이러한 문제를 해결하기 위해 개별 환자가 병원별로 어떤 치료를 받을 가능성이 높은지 예측하고 치료 이후 생존율을 예측할 수 있는 임상 의사결정 지원 시스템을 개발했습니다.

AI 기술과 의학의 융합을 시도하면서 겪었던 어려움은 무엇이었으며, 이를 어떻게 극복하셨는지 궁금합니다.

|

융합 연구를 잘하려면 여러 전공 분야의 지식을 습득하는 것이 기본입니다. 기본적으로 통계학, 수학, 컴퓨터 사이언스, 의학 등을 공부해야 합니다. 이와 함께 의사와 소통하는 방법도 배워야 하는데 우리나라에는 그런 교육과정이 거의 없습니다. 가장 어려운 문제는 의료 AI 연구의 활성화를 어렵게 하는 각종 규제입니다. 전체의 연구 생산성을 향상시키기 위해서라도 규제 경쟁력을 제고하여, 세계적 경쟁력을 확보하면 좋겠습니다.

AI가 산업 전반에 도입되어, 직업에 대한 위기의식이 커지고 있습니다. 의료 분야에서는 어떻게 될까요?

|

의료 분야에 AI가 도입되어, 전반적으로는 매우 놀라운 성과들이 나타나고 있습니다. 하지만 현 수준에선 의학적 퀄리티를 담보하기 어려운 상황입니다. 반면 일반인의 입장에서는 정보의 비대칭성 문제를 어느 정도 해소할 수 있겠다는 생각도 듭니다.

의료 분야에는 매우 다양한 직종이 있습니다. 역할에 따라 그중 일부가 LLM(대형 언어 모델)으로 대체될 순 있겠죠. 하지만 의료 행위와 관련해 책임질 사람이 필요하기 때문에 AI가 의료진을 대체하기까지 매우 오랜 시간이 걸릴 것이라고 봅니다. 그렇다면 AI와 의사가 어떻게 공존할 것인가에 대한 고민이 커질 텐데, 여기에는 여러 방안을 생각해볼 수 있습니다. 의사의 업무 가운데 40% 정도가 허드렛일이라고 하는데요. 만약 그런 업무에 AI가 도움을 준다면 그 40%의 에너지를 그동안 미흡했던 부분에 쓸 수 있겠죠. 그 밖에 다른 문제들에 대해서는 지금부터 고민해봐야 할 것으로 생각합니다.

의사과학자는 의학과 과학을 아우르는 전문가로서 중요한 직업이지만 불안정성, 낮은 처우, 부족한 예산 지원 등으로 열악한 환경에 놓여 있는 것이 현실입니다. 이를 개선하기 위해서 어떤 노력이 필요하다고 생각하시나요?

|

임상 의사의 경우 환자를 진료하고 치료하기 때문에 병원 입장에서는 수익을 창출하는 위치에 있고, 항상 수요가 있습니다. 반면 의사과학자는 임상 의사 대비 처우가 좋지 않고 자리가 보장되지 않는다는 한계도 명확합니다. 따라서 연구를 좋아하고 계속 하고 싶다 하더라도 섣불리 도전하기 어려운 측면이 있습니다. 다행히 최근에 의사과학자를 지원하는 정부 과제가 어느 정도 생겨서 연구자들에게 도움이 되고 있습니다.

제 생각에 우리 사회는 과학자나 의과학자를 존중해주는 문화가 부족한 듯싶습니다. 연구 프로젝트가 실패하더라도 왜 실패했는지를 살펴보고 이를 보완하는 과정이 중요하다고 생각하는데, 현실은 실패와 함께 실패자란 낙인을 찍곤 합니다. 환자를 잘 보는 것만큼 연구를 잘하는 것도 중요하죠. 이에 대한 우리 사회의 인식이 달라지고, 임상의사와 의사과학자를 자유롭게 넘나들 수 있는 제도적 보완이 더해진다면 좋은 모델을 만들 수 있지 않을까 싶습니다.

우수한 의사과학자가 되기 위해 갖춰야 할 소양과 자질이 있다면 무엇일까요? 특히 의료 AI 분야의 의사과학자를 꿈꾸는 이들에게 도움이 될 만한 이야기가 있다면 들려주세요.

|

좋은 의사과학자가 되기 위해서는 열린 사고, 소통 능력이 무엇보다 중요하다고 봅니다. 본인의 전공 분야가 아닌 다른 영역의 사람들과 소통할 수 있는 능력은 필수입니다. 많은 사람이 자기 분야에서는 전문성을 보이지만 다른 분야를 넘나들진 못합니다. 하나의 학문을 깊게 팔수록 배타성과 편협성이 강해지는 경향이 있는데 융합 학문 분야에선 절대 긍정적으로 작용하지 않습니다. 이와 더불어 책이나 자격증보다 더 중요하다고 보는 것이 있는데요. 학부 때에는 기초학문을 충실히 소화하는 데 중점을 두었으면 한다는 점입니다. 융합 학문은 대학원에서 하게 되는 만큼 학부 때 수학이나 통계학, 컴퓨터공학 등 기초학문을 충실히 다지는 게 좋습니다. 무엇이든 기초가 튼튼해야 응용도 가능하다는 걸 잊지 않았으면 합니다.

10월호 잡 인사이드에는 똑소리단 권희원, 김경은, 김경탁, 김대영, 김동민, 김동찬, 김정민, 김정상, 김재은, 김태권, 김형우, 류창훈, 문준하, 박기혁, 서동성, 손상완, 서정수, 심형훈, 유한결, 윤혜인, 이영철, 정연화, 전준규, 조상래, 한주석 님께서 참여해주셨습니다.

김남국 교수는 누구

김남국 교수는 의료영상을 기반으로 의료 AI, 의료 3D 프린팅 등의 중개연구를 수행하며 환자 진료에 도움을 주는 연구에 매진하고 있다. 현재 울산의대/서울아산병원 융합의학과 교수로서 의료영상지능실현연구실[MI2RL]을 이끌며 의대생, 의공학 대학원생 교육, 영상 기반 중개 연구, 기술이전 및 산업화, 규제과학 등을 통해 의료 현장의 미충족 수요 해결에 기여하고 있다.

〈테크 포커스〉의 든든한 서포터 똑소리단

'똑'똑하게 **'소'**통하고 **'리'**뷰하는 <테크 포커스> 독자**'단'**

똑소리단은 산업기술에 관심 있는 다양한 연령층의 독자로 구성되어 있으며,
매월 표지를 선정하고 콘텐츠와 관련한 의견을 제안하는 등 활발한 활동을 이어가고 있습니다.
〈테크 포커스〉를 함께 만들어가고 있는 똑소리단의 9월호 리뷰를 확인해보세요!

All About 방위산업 (02P) →

류창흔
|
국내 방산 업체 수, 세계 국방비 지출액, 국내 방산 수출 규모 및 주요 기업 매출액 등 방위산업 전반을 이해할 수 있었습니다. 특히 한화에어로스페이스, 현대로템은 방산 수출을 통해 높은 성장률을 보여 자랑스럽네요. 국산화율을 지속적으로 높여 우리 산업 역량을 향상시키길 응원합니다

대한민국 방위산업이 걸어온 길 (04P) →

심형훈
|
우리나라 방위산업 역사와 현황을 한눈에 알 수 있는 유익한 기사였습니다. 대표 장비에 대한 간략한 설명을 곁들였다면 더 흥미로웠을 것 같습니다. 또한, 대외 의존도가 높은 주요 핵심 기술에 대한 설명도 간략히 되어 있었으면 더 좋았을 것 같습니다.

신냉전 시대, K-방산의 성장은 계속된다 (14P) →

박기혁
|
영화 <메탈 기어 솔리드>에 "전쟁은 변했다"라는 대사와 함께 로봇 병기들의 공격 장면이 나옵니다. 현재 벌어지고 있는 전쟁만 보아도 무인 드론의 활약이 큰 상황입니다. 빠르게 변하고 있는 방산시장에서 우리나라가 나아갈 길에 대한 심도 있는 글을 읽으며 자부심이 느껴졌습니다.

신냉전 시대, K-방산의 성장은 계속된다 (14P) →

안경은
|
18페이지 개념도는 사고의 구조화를 돕는 적절한 인포그래픽이었습니다. QR코드를 활용해 1월호에서 소개되었던 'STX엔진의 K9 자주포용 1000마력급 엔진 부품 국산화' 개발 기사를 연결해놓은 점도 좋았습니다. 알찬 기사에 구조화, 연결성 콘텐츠를 더한 사례입니다.

M램 단품 국산화 기술, 차세대 메모리 주도권 확보한다 (26P) →

안경은
|
기업 소개와 개발 제품에 대한 설명에 충실한 본 기사에 이어, 스토리텔링이 살아 있는 '미니 인터뷰' 코너를 넣어 흥미있고 깊이감이 있었습니다. QR코드로 영상 콘텐츠까지 연결하니 정말 입체적인 기사가 되었습니다.

초음파센서 모듈 국산화로 자율주행 기술 선도에 한 걸음 더 (30P) →

윤혜인
|
자율주행 자동차가 대중화되면 모두가 자율주행 기술을 사용할 텐데 '예기치 못한 상황이 생기면 어떡하나.' 하는 생각을 해본 적이 있어요. 혼선을 방지하기 위한 나만의 패턴이나 코드 인식 방법 등이 좋은 보완책이겠네요. 그간의 노력이 좋은 결과로 이어지기를 기원하겠습니다.

채혈 없는 패치형 멀티센서로 대사증후군 관리도 스마트하게 (34P) →

윤혜인
|
젊은 당뇨가 늘어나고 있다는 기사를 접했어요. 미리 관리하고 예방해야겠다는 생각이 들었는데, 채혈 없이 몸에 부착하는 멀티센서가 많은 이들의 건강관리에 실질적인 도움을 준다는 점이 좋았습니다. 코로나19 검사 키트처럼 건강상태를 미리 확인해보는 멀티센서가 개발된다면 좋겠습니다.

첨단산업의 필수 불가결 된 섬유 세계 최고 수준 산업으로 키운다 (38P) →

손상완
|
섬유는 더 이상 중요하지 않은 산업이라고 생각했는데 이번 기사를 통해 그 생각이 바뀌었습니다. 로켓엔진, 항공기, 전기차 부품 등 다양한 분야에 사용되는 첨단산업의 필수 요소가 되었네요. 섬유산업 분야에서 우리나라가 선도할 수 있는 기술이 많이 개발되었으면 합니다.

첨단산업의 필수 불가결 된 섬유 세계 최고 수준 산업으로 키운다 (38P) →

이진영
|
섬유가 첨단산업을 육성하는 로켓엔진, 항공기 등에 활용된다는 사실이 새롭습니다. 과거 우리 섬유산업은 주력 산업 중 하나였으나, 현재는 다른 국가들과의 경쟁 속에서 어려움을 겪고 있다는 것도 알게 되었어요. 섬유산업에도 AI가 도입되어 자동화를 이끌고 있다니, 앞으로가 더욱 기대됩니다.

한눈에 보는 사이버 보안 (40P) →

류창흔
|
정보보호 산업 전반을 이해하는 데 도움이 되었습니다. 최근 기업이나 정부조직 등이 기밀 유출로 천문학적인 손실을 입고, 조직 전체를 재편하는 등의 피해가 보도되었습니다. 보안의식 제고 교육도 중요하지만 정보 유출 시 그에 합당한 엄격한 처벌 기준 개정도 필요하겠습니다.

변화하는 위협, 진화하는 방어 사이버 보안기술 (42P) →

서동성
|
사이버 공격이 더 정교해지고 다양해지며 효과적인 방어 체계의 필요성이 높아지고 있습니다. 특히, 인공지능과 머신러닝을 활용한 보안 솔루션이 주목받고 있는데, 이는 공격 패턴을 실시간으로 분석하고 대응하는 데 큰 도움이 됩니다. 앞으로 혁신적인 보안기술이 탄생하기를 기대해봅니다.

변화하는 위협, 진화하는 방어 사이버 보안기술 (42P) →

전준규
|
우리는 보안이 필수 불가결한 시대를 살고 있습니다. 다양한 사이버 공격 수법과 이를 막아내는 보안기술에 대해 알게 되어 좋았습니다. 다만 미래 사이버 보안의 기본인 보안 AI 기술에 관해 좀 더 상세한 설명이 포함되었으면 좀 더 좋았을 것이라는 생각이 듭니다.

물 재생의 숨은 일꾼, 미생물 (46P) →

전준규
|
단계별로 미생물을 활용한 정화처리 방법을 잘 설명해주어서 도움이 되었습니다. 또 평소 자주 듣는 역삼투 현상에 대해서도 자세히 알게 되어 유익했습니다. 미생물이 인간과 지구를 지키는 파수꾼과 같다는 이야기가 흥미로웠고, 환경보호를 위한 우리의 책임을 다시금 생각하는 계기가 되었습니다.

패키징 기술 혁신으로, 지속가능한 물류 선도한다 (50P) →

김동민
|
택배를 받을 때마다 포장 폐기물과 개인정보의 안전에 대해 신경이 많이 쓰였습니다. 테이프형 송장과 높이 맞춤형 자동 패키징 시스템 등은 정말 필요한 기술인 것 같습니다. 지구의 환경과 자원을 생각하는 착한 친환경 패키징 기술이 지속적으로 개발 및 적용되면 좋겠습니다.

패키징 기술 혁신으로, 지속가능한 물류 선도한다 (50P) →

안경은
|
며칠 전 CJ대한통운이 내년부터 주 7일 배송을 시작한다는 뉴스를 접했어요. 그 때문인지 자동화 방안과 세부 솔루션을 다룬 본 기사에 눈길이 갔습니다. 물류 업계에서 '자동화'가 생존을 위한 키워드가 된 만큼, 추후 현장의 현황을 집중적으로 다뤄주면 좋겠습니다.

마법처럼 사라진다, 스텔스 기술 (54P) →

김태권
|
스텔스 기술이 전투복과 지상 전투 장비에도 적용된다는 사실이 놀랍습니다. 세계적으로 주요한 스텔스 기술에 대한 소개가 더해졌으면 더 좋았을 것 같네요. 중국도 스텔스 전투기를 실전 배치한다는 뉴스를 봤습니다. 우리나라도 이런 기술을 집중 지원해 방산 업계를 업그레이드하길 기대합니다.

AI에게 최적의 답변을 이끌어내는, AI 트레이너 (58P) →

김태권
|
AI에게 학습과 훈련을 어떻게 시키는지 궁금증을 해결하는 좋은 기사였습니다. 평소 궁금했던 'AI 교육에 대한 윤리', 'AI 때문에 사라지는 일자리'에 대한 답변도 얻을 수 있었습니다. AI에 대한 올바른 접근과 긍정적인 활용으로 미래 사회에 잘 대비해야겠다는 다짐을 하게 됩니다.

2024년 10월 14일, KEIT S ROME 정식 오픈!

S ROME은 어떤 플랫폼인가요?

itech, ROME+ 24년 10월 14일 서비스 이용 종료

ITECH 산업기술 R&D정보포털 + ROME+

S ROME

ROME의 디지털 플랫폼 중 하나로, ITECH와 ROME+를 통합한 연구자, 연구기관, 전문가를 위한 빅데이터 기반 산업기술 R&D 디지털 플랫폼 입니다.

안내사항!

개인정보 관련 안내 사항

- 통합 서비스인 itech(산업기술 R&D 정보포털)와 ROME+는 2024년 10월 14일부터 서비스가 종료됩니다.
- 이에 따라 itech와 ROME+에서 보유하고 있는 회원가입 정보는 2024년 10월 14일자로 S ROME에 안전하게 이관됩니다.
- 회원 여러분께서는 itech와 ROME+의 회원정보를 그대로 이용하여 고품질의 S ROME 서비스를 이용할 수 있습니다.

S Rome 바로가기

데이터 개방을 통한 수요자 중심 서비스
S ROME 주요 서비스

작성해야 할 자료는 산더미인데 찾아야 할 정보가 너무 많아 힘드셨죠?
다양한 보고서 작성 지원뿐만 아니라 과제 기획과 접수, 기업-기술 분석까지!
이제 **S ROME** 하나면 충분합니다.

분석 AI 로미를 활용한 양질의 텍스트 기반 문장 분석을 통해 다각화된 보고서를 제공하는 **'지능형 심층 분석'**과 기술 키워드 중심의 단어검색을 통해 다양한 통합 분석을 제공하는 **'간편 키워드 분석'**

#R&D 빅데이터를 활용한 **데이터 분석·시각화** 서비스

수행 R&D 과제 기획·참여를 위한 **'과제공고, 수요조사, 인터넷공시'**와 과제 신청 전 우리 기관, 과제의 상태를 사전에 확인할 수 있는 **'R&D 사전진단'** 및 **'유사성 검토'**

#수요자 중심 R&D 과제수행 지원 서비스

협업 R&D 수행기업 및 R&D 혁신기업 정보를 확인할 수 있는 **'기업찾기'**와 NTB기술은행과 이노폴리스 등 타 기관과의 연계를 통해 관련 기술정보를 확인할 수 있는 **'기술찾기'**

#기업과 기술을 잇는 **R&D Networking** 서비스

정보 성과·환류 중심의 **S ROME 홍보 콘텐츠**와 KEIT의 우수성과 및 발간 자료를 모아 볼 수 있는 **KEIT ZONE**

#**성과·환류 중심**의 콘텐츠 제공 서비스

독자 퀴즈

우리나라는 OECD 국가 중 GDP 대비 제조업의 비중이 높은 제조업 강국이다. 정부는 우리 제조업의 경쟁력과 생산성을 더욱 향상시키기 위해 AI 기술과의 융합을 추진 중이다. 이를 위해 지난 7월 AI ○○○○ 얼라이언스를 출범시키기도 했다.

독자 퀴즈의 답을 맞춰주세요!

퀴즈에 참여해주신 정답자 중 추첨을 통해 소정의 상품을 보내드립니다. 퀴즈 답변과 휴대폰 번호를 **grintjssu@hankyung.com**으로 보내주세요. 독자 선물은 교환, 환불이 불가합니다. 전화번호 누락, 오류 등으로 인한 반송 시 재발송하지 않습니다.

산업통상자원부 산하 R&D 전문기관
한국산업기술기획평가원이 발행하는 국내외 산업기술의
모든 것을 담은 전문지 <테크 포커스>

TECH FOCUS

〈테크 포커스〉 웹진 보기
매월 10일 오픈

<테크 포커스> 웹진(techfocus.kr)에서 신간호와 함께 과월호도 모두 만나보세요!

보이는 것 부터
보이지 않는 것 까지

초격차 산업기술 R&D
초협력으로 이뤄갑니다

ISSN 3022-7178

산업통상자원부

KEIT 한국산업기술기획평가원
Korea Planning & Evaluation Institute of Industrial Technology