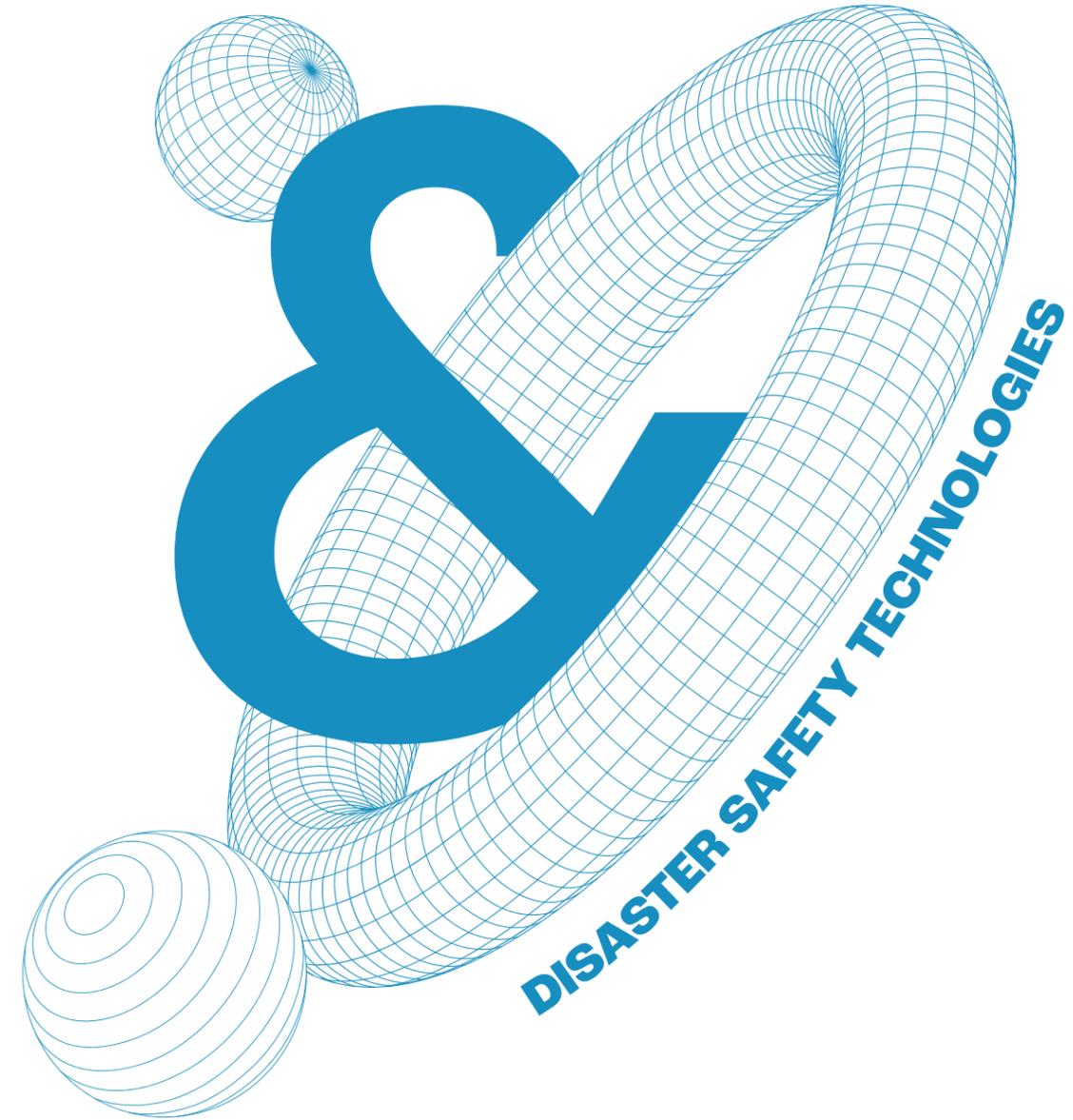


K-Tech의 미래를 여는 최고의 혁신 플랫폼 koita

대한민국 기업이 힘차게 뛸 수 있도록
기업의 기술혁신을 지원하고
지속 가능한 성장 환경을 만들어갑니다.



2025 3+4



VOLUME. 470

SPECIAL ISSUE
생활 속의 재난안전 기술

"기업 기술고민 상담전화"

기업공감원스톱지원센터에서는 과학기술정보통신부 산하 출연(연) 및 정부 부처 전문기관 등 **112개의 기관**과 기술분야별 전문가(고경력과학기술인)의 기술노하우와 연구·시험장비 등을 활용하여 중소·중견기업의 기술애로 해결을 지원합니다.

이용방법

전화 | 국번없이 1379 (상담시간 : 09:00~18:00, 평일)

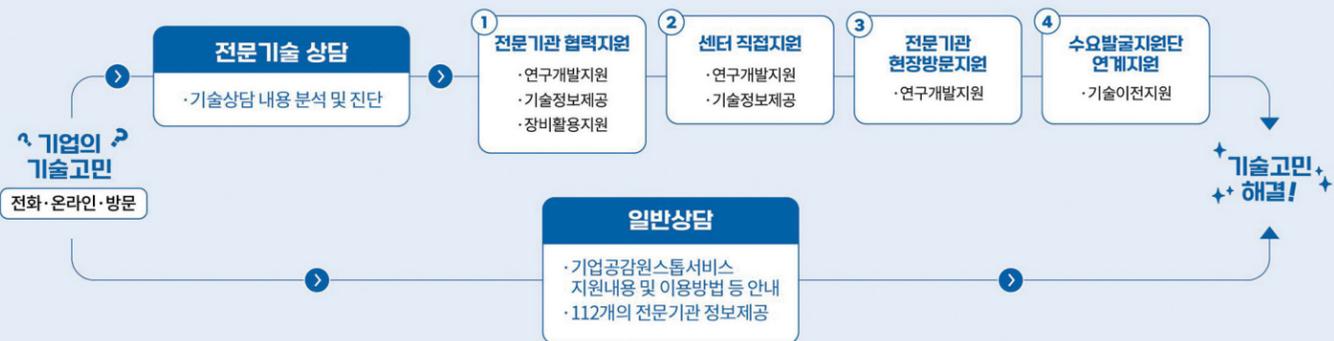
온라인 | WWW.SOS.1379.GO.KR

방문 | 기업공감원스톱지원센터 (서울시 양재동 산기협회관 1층)

지원내용

- 연구개발 지원**
신기술·제품 개발방향 설정 및 공정 설계·개선 등 지원
- 기술정보 제공**
기술관련 논문, 특허, 장비 사업 등의 전문기술 통합 DB 제공
- 기술이전 지원**
각 기관이 보유한 특허정보 제공을 통해 기업 기술이전 지원
- 장비활용 지원**
시험 및 분석, 인증, 측정, 시제품 제작에 필요한 연구장비 지원 가능한 기관 또는 전문가 연계

지원절차



우수사례

| | | |
|--|--|---|
| <p>지엠테크</p> <p>고점도 실리콘 정량 토출 시스템 개발</p> | <p>엔지틴</p> <p>첨단연구를 통한 양질의 단백질 생산</p> | <p>서우인</p> <p>환경문제 해결을 위한 비산먼지 방지제 개발</p> |
| <p>(주)에이엠텍</p> <p>농업 및 철거용 로봇을 위한 무한계도형 이동장치 개발</p> | <p>(주)HIM</p> <p>현악기 반음 제어를 통한 국내 유일의 소형하프 제조</p> | <p>노이즈게러지</p> <p>차량 내 적용을 위한 방음 및 흡음 성능 연구개발</p> |

제휴할인 서비스

산기협은 회원사 편의를 위한 다양한 제휴할인 서비스를 발굴, 제공하고 있습니다.

| | | |
|-------------------------------------|--|------------------------------------|
| <p>신용평가 신용평가/기술평가 할인</p> | <p>시험·인증 시험·인증 수수료 할인</p> | <p>공인인증서 기업법용인증서 할인</p> |
| <p>호텔·콘도 객실요금 할인</p> | <p>국제특송 EMS, 소화물 이용료 할인</p> | <p>전자계약 서비스 첫 결제 할인</p> |

서비스 제공업체

| | | | | |
|--|-------------------|---|---|---|
| MIRAE ASSET 미래에셋증권 | ANGEL 6+ | LS ELECTRIC | R SUPPORT | ktil 한국산업기술시험원 Korea Testing Laboratory |
| KTR 한국화학융합시험연구원 KOREA TESTING & RESEARCH INSTITUTE | KOTITI 시험연구원 | KOMERI 한국조선해양기소재연구원 | KGL 한국건설생활환경시험연구원 Korea Conformity Laboratories | KOLAS Koptri |
| KATRI 한국분석시험연구원 Korea Analysis Test Researcher | KOMAS | TRADE Sign | NICE평가정보 NICE | 우정사업본부 KOREA POST |
| CJ 대한통운 | DHL | FedEx Express | KST Successful Business Trip Partner | AIR BUSAN |
| KICA 한국정보인증 | SEA CLOUD HOTEL | MAINA OCEAN RESORT | KOLON HOTEL Gyeongju | 리움 에코리움 후쿠 |
| HOTEL POCO | Hilton Garden Inn | DMD 대웅경영개발원 Economic Management Development Institute | CAU 중앙대학교병원 CHUNG-ANG UNIVERSITY HOSPITAL | KMI 대한국의학연구소 KOREA MEDICAL INSTITUTE |
| 대한민국 No.1 롯데렌터카 | HYUNDAI EZWEL | PROLANGS Professional Language Solution Provider | ICGLOBAL 999글로벌 | TOMWIN |
| 법무법인 린 | ASIANA A LAW FIRM | 특허법인 세원 Patent Law Firm | 정 국제특허법률사무소 | BRIDGE 브릿지(BRIDGE) 국제특허법률사무소 |
| 특허법인 釜慶 | RSM | 태평양노무법인대전지사 | GANGSAN 노무법인 강산 | 더원노무법인 |
| 제일인사 노무법인 | (주) 에일 앤 일링가든 | HANSOL SUPPLY (주)한솔서플라이 | | |

Contents

Special Issue

생활 속의 재난안전 기술

08

Special Issue Intro

재난안전 기술의 어제와 오늘 그리고 미래

12

Special Issue 01

건설안전을 위한 스마트 안전관리 및 AI 기반 모니터링 기술

16

Special Issue 02

로봇·IoT를 활용한 산업현장의 안전 모니터링 기술

20

Special Issue 03

미래 교통안전을 위한 국가교통DB 개편

24

Special Issue 04

가정 내 평안을 위한 층간소음 극복 기술

28

Special Issue 05

안전을 넘어 안심으로, 미래 안전 기술 전망

Innovation

32

글로벌 R&D

기업의 R&D 오프쇼어링 전략, 어떻게 추진할 것인가?

36

지속가능기술 Trend

HCI 관점에서의 지속가능 기술에 대한 조망

40

기술혁신 성공사례

대양의 공기를 가르는 친환경 기술 SAVER Wind(C)
삼성중공업(주)

Strategy

46

특허활용

특허 분석을 통한 산업기술 트렌드

49

기술경영

혁신의 체계적 접근과 혁신경영:
혁신경영 표준의 등장과 관련하여

52

이달의 명강연

제76회 산기협 조찬세미나
2025년 통상여건 및 세계경제 전망

Technology

54

신기술(NET) 인증 기술

57

신제품(NEP) 인증 제품

60

대한민국 엔지니어상

1월, 2월 수상자

62

IR52 장영실상

2025년 수상제품(1주~8주)

Culture

64

R&D 나침반

“별들에게 물어봐?”...
별빛 덮을 우주 쓰레기 문제

68

혁신의 발견

답은 ‘안쪽’보다 ‘바깥’에 있다
백신의 역사를 바꾼 이방인,
커달린 커리코

73

북카페

모든 것은 예측 가능하다

VOL. 470 MARCH · APRIL 2025

「기술혁신」에 실린 글의 내용은 한국산업기술진흥협회의 공식 의견과 다를 수 있습니다.
또한 게재된 글과 사진은 허가 없이 무단으로 사용할 수 없습니다.

News

74

현장스케치 01

2024년 하반기 우수기업연구소 지정서 수여식

75

현장스케치 02

고도화된 인공지능(AI) 세계로의 몰입,
CES 2025 참관기

79

현장스케치 03

한국산업기술진흥협회 제47차 정기총회

80

기업부설연구소 총괄현황

82

koita News



기술혁신
Webzine

스마트폰이나 태블릿 PC 등의
QR코드 인식 애플리케이션으로
QR코드를 스캔하시면
「기술혁신」을
웹진으로 보실 수 있습니다.

Disaster Safety Technologies

SPECIAL ISSUE

기술의 발전으로 현대인의 삶의 질은 꾸준히 향상되고 있으나, 여전히 항공기 사고나 인파 사고와 같은 치명적인 재난이 발생하여 필수적인 안전을 위협하고 있다. 이에 생활 속 재난 사고를 예방하고 안전한 사회를 구축하기 위한 기술과 그 함의를 재난안전 전문가들의 인사이트를 통해 살펴본다.

생활 속의 재난안전 기술

08

재난안전 기술의
어제와 오늘
그리고 미래

12

건설안전을 위한
스마트 안전관리 및
AI 기반 모니터링 기술

16

로봇·IoT를 활용한
산업현장의
안전 모니터링 기술

20

미래 교통안전을 위한
국가교통DB 개편

24

가정 내 평안을 위한
충간소음 극복 기술

28

안전을 넘어 안심으로,
미래 안전 기술 전망

재난안전 기술의 어제와 오늘 그리고 미래



글. 박상현
국립재난안전연구원
재난회복연구센터장

서울과학기술대학교에서 안전공학 박사 학위를 취득했다. 한국산업안전보건연구원을 거쳐, 국립재난안전연구원 재난회복연구센터장으로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 재난안전 정책 일반, 대피구호, 재난피해자와 피해지역에 대한 피해지원 및 복구 등이다.



반복되는 재난과 사고

1959년 태풍 사라가 내습하여, 750명이 사망하였다. 1994년에는 성수대교가 무너졌고, 32명이 사망하였다. 1995년에는 삼풍백화점 붕괴 사고가 발생하여, 502명이 사망하였다. 2014년에는 세월호가 침몰하여, 299명이 사망하였다. 2020년 발생한 이천 물류창고 공사 현장 화재로는, 38명이 사망하였다. 2022년 이태원에서는 인파 사고가 발생하여, 159명이 사망하였다. 2024년에는 무안공항에서 여객기가 추락하였고, 179명이 사망하였다.

기후변화로 인하여 기상재해가 일상화되고, 산업사회가 고도화되며 사회재난이 빈번히 발생하고 있다. 이렇게 우리 사회에 재난과 사고가 끊임없이 발생하고 반복되는 원인은 제도적 미비, 안전불감증과 기술 부족 및 기후변화 등 복합적인 요인에 의한 것으로 추정된다.

과거 우리는 사고와 재난으로부터 안전을 배웠다. 1990년대 이전까지는 사고가 발생할 때마다, 관련 대책을 만들어왔다. 예를 들어, 1970년 와우아파트 붕괴 사고로 '건축물 안전진단 기준'이 대폭 강화되었다. 1970년 평화시장 화재 사고, 1971년 한인은행 본점 신축공사 붕괴 사고, 1977년 부산 부두 크레인 붕괴 사고를 계기로는 1977년 「산업안전법」이 제정되었다. 보건학적 위험성도 개선하기 위해 1981년에는 「산업안전보건법」이 제정되었다. 이 「산업안전보건법」은 여러 차례 전면 개정되었는데, 원진레이온 직업병 사건과 문송면 군 수은중독 사망사건을 계기로 1990년 전면 개정된 바 있다. 이때 사업주의 산업재해 예방 의무와 유해화학물질에 대한 규제를 강화하였다. 또한 2018년 태안화력발전소에서 비정규직 노동자 김용균 씨가 사망한 사건을 계기로, 위험 작업에 대한 도급을 제한하는 내용을 포함하여 2019년 전면 개정되었다.

1994년 성수대교 붕괴와 1995년 삼풍백화점 붕괴 참사를 겪으면서 시설물의 유지·관리 체계를 강화하기 위해 「시설물안전관리특별법」이 제정되었으며, 시설안전기술공단(現국토안전관리원)도 설립



그림 1
와우아파트 붕괴 사고 사진



그림 2
성수대교 붕괴 사고 사진

되었다. 이와 함께 시설물안전관리시스템(Facility Management System, FMS)이 도입되었으며, 시설물 유지관리 기술이 비약적으로 발전하게 되었다.

2003년 대구 지하철 화재 참사와 2002년 태풍 루사, 2003년 태풍 매미로 대규모 인명피해가 발생하자, 국가 재난 대응체계를 개선해야 한다는 요구가 빚발쳤다. 이에 따라 「재난 및 안전관리 기본법」이 제정되었고, 소방방재청(現행정안전부, 現소방청)이 조직되었다. 기술적 대책으로는 지하철에 자동 화재 감지 시스템과 비상 방송 시스템이 설치되었으며, 실내 대피 안내 체계가 강화되었다. 태풍 루사와 매미를 계기로는 한반도가 기후변화에 취약하다는 사실이 드러났다. 이 재난을 계기로 홍수 방지시설이 강화되고, 국가 홍수 예보 시스템이 구축되기 시작하였다.

2016년 경주지진과 2017년 포항지진을 겪으면서 대한민국이 더 이상 지진 안전지대가 아님이 확인되었다. 이에 따라 내진설계의 기준이 대폭 강화되었고, 한반도 내 지진 단층 조사 사업이 확대되었다.

이처럼 과거 대한민국의 재난안전 법·제도와 대응 체계 및 대응 기술은 대형 재난이 발생한 후에야 마련되는 과정을 반복하며 점차 자리를 잡아왔다. 그러나 이러한 사후 대응 방식의 한계가 인식되면서, 보다 적극적인 예방 중심의 정책과 기술개발이 사회적으로 요구되기 시작하였다. 이에 2007년 '재난 및 안전관리 기술개발 종합계획'이 5년 단위로 수립되기 시작하였으며, 재난안전 기술개발(R&D) 예산도 2010년 205억 원에서 2022년 1,034억 원까지 확대되었다.



그림 3
대구 지하철 화재 참사 사진

기술 중심의 재난안전 시스템 구축

현대사회의 재난과 사고가 점점 더 복잡하고 예측하기 어려운 형태로 나타나면서, 과거 인력 중심의 재난안전관리에서 기술 중심의 재난안전관리로 변화하기 시작하였다. 1998년부터 정부는 통합적 재난 대응 체계를 구축하기 위해 국가재난관리시스템(National Disaster Management System, NDMS)을 개발·운영하고 있다. 국가재난관리시스템은 재난 발생 시 정부, 지자체, 소방, 경찰, 군대, 민간기관 등이 협력하여 신속하게 재난 대응 활동을 할 수 있도록 정보를 공유해 준다. 이때 공유되는 정보로는 재난 발생 정보와 정부 대응 정보 및 재난 예방·대비·대응·복구 업무 수행을 위한 절차와 보고서들이 있다.

재난 대응 기관 간의 정보 소통을 위해 대한민국은 2021년 세계 최초로 전국 단위 재난안전통신망(PS-LTE; Public Safety-LTE)을 구축하였다. 과거에는 경찰, 소방, 군, 지자체가 서로 다른 통신수단을 활용하였기에, 긴급하게 대응하여야 하는 재난 상황에서 정보전달에 어려움을 겪었다. 재난안전통신망은 대규모 재난이 발생했을 때 일반 통신망이 마비되더라도 우선하여 작동하고, 문자·음성 정보뿐 아니라 영상 데이터도 실시간 전송이 가능하여 현장 상황을 더 정확하게 전달할 수 있다.

재난 발생 시, 국민에게 재난 발생 정보를 전달하기 위해 재난경보 시스템도 구축 및 운영되고 있다. 재난경보에 활용되는 매체는 사이렌과 라디오, TV

자막 방송, 재난 문자이며, 위치기반으로 정보를 전파할 수 있다. 최근에는 기상특보와 지진, 산불, 안전사고 예방 정보 등을 전달하는 데에도 활용되고 있다.

국민들이 자신이 거주하는 지역의 재난 위험 요소를 미리 확인하고 대비할 수 있도록 '생활안전지도' 시스템도 구축하여 운영하고 있다. 생활안전지도에는 홍수, 산사태, 지진 등의 위험 요소가 지역별 지도에 표출되어, 국민들이 쉽게 확인할 수 있다. 사고 발생 시 지도가 바로 업데이트되어, 실시간 위험 요소를 확인하는 데에도 사용된다.

국민 일상생활의 안전을 확보하는 기술도 비약적으로 발전하고 있다. 대표적인 기술이 화재 안전 기술과 교통안전 기술이다. 화재 안전 기술 중에서는 화재 감지 및 대응 기술과 대피 안내 기술에서 비약적인 발전이 있었다. 기존의 화재 감지 기술은 연기 및 온도 감지 센서를 이용하여, 화재로 인한 온도상승과 연기 발생 감지 시 경보를 발령하였다. 그러나 최근에는 인공지능 영상 분석을 통해, 불꽃과 연기 등 화재 징후를

자동으로 감지하여 경보를 발령하고 있다. 또한 일부 최신시설에는 경보가 발령됨과 동시에 스마트 대피 유도 시스템이 작동하여, 화재 발생 위치와 대피자의 위치를 고려한 가장 안전한 경로로 대피자들을 안내하고 있다. 화재 대응 시스템에서는 화재 발생 층을 특정하여, 필요한 구역에만 소화액을 분사하도록 발전했다. 사람이 진입하기 어려운 지역에는 소방 로봇이 투입되기도 한다.

교통안전 기술은 교통관리와 차량·도로 안전 시스템 및 보행자·대중교통 안전 시스템으로 구분된다. 이 중에서 국민의 일상 체감도가 높은 기술은 차량 안전 시스템이다. 최근 차량에는 차선 이탈 경고와 자동 조향 지원 기능 및 자동 긴급 제동 장치가 탑재되어 있다. 더 나아가 일부 차량에는 자동주행시스템까지 장착되어, 교통사고 발생률을 낮추는 데 기여하고 있다.

이태원 참사 이후에 인파 사고 관리시스템도 개발·구축 중이다. 통신사 기지국에 접속된 인원 및 지능형



그림 5
현장 인파 관리시스템 개념도

CCTV를 통해, 일정 수 이상의 인파가 모이면 경고를 발령하고 관리 및 위험 안내 인원이 출동하도록 하고 있다.

재난 및 사고 피해 예방을 위해 다양한 기술과 시스템이 개발·활용되고 있다. 덕분에 재난 피해가 줄어들고 사회의 안전수준은 높아지고 있으나, 재난과 사고는 현재에도 계속 발생하고 있다. 우리의 재난안전 정책·기술이 이미 발생한 재난과 사고에 기반하기 때문이다. 즉, 재난·사고가 발생하고 나서야 기술과 시스템을 개발하는 실정이다. 이러한 악순환을 끊기 위해서는, 재난·사고 예측 및 대응 정책·기술을 선제적으로 개발해 나갈 필요가 있다.

안전이 기본이 되는 안전 사회를 위한 도전

현대사회에서 안전은 더 이상 부가적인 요소가 아니라 국민의 생명과 재산을 보호하는 기본적인 권리로서, 국가와 사회가 반드시 보장해야 할 필수적인 가치이다. 과거에는 재난과 사고가 발생한 이후 대응하는 방식이 일반적이었으나, 최근에는 사전 예방과 선제 대응을 통한 안전 사회 구축이 강조되고 있다.

대한민국은 성수대교 붕괴(1994), 삼풍백화점 붕괴(1995), 대구 지하철 화재 참사(2003), 세월호 참사

(2014), 이태원 참사(2022) 등 크고 작은 사고를 겪으며, 안전이 사회의 기본적인 가치로 자리 잡아야 한다는 필요성을 절감했다. 하지만 여전히 반복되는 사고와 재난 속에서, 안전 시스템이 완전히 정착되지 못한 현실을 마주하고 있다.

이제 대한민국은 단순한 재난 대응을 넘어, '안전이 기본이 되는 사회'를 만들기 위해 새로운 도전에 나서야 한다. 이를 위해서는 기술 발전, 법·제도 개선, 국민 안전의식 강화, 재난 대응체계 혁신이 필요하다. 구체적으로, 먼저 재난안전 기술에 인공지능과 사물인터넷, 드론 등의 첨단기술을 적용하여 보다 신속하고 정밀한 재난 예방과 대응이 가능하도록 수준을 높여야 한다. 그다음으로는, 재난안전 관련 법·제도를 지속적으로 개선하여 실효성을 확보하고 강력한 예방 중심의 정책을 추진해야 한다. 마지막으로, 체계적인 교육을 시행해 국민의 안전의식을 높이고 개인의 재난 대응 역량을 강화해야 한다.

상기한 노력이 어우러질 때, 대한민국은 단순히 사고를 막는 수준을 넘어 '안전이 당연한 사회'로 나아갈 수 있을 것이다. 기술과 법·제도 그리고 국민 의식이 조화를 이루어 지속가능한 안전 사회에 도달하길 기대한다. **기술혁신**

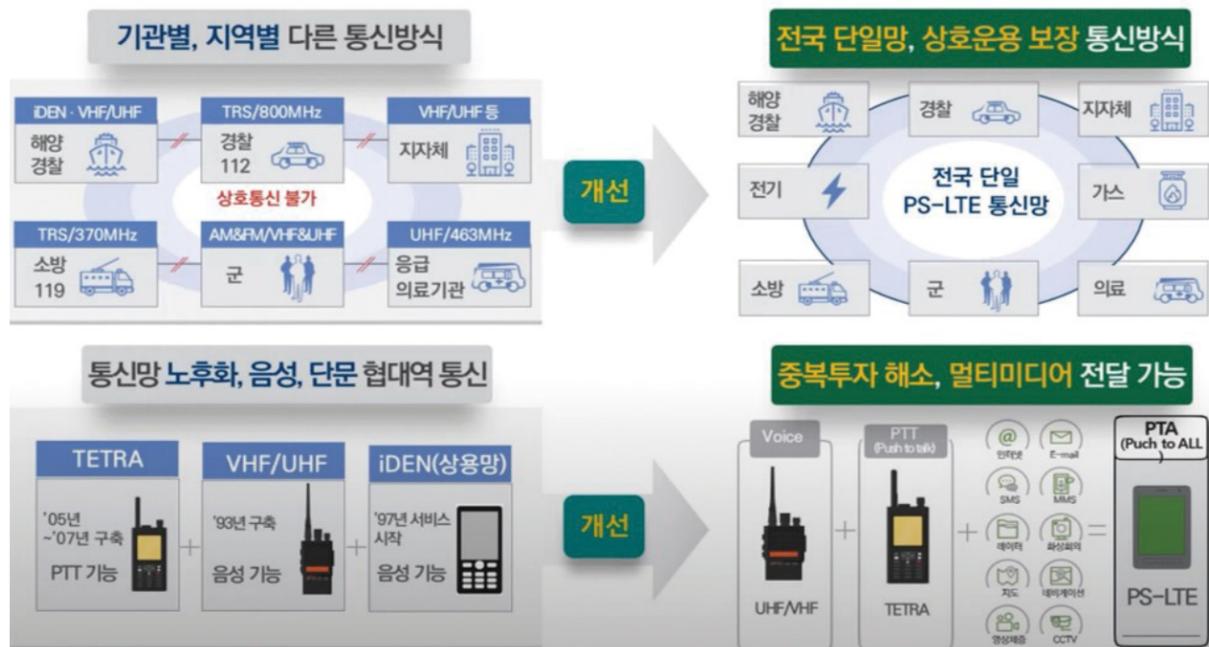


그림 4
재난안전통신망(PS-LTE) 구축 전후 비교

건설안전을 위한 스마트 안전관리 및 AI 기반 모니터링 기술



글. 오태근
인천대학교 교수

일리노이 주립대학교(University of Illinois at Urbana-Champaign)에서 건설환경공학과 박사 학위를 취득하였다. Rutgers CAIT 연구소를 거쳐, 현재 인천대학교 안전공학과 교수로 재직 중이다. 주요 연구 분야는 건설안전, 스마트 안전관리 기술, AI 기반 작업자 영상분석 등이다.

건설 현장 산업재해의 위험성과 대책

그림 1과 같이, 2023년도 건설 현장 사망사고 건수는 전반적으로 감소하고 있다. 그러나 그 감소 폭이 미미하고, 건설 현장 수 대비 사망사고 건수가 많은 편이다. 이러한 결과는 중대재해처벌법, 중대재해 저감 로드맵 등 정부의 산업현장 안전 점검 강화와 더불어, 건설사의 안전관리 기술 도입 등이 긍정적으로 작용한 것으로 보인다. 하지만 건설업의 사망사고 건수는 제조업, 서비스업 등 다른 주요 산업군과 비교하여 여전히 매우 높은 수치이다. 건설업에서는 복잡하고 노동집약적인 노동·직업 환경 및 위험한 작업공정

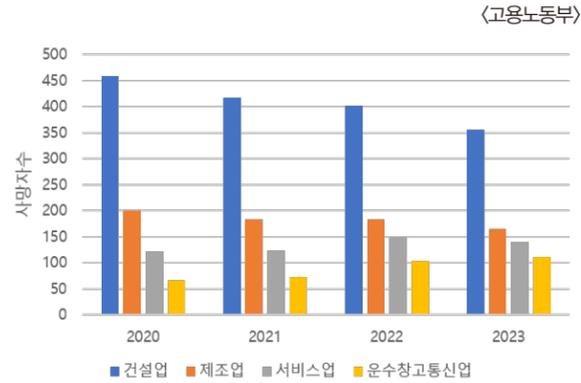


그림 1 2020~2023년 업종별 사고 사망자 수

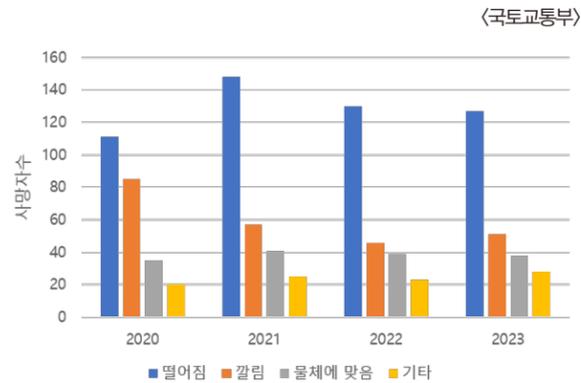


그림 2 2020~2023년 건설업 재해유형별 사고 사망자 수

등 구조적 특성뿐 아니라, 현장 안전관리의 미흡함으로 인해 많은 사고 사망자가 발생하고 있다.

현재까지 국내 건설 현장 안전관리의 실증적 문제점을 극복하기 위해 법·제도를 마련하고 안전 감독 등을 강화해 왔지만, 기존의 대책에는 한계가 있어 다른 방안을 마련할 필요가 있다. 중대재해처벌법 시행 이후에 국내의 건설사들은 중대재해 감소를 위해 4차 산업혁명 기술을 적용한 각종 스마트 안전 장비를 도입하고 있다. 그러나 안전관리 장비나 기술 대부분이 실제 작업자에게 적용하기에는 불편함이 있다. 또한 작업자 모니터링 기술도 휴먼 에러에 대한 관리 및 오류를 보완하는 기초적인 수준으로 개발되고

있어, 안전사고의 원인을 근본적으로 제거하는 데에는 한계가 있다. 특히 사망자 수가 많은 소규모 사업장에서는 안전관리자조차 선임하기 어려워 더욱 힘든 상황이다.

한편 재해 유형을 살펴보면, 건설업에서는 그림 2와 같이 떨어짐, 깔림 등의 1차 재래형 사고 재해자 및 사망자가 가장 많이 발생하고 있다. 안전한 건설 현장 관리를 위해서는 효과적인 방안이 절실한 실정인 것이다. 안전관리 인력이 턱없이 부족한 건설 현장의 안전사고를 예방하고 효율적인 업무를 수행하기 위해서는, 스마트 안전관리 및 AI 기반의 모니터링 기술이 반드시 필요하다. 따라서 현재 스마트 센서, AI 기반 모니터링 기술들이 활발히 개발 및 연구되고 있다. 관련 기술들은 건설 현장의 작업자 행동 및 작업장 위험 요인을 분석하고 모니터링함으로써, 작업자의 불안정한 행동 요인들을 파악하고 근본 원인을 제거하여 사고를 예방하는 데 큰 도움이 될 것으로 예상된다.

건설 작업 스마트 안전관리 장비 및 AI 기반 모니터링 기술 현황

스마트 안전관리 및 AI 기반 모니터링 기술은 통합 관제 시스템을 통해 현장 및 작업 상황을 실시간으로 관리하고 있다. 시스템은 주로 작업자의 바이오리듬/보호구 착용 여부/위치정보와 현장 위험물의 위치/환경에 기반한 안전관리 플랫폼 등을 활용한다. 이렇게 수집된 정보는 모바일과 개인 PC에서 통합 관제 화면을 통해 확인이 가능하다. 또한 BIM(Building Information Modeling) 등을 활용하여 3D 및 2D 공간정보를 기반으로 설계·시공의 정보를 수집·공유하여, AI 분석을 통해 작업 상황이나 위급상황을 관계자에게 알려주고 있다.

건설 작업자 스마트 안전관리 장비 및 AI 기반 모니터링 기술의 세부 요소들은 다음과 같이 정리될 수 있다.

- 안전모, 고글, 왓치 등의 개인 웨어러블 장비를 통하여 근로자의 정보를 실시간으로 공유
- 지능형 CCTV, 웨어러블 카메라, 드론 등의 영상정보를 통하여 위험 요인을 감지하고 이를 실시간으로 확인
- 온라인 대시보드를 활용하여 실시간으로 작업 현황을 통합 관제
- IoT 센서 기술과 데이터 사이언스를 활용하여 건설 작업자의 안전을 관리

이러한 스마트 안전관리 및 AI 기반 모니터링 기술은 전통적인 건설기술에 4차 산업혁명 기술을 융합하여, 건설 프로세스를 디지털화하고 안전성과 생산성을 높일 수 있다. 비록 현장에는 기술 적용에 많은 어려움이 존재하지만, 관련 기술 및 장비들이 빠른 속도로 발전하고 있어 한계점이 점차 해결되고 있다.

국내외 스마트 안전관리 기술은 근로자 웨어러블 방식과 현장 설치형의 두 가지로 구분된다. 미국, 일본, 유럽 등의 경우에는 ICT(Information and Communications Technology) 분야와의 융복합을 위한 첨단 전자 섬유, 메디컬 섬유 등의 원천기술 확보에 주력하고 있다. 또한 스마트 섬유 및 스마트 의류 등 기술을 확보하고자 노력하고 있다. 이는 그림 3과 같이 인체에 다양한 웨어러블 기기를 사용하는 방식이며,

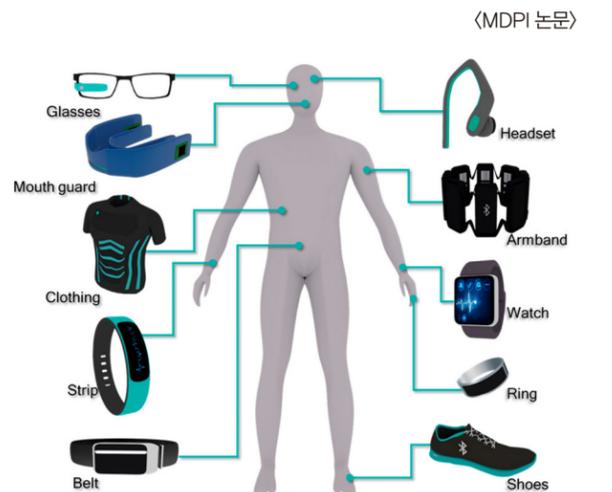


그림 3 작업자 부착형 웨어러블 센서 및 장비

〈한국경제〉

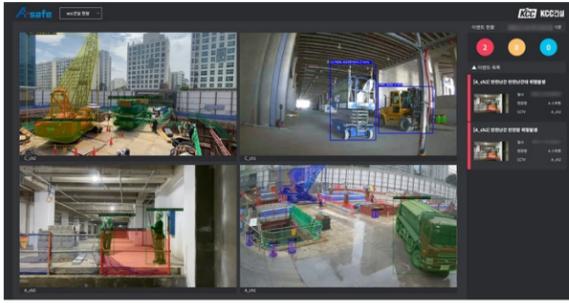


그림 4
국내 K사의 안전관리 통합시스템 운영 예시

주로 산업용 소재를 사용한다. 이러한 전자 섬유 개발은 의복뿐만 아니라 헬스케어, 스포츠 및 아웃도어, 방위 산업 등 다양한 분야에 적용될 수 있다.

AI 기반 모니터링은 근로자 웨어러블 센서와 현장 설치형 CCTV, 라이다 등과 같은 스마트 안전 장비의 정보를 활용한다. 기존 건설장비의 카메라는 VGA(Video Graphics Array)급의 아날로그 카메라가 대세를 이루고 있었지만, 최근에는 GMSL2(Gigabit Multimedia Serial Link2) 통신 방식의 HD급 디지털 카메라 등이 활용된다. 이들은 Yolo v11과 같이 정확도가 향상된 실시간 객체 인식 딥러닝 알고리즘에 이용할 수 있다.

AI 기반 모니터링은 1차적으로 근로자의 위치를 파악한다. 이후 비계 단부, 개구부와 같은 추락 위험과

〈GitHub〉



그림 5
딥러닝 알고리즘 중 객체 인식을 통한 보호구 인식

크레인, 굴삭기 등 장비와의 충돌 위험을 실시간으로 모니터링하여 근로자 안전을 확보할 수 있다. **그림 4**는 국내 K사에서 운영 중인 안전관리 통합시스템이며, 스마트 안전 기술에 기반을 둔 근로자 및 작업환경 모니터링을 보여주고 있다.

현재 건설 현장에서 가장 많이 활용되는 AI 모니터링 기술은 CCTV나 드론 등의 영상 데이터를 기반으로 한 컴퓨터 비전 기술이다. 기존에는 영상 기록을 육안으로 확인하기 때문에 사건이나 사고 발생 시 실시간 대응의 어려움이 있었다. 또한 영상판독에 시간이 많이 소요되어 능동적인 대처가 어려웠다. 그러나 최근에는 웨어러블 센서 및 AI 모니터링 기술 등을 통해, 상황 발생 시 실시간 알람으로 사고를 예방하고 상시 안전관리를 하는 것이 가능해지고 있다. 예를 들어, **그림 5**는 딥러닝 알고리즘 중 객체 인식을 통해 건설 현장에서 근로자의 보호구 착용을 확인해 주고 있다. 주변의 굴삭기, 덤프트럭 등의 장비와 추락 위험이 있는 개구부 등도 인식이 가능하다.

최근에는 VQA(Visual Question Answering)와 같은 멀티모달 모델(Multimodal Model)도 현장 안전관리에 활용되고 있다. 멀티모달 모델은 텍스트, 이미지, 오디오, 비디오 등 다양한 유형의 데이터를 고려하여 서로의 관계성을 학습 및 처리하는 인공지능이다. 이는 건설 현장의 다양한 근로자 작업에 대한 합리적인 추론을 가능하게 해준다. **그림 6**은 VQA를

〈e대한경제신문〉



그림 6
VQA를 활용한 건설현장 안전관리

활용하여 얻을 수 있는 결과를 보여주고 있다. 시설물의 부정확한 설치와 근로자의 보호구 미착용 및 불안정한 행동을 포착하여, 추후 건설 현장의 안전관리에 효율적으로 적용할 수 있다.

스마트 안전관리 및 AI 기반 모니터링 기술이 적용된 현장 사례

국내에서는 스마트 안전관리를 위해 주로 스마트 안전 통합플랫폼을 사용하고 있다. 이는 근로자 웨어러블 센서와 현장 CCTV, 드론, 설치형 변위·가스·개폐 센서 등의 데이터를 종합적으로 분석하여 관리한다.

국내 H사의 경우, IT 계열사와의 협업을 통해 통합플랫폼을 자체적으로 구축하고 이를 현장 안전관리에 적용하고 있다. 통합플랫폼에는 실시간 위치추적, 중장비 안전 솔루션, AI 영상분석, IoT 안전 로봇 등의 세부 요소기술을 활용하였다. 위치추적시스템은 작업자의 위치를 동/층/호수 단위까지 식별하여 알려주고, 이를 안전관리자는 모니터링할 수 있다. 중장비 안전 솔루션은 장비의 움직임을 센서로 감지해 충돌 예측 거리를 확인해 주며, 위험시 무선 통신을 활용해 실시간으로 경고한다.

또한 H사는 **그림 7**과 같이 미국 Boston Dynamics의 4족 보행 로봇인 스팟(Spot)을 건설 현장에 도입하였다. 그리고 Spot에 ‘라이다’ 장비, 360도 카메라, IoT 센서 등 다양한 첨단 장비를 설치하였다. Spot으로 데이터를 수집하는 실증시험을 수행하였으며, 수집된 데이터와 BIM 데이터를 통합하여 타 공종과의 간섭 여부를 확인하고 효율적인 안전관리계획을 수립하는 데 성공하였다. 앞으로 Spot과 같은 로봇에 다양한 IoT 센서를 장착하여, 위험 구간의 유해가스 감지나 열화상 감지 등 건설 현장 안전관리의 다양한 분야에 활용할 수 있으리라 전망된다.

스마트 안전관리 기술 및 AI 기반 모니터링 기술의 미래 전망

〈한국건설신문〉



그림 7
건설 현장 IoT 안전 로봇(Spot)의 활용

AI 기반 분석기술을 현재 개발 중인 스마트 안전관리와 연계하면, 다양한 유해위험요인 감지를 통해 효과적인 안전관리가 가능하다. 또한 BIM과 연계한다면, 공간정보까지 활용할 수 있어 실시간 대응이 가능하다. 게다가 근로자의 웨어러블 센서와 CCTV 등 영상 장비를 통해서도 근로자의 작업 과정을 기록·추적할 수 있다. 따라서 근로자의 안전 작업 수칙 위반이나 불안정한 행동, 작업오류 등을 자동 점검하여 안전한 근로환경을 조성할 수 있다. 또한 이는 다발성 안전사고 시나리오 재현이나 데이터 수집 등을 통하여 중대재해 예방 대책 수립에도 도움을 줄 수 있다.

하지만 현재 개발되고 있는 스마트 안전관리 기술 및 AI 기반 모니터링 기술은 근로자 개인정보 침해가 우려된다는 단점이 있다. 그러므로 엄격한 데이터 관리 정책이나 근로자 동의 절차 등이 필요하다. 또한 AI 시스템의 오탐지나 미탐지는 안전에 직결되는 문제이기 때문에, 지속적인 데이터 학습과 알고리즘 개선을 통해 시스템의 정확도를 개선해야 한다. 이렇게 새로운 기술의 도입에 대한 거부감이나 불편함을 해소하기 위해서는, AI를 ‘감시’가 아닌 ‘보호’의 수단으로 인식할 수 있도록 근로자에게 충분한 교육과 설명을 제공해야 한다.

이렇게 근로자와 관리자, 기술자들의 협력이 이루어질 때, 첨단 기술을 활용하여 건설 현장의 안전을 획기적으로 향상할 수 있을 것이다. **기술혁신**

로봇·IoT를 활용한 산업현장의 안전 모니터링 기술



글. 박정호
한국전자통신연구원
시로봇연구본부 책임연구원

전북대학교에서 컴퓨터공학 박사 학위를 취득하였으며, 한국전자통신연구원 시로봇연구본부에서 책임연구원으로 재직하고 있다. 주요 연구 분야는 AI 프레임워크, AI 기반의 영상 인식 기술, 로봇 제어 기술 등이다. 산업현장의 재해예방을 위한 통신인프라부터 응용 기술까지 다양한 연구개발의 수행에 매진하고 있다.



IoT·로봇 기반 안전 모니터링의 필요성

산업현장에서 발생하는 각종 재해를 막기 위하여 기업마다 다양한 방안을 만들어 대처하고 있다. 하지만 재해율은 감소하지 않고 있으며, 이를 처리하기 위한 사회적 비용은 해마다 수조 원에 이르는 실정이다. 산업현장에서 발생하는 작업자의 사고는 단지 개인의 문제만이 아니다. 이는 해당 기업의 신뢰성과 경쟁력과도 연계되어 있어, 더 큰 사회적 문제를 만들고 있다.

산업재해의 원인을 분석한 자료를 보면, 사고의 요인은 **표1**과 같이 크게 2가지로 구분된다. 주요인은 작업환경과 관련된 불안전 상태와 작업자의 부주의와 연관된 불안전 행동이다. 다양한 산업재해의 요인을 불안전 상태/행동의 2가지로 완전하게 나눌 수는 없지만, 중대 재해 대부분의 직접적인 발생 원인이 불안전 상태와 불안전 행동이라는 것은 이미 학술적으로 증명되었다.

표1에서 알 수 있듯이, 대부분의 사고는 작업자의 불안전 행동에서 발생하고 있다. ‘불안전 상태’는 해당 작업 전 작업장의 상태와 연계하여 안전관리자의 감독하에 어느 정도 해소가 가능하다. 그러나 작업자 개인의 부주의에 해당하는 ‘불안전 행동’은 한 명의 안전관리자가 통제해야 할 다수의 작업자가 존재하므로, 순식간에 발생하는 사고에 실시간으로 대응하기 어려운 측면이 있다.

작업자의 불안전 행동을 줄이기 위해서는, 우선 지속적인 교육으로 작업자 본인의 의식 수준을 향상할 수 있다. 이에 더하여 작업자의 안전 장비 착용 여부나 위험구역 출입 여부 등을 실시간으로 판단할 수 있는 ICT(Information and Communication

〈산업재해 분석보고서, 산업안전보건연구원 2016~2019〉

| 구분 | 불안전 상태 | 불안전 행동 |
|--------|---|--|
| 해당 요인 | <ul style="list-style-type: none"> · 방호 장치 미비 · 안전표지 및 표어 미비 · 안전 점검 및 교육 부재 · 안전 보호구 미비 · 정리 정돈 불량 · 환기 및 배기장치 불량 · 건강 상태 등 | <ul style="list-style-type: none"> · 안전장치 기능 제거 · 위험장소 접근 · 보호구 미착용 · 위험물 취급 부주의 · 불안정한 상태의 방치 · 작업 및 안전 수칙 거부 · 기타 |
| 사고 발생률 | 10% | 88% |
| 해결 방안 | 안전경영, 안전교육 | ICT 기술 활용 |

표 1 산업재해의 원인

Technology) 기술을 적용한다면, 사고의 원인을 직접적으로 제거하여 다수의 사고 예방에 효과적으로 대응할 수 있다. 따라서 작업자의 불안전 행동을 줄이기 위해서는 ICT 기술을 적극적으로 활용해야 한다.

IoT(Internet of Things) 및 지능형 로봇 등 현재 크게 화두가 되는 기술들이 대표적인 ICT 기술에 해당한다. 이러한 기술들을 적용한다 해도 모든 안전사고를 사전에 방지하기는 어려울 것이다. 그러나 조금이라도 나은 안전한 작업장을 구현하려는 노력은 개인의 귀중한 생명을 보호하고, 해당 기업이 한 단계 더 성장하는 계기를 만들어 줄 것이다.

산업안전 모니터링에 활용되는 IoT 기술

산업현장의 사고 예방을 위한 IoT 기술은 이미 오래전부터 많은 기업에서 활용되고 있다. 산업재해 중 추락사고나 질식 사고가 높은 빈도를 차지하고 있어, 이를 예방하기 위한 IoT 기술이 활용되고 있는 것이다. 먼저, 작업자가 작업에 필요한 안전 장비를 제대로 착용하고 있는지를 판단하기 위해 안전 장비마다 센서를 설치하고 있다. 이후 착용 정보를 수집하여 서버로 전송하고, 종합적인 안전상태를 판단하는 방식이 있다. 또한 밀폐공간에서 작업 중 발생하는 질식 사고를 예방하기 위해, 밀폐 작업장의 다양한 가스 정보를 실시간으로 수집하여 위험경고나 작업 중지를 바로 지시하는 방식이 있다.

그림1은 IoT를 기반으로 한 산업현장 통합 안전관리 플랫폼의 가장 기본적인 개념도를 나타낸다. 이는 AI 기반 위험예측도 포함하여, AIoT 플랫폼 구성으로도 볼 수 있다. 이러한 시스템을 구축하기 위해서는 안전과 연관된 정보수집을 위한 센서 기반 IoT 기술, 통신이 열악한 산업 환경에도 적용할 수 있는 무선통신 기술, 작업장의 위험도 분석이 가능한 통합 안전관리 플랫폼이 필수적이다. 시스템은 작업장과 작업자에 부착된 센서를 통해 산업현장의 안전사고에 영향을 줄 수 있는 다양한 정보를 수집하고, 이를 데이터

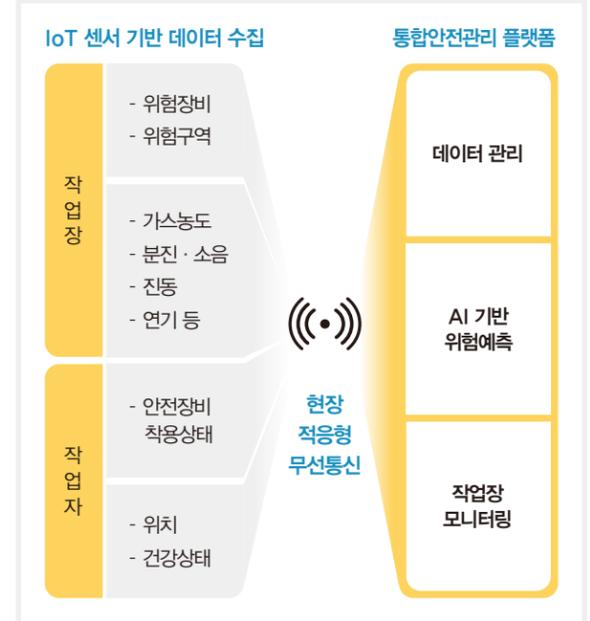


그림 1 IoT 기반 안전관리 플랫폼 기본 개념도

손실 없이 안전관리 플랫폼까지 전송할 수 있어야 한다. 산업현장은 밀폐공간도 존재하고 철 구조물과 같은 통신 음영지역이 혼재되어 있으므로, 이러한 환경에 최적화된 무선통신 기술이 절대적으로 필요하다.

IoT 기술이 실제 산업 환경에 적용된 예로, 국내에서는 POSCO에서 개발한 ‘스마트 세이프티 불’을 꼽을 수 있다. 이는 밀폐공간에서 유해가스 존재 여부를 사전에 감지하기 위한 장치다. 산소, 일산화탄소 및 황화수소의 농도를 측정할 수 있는 센서를 내장하고 있으며, 밀폐공간에서도 30m 내외까지 데이터를 전송할 수 있는 기능을 갖추었다.

밀폐공간에서 유해가스를 측정하는 장치의 또 다른 예시로는, 한국전자통신연구원(ETRI)이 개발한 고정형 또는 휴대형 복합 가스 감지기와 LoRa(Long Range) 통신을 이용한 시스템을 꼽을 수 있다. LoRa 통신을 이용한 시스템은 LoRa 릴레이 장치를 두어 원거리 통신이 가능하며, 이에 대한 구성도는 **그림2**와 같다.

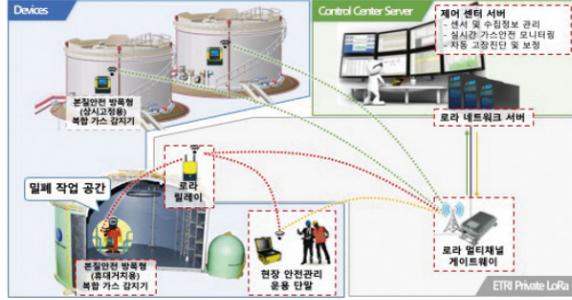


그림 2
LoRa 통신 기반 실시간 가스 모니터링 시스템 구성도

IoT가 적용된 다른 사례로는 삼성에서 개발한 ‘스마트 헬멧’이 있다. 이는 장착된 IoT 센서와 통신 모듈을 활용하여, 작업자가 위험구역에 접근하거나 쓰러지는 상황에 즉시 경고를 보낸다. 또한 심박수 센서도 내장하여 건강 상태를 실시간으로 모니터링해 준다.

최근에는 웨어러블 장치도 크게 발전하여, 작업자의 안전을 위해 많이 활용되고 있다. 한 가지 예로, 에너지 산업의 세계적인 슈퍼 메이저인 엑손모빌(ExxonMobil)은 스마트 웨어러블을 이용해 작업자의 심박수와 스트레스 수준을 모니터링하고, 피로 누적 상태를 사전에 감지하는 시스템을 운영하고 있다.

다중 로봇 협업으로 이루어지는 제조 현장 안전관리

많은 기업이 AI 기술과 로봇을 현장에 도입하여 운영하는 추세다. 이러한 기술들은 디지털 공장으로 전환하는 데 필수적인 조건으로, 작업자 간 협업이 많았던 과거에 비하여 현재는 작업자와 로봇 간 협업이 보편화되고 있다. 미래의 디지털 공장에서는 작업자보다는 이동형 로봇 간 협업이 중추적인 역할을 할 것으로 예상되는데, 이를 위해 해결해야 할 기술적 문제들이 많이 산적해 있다.

AI 기술은 제조기업이 우선 해결해야 할 특정 분야에 적용되어 효과를 내고 있다. 그러나 이동 로봇이 제조기업의 경쟁력 향상에 도움이 된다는 사례는 찾지



그림 3
다중 로봇 기반의 산업현장 안전관리 시스템

어렵다. 단일 로봇만 운영할 때 얻을 수 있는 효과가 한정적이기 때문일 것이다. 따라서 디지털 변환에 맞추어, 제조기업의 경쟁력 향상에 주요한 안전관리 기술을 향상하는 것은 매우 중요하다. 이를 위하여 2개 이상 복수의 이동 로봇과 AI 기술을 제조기업 현장의 재해예방에 적용하는 방안은 필수적이다.

산업재해 예방 분야에서 AI 기반 다중 로봇 간 협업 기술은, 기존 기술을 넘어 미래로 나아가기 위한 새로운 전환점을 마련하고 있다. 이 기술은 기존의 단순한 순찰 기능을 수행하는 로봇 활용 방식을 넘어, AI와 로봇 간 협업을 통해 실질적이고 신뢰할 수 있는 산업안전 관리 체계를 구축할 수 있다(그림3).

최근 ETRI에서 개발하고 실증을 마친 이 기술은 산업현장의 다양한 게이지를 인식한다. 이 게이지는 각종 설비의 상태를 나타내는데, 이를 통해 안전상태나 작업장 내의 유해가스를 탐지할 수 있다. 또한 작업자의 쓰러짐이나 안전 장비 착용 여부 또는 위험구역 출입 여부를 판단할 수 있다. 이러한 기능은 모두 로봇에 장착된 카메라 영상을 AI 기술로 인식하여 동작한다. 카메라의 특성상 주변 환경에 따라 인식 오류가 발생할 수 있어, 오류를 인지한 이후에는 자동으로 별도의 로봇이 해당 게이지 위치로 이동하여 정밀 촬영하도록 구성되어 있다.

산업현장 로봇·IoT 기술도입이 가져오는 효과와 장점

위의 사례를 통해 알 수 있듯이, 다양한 IoT 기술과 로봇 기술이 산업현장의 사고를 예방하기 위해 활용되고 있다. 이들 기술은 작업자에게 가해지는 위험을 최소화하여 안전을 최대한 보장함으로써, 사고를 예방하는 데 큰 역할을 한다.

이들 기술을 통해 기업이나 작업자가 직·간접적으로 얻을 수 있는 가장 중요한 효과는, 위험한 작업으로부터 작업자의 안전을 지킬 수 있다는 것이다. 위험이 많은 작업공간이라면 IoT 기술로 안전한 환경인지를 사전에 확인할 수 있고, 필요한 경우 작업자 대신 로봇을 투입하여 유해가스 지역이나 화상 위험지역의 작업을 지시할 수도 있다. 작업자의 안전을 보장하여 산업재해를 예방하면, 기업의 경쟁력도 동반하여 향상된다.

두 번째 효과는, 작업자의 반복적인 업무로 인한 부상을 예방하고 더욱 정확한 작업을 지속할 수 있다는 것이다. 설비의 안전성 측정을 위하여 주기적으로 순찰하는 작업자 대신 로봇을 활용할 수 있으며, 반복적인 공정을 수행하는 작업자에게 발생하는 근골격계 부상을 예방하기 위하여 해당 공정에 로봇을 투입할 수 있다.

마지막 효과는, 이들 기술이 산업현장의 각종 장비나 설비에 대한 유지보수 분야에서 큰 역할을 담당할 수 있다는 것이다. IoT 센서를 통해 장비나 설비의 이상 상태를 사전에 감지하여, 설비교체 등 유지보수를 수행할 수 있다. 또한 4족 보행 로봇으로 건설 현장 등 위험지역을 지속 모니터링하여, 안전한 산업 환경의 조성에도 크게 기여할 수 있다.

산업현장에서의 로봇·IoT 기술도입 과제와 미래 전망

로봇 기술 및 IoT 기술과 AI 기술은 서로 상이한 기술이지만, 이들 모두는 ‘데이터’라는 공통 기반이 있어야 작용한다. 로봇이나 IoT 센서 데이터, AI 학습을

위한 데이터 등 데이터의 형식이나 내용은 다를 수 있지만, 데이터가 있어야 산업현장의 위험예측이 가능하다.

이러한 데이터는 산업현장에서 취득한 데이터가 주류를 이루지만, 외부 공개가 불가한 기업의 기밀 데이터도 포함한다. 기업의 규모가 클 경우, 내부적으로 기업 데이터를 활용하여 직접 기술개발을 수행할 수 있다. 하지만 많은 경우, 외부의 전문 ICT 업체에 기술개발을 의뢰하여 솔루션을 제공받게 된다. 이 때문에 기밀 데이터를 안전하게 관리하면서도 솔루션 개발 기업에 관련 데이터를 제공할 수 있도록, 블록체인 기반의 제조데이터 보호 거래 플랫폼과 같은 기술의 개발 및 도입이 필요해 보인다.

로봇 기술이나 IoT 기술을 산업현장에 도입할 경우, 소프트웨어 개발 비용은 제외하더라도 인프라 구축에 상당한 초기 비용이 필요하고 지속적인 유지보수 비용도 소요된다. 이러한 기술은 산업현장의 안전관리 및 제품 생산 분야 등에서 자동화를 지원하지 못, 일자리 감소를 초래할 가능성도 있다.

그러나 미래의 산업현장은 경쟁력 원천 변화에 대응하기 위해 디지털로 전환될 수밖에 없다. 이렇게 급변하는 환경에서 작업자와 로봇은 동일 작업공간에서 상호 협업하게 변화하고, 결국은 최소한의 작업자와 다수의 로봇 간 협업으로 산업현장이 운영될 것이다. **그러므로 우리는 가까운 미래에 더욱 고도화된 AI와 다중 로봇 간 협업 기술이 가져올 변화에 주목하며, 안전과 경쟁력을 갖춘 산업 환경을 조성하기 위해 힘을 모아야 할 것이다.** 기술·혁신

미래 교통안전을 위한 국가교통DB 개편



글. 이준
한국교통연구원 교통안전방재
연구센터 연구위원

일본 도쿄대학교(東京大學)에서 토목공학 박사 학위를 취득하였고, 한국교통연구원에 재직하면서는 교통안전방재연구센터 초대 센터장을 지냈다. 주요 연구 분야는 국가 재난 시 비상 도로 계획 및 교통 안전이다. 국가 방재 도로 구축 및 운영전략이나 소방차 우선신호제 등도 연구하고 있으며, 최근에는 원자력 사고 발생 시 주민 대피 소개 전략 시뮬레이터 개발 등의 사업을 진행하고 있다.



국가교통DB란?

한국교통연구원의 ‘국가교통DB(National Transport Database, NTDB)’는 국가 단위의 종합적인 교통 데이터를 수집·분석·관리하는 데이터베이스로 교통계획, 정책 수립, 연구개발을 지원하는 핵심 인프라다. 국가교통DB는 전국 단위의 데이터를 구축하는데, 모든 교통수단(도로, 철도, 항공, 해운 등)을 포함하여 통합된 데이터를 관리한다. 또한 국가 교통계획, 광역 교통망 구축, 대중교통 운영 최적화 등의 정책 의사결정을 지원한다.

국가교통DB는 4~5년을 주기로 하여 정기적으로 갱신되는데, 이는 국가 및 지방자치단체(이하 지자체)의 교통 조사, 빅데이터 등을 활용하여 지속적으로 이루어진다. 과거와 현재, 미래의 국가 인구통계학적 특성 변화 및 국토의 교통망 개선에 따라, 통행량 분석이나 OD 매트릭스(Origin-Destination Matrix) 기반 교통수요 예측 결과를 제공한다. 또한 장기 수요 예측 모델에 활용할 수 있는 국가 표준지표도 제공한다. 국가교통DB는 지금까지도 국가 주요 기간망의 신규 건설 및 유지보수를 위한 주요 표준지표로 사용되고 있으며, 현재뿐만 아니라 미래의 신규 도로망(Network)과 기종점(Origin-Destination)을 반영한다. 따라서 국가교통DB는 사회기반시설의 이용량과 사회적 비용을 산출하는 데 국가 공식 발표의 기준자료로 활용되고 있다.

국가교통DB는 어디에 쓰일까?

1) 국가 및 지방자치단체 교통계획 수립에 활용

국가교통DB는 국가 기간교통망 계획(National Transport Network Plan)인 국토교통부의 ‘제5차 국가교통망 종합계획’이나 ‘광역교통 2030’ 등의 교통정책 수립 시 표준자료로 활용되었다. 이에 더하여 도로, 철도, 항공, 해운 등 다양한 교통수단의 OD 매트릭스 분석을 기반으로, 장기적 투자 방향을 설정하는 데 활용되고 있다.

국가교통DB는 국민적 관심이 높은 도시 및 광역 철도망 구축을 위한 노선 최적화 연구에도 적용되었다. 지자체의 교통계획 수립이나 교통영향평가의 자료로도 활용되었는데, 구체적으로 대도시권 교통 문제 해결을 위한 BRT(Bus Rapid Transit; 간선급행버스), GTX(Great Train Express; 광역급행철도), 신도시 교통 대책 수립에 활용되고 있다. 또한 국가 교통DB는 신도시 개발이나 대규모 건설사업(신공항, 신항만 건설 등)에서 교통수요 예측 및 환경영향평가 수행의 기준이 되고 있다.

2) 교통시설 투자 타당성 분석

국가교통DB는 도로 및 철도 인프라 투자 우선순위 결정을 위한 고속도로, 국도, 철도망 확충 사업의 경제성 분석(Benefit/Cost 분석, Analytic Hierarchy Process 기법)에도 활용된다. 예를 들어, 국가교통DB는 KTX 신규 노선 선정과 수도권 제2순환고속도로 건설의 필요성 평가에 활용되었다. 또한 도심내 교통 혼잡 개선을 위한 도로 운영 전략의 수립과 더불어 교차로 개량, 신호체계 최적화, 버스전용차로 지정 등의 필요성을 평가하는 기초자료로 제공되고 있다. 대도시권 내 정체 해소를 위한 IC(Inter-Change; 나들목) 신설 및 회전교차로 도입 여부 결정의 검토자료로도 활용된다.

3) 대중교통 서비스 개선 및 운영 최적화

국가교통DB는 대중교통 O/D 분석을 통해, 버스 및 지하철 노선 개편을 위한 이용 패턴을 분석한다. 예를 들어, 이에 기반하여 서울이나 부산 등 대도시권의 노선을 효율화하고 배차 간격을 조정한다. 국가교통DB는 광역교통 연계망 최적화에도 활용되는데, 수도권 및 광역도시 간 연계 교통망 분석을 통해 GTX, SRT, 광역버스 노선의 효율성을 평가한다. 환승 센터의 최적 입지 분석과 대중교통의 연계성을 고려한 투자 전략의 수립에 표준 분석값으로도 활용된다.

4) 교통안전 및 재난 대응 시스템 구축

국가교통DB는 교통사고 위험 구간을 분석하고 개선 대책을 수립하기 위한 교통사고 다발 지역 분석과 시설 개선(안전 시설물 설치, 제한속도 조정 등)의 결정에 활용된다. 예를 들어, 어린이 보호구역 확대나 회전교차로의 도입, 스마트 교통안전 시스템의 적용을 위한 최적지 선정에 활용된다. 또한 긴급차량 이동 경로의 최적화에 사용되는데, 화재나 지진 등 재난 발생 시 응급차량, 소방차, 경찰차의 최적 이동 경로를 분석하고 운영계획을 수립하는 데 활용된다.

5) 신 교통기술 및 미래 모빌리티 연구

국가교통DB는 자율 주행차 및 C-ITS(Cooperative Intelligent Transport System; 지능형 교통 체계)의 실증 연구, 자율주행 도로 인프라 구축을 위한 교통 흐름 데이터, 스마트 톨링(무정차 통행), V2X(Vehicle to Everything) 통신 기술 도입 등 국가의 주요 인프라 사업을 계획하기 위한 데이터베이스를 제공한다. 또한 친환경 교통정책의 수립(탄소중립, 전기차 충전 인프라 최적화)과 전기차 충전소의 최적 입지 분석 및 도로별 온실가스 배출량 시뮬레이션, 친환경 교통수단(전기·수소 버스)의 최적 노선 선정 연구에도 활용된다.

이와 같이 국가교통DB는 거시적 교통정책의 수립, 교통시설 투자, 대중교통 최적화, 교통안전의 개선, 미래 모빌리티 연구 등 다양한 분야에서 활용된다. 특히 OD 매트릭스나 교통수요 분석, GIS(Geographic Information System) 기반 공간정보를 바탕으로, 교통 인프라의 최적화 및 국가 차원의 교통 전략 수립을 지원하는 필수적인 데이터베이스이다.

국가교통DB의 새로운 도약, View-T

이렇게 중요한 역할을 수행해 온 국가교통DB는 더 입체적인 정보를 제공하기 위해 2017년부터 View-T

(<https://viewt.ktdb.go.kr>)



그림 1 View-T 인트로 화면

| 서비스명 | 설명 |
|---------------|--|
| 통행 지표 | 교통량, 속도, O/D 등 기초 교통 데이터 및 혼잡, 환경, 안전과 관련한 다양한 통행 지표를 제공. |
| 분석 도구 | 이동 현상을 지도 위에 다양한 방법으로 시각화하여, 그동안 볼 수 없었던 이동 특성과 패턴을 직관적으로 파악할 수 있는 시각화 툴 제공. |
| View-T Light | 초보자도 쉽게 사용할 수 있는 간단한 체험 버전으로, 원클릭을 통해 View-T의 주요 기능 체험. |
| View-T Expert | 정책, 사업, 연구 등을 위한 전문적인 분석 환경을 제공하여, 이용자는 목적에 따라 자유롭게 데이터를 분석. |
| 데이터 다운로드 | 모빌리티 빅데이터를 기반으로 구축된 기초 교통 DB와 통행 지표의 다운로드 제공. |

표 1 View-T의 주요 기능

| 기능명 | 설명 |
|-------------|---|
| 통행 경로 분석 도구 | 선택한 도로의 구간을 통과하는 차량의 경로를 분석하여, 해당 구간을 이용하는 차량의 출발지와 목적지를 파악할 수 있음. 특정 도로의 교통량 분포와 흐름을 이해하는 데 도움을 줌. |
| 시간대별 교통량 분석 | 특정 시간대의 교통량 데이터를 분석하여, 시간에 따른 교통량 변화를 시각화하고 혼잡 시간대를 식별할 수 있음. 교통 혼잡 완화 대책 수립에 유용. |
| 평균 속도 분석 | 도로 구간별 평균 속도 데이터를 분석하여, 속도 저하 구간을 식별하고 교통 흐름의 원활함 정도를 평가할 수 있음. 이를 통해 교통 병목 현상의 파악과 개선 방안의 모색이 가능. |
| 혼잡 원인 분석 | 특정 구간의 교통 혼잡 원인을 차량의 공간적 통행 패턴과 특정 측면에서 분석하여, 혼잡의 주요 원인을 파악하고 개선 대책을 수립하는 데 활용. |

표 2 주요 분석 도구와 기능

서비스를 시작하였다. 이는 설문조사에 기초해 이루어져 온 기존의 한계를 극복하고, 신규 데이터(핸드폰 기지국 접속데이터, 네비게이션 사용데이터 등)를 활용하고 있다.

1) 주요 기능

View-T는 표1의 다양한 기능들을 통해 중앙정부, 지자체, 연구기관, 대학교, 민간기업 등에서 교통정책 수립, 운영, 환경, 계획, SOC(Social Overhead

Capital; 사회간접자본), 평가 등 다양한 분야의 통합형 서비스로 활용되고 있다.

2) 분석 도구 기능

표2에서 살펴볼 수 있는 바와 같이, View-T의 분석 도구는 교통 데이터를 다양한 방식으로 시각화하여 이동 현상과 특성을 직관적으로 파악할 수 있는 정보를 제공한다.

(<https://www.ktdb.go.kr>)

〈국립재난안전연구원〉



그림 2 화물차 주요 통행로 분석 결과 예시

분석 결과 예시와 미래 활용 방안

View-T 서비스는 교통인프라 부분의 분석과 경제성 평가도구로 사용된다. 이뿐만 아니라, 사건 및 사고 등 도로 여건의 유고 발생 시를 조건으로 해서도 분석을 진행할 수 있다. 이러한 모델은 다양한 대규모 재난



그림 3 재난대피 시뮬레이터 프로그램 화면

발생 시 국민의 피난 이동 및 피난 시간 등의 산정에도 활용되고 있다. 현재 국립재난안전연구원서 개발 중인 ‘재난대피 시뮬레이터 프로그램’ 사업에서도 View-T는 기초자료로 활용된다. 구체적으로, 시간과 장소를 특정할 수 없는 재난의 발생 시 국민의 현 위치와 이동 상황을 예측하고 구호소까지의 이동에 걸리는 시간을 파악하는 데 활용된다.

결론

교통연구 분야에서는 지난 50년간 사람의 이동 행태와 특성을 연구하여, 국민 평균 1일 동안의 총이동을 예측하는 교통수요 분석 방법론을 개발해 왔다. 한국교통연구원은 국가 예산 절감 및 균형발전, 미래의 통일까지 고려한 과학적 분석을 기반으로, 가장 효율적인 국토개발계획과 교통인프라 구축계획을 수립 중이다.

이러한 분석의 초석은 질 좋고 정확한 자료로 국가의 표준이 되는 국가교통DB에서 시작되었다. 이제는 국가교통DB에 첨단기술을 접목하고 기존에 없던 자료들을 활용하여, 이용성과 분석 기능을 향상한 View-T 서비스를 제공하고 있다. View-T 서비스는 국가의 의사결정에 공정하고 체계적인 표준데이터로 활용되었으며, 활용성과 서비스를 확대하면서 재난 분야로도 그 적용이 확대되고 있다. **기술혁신**

가정 내 평안을 위한 충간소음 극복 기술



글. 조현민
포스코이앤씨 R&D센터 과장

서울시립대학교에서 건축공학 박사 학위를 취득하고, 포스코이앤씨 R&D센터에서 연구개발 업무를 담당하고 있다. 건설사 충간소음 대응, 충간소음 저감 기술, 세대 간 차음 등 건축 소음 전반에 걸쳐 실무 및 연구개발을 수행하고 있다.



가정의 평안을 위협하는 충간소음의 이해와 원인

현대 사회에서 충간소음 문제는 공동주택 거주자에게 가장 민감한 문제 중 하나로 자리 잡고 있다. 환경부에 따르면, 충간소음 관련 민원은 2020년 약 42,250건에서 2023년 약 65,000건으로 54%가량 증가한 것으로 나타났다. 이는 주거환경 내 충간소음 문제가 점점 더 심각해지고 있으며, 개인의 불편을 넘어 사회적 갈등을 유발하는 원인인 것을 의미한다.

이러한 충간소음은 주로 아파트나 다세대 주택에서 발생하며, 일상생활의 소음이 벽이나 바닥을 통해 전달되며 발생한다. 충간소음은 소음 패턴과 종류에 따라 두 가지로 분류된다. 성인이 보행할 때 나는 발뒤꿈치 소리나 아이들이 뛰는 소리 등의 저주파 충격음인

‘중량충격음’과 물건을 떨어뜨리거나 가구를 옮기는 소리 등의 중고주파 충격음인 ‘경량충격음’의 두 가지이다. 충간소음의 원인은 일차적으로, 성능이 떨어지는 건축 자재(바닥 완충 구조)와 시공 품질의 불량에 있다. 이후 거주 시점에서는, 위층 거주자의 과도한 소음 발생이나 아래층 거주자의 소음에 대한 예민함 등 다양한 요인이 복합적으로 작용한다.

충간소음 관련 제도 현황

최근 몇 년간 정부와 지방자치단체는 충간소음 문제 해결을 위하여 다양한 정책과 제도를 도입 및 강화해 왔다. 국토교통부에서 이를 세부적으로 규정하고 있는데, 현재 적용되고 있는 충간소음의 기준은 크게 다음의 두 가지로 나눌 수 있다.

1) 사전인정제도

사전인정제도는 2004년부터 시행되었다. 이는 공동주택의 골조(슬래브) 상부 바닥구조(완충층, 채움층, 마감층 등)에 대한 차음성능을 실제 세대와 유사한 환경에서 사전 시공하여, 층간 차음성능 등급을 부여하는 제도이다. LH(한국토지주택공사)와 KICT(한국건설기술연구원)에서 인증서를 발급하고 있으며, 국토부의 사전 인증을 통해 강화된 최소 기준(49dB 이하)을 만족하는 바닥구조만 공동주택 세대 내 바닥마감 설계에 적용될 수 있다.

2) 사후확인제도

사후확인제도는 2022년 8월에 신규 시행되었으며, 해당 시점 이후 사업 승인이 신청된 공동주택에 적용된다. 이 제도에 따르면, 준공 전 국토부 산하 국토안전관리원이 전체 세대 중 2~5%를 샘플링 측정하여, 최소 기준(49dB 이하) 만족 여부를 평가하게 된다. 최소 기준을 만족하지 못할 시에는 전체 세대 보완시공 전까지 준공이 불허된다.

사후확인제도의 최소 기준은 기존 50dB에서 49dB로 1dB 강화되었다. 평가 방법 또한 약 1~2dB 강화되었기 때문에, 전반적으로 2~3dB 수준 강화되었다.

| 구분 | 경량·중량 충격음(dB) |
|----|------------------|
| 1급 | $L \leq 37$ |
| 2급 | $37 < L \leq 41$ |
| 3급 | $41 < L \leq 45$ |
| 4급 | $45 < L \leq 49$ |

* 시험방식 : 태핑머신(경량충격음), 임팩트볼(중량충격음)
* 평가방식 : L'n, Tw(경량충격음), L'i, A, Fmax(중량충격음)

표 1
사후확인제도 도입 이후 바닥충격음 등급 기준

따라서 기존에 일반적으로 사용하던 표준바닥구조(완충재 30mm+기포콘크리트 40mm+마감 몰탈 40mm)를 그대로 사용한다면, 강화된 최소 기준에 미달하기 때문에 개선된 바닥구조의 개발이 필요한 상황이다.

현재 건설사들은 법규 도입 예고 시점부터 이에 대응하기 위해 연구개발을 활발히 진행하고 있다. 이는 준공 불허 및 배상금에 대한 Risk 해소와 함께, 기업의 기술력 제고 및 홍보 수단으로도 작용한다. 따라서 건설사 간 층간 바닥구조에 대한 기술 개발 경쟁이 매우 격화된 상황이다.



그림 1
사후확인제도 도입 이후 개발 바닥 Layer 구성

충간소음 피해를 예방하기 위한 기술적 대책

현시점에서 충간소음 피해를 줄이기 위한 현실적인 기술적 대책으로는 다음의 두 가지 정도가 고려된다.

1) 바닥구조 개발 및 적용

층간 차음을 위한 고성능 바닥구조의 개발은 투입비용 대비 매우 효과적인 방법으로, 건설사들이 가장 먼저 기술 개발을 진행하고 있는 대책이다. 먼저, 몰탈층 개선을 통해 바닥구조 Mass를 증가시키는 방법이 있다. 기포 콘크리트층을 몰탈로 대체하는 신규공법이나 고밀도 몰탈 적용 등이 검토되고 있다.

두 번째는, 완충층을 개선하는 방법이다. 완충재의 동탄성 개선, 신재료 적용, 마운트 완충 구조 적용 등이 주요 개선 기술로 검토된다. 각각의 개선 요소들을 개발하고 적절히 조합하여 바닥구조를 구성한다. 이를 국토부의 인증을 받아 인증서를 확보해야만, 실제 현장 설계에 적용 가능한 바닥구조가 된다.

2) 사후 보완시공 공법의 개발 및 적용

만약 상기 대책에도 불구하고 최소 성능에 미달한다면, 보완시공 공법을 적용할 수 있다. 이때 시공된 바닥구조의 철거는 비용이 과다하게 발생하므로 하부 세대 천장 구조에 흡음 보강을 하는 공법이 주로 고려된다. 소폭의 저감 효과가 있는 PVC류 바닥마감재로의 교체도 고려할 수 있지만, 민간 건설사에서는 입주자 옵션 사항이기 때문에 보통 교체가 어렵다.

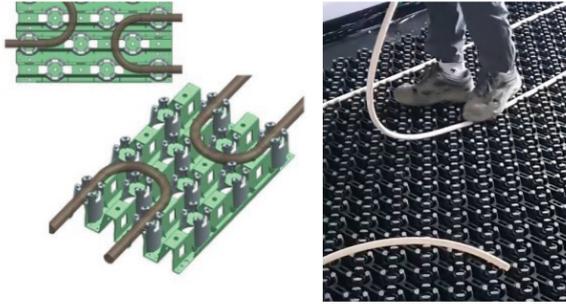


그림 2
통물탈구조 구현을 위한 방진모듈판 설계 및 배관시공 모습

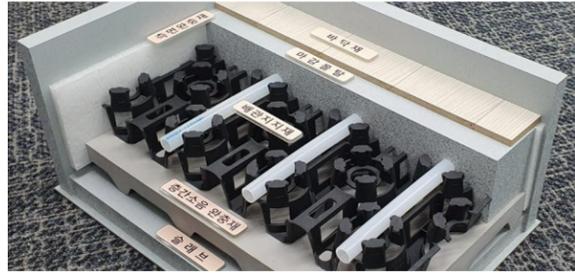


그림 3
통물탈구조 적용 인장바닥구조 실물모형
(Anwoollim 바닥구조, 인정번호: 제24-08호)



그림 4
1등급 인장바닥구조 실물모형
(AnwoollimH 바닥구조, 인정번호: 제24-22호)

충간소음 극복 기술 중 바닥구조 개발 현황 및 주요 사례

앞서 언급한 바와 같이, 바닥구조 개선의 주요 개발 방향은 바닥구조의 Mass 증가와 완충 구조의 개선 등에 있다. 이를 토대로 구성할 수 있는 바닥구조는 **그림1**과 같다. 주요 시공사들은 해당 구성에서 크게 벗어나지 않는 형태로 개발을 진행하는 추세이다. **그림1**의 구성들은 3~4등급을 만족할 가능성이 높은 방안들이며, 1~2등급의 고차음 구조를 달성하기 위해서는 완충 구조에 대한 개선이 병행되어야 한다.

1) 포스코이앤씨 개발 사례 1 :

Anwoollim 바닥구조 (중량 3~4등급/경량 1~2등급)

통물탈구조의 경우, Mass 강화 구조 방안 중 저감 성능이 가장 우수하게 나타났다. 또한 습식 2회 공정을 1회로 줄여 공기 단축이 가능하기에, 포스코 이앤씨는 해당 구조를 주력으로 개발하였다. 이에 더하여, 통물탈구조는 현행 EPS(Expanded Poly-Styrene) 및 EVA(Ethylene-Vinyl Acetate) 재질의 판형 완충재를 그대로 사용한다고 해도 완충재의 물성 및 품질에 크게 영향을 받지 않으면서 안정적인 차음성능의 발현이 가능하다는 장점이 있다.

다만, 이러한 통물탈구조를 구현하기 위해서는 난방 배관을 공중에 띄우면서 하부에는 몰탈을 채울 수 있는 요소기술이 필요하다. 난방 배관은 마감 몰탈 상부 바닥 면에서 20~30mm 하부에 위치할 때 적정 난방 효율이 유지되기 때문이다. 이를 위하여 포스코이앤씨는

핵심기술인 방진모듈판을 자체 개발하여 적용하였다. 방진모듈판은 통물탈 구현을 위한 배관 띄움과 함께 적재 용이성, 작업 중 지지 안정성, 배관 시공성 개선, 몰탈 균열 저감 등의 부가적인 효과를 가지도록 설계되었다. 최종적으로 개발된 바닥구조 구성은 슬래브 210mm+완충재 35~40mm+마감 몰탈 70~75mm(방진모듈판 삽입)이다. EPS, EVA 등으로 구성된 기존 판재형 완충재를 그대로 사용했음에도, 사후확인제 중량 3~4등급, 경량 1~2등급 수준으로 다수의 인증을 획득하였다.

2) 포스코이앤씨 개발 사례 2 :

AnwoollimH 바닥구조 (중량 1등급/경량 1등급)

중량충격음 1등급은 4등급 대비 1/16 수준으로 소음레벨 크기를 줄여야 달성 가능한 수준이다. 따라서 바닥마감 두께를 그대로 유지하면서 해당 수준을 달성하는 것은 매우 어렵다. 특히 사후확인제도가 도입되면서 1등급에 해당하는 수치가 40dB 이하에서 37dB 이하로 강화되었고, 계산 방법 또한 강화되어 이를 달성하기는 더욱 어려운 실정이다.

포스코이앤씨는 중량충격음 1등급을 달성하기 위해 **마운트 완충 구조를 적용하여 저감 성능을 획기적으로 개선하였다. 아울러 마운트 완충 구조의 고질적인 바닥 처짐 하자를 해결하기 위하여 m²당 41개의 고무 마운트가 적용되었고, 다수의 실험 및 예측을 통해 1등급 달성을 위한 최적의 완충 구조 물성·두께를 도출하였다.** 마지막으로 통물탈구조를 적용하여 안정적인 추가

저감 성능을 도모하였으며, 방진모듈판의 데크플레이트 형상으로 인한 견고한 지지구조를 통해 시공 중의 완충 구조 훼손도 방지하였다. 최종적으로 개발된 바닥구조의 구성은 슬래브 210mm+마운트 완충 구조 40mm+마감 몰탈 70mm(방진모듈판 삽입)이다.

이를 통해 포스코이앤씨는 사후확인제 중량 1등급, 경량 1등급 인증을 획득하였다. 기존의 바닥마감 두께인 110mm를 유지하며 최초로 인증을 획득한 구조이며, 기존 판재형 완충재를 시공하는 시간과 큰 차이가 없다는 특징이 있다. 마감 몰탈 또한 고밀도 몰탈이 아닌 일반 몰탈을 적용하여, 최적의 시공성 및 경제성을 확보한 구조로 판단된다.

충간소음 극복 기술의 미래 시장 전망 및 제도적 개선 과제

1) 시공성과 경제성이 같이 고려된 바닥구조의 지속적인 개발

법규 시행 이후 바닥구조들이 많이 개발되어 인증을 받았지만, 실제 현장에서 쓸 수 있는 바닥구조로는 선택지가 많지 않은 상황이다. 이는 성능 이외에 시공성, 경제성, 바닥 꺼짐과 같은 하자 여부 등을 종합적으로 고려하지 않은 구조들이 많기 때문이다. 앞으로는 바닥 차음성능과 함께 경제성과 시공성 등이 더 개선된 효율적인 바닥구조들이 개발될 것으로 예상된다.

2) 리모델링 맞춤 구조 및 구축용 보완 기술 개발

리모델링의 대상이 되는 구축 공동주택의 경우, 골조(슬래브)의 두께가 120~180mm로 신축의 210mm 대비 열악한 환경이다. 이러한 환경에서, 층고도 확보하면서 신축 수준의 층간 차음 성능을 지닌 맞춤형 바닥구조의 개발이 필요하다. 특히 리모델링의 경우 재건축의 대안으로써 최근 그 시장이 확대되고 있는바, 관련 기술의 필요성이 점점 증가하는 추세다.

3) Smart 제어 기술 개발

스마트 기술을 도입한 알림 및 저감 기술의 개발도 활발하게 진행될 것으로 예상된다. 첫 번째 예시로, IoT(Internet of Things; 사물인터넷) 기반의 스마트 홈 기술을 활용하여 층간소음을 모니터링하고 사용자에게 피드백을 제공하는 알림 시스템을 들 수 있다. 두 번째 예시로, 이어폰이나 차량에 적용되는 능동소음제어(Active Noise Cancelling, ANC) 기술을 세대 내에 활용한 능동충격소음제어(Active Impulsive Noise Cancelling, AINC) 저감 기술을 들 수 있다.

4) 제도적 추가 개선

현재 강화된 층간소음 기준인 49dB도 사실 거주자에게는 충분하지 못한 수준이다. 하지만 분양가의 과도한 증가 우려와 기술적인 한계 등의 복합적인 요인으로 인하여 소폭만 기준이 강화된 것으로 판단된다. 향후 기준의 단계적인 강화가 필요할 것이며, 이에 맞추어 개선 기술이 지속적으로 개발되어야 할 것이다.

위와 같이 정부와 민간이 층간소음 문제를 해결하기 위해 함께 노력하고 있음에도 불구하고, 공동주택이라는 태생적 한계로 인하여 문제를 완전히 해결하기는 어려운 현실이다. 따라서 기술적, 사회적, 그리고 제도적 접근이 모두 요구된다. 다만, 제도적으로 층간소음 의무 규정을 가지고 있는 나라는 세계에서 우리나라 뿐이라는 점이 괄목할 만하며, 앞으로도 지속적인 관심과 함께 개발이 진행된다면 가까운 미래에 층간소음 문제가 해결될 것이다. **[기술·혁신]**

안전을 넘어 안심으로, 미래 안전 기술 전망



글. 박달재
서울과학기술대학교
안전공학과 교수

2007년 호주 University of New South Wales에서 안전공학 박사 학위를 취득하였다. 2009년부터 서울과학기술대학교에서 안전공학과 교수로 재직 중이며, 2024년부터는 한국안전학회 제20대 회장을 맡고 있다.



안전에서 안심으로 패러다임 변화

항공기 사고로 사망할 확률은 약 1,100만분의 1로 매우 낮아, 항공기는 가장 안전한 교통수단으로 평가 받는다. 자동차와 비교하여도 확률적으로 100배 이상 안전하다고 한다. 그러나 실제로 항공기를 이용하는 승객들의 안심 수준은 다를 수 있다. 특히 최근에 무안공항 항공기 추락사고, 김해공항 항공기 화재 사고, 워싱턴DC 항공기 충돌 사고가 잇따라 발생하면서, 다수의 국민들이 항공기 이용을 불안해하고 있다.

‘안전’은 재해와 위험이 없는 상태를 의미한다. 위험 확률을 제로로 만드는 것이 가장 이상적이겠지만, 실제로는 객관적으로 수용 가능한 수준의 사고 발생확률을 기준으로 삼는다. 그래서 안전 활동은 사고 발생확률을

낮추는 활동이라고 할 수 있다. 이에 반하여, ‘안심’은 객관적 안전성에 주관적 신뢰를 결합한 개념이다. 따라서 주관적으로 불안하지 않고 편안함을 느끼는 상태로 정의할 수 있다.

오늘날 현대사회가 과거보다 안전하다는 것은 부인할 수 없는 사실이다. 실제로 산업재해 사망만인율(근로자 만 명당 사망자 수)은 2003년 2.55에서 2023년 0.98로 급격히 감소해, 2023년은 2003년에 비해 2배 이상 안전해졌다고 할 수 있다. 그러나 일반 국민이 체감하는 직장 내 안전은, 반복적으로 발생하는 사고와 대형 참사로 인하여 좋지 않은 상황이다. 이에 따라 이른바 ‘중대재해처벌법’이 2021년 제정 및 시행되고 있으나, 2024년에도 경기도 화성시 리튬전지 제조업체에서 화재로 23명이 사망하는 사고가 발생하였다. 따라서 산업현장의 사고에 대한 불안감은 여전히 지속되고 있다.

최근 이러한 안전에 대한 불안감을 해소하고 근원적인 안전을 확보하고자, 첨단 과학기술을 활용한 ‘시스템 안전’에 대한 관심이 고조되고 있다. 명확히 구분하기는 어렵지만, 대체로 2000년대 이전까지는 ‘사고 예방을 위한 규제와 감독 강화’ 중심의 안전관리가 이루어졌다. 그러나 작업환경과 산업구조가 복잡해져 실질적인 사고 예방이 어렵다는 인식이 확산하면서, 2000년대 이후에는 ‘첨단기술을 활용한 안전 자동화’가 시작되었다. 대표적인 예가 ‘지하철 역사 내 스크린도어’ 설치이다. 즉, 개별적 위험과 시민의 접점을 차단하여 안전을 확보하겠다는 전략이었다. 이에 따라 2000년 이후 지하철 내 인사 사고는 획기적으로 줄어들게 되었다. 그럼에도 개별 시스템 간의 연결 부족과 개개인의 직관적인 판단하에 수리·관리를 위해 사람이 개입해야 하는 구조 등으로 인하여, 자동화 공장 내 사고나 스크린도어 사고 등이 발생하였다. 이마저도 한계를 드러낸 것이다.

따라서 2020년 이후에는 전체 시스템을 유기적으로 분석하여 사고를 예방하고 대응하는 ‘시스템 안전’ 개념이 도입되기 시작하였다. 작업장 등 위험 환경을

미래 안전기술 서비스 흐름

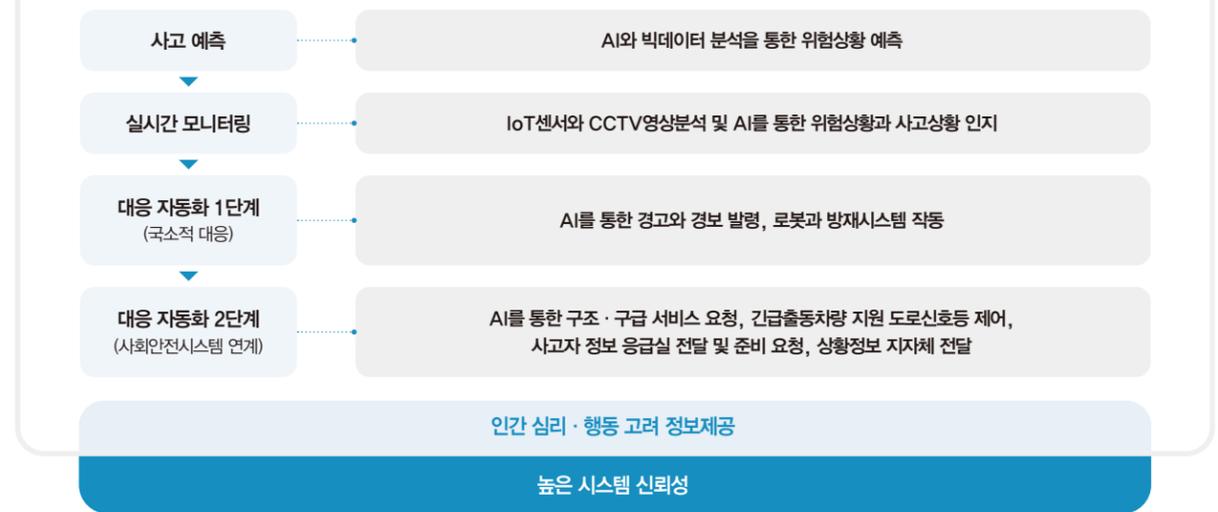


그림 1
미래 안전 기술의 서비스 흐름도

하나의 시스템으로 인식하고, 종합적인 사고 예측을 통해 선제적으로 위험을 제거하는 개념이 바로 ‘시스템 안전’이다. 시스템 안전이 도입된 사업장에서 사고가 획기적으로 줄고 있다는 것은 매우 고무적인 일이다.

현재까지 안전 패러다임은 사고 예방을 위한 위험 제거와 사고 발생확률의 감소에 중점을 두었다. 이러한 패러다임은 사고로 인한 인명피해와 재산 피해를 경감하고, 국민을 사고로부터 보호하는 데 크게 이바지했다. 그러나 최근 4차 산업혁명이 도래하여 산업사회가 복잡화·네트워크화 되고 사회구조의 다양성이 증대되면서, 단순히 물리적인 안전 확보만으로 사고에 대한 불안감을 떨칠 수는 없게 되었다. **사고가 나지 않으면 안전하다고 느끼는 것이 아니라, 신뢰받는 안전 시스템이 정상적으로 작동하고 있음을 확인할 수 있어야 안전하다고 느끼게 된 것이다. 즉 미래 안전 패러다임은 사고가 없도록 만드는 것을 넘어, 사람들이 안심할 수 있도록 만드는 것으로 변화해야 한다.**

미래 안전 기술의 핵심 요소

미래에 안전의 목표가 물리적으로 안전한 상태를 넘어 안심할 수 있는 상태를 만드는 것이라고 할 때, 미래 안전 기술이 제공하는 안전 서비스는 **그림1**과 같은 흐름이라 예상된다. 즉 미래 안전 기술은 사고가 발생하기 전 AI와 빅데이터 기술을 활용하여 위험을 예측하고, 어떠한 조치가 필요한지에 대한 정보를 제공할 것이다.

이 흐름에서는 사고 정보뿐 아니라 시설·장비, 기상, 작업자 정보 등 방대한 데이터를 분석하여, 사고 위험이 큰 조건을 도출하고 그에 대한 안전조치를 제안할 것이다. 실시간 모니터링은 기존의 상황 관제를 벗어나, 위험 행동과 상황을 실시간 감지하여 대처를 위한 정보를 생성하는 수준까지 발전할 것이다. 이를 기반으로, AI는 사고 발생 전 경고를 보낼 수 있다. 사고 발생 또는 사고 임박 시에는 경보를 발령하여 피해를 최소화하고, 로봇과 기존의 방재시스템(자동 소화기 등)을 통해 사고 상황을 수습하거나 더 악화하지 않도록 막을 수 있다. 이와 함께 외부에 사고 발생 사실을 자동으로 알리고, 소방·구조·구급을 요청하며 병원으로 신속하게 이동할 수 있도록 외부 자원 시스템을

연동하는 역할까지 수행할 수 있을 것이다. 이러한 미래 안전 기술은 인간의 심리와 행동을 고려하여, 작업자·관계자와 소통 시 정보를 제공해 그들이 안심할 수 있게 할 필요가 있다. 이를 위해서는 시스템의 높은 신뢰성이 전제된다.

미래 안전 기술이 **그림1**과 같은 흐름으로 서비스된다고 할 때, **미래 안전 기술의 핵심 요소는 사고 예측의 정확성과 위험 상황 인지의 신속성, 외부 시스템과의 연계를 포함한 상황 대응의 적절성 및 인간의 심리와 행동을 고려한 정보 소통이다.** 먼저, 사고 예측의 정확성을 확보하기 위해서는 과거의 사고데이터와 실시간 데이터를 AI가 학습하여 사고 발생 가능성을 분석해야 한다. 이후 이상 탐지모델을 활용하여 정상 사태와 위험 상태를 구별할 수 있어야 한다. 이와 함께 디지털 트윈(Digital Twin) 기술을 활용하여 사고 가능성을 시뮬레이션하고, 예측 정확성을 개선해야 한다. 실제로, 테슬라의 AI 기반 운전자 보조 시스템은 교통 데이터를 실시간 분석하여 교통사고 발생 가능성을 예측한다. 스마트 팩토리의 유지보수 시스템은 기계의 진동과 발열 데이터를 분석하여 고장 발생 2시간 전에 이상을 감지하고, 발생할 수 있는 사고를 조기에 예방하는 데 도움을 준다.

그러나 이렇게 사고를 예측할 수 있게 되더라도, 즉각적인 감지가 이루어지지 않으면 사고를 막을 수 없다. 따라서 신속하게 위험 상황을 인지하는 것이 중요하다. 최근에는 IoT(Internet of Things; 사물인터넷) 센서, 스마트 CCTV, 로봇 및 드론을 활용하여 사고 위험을 실시간 감지하고 있다. AI가 영상 분석을 통해 사고징후를 탐지하고, 웨어러블 장비가 작업자의 건강 상태를 실시간 측정하는 것이 그 예이다.

위험 상황을 인지하였더라도, 적절하게 조치하지 않으면 사고는 발생한다. 따라서 적절한 안전조치가 무엇인지를 추론하여, 이를 내·외부 시스템과 연계하고 실시간으로 조치를 취해야 한다. 예로, 작업 공정에 이상이 발생하면 공정 설비가 멈추거나, 작업자가 위험지역에 진입하면 경고음이 울려 물러나도록

하는 방식이 있다. 화재가 발생하면, 자동 소화설비가 작동하고 외부에 화재가 발생하였음을 알리는 방식도 있다.

이러한 일련의 안전 기술이 아무리 뛰어나더라도, 사람이 신뢰하고 이해할 수 있어야만 실질적인 안전 효과를 얻을 수 있다. 따라서 AI가 내린 사고 예측 및 대응 판단은 사용자가 이해할 수 있도록 설명되어야 한다. 이를 위해 시스템의 UI(User Interface)·UX(User Experience)가 직관적으로 설계되어 상황을 설명할 수 있어야 하며, 위험 상황에서도 사용자가 불안하지 않도록 적절한 안내를 제공해야 한다.

생활 속 안심 기술 사례와 시장 전망

미래의 안전 기술은 생각보다 우리 곁에 이미 성큼 다가와 있다. 가정에는 스마트홈 기술이 있으며, 산업현장에서는 스마트 팩토리가 있다. 또한 일부 국가 도로에서는 무인 자동차 운행이 이미 시작되었다.

스마트홈 기술은 가정 내 보안과 안전 및 케어가 통합된 기술로 발전하고 있다. 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 디지털 트윈, 자동화 시스템을 활용하여 안전성과 편의성이 극대화된 주거환경을 제공한다. 지능형 보안시스템은 집 주변을 실시간 감시하여 이상행동을 감지한다. 주거 설비에 설치된 각종 센서는 누수 및 해충을 감지하고 설비의 이상 여부를 실시간으로 보여주며, 적절한 온·습도와 일조량·조명 및 공기질을 관리하여 주거 공간의 쾌적함을 향상한다. 이와 함께, 돌봄이 필요한 노인과 아동에 대한 모니터링을 통해 사고 발생 여부를 감지하여 외부에 도움을 요청한다. 생활 패턴과 감정을 분석하여 의료진에 제공하기도 한다. 이러한 스마트홈 기술의 글로벌 시장 규모는 2025년 현재 약 1,740억 달러(약 230조 원)에 이른다. 이는 2028년 약 2,506억 달러(약 330조 원)까지 확대되어, 연평균 성장률(Compound Annual Growth Rate, CAGR)이 9.55%에 달할 것으로 전망된다.

산업현장의 스마트 팩토리는 인공지능, 사물인터넷, 로봇 등을 활용하여 생산공정을 최적화하고, 작업자의 안전을 강화하는 차세대 공장 시스템이다. AI를 통해 공장의 징후를 탐지·정비하며, 최적 안전·생산 환경을 조성하기 위해 온·습도 조절과 유해가스 모니터링, 실시간 작업자 위치 파악, 위험지역 접근 시 경고 등을 수행한다. 또한 로봇을 활용해 위험 작업을 수행하며, 상시적인 위험 상황 모니터링을 통해 작업자의 안전을 확보하고 이상 상태를 확인한다. 2022년 현재 스마트 팩토리 시장의 규모는 약 9,770억 달러(약 1,300조 원)이다. 이는 2028년 2조 1,800억 달러(약 2,900조 원)까지 확대되어, 연평균 14.9%의 성장률을 보일 것으로 전망된다.

교통안전 분야의 미래 안전 기술로는 단연 자율주행 자동차 기술과 상용화를 꼽을 수 있다. 자율주행 자동차는 AI와 센서 및 빅데이터 분석을 통해 운전자 없이도 주행이 가능한 차량을 의미한다. 교통사고 감소, 교통 효율성 향상 및 이동성 증대 등 다양한 이점이 있어 미래의 핵심 안전 기술로 주목받고 있다. 2024년 현재 자율주행 자동차의 글로벌 시장 규모는 188억 달러(약 24조 원)이며, 2032년 3,878억 달러(5,042조 원)까지 확대될 것으로 전망된다.

미래 안전 기술의 도전과 비전

정상 사고 이론은 1984년 찰스 페로(Charles Perrow)가 그의 저서 《Normal Accidents: Living with High-Risk Technologies》에서 제시한 개념이다. 주요 내용은 산업시스템이 고도로 복잡하고 긴밀하게 결합된 경우 작은 오류가 빠르게 확대되어 예상치 못한 대형 사고로 이어질 수 있으며, 이러한 사고는 예측하거나 완전히 예방할 수 없으므로 정상적인 사고(Normal Accident)로 봐야 한다는 것이다. 저자는 이러한 정상 사고를 예방하기 위해서는 복잡성을 줄이고, 느슨한 시스템 간의 결합을 유지하는 것이 중요하다고 강조했다. 이것이 불가하다면 대응

계획을 면밀하게 세우고 교육·훈련을 강화하여, 인간의 역할과 오류를 줄여야 한다고 말했다.

4차 산업혁명은 인공지능, 사물인터넷, 빅데이터, 로봇공학, 바이오 기술 등 다양한 첨단기술이 하나로 연결되어 산업과 사회를 혁신하는 시대를 의미한다. 따라서 찰스 페로가 이야기한 시스템의 복잡성과 연결성이 더욱 심화할 수밖에 없는 상황이며, 인간이 위험을 파악하고 대응하기는 더욱 어려워지고 있다. 그러나 4차 산업혁명의 기술들을 활용하면 정상 사고의 위험성을 줄이고 대응력을 높일 수 있다.

미래 안전 기술의 비전은 ‘사고가 없는 사회를 향한 혁신’이라고 할 수 있다. 즉 단순히 사고를 줄이는 것이 아니라, 사고 자체가 발생하지 않는 안전 시스템을 구축하는 것이다. 사고가 발생하더라도 작업자와 국민이 생명을 보호받을 수 있는, 불안해하지 않을 수 있는 안전 시스템이 미래 안전 기술의 목표다.

이러한 비전 및 목표를 달성하기 위해서는, 산업현장과 사회 인프라 시설에 예방 중심의 안전 시스템과 실시간 사고대응 시스템을 구축해야 한다. 사회 인프라 설치 시 안전설계가 기본적으로 반영되어야 하고, 작업자와 일반 국민이 일상에서 안심할 수 있도록 개개인에 대한 맞춤형 안전 서비스를 제공해야 한다. 각각의 안전 기술은 네트워크를 통해 연결되어 사고 예방과 피해 경감을 위한 정보를 유기적으로 공유하고, 각각의 상황에 맞는 안전 서비스를 제공해야 한다.

안전은 돈이 많이 든다. 그러나 장기적인 관점에서 사고 예방, 생산성 향상, 법적 리스크 감소, 직원 만족도 향상 등을 고려하면, 결국 더 큰 비용 절감 효과와 이익을 가져다줄 것이다. 특히 미래 사회에서 안전은 투자가 아닌 기본이 될 것이다. 이미 스마트폰에는 사고 시 자동 신고 기능이 기본으로 탑재되어 있다. 이렇듯 4차 산업혁명과 함께 안전이, 안심이 일상화되는 사회를 향한 도전은 이미 시작되고 있다. **기술·혁신**

기업의 R&D 오프쇼어링 전략, 어떻게 추진할 것인가?



글. 이동기
SBP전략경영연구소 대표

부산대학교 전산통계학과를 졸업하고, LG전자의 전자기술원 및 System IC 센터와 LG화학의 기술전략 및 기술관리팀 등 전자·화학 사업부와 연구소에서 근무하였다. SRI Consulting 등에서 기술경영 관련 교육을 이수하였으며, 현재는 SBP전략경영연구소 대표로 기업연구소 등에서 컨설팅 및 강연 활동을 하고 있다.

R&D 오프쇼어링(Offshoring) 동향과 의미

2000년 이후 중국과 인도는 과거 저비용 제조기지로서, 새로운 성장 기회와 R&D의 혁신 기지로 진화해 왔다. 이들은 전 세계 R&D 지출의 20%를 차지할 정도로 성장하였으며, 이러한 신형 개발국 및 동유럽 국가들은 주로 IT, 인공지능, 데이터 분석 등 미래 산업의 기반이 되는 기술 분야에 R&D 투자를 집중하고 있다. 이에 주목한 GE, Microsoft, Alphabet, CISCO, 삼성 등 다국적 기업들은 연구개발의 상당 부분을 이미 이들 지역으로 오프쇼어링(Offshoring)한 상황이다.⁰¹

우선 이러한 R&D 오프쇼어링의 장점을 간략히 정리해 보자. 첫째, 인건비 및 운영비용을 절감할 수 있다. 국내 인구 구조의 변화에 의한 미래 인력 확보의 불안정성은 기업의 혁신 활동 추진에 대한 전략적 유연성을 떨어뜨린다. 그런데 해외 R&D 센터를 운영한다면 인력수급과 자원 운용의 다양성을 꾀할 수 있어, 인건비 및 운영비용 절감에 도움이 된다.

둘째, 지역별 특화 기술과 그에 연계된 시간대적인 이점이 있다. 예를 들어 미국 내 IT 기업들은 본국에서 당일 개발 활동을 하고, 밤사이에는 인도 R&D 센터를 통해 연계 개발 및 테스트를 진행하여 다음 날 결과를 확인하는 등 개발기간을 단축하고 있다. 또한 이들은 인도의 소프트웨어 및 정보 기술, 중국과 대만의 통신 기술, 러시아의 항공우주 분야의 기술 등 지역별로 특화된 기술을 R&D 오프쇼어링의 대상으로 삼고 있다.

셋째, 신제품 개발에 필요한 제도적 규범, 그리고 문화와 언어의 차이에서 야기될 수 있는 설계기준 등 현지 시장에 대한 직접적인 대응이 가능하다. 일례로 Microsoft는 중국과 인도의 언어 요구 조건과 결부된 설계의 수정 사항, 즉 중국의 '전통 문자'와 '간체자'의 사용, 그리고 인도의 22개 공식 인정 언어에 따른 리콜 문제에 사전 대응하여 사업을 원활히 추진할 수 있었다.⁰²

넷째, 본사 R&D 조직과의 역할 분담 및 핵심기술과의 연계 체계를 통하여 이슈에 대한 즉각적인 조치가 가능하다. 이를 통해 글로벌 지역별 환경변화에 대응한 품질 개선 활동, 즉 현지의 규제나 법규 개정, 소비자의 개선 요구 등 짧은 주기의 설계 변경에도 대응할 수 있다.

해외 R&D 센터 추진 전략과 대응

일반적인 R&D 오프쇼어링의 추진 단계는 다음과 같다. 먼저, 전략 목표 달성을 위한 R&D 역할을 규정하고, R&D 센터의 신설 혹은 기존 활동의 확대나 부분적 이전 등 초기 운영 유형을 계획한다. 그에 따른 해외시장 대응 및 R&D 경쟁력을 확보하기 위한 단계별

⁰¹ Challenges and Strategies for Offshoring R&D to Emerging Countries: Evidence from Foreign MNCs' R&D Subsidiaries in India, Dhruva Jyoti Borah, 2019
⁰² Microsoft in China and India, 1993-2007. Khanna, T. and Choudhury, 2007. Harvard Business School

글로벌 R&D는 해외의 첨단기술 동향 및 한국 기업과의 협력 현황 등을 소개합니다.

| 유형 구분 | 개념 정의 | 장점 | 단점 |
|---------------------------------|---|--|---|
| ① 자체 투자 (Captive Investment) | 본사가 초기에 직접투자하여 R&D 센터 구축 - 일반적 기업 투자 R&D 센터의 형태 | • 목적에 따른 사업 운영 • 자산, 기술, 지식 및 현지 문화에 대한 자체적 통제 • 신속한 추진 가능 • 지식재산권 확보 | • 투자 비용 과대 소요 • 정치적 및 규제적 리스크 상존 (세제 혜택 등) |
| ② 아웃소싱 (계약 등) | R&D 가치사슬 일부를 현지 공급업체, 기업(연구) 또는 정부 연구기관 등에 아웃소싱(계약 등) | • 시장/기술 테스트 등 특수 목적에 활용 • 일괄 투자 대비 비용 절감 • 유연한 출구 전략 | • 지식재산권 등 관리 복잡 • 협력, 의사소통 문제 • 생산 공정 등 Know-how 유출 위험 |
| ③ 파트너십 (Partnership & Alliance) | 현지 설계, 개발, 공급업체에 상호 교육 및 관리 감독 제공 - 공동의 목적에 기반한 기술개발 | • 현지 시장 진출을 위한 제품 공급, 부품 수급 등 상호 관리 • 현지 법규, 시장정보 확보 과정의 소통과 신뢰 향상 | • 파트너가 다른 곳에 역량을 제공할 가능성 • 경쟁사 등에 정보를 유출할 가능성 • 협력, 의사소통 문제 |
| ④ 현지 Task 네트워크 (③의 부분적 형태) | 현재의 사업 네트워크 (대리점, 영업 파트너 등)를 이용 - 시장조사, 시제품 테스트 등 | • 현지 파트너와 Win-Win 관계 형성 • 소규모 비용 투자 • 현지 시장, 고객, 제품 콘셉트 개발 용이 | • 현지 문화, 세부 기능/기술의 파악에 어려움 • 현지 시장정보의 종합적 수집에 한계 |

표 1
해외 R&D 센터 운영 유형

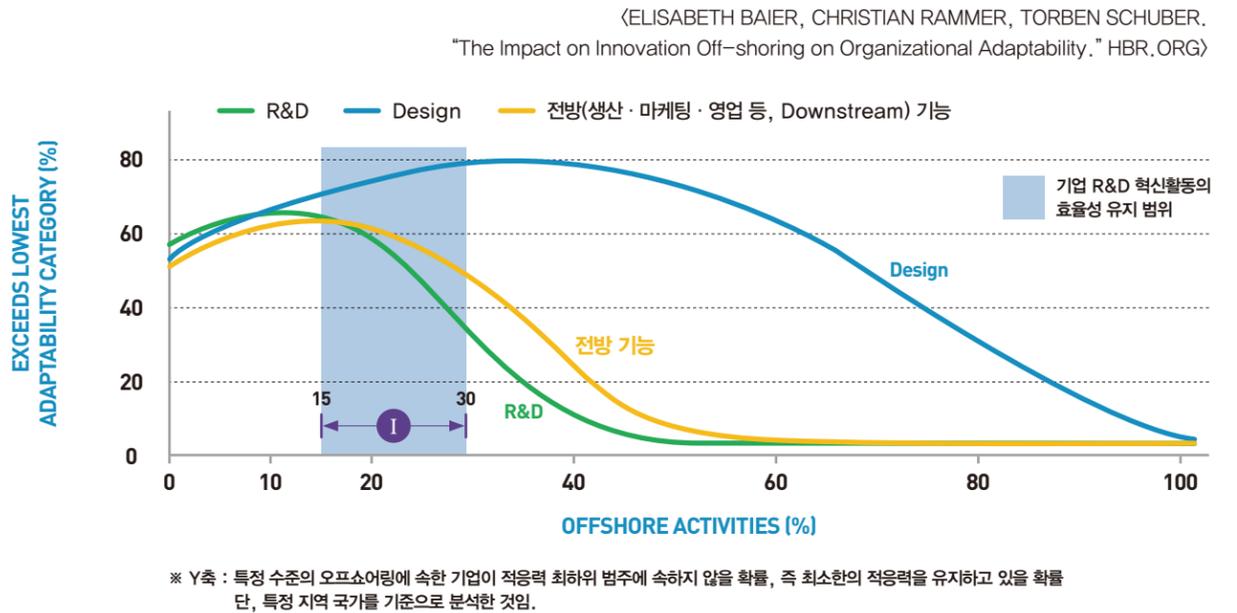


그림 1
R&D 오프쇼어링(Offshoring)과 조직 적응력

역할과 활동 범위 혹은 경영 통합에 필요한 지역 거점으로의 성장 계획에 따라 R&D 인프라(시장, 실험·테스트, 인력, 대학 및 연구기관, 협력 파트너 등)를 고려하여 그에 가장 근접한 지역을 선정한다. 또한

본사와 체계의 완전 통합, 조직의 혁신 성과 향상을 위한 다음 단계의 전개 계획을 수립한다.

여기서 해외 R&D 센터의 운영은 크게 4가지 유형으로 구분할 수 있다. 기업이 직접 해외 R&D 센터를 설립

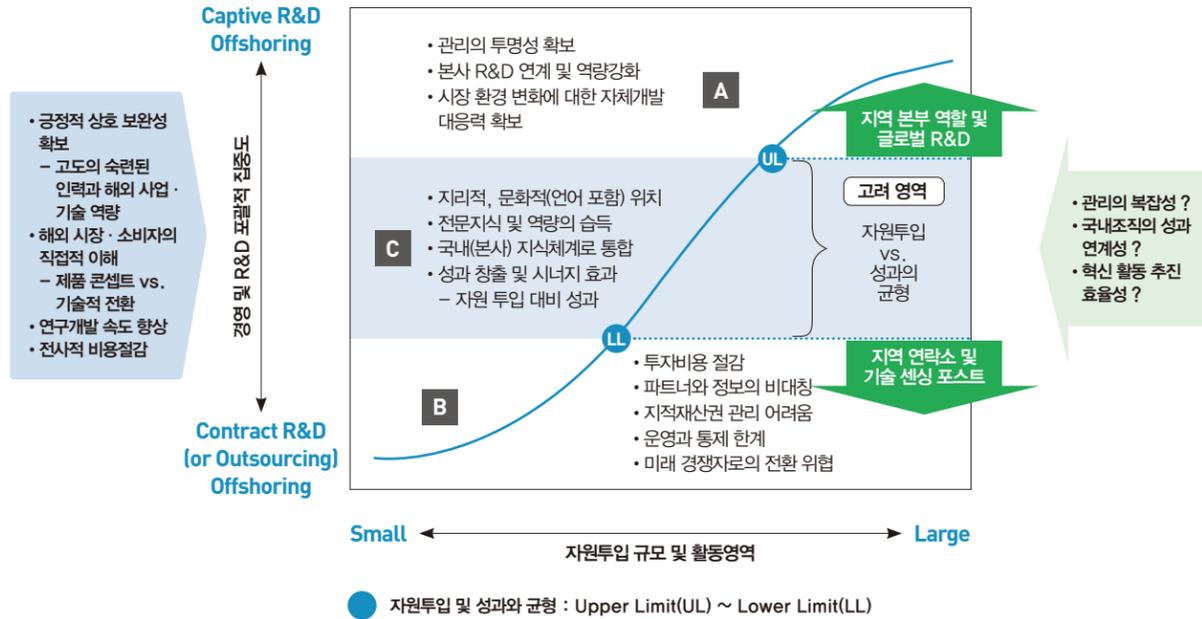


그림 2
기업의 글로벌 R&D 전략적 선택 방안 사례

하여 운영하는 형태(표1-①), R&D 가치사슬의 부분 혹은 전체를 위임하는 형태(표1-②), 연구개발 활동을 공동으로 수행하는 형태나(표1-③), 그 외 현재 기술의 검증, 소비자 요구 사항의 파악을 위한 일시적 활동 등(표1-④)의 네 가지이다. 그러나 한 연구에 의하면, 디자인이나 R&D, 생산·마케팅·영업(전방, Downstream) 기능은 각 기능의 전체 활동 영역 비중에 대한 최소한의 조직 적응력 유지 확률이 특정 시점을 기준으로 점차 하락할 수 있다고 한다. 그러므로 협력이나 기술·사업 역량, 의사소통 등 관리와 조직 적응력이 전체 활동 영역 중 효율과 효과성 제고를 위한 최적의 범위(15~30%, 디자인 기능 제외)에서 조정이 필요할 수 있다는 점은 고려해야 한다(그림1).⁰³

이러한 기본적 절차와 유형(표1) 등에 기반하여, R&D 오프쇼어링 전략 선택 방안의 한 사례를 살펴보자.

⁰³ Don't Offshore Your R&D, Walter Frick, January 24, 2014, Harvard Business Review

첫 번째 방안은, 자원이 충분하거나 해당 국가/지역에 별도의 전략적 거점을 이미 확보한 상황에 해당한다. 이때에는 직접투자를 통해 해외지역본부로 운영하는 방안이 본사 및 현지 본부와의 협력이나 업무의 조정, 지식 내재화 측면에서 가장 안전하고 효과적이다(그림2 A영역).

두 번째 방안은, 내부 자원이 충분하지 않거나 전략적 목표가 명확하지 않은 상황에 적용할 수 있다. R&D 가치사슬의 일부를 아웃소싱 하거나, 현지 공급망 관리와 마케팅을 위하여 대리점 및 제휴 파트너 등을 활용하는 방안이 있다. 이를 통하여 시장개척, 제품 현지화를 위한 개발, 혹은 태동 기술의 센싱 등 기반을 구축할 수 있다(그림2 B영역).

세 번째 방안은, 효과적인 종합 추진계획을 수립하는 것이다. 자체 투자 이외의 모델들에 대하여 동시다발적으로 추진할 수도 있고, 각 기업의 장단점과 시너지 효과에 따라 투자 대비 예상 성과 사이에서 적절한 균형을 찾아 종합 계획을 수립할 수 있다. 다만, 이 방법은

추후 관리가 복잡하고 성과와의 연계성을 파악하기 어려울 수 있어 유의해야 한다(그림2 C영역).

성과 향상을 위한 오프쇼어링의 고려 Point

기업의 지속 성장에 따른 R&D 오프쇼어링이 성공하기 위해서는 몇 가지를 고려해야 한다. 첫째, 해외 R&D 센터의 운영에 대한 기업의 장기적 목표 및 전략적 목적을 명확히 해야 한다. 해외 R&D 센터 운영의 목표 및 목적으로는 비용 절감, 기술력 확보, 시장 대응 등이 있을 수 있다. 즉, **기업은 전략 수립 과정에서 시장의 성장 가능성과 인력 확보 및 교육 등 다양한 사업 환경에 대하여 종합적으로 조망하고, 각 기능의 역량 강화 체계를 계획하여야 한다.**

둘째, 해당 지역 내 목적에 부합하는 인력이 상시 풍부하게 존재할 것이라는 기대는 버려야 한다. 해외지역의 인력에 대한 자사의 제품 및 기술의 유지·

보수 등 엔지니어링 활동과 브랜드 가치 제고를 위한 부분적인 인프라 구축, 그리고 교육은 필수적이다.

셋째, 본사나 다른 글로벌 R&D 센터와의 협업 및 체계 통합을 중시해야 한다. 글로벌한 전사적 자원 활용을 위해서는 해외지역 내 의사소통과 시장·기술 정보의 Know-how를 기업의 자산으로 재활용할 수 있어야 한다.

넷째, 해외 R&D 센터에 자율성을 부여하고 지속적인 발전 전략을 수립해야 한다. 해외 R&D 센터의 진화는 외부 환경뿐 아니라, 기술력 향상을 위한 자체적인 '자율성'의 영향을 받는다. '자율성과 책임'은 조직의 창의성을 복돋는다. 결국은 해당 시장과 지역에서 다양한 아이디어와 신기술 창출을 유도하여, 기회 창출을 위한 성장동력으로써 핵심 역할을 담당할 자생력을 가지게 할 것이다. **기술역사**



HCI 관점에서의 지속가능 기술에 대한 조망



글. 박은일

성균관대학교 인공지능융합학과 부교수

한국과학기술원(KAIST)에서 공학박사 학위를 취득하고, 한양대학교와 스페인의 Jaume I University를 거쳐 성균관대학교에 재직 중이다. 현재 ICAN(ICT Challenge & Advanced Network of HRD) 사업과 딥테크 연구센터의 단장으로 활동 중이다. 주요 연구 분야는 사용자 경험, 데이터 사이언스 등이다.

지속가능 기술의 필요성은 인류의 위기에서부터 시작되었다. 현대 사회에서 마주치게 되는 복잡한 문제의 대부분이 인류와 산업의 지속가능성에 대한 의문을 제기하면서, 이에 대한 대응 기술의 필요성이 부상하고 있는 것이다. 즉, 기후 변화, 자원 고갈, 환경 오염 등 여러 가지 위기가 우리의 눈앞에 다가오면서, 지속가능한 방향으로 어떻게 이러한 문제들을 해결하며 기술을 발전시킬 수 있을지에 대한 논의가 활발히 이루어지고 있다.

이러한 논의에서 인간-컴퓨터 상호작용(Human-Computer Interaction, HCI) 분야가 주목받고 있다. 특히, 데이터 기반 HCI는 그중에서도 핵심으로 고려된다. HCI는 사용자가 특정 기술이나 서비스와 상호작용을 하는 방식을 연구하는 학문으로, 기술 개발의 결과물이 실제 사용자에게 활용되는 형태, 효과, 방식을 연구하는 데 목적이 있다.

이러한 관점에서 볼 때, 지속가능한 기술을 설계하고 개발하더라도 사용자가 활용하지 않는다면 의미가 없다. 따라서 산업적·사회적 효과를 도모할 수 있도록,

사용자의 경험과 요구를 고려한 기술 개발이 필요하다. 이에 본 글에서는 HCI 관점에서 지속가능한 기술의 트렌드 및 사례를 특정 분야 중심으로 살펴본다. 특히 대표적인 분야인 에너지 효율성, 자원 관리 및 재활용, 지속가능 교통수단 관점에서 지속가능 기술을 조망하고자 한다.

에너지 효율성 분야

에너지 효율성은 지속가능 기술에서 가장 중요한 요소이다. HCI 관점에서는, 사용자 인터페이스 설계를 통해 사용자가 에너지 사용을 능동적으로 모니터링하고 관리할 수 있는 시스템을 개발할 수 있다. 예를 들어, 스마트 홈 기술이 대표적이다. 스마트 홈 기술을 활용하여 사용자의 생활 패턴을 분석하고, 자동으로 최적의 온도와 환경을 설정하여 소비되는 에너지를 절약할 수 있다. HCI는 이 과정에서 사용자가 스마트 홈 인터페이스를 통해 쉽게 환경을 설정할 수 있는 직관성을 부여하고, 에너지 사용을 모니터링할 수 있도록 돕는다. 이를 통해 사용자는 자신의 에너지 소비를 인식하고, 필요에 따라 조절할 기회를 갖는다.

대표적인 사례로, 삼성물산과 삼성SDS가 협력하여 개발한 래미안의 A.IoT 플랫폼이 있다. A.IoT 플랫폼은 스마트 홈 시스템으로, 인공지능(AI)과 사물인터넷(IoT) 기술을 결합하여 사용자의 경험을 극대화한다. 이는 개방형 플랫폼을 기반으로 하여 다양한 스마트 기기 및 서비스와의 연동성을 제공한다. 단순한 스마트 홈 시스템 이외에도 차량, 학교, 보안 전문회사 등의 시스템과 통합 제어가 가능한 수준이다. 이렇게 A.IoT 플랫폼은 개방성을 확보함으로써, 사용자가 개별 애플리케이션(이하 앱)의 각기 다른 인터페이스에 적응하지 않고 하나의 인터페이스로 다양한 서비스를 활용할 수 있게 하였다.

재활용 및 자원 관리 분야

재활용 및 자원 관리 분야는 HCI에 기반한 사용자 경험 연구가 가장 중요한 분야임에도 불구하고, 아직 갈 길이 먼 분야이다. 기본적으로 자원을 관리하거나 다시 사용하는 것이 번거로운 작업이기 때문이다. 즉, 재활용 및 자원 관리 분야에서는 사용자의 불편함을 제거하면서도 지속가능성을 도모해야 한다.

HCI는 사용자가 재활용할 수 있는 자원을 쉽게 인식하고 분류하도록 돕는 애플리케이션과 인터페이스를 개발하는 데 기여할 수 있다. 예를 들어, 재활용 안내 앱은 사용자가 특정 물건이 재활용 가능한지를 쉽게 판단할 수 있도록 정보를 제공한다. 이를 통해 사용자의 재활용에 대한 인식을 높이고, 올바른 분리배출을 하도록 도울 수 있다. 또한 실제 사용자가 재활용할 때의 심리적 장벽을 이해하고 이를 극복할 방법을 모색하는 데 HCI 기반 기술이 적용될 수 있다.

대표적인 사례로 캐나다의 Recycle Coach 앱이 있다. 사용자는 이 앱을 통해 복잡한 재활용 규정을 쉽게 이해할 수 있고, 다양한 물품의 처리 방법을 손쉽게 찾을 수 있다. 이 앱의 물품 카테고리과 검색 기능은 사용자가 직관적으로 물품의 재활용 및 처리 방법을 찾을 수 있게 도와준다. 즉, 앱에서 사용자가 물품을 검색하면 해당 물품이 재활용 가능하다는 메시지가 추가 정보가 뜬다. 이러한 피드백은 사용자가 올바른 행동을 하고 있다는 확신을 주어 재활용 참여를 촉진한다. 이뿐만 아니라, HCI 연구에서 주로 활용하는 게이미피케이션(Gamification) 요소를 통해 사용자가 앱에서 포인트나 배지를 얻을 수 있게 한 점도 재활용 참여에 기여한 것으로 보인다.

지속가능한 교통수단 분야

현대 도시에서는 교통 체증과 대기 오염이 심각한 문제로 대두되고 있다. 이를 해결하기 위해 HCI는 사용자 친화적인 내비게이션 시스템과 앱을 개발하는 과정에 기여하고 있다. 이러한 시스템은 사용자가 가장 효율적인 경로를 찾을 수 있도록 도와주고, 대중교통의



그림 1

재활용 활동 지원 조감도의 예

이용을 촉진한다. 예를 들어, 사용자에게 실시간 교통 정보와 대중교통 시간표를 제공하는 앱은 사람들이 개인 차량 대신 대중교통을 이용하도록 유도하고, 기존의 교통수단과 비교하여 얼마나 환경 개선에 기여하는지를 제시해 줄 수 있다.

이러한 앱들은 인터페이스를 설계할 때 정보의 가독성과 접근성을 최우선으로 고려해야 한다. 앱이 사용자의 이동과 행위를 근거로 하기에, 사용자가 쉽게 경로를 이해하고 결정하는 것을 돕지 못한다면 의미가 없기 때문이다. 이 경우 사용자는 대중교통이 아닌 기존의 교통수단을 활용할 것이기 때문에 지속가능한 교통수단의 활용에 기여하지 못하게 된다.

대표적인 사례로는 영국 런던에서 시작한 Citymapper 앱이 있다. 이 앱은 대중교통을 이용하는 사용자에게 최적의 경로와 다양한 교통수단을 안내한다. 사용자가 대중교통을 더욱 쉽게 이용할 수 있도록 돕는 동시에, CO₂ 감축에 기여하는 정보를 제공한다. 현재 100개 이상의 도시에서 Citymapper가 활용되고 있으며, 개발 과정에서는 사용자의 경험을 최우선으로 고려하여 설계된 것으로 잘 알려져 있다.

Citymapper는 다양한 교통수단을 비교하여 사용자가 가장 효율적인 경로를 선택하도록 돕는다. 사용자는 자가용, 버스, 지하철, 도보 등 여러 옵션 중에서 선택이 가능하며, 각 옵션의 예상 CO₂ 배출량을 함께 확인할 수 있다. 이 기능은 사용자가 환경에 미치는 영향을 고려하여 보다 지속가능한 옵션을 선택

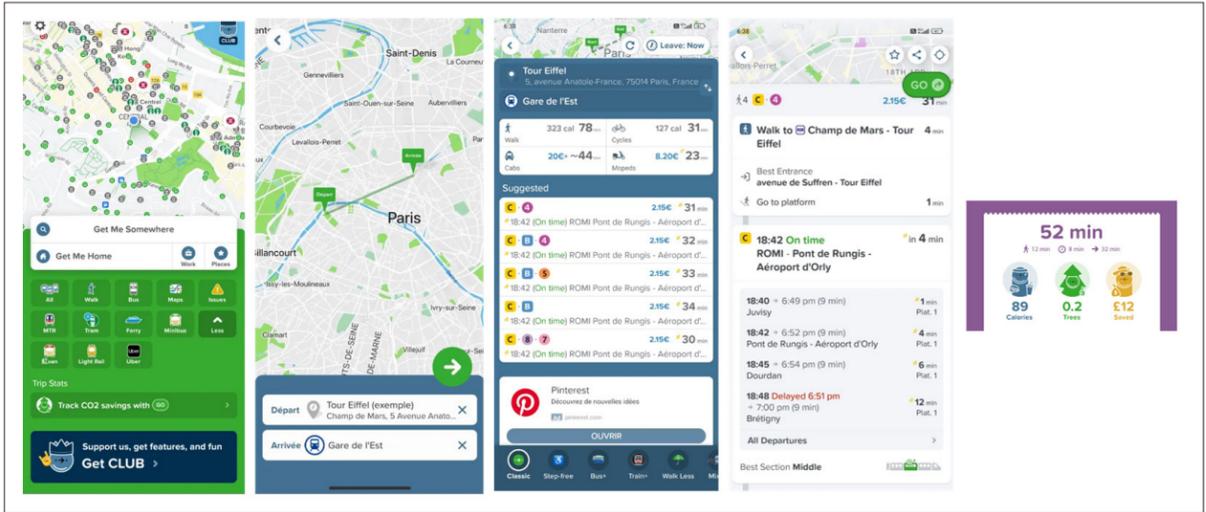


그림 2 Citymapper 애플리케이션의 주요 인터페이스 4종 및 사용자에게 환경 기여 사항을 직관적으로 제시하는 페이지(최우측)

하도록 유도한다. 가장 중요한 것은 CO₂ 배출량이 절대 기존의 효율적인 경로보다 우선하여 제시되지 않아야 한다는 점이다. 앱의 기본 목적을 달성하면서도 지속가능한 사회에 기여할 수 있다는 것이 이 앱의 특징적이다.

재활용 분야의 Recycle Coach 앱에서와 마찬가지로, ‘친환경’ 배지를 부여하여 사용자가 손쉽게 환경 보호에 기여할 기회를 준다는 점도 주목할 만하다. 이에 더하여 사용자 데이터를 분석하여, 대중교통 이용 패턴과 CO₂ 배출량을 모니터링하고 대중교통 시스템의 개선과 지속가능한 교통수단의 확산을 위한 방향성도 동시에 제시한다는 점도 눈에 띈다.

HCI 관점에서 지속가능한 기술의 발전을 위해서는, 단순한 기술 혁신을 넘어 사용자의 경험을 최우선으로 고려하는 접근이 필수적이다. 사용자들이 쉽고 원활하게 지속가능한 기술의 발전과 서비스 활용에 기여할 수 있도록 설계가 필요하며, 이를 통해 사용자가 더 쉽게 지속가능한 행동을 실천할 수 있도록 지원해야 한다. 즉, HCI 기반의 접근은 지속가능한 기술의 발전에 있어 필수적인 역할을 수행한다. 사용자 경험을 중심

으로 한 접근은 지속가능한 행동을 유도하고, 사회에 긍정적인 영향을 미치는 기술을 만들어 나가는 데 기여할 수 있다. 이러한 노력은 단순히 기술적인 해결책을 넘어, 보다 건강하고 지속가능한 지구를 위한 필수 기반이 될 것이다.

앞서 설명한 좋은 사례들이 존재하고 이들이 지속가능 기술의 발전에 기여하고 있으나, 반드시 고려해야 할 사항이 있다. 먼저, 지속가능 기술을 위해서는 다양한 사용자를 고려해야 한다. 깊게는 시각적, 청각적, 또는 인지적 장애가 있는 사용자부터 넓게는 다양한 나이와 직업을 가진 사용자까지 고려하여, 모든 사용자가 손쉽게 접근하고 사용할 수 있도록 범용적인 인터페이스를 제공해야 한다. 다음으로는, HCI 기반 기술의 특성상, 사용자 데이터의 수집과 활용이 불가피하므로 이에 대한 투명성 확보가 필요하다. 즉, 사용자가 자신의 데이터가 어떻게 활용되고 있는지를 이해하고 이를 신뢰할 수 있도록 해야 한다. 이는 사용자와의 신뢰를 구축하고, 지속가능 기술에 대한 참여를 더욱 촉진하는 데 기여할 수 있다. **기술혁신**

연구노트 작성, R&D 프로젝트 관리 고민을 스마트하게 해결해 드립니다

산기협은 플랫폼 운영기관인 더존비즈온과 협력하여, 클라우드 기반의 디지털서비스를 제공하고 있습니다. 플랫폼을 활용하여 효율적인 R&D를 수행할 수 있도록, 최적의 업무환경을 제공하고 있으니 많은 활용 바랍니다.



서비스 소개

<https://cloud.koita.or.kr>

| 전자연구노트* | R&D PMS | 특허전문 번역(IP 킥) | 플랫폼이 제공하는 무료서비스** |
|--------------------------------------|---------------------------------------|-----------------------------------|---------------------------------------|
| 간편한 노트작성 연구과제관리 시점인증(위변조 방지) 등 | R&D 수행 관리 R&D 산출물 관리 R&D 예산관리 등 | 저렴한 비용으로 더 빠르고 정확하게 특허문서 번역 | 실시간 협업 메신저 원거리 화상회의 메일, 웹스토리지 등 |

* 기업 연구소 R&D 세액공제를 위해 연구 진행 결과를 관리가 중요하며, 이를 효과적으로 뒷받침하는 연구노트 작성이 필요합니다.
** 플랫폼에 가입하시면 협업 메신저 등 다양한 무료 서비스를 받을 수 있습니다.

이용방법

- 가입절차
 - R&D 전문 플랫폼 접속 : <https://cloud.koita.or.kr>
 - 플랫폼 신규가입, 최초 가입한 사용자에게 관리자 권한 부여(이후 변경 가능)
 - 기업관리자가 [직원초대하기] 메뉴에서 직원(연구원)에게 초청메일 발송
 - 초청장을 받은 직원은 안내에 따라 플랫폼 이용자로 회원가입

■ 더존비즈온의 클라우드 기반 R&D서비스는 안전합니다!

- 클라우드 컴퓨팅서비스 보안요건 충족, 최적의 데이터 안전관리와 보안환경 제공



이용요금

■ 월이용료(PMS, 전자연구노트)

(부가세 별도)

| 구분 | 산기협 회원사(할인) | 비회원사 |
|---------------|---------------------|---------------------|
| 기본료 + 사용자(1인) | 30,000원 + 15,000원/인 | 30,000원 + 20,000원/인 |

[예시] 연구원 3명 이용 시 월 이용료 : 산기협 회원사인 경우 30,000원(기본료) + (15,000원 × 3명) = 75,000원
※ 해외특허 전문번역 서비스는 별도 문의주시면 상세한 안내 드립니다.

■ 특별할인 프로모션

- **최초 신규 가입시 1개월 동안 무료로 사용할 수 있습니다. (인원 제한 없음)**
※ 1개월 무료 서비스가 종료되면 결제 후 이용 가능합니다. (무료기간 후 자동결제되지 않습니다.)
- 산기협 회원사인 경우, 사용자 ID 당 25% (20,000원 → 15,000원) 할인해 드립니다.





대양의 공기를 가르며 가르는 친환경 기술 SAVER Wind(C)

삼성중공업(주)

전상배 삼성중공업(주) 프로

부경대학교에서 조선해양공학 학사 과정을 마친 이후, 부산대학교에서 항공우주공학 석사 학위를 취득하였다. 2007년 삼성중공업에 입사하였고, 현재 조선해양연구소 친환경연구센터 안전환경기술그룹에서 일하고 있다. 구조해석 및 안전성 검토와 대형컨테이너선 공기저항 저감 장치 등 신제품 발굴 및 개발에 주력하고 있는 구조설계의 전문가다.



TV에서 보는 대형 컨테이너선은 얼마나 클까? 20,000TEU급 컨테이너선은 항공모함보다 더 큰 초대형 선박으로, 대략 평균 길이가 400m, 폭이 60m, 높이가 70m에 이른다. 흔히 비교하는 축구장 면적의 4배에 해당하고, 선박을 수직으로 세우면 133층 높다. 이는 63빌딩의 높이인 264m보다 훨씬 높고, 롯데월드타워의 높이인 555m보다 150m 낮은 정도다. 이렇게 바다 위를 떠다니는 초고층 빌딩 크기의 컨테이너선은 화물을 적재하고 운행하는 데 하루에만 200~300톤에 이르는 연료를 소비한다. 상상을 초월하는 스케일이다.

하루 연료 소비량을 금액으로 환산하면 대략 12만 달러, 원화로 1억 7천만 원가량에 해당한다.

삼성중공업 친환경연구센터는 연료를 절감할 뿐만 아니라, 악천후로 인한 파도의 충격과 해수로부터 컨테이너를 보호할 수 있는 '대형 컨테이너선 공기저항 저감 장치 SAVER Wind(C)'를 개발하였다. 이로써 2024년 39주 차 장영실상을 수상하였고, 자타공인 세계 1위인 한국 조선업의 기술력을 과시하였다. SAVER Wind(C)의 기술은 무엇이고 어떠한 성공의 요인들이 있었는지를 함께 알아본다.

글. 이장욱 컨설턴트(씨앤아이컨설팅)

기술의 가치에 대한 이해

대형 컨테이너선의 공기저항 저감 장치라고 하면 TV에서도 본 적이 없어 쉽게 연상되지 않을 것이다. 그러나 컨테이너를 싣고 다니는 트럭의 운전석 뒷부분에, 주행 방향으로 경사면을 가진 뚜껑 같은 것은 자주 보았을 것이다. 이는 공기저항을 줄이기 위한 에어 페어링 또는 스포일러라고 하며, **그림1**을 참조하면 쉽게 알아볼 수 있다. 삼성중공업 친환경연구센터에서 개발한 대형 컨테이너선 공기저항 저감 장치 SAVER Wind(C)는 쉽게 말해 배에 설치하는 에어 페어링이다.

20,000TEU급 컨테이너선은 길이 20피트(6.1m)의 컨테이너를 2만 개 적재할 수 있는 규모다. 컨테이너를 적재했을 때 배의 높이는 바닥부터 제일 높은 곳까지 약 70m 정도 된다. 이렇게 컨테이너를 쌓아 올려 만들어진 거대한 벽은 배의 항해 중 공기저항의 원인이 되어 연비를 떨어트리며, 악천후 속에서는 거대한 파도가 부딪치는

〈ChatGPT를 통해 이미지 생성〉

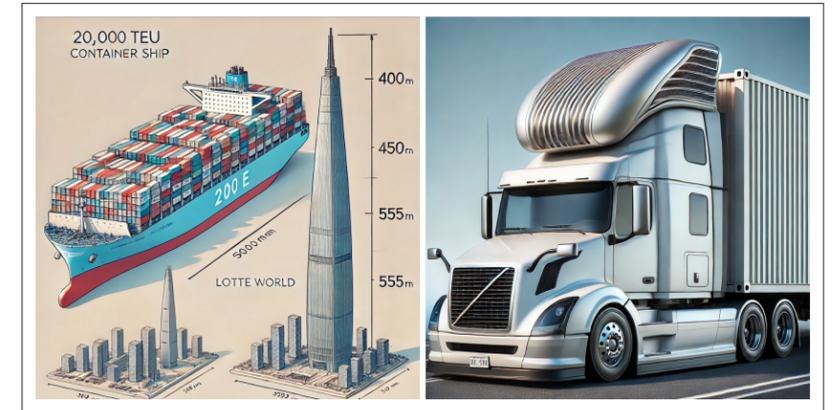


그림 1

초고층 빌딩과 비교한 20,000TEU급 컨테이너선의 크기(좌) 및 컨테이너 트럭의 공기저항을 줄이기 위한 에어 페어링(우)

타깃이 되기도 한다.

삼성중공업의 SAVER Wind(C)는 이렇게 컨테이너 벽이 받는 공기저항을 줄여 연비를 높여 준다. 또한 악천후 시 발생하는 거센 파도의 들이침으로 인한 충격과 하중으로부터 컨테이너와 뱃머리 부분의 각종 의장품을 보호해 준다.

01 TEU: Twenty-foot Equivalent Unit. 20피트의 표준 컨테이너 크기를 기준으로 만든 단위로, 배나 기차, 트럭 등 운송 수단 사이의 용량 비교를 위해 만들어짐.



그림 2 삼성중공업이 개발한 대형 컨테이너선의 공기저항 저감 장치 SAVER Wind(C)

대형 선박은 항해 시 해수와 공기에 의한 저항을 받는다. 그런데 공기저항을 가장 많이 받는 선종이 바로 컨테이너선이다. 실제 운항 시 공기저항은 컨테이너선이 받는 전체 저항 중 최대 40%에 달하며, 이러한 공기저항 중 80% 이상이 컨테이너 박스에 의해 발생한다. 다시 환산하면, 실제 운항 시 컨테이너선이 받는 전체 저항 중 최대 30% 정도가 컨테이너 박스에 의한 것이라는 의미다.

여기에 더하여 악천후로 인해 높은 파도가 발생하면, 파도의 힘은 최대 300kPa 정도의 하중으로 작용한다. 이러한 파도가 선체를 넘어 컨테이너 박스와 부딪치면 컨테이너와 배의 의장품들이 손상을 입을 수 있다. 이때 파도로서 갑판 위로 올라오는 초록색의 무거운 물 덩어리를 ‘Green Water’라고 부른다.

삼성중공업이 개발한 대형 컨테이너선 공기저항 저감

장치 SAVER Wind(C)가 제공하는 기술적 가치는 다음의 세 가지로 명확하게 요약할 수 있다. ① 추크장 4배 크기의 대형 컨테이너선이 받는 공기저항을 줄여 연비를 개선해 준다. 연비 개선의 효과는 최대 6% 정도이다. ② Green Water로부터 뱃머리에 적재된 컨테이너 박스와 배의 각종 의장품을 보호해 준다. ③ SAVER Wind(C)는 새로 건조하는 배에만 적용할 수 있는 것이 아니라, 기존의 배에도 적용할 수 있어 유연성이 있다. 이 유연성이 SAVER Wind(C) 기술의 핵심이라 할 수 있으며, 다음 장에서 이를 자세히 다룬다.

최근 SAVER Wind(C)는 더욱 많은 고객에게 관심받는 소위 ‘핫한 아이템’이 되었다. 대형 컨테이너선이 하루에 사용하는 연료량은 200~300톤이고, 이는 약 1억 7천만 원 정도의 금액에 해당한다. 만약 대형 컨테이너선이

부산에서 로스앤젤레스로 향하여 대략 12일을 항해한다고 가정하자. 그렇다면 평균 잡아 3천 톤가량의 연료를 사용한다는 것인데, 이러한 점을 생각하면 SAVER Wind(C)는 단순한 연비 개선 장치를 넘어선 친환경 기술이라고 할 수 있다. 이에 더해, 국제해사기구(International Maritime Organization, IMO)가 온실가스배출 억제를 위한 각종 규제를 강화하고 있어 연료 절감장치의 필요성이 더욱 커지고 있다.

SAVER Wind(C) 기술개발 과정

삼성중공업의 SAVER Wind(C)는 2012년 최초의 아이디어로부터 과제화가 시작되었다. 2022년에야 최초로 적용이 이루어져, 10년간 개발이 진행되었다고 할 수 있다. 이 기간에 어떠한 기술개발이 이루어졌고, 이렇게 개발된 기술의 핵심적인 차별성은 무엇일까?

완성된 SAVER Wind(C)는 건물 5~7층 높이에 이르는 철재 구조물이다. 20,000TEU급 컨테이너선은 공선의 중량만 20만 톤이고 화물을 적재하면 40만 톤에 달하기에, SAVER Wind(C)의 무게는 크게 느껴지지 않는다. 그러나 SAVER Wind(C)는 배의 앞머리에 설치되어야 하는 구조물이므로, 배에 가해지는 하중과 균형, 공기저항, 뱃머리의 각종 의장품이나 장비와의 간섭 등 고려해야 할 사항이 많다. 관련하여 제대로 된 데이터를 얻기 위해서는 실물을 이용한 실험이 필요하지만, 단순히 생각해 봐도 실험실에서 이것저것 조정해 가며 실험하기에는 컨테이너선이 너무

크다. 왜 SAVER Wind(C)가 오랜 시간 동안 개발되었는지를 짐작해 볼 수 있다.

SAVER Wind(C)의 실제 실험 과정은 크게 3단계로 나누어진다. 첫째, 어떠한 형상으로 SAVER Wind(C)를 만들어야 가장 효과적일지를 찾는 단계이다. 그림2에서 볼 수 있는 SAVER Wind(C)의 굴절과 각도 하나하나의 멋있고 세련되게 보이기 위한 디자인적 고민에서 나온 형상이 아니다. 오히려 수없이 다양한 형상에 대한 공기저항 테스트 결과, 공기저항을 극대로 감소시킬 수 있는 형상이 우연히 외형적으로 보기 좋기까지 한 것이다. 기술적으로는 ‘유동 해석’이라는 과정으로 간단히 설명되지만, 이 과정에서 수없이 많은 형상을 실험한 경험과 데이터의 축적이 진짜 핵심 기술 자산이라고 할 수 있다.

둘째, 형상을 모형 선박에 적용하고 풍동 테스트를 통해 공기저항 효과를 데이터화하는 단계다. 실제 선박에서 데이터를 얻을 수는 없으므로 모형 선박에서 도출한 데이터는 실물에 가장 근접한, 귀중한 데이터 자산으로 축적된다.

셋째, 선박의 안전성과 내구성 등을 검증하는 단계다. 이 마지막 단계에서는 인증서를 발급해 주는 ‘선급기관(ex. 한국선급)’에서 요구하는 Green Water에 대한 구조 안전성 승인을 통과할 수 있도록 데이터도 확보해야 한다.

위의 세 가지 단계를 거쳐 궁극적으로 달성하고자 하는 실험의 목적은 ‘선박의 공기저항을 최소화해 주며 튼튼하고 가벼우면서도, Green Water의 충격으로부터 안전한 구조물의 개발’이다. 완성된 SAVER Wind(C)의 외형을 보면 경쟁사도 금방 모방할 수 있을 것 같지만, 데이터 없이는



그림 3 대형 선박들이 운항 중 받게 되는 전체 저항 중 공기저항의 비율

디자인적 모방에 지나지 않는다. 즉, 10년 간의 개발 과정은 모방할 수 없는 데이터의 축적 과정이었다고 할 수 있다.

유사한 크기의 컨테이너선이라 하더라도, 제조사나 제조 시기에 따라 선박의 뱃머리 모양은 달라진다. 이에 따라 SAVER Wind(C)의 외형도 변화가 필요하다. 그러므로 SAVER Wind(C)의 진짜 기술력은 배에 따라 맞춤형으로 형상을 만들어낼 수 있는 ‘유연성’에 함축되어 있다고 할 수 있다. SAVER Wind(C)는 새로 건조하는 배뿐만 아니라 기존의 배에도 약간의 개조를 통해 적용할 수 있다. 삼성중공업이 이렇게 큰 유연성을 제공할 수 있는 것은, 전술하였듯이 10년간 다양한 형상에 대해 실험한 수많은 시행착오 데이터를 체계적으로 분석 및 종합해 왔기 때문일 것이다.

SAVER Wind(C) 기술개발의 성공 요인

삼성중공업의 SAVER Wind(C)라는 기술혁신 성공 사례는 ‘유연한 R&D vs. 경직된 R&D’라는 말로 그 성공 요인을 요약할 수 있다. 한 과제를 10년이나 지속하는 것은 유연성이 허락되지 않는 환경이라면 불가능하다. 대형 선박의 개발과 건조는 수많은 기술과 전문성의 융합이 필수적이므로, 단기 성과 중심의 경직된 R&D로는 기술 집약적인 조선 분야에서 살아남을 수 없다.

우리나라의 R&D 투자는 세계 5위권이고, GDP 대비 R&D 투자 규모는 세계 2위 수준이다. 외형적으로는 더 이상 성장하기 어려울 정도로 세계 최고 수준인 것이다. 이제는 양적인 성장보다는 질적인 성장으로의 변환을 추구해야 한다는 목소리가 크다. 어떻게 하면 질적으로 훌륭하면서도 유연한 좋은 R&D를 수행할 수 있을까? 삼성중공업의 기술혁신 성공이 이를 설명하기에 최적인 사례로 보인다.

기업들은 목표를 달성하기 위해 기술로드맵을 수립하고 실행 과제들을 도출한다. 그런데 궁극적인 목표는 같더라도 접근 방법은 천차만별로 달라질 수 있다. 필자는 문제 해결 방법의 다양성을 허용하고, 지속적인 고민을 할 수 있는 환경을 만들어 주는 것이 ‘유연한 R&D’라고



(좌측부터) 이희성 그룹장, 전상배 프로, 김정 프로

생각한다. 한편, 단기적인 성과에 집착하여 개발기간과 R&D 접근 방법을 한정한다면 유연성은 급격하게 떨어진다. 유연한 R&D란 참 실천하기 어려운 것이다. 이렇게 단기적으로 빠르게 접근하는 방식과 다양성을 존중하고 지속적으로 고민할 수 있게 하는 방식은 각기 장단점이 있으므로, 적절한 선이 필요하다.

삼성중공업은 무엇을 잘해서 성공적인 R&D를 수행해 냈을까? 몇 줄의 글로 다 설명할 수는 없겠지만, 비결은 엄격함과 유연함에 있는 것으로 보인다. 삼성중공업에는 큰 목표를 공들여 세우는 엄격함이 있고, 다양한 아이디어로부터 과제를 만들어내는 유연함이 있는 것이다. 이를 다시 엄격하게 심사하여 확정하고, 이 과정을 거쳐 선정된 과제에 대해서는 일단 오랜 기간이 소요되더라도 기다려주고 지원해 주는 유연함이 있다.

이와 같이 SAVER Wind(C)는 10년의 개발 과정 동안 몇 차례의 큰 변화와 새로운 아이디어의 추가를 겪으며 지금의 모습으로 완성되었다. 그리고 로드맵은 접근 방법을 제한하는 것이 아니라 방향과 큰 목표를 제시해 주는 역할이기 때문에, 비슷한 시기에 SAVER Wind(C)뿐만 아니라 SAVER Air, SAVER Fin과 같은 친환경 기술들이 함께 개발되었다. 여기에서도 삼성중공업의 엄격함과 유연함의 공존을 찾아볼 수 있다.

SAVER Wind(C) 기술을 개발한 전상배 프로는 “이러한 환경에서 연구개발을 할 수 있다니 참 복을 받은 것 같다.”라고 말했다. 여러 가지 의미가 담긴 말이겠지만, 유연한 환경도 엄격한 환경도 다 사람들에게서 나온다는 것을 강조한 말이라고 생각한다. 결국 구성원들이 유연함과 엄격함을 넘나들며 혁신을 이끄는 조직문화를 만들어내는 것이다. 자신의 의견을 말하지 못하는 연구원은 창의성을 가질

수 없고, 창의성이 없는 곳에서 혁신은 일어날 수 없다.

최근 SAVER Wind(C)는 많은 고객의 관심을 받고 있어, 대형 컨테이너선의 필수 아이템이 될 것으로 전망된다. 더 나아가, SAVER Wind(C)는 가까운 미래에 대양의 공기를 가르는 대형 컨테이너선의 기본 설계 요소가 되지 않을까 조심스레 예측해 본다. **기술혁신**

MINI INTERVIEW

Q 전상배 프로님은 기술개발 성공 요인에 대하여 신제품의 개념 정립이나 창의력 개발과 같은 요소들을 직접 꼽아 주셨는데, 이에 관해 더 자세히 말씀해 주신다면?

A 우리 분야에는 혼자서 할 수 있는 R&D가 없습니다. 여러 사람과 협력해야만 일이 수월하게 진행되는데, 삼성중공업에서는 다양한 부서의 사람들이 모여 일하기 좋은 환경이 조성되어 있습니다. 부서가 서로 다르더라도 함께 아이디어를 내고, 모인 사람 중에 프로젝트 리더를 정하고, 과제를 기획할 수 있는 등 자유로운 분위기입니다.

또한 사내 창의 경진대회가 있어, 과제화 이전에 다른 사람들과 아이디어를 공유하고 develop 할 수 있습니다. 경진대회는 예선을 거쳐 본선으로 진출하게 되는 구조인데, 이에 대략 2개월의 기간이 소요됩니다. 그동안 많은 논의가 이루어지고 개념의 완성도도 높아집니다. 경진대회에서 나온 좋은 아이디어들은 실제 과제화로 이어집니다. 삼성중공업에서는 과제 정의(Project Define)를 매우 중요시하기에, 이렇게 과제화



되는 것은 쉽지 않습니다. 하지만 이러한 엄격한 과정을 거치기 때문에 과제 성공률이 높은 것이라 생각합니다.

삼성중공업에서는 개발 단계의 내용이라도 이를 고객에게 소개하고, 이에 대한 고객의 의견을 청취합니다. 고객의 선택을 받지 못한다면 아무리 창의적인 컨셉이라도 무용지물에 불과하기 때문입니다. 즉, 고객의 선택을 받기 위해서는 고객과의 끊임없는 소통이 필수적입니다. 특히 바다를 무대로 하는 해운업계는 안전성이 무엇보다 중요하기에, 새로운 제품이나 기술 적용에는 소극적일 수밖에 없습니다.

결론적으로, 제가 말씀드린 창의성 개발이나 아이디어의 컨셉화는 삼성중공업에서의 환경이기에 더 원활히 이루어지고 있다고 생각합니다. 연구원들이 내부의 동료나 외부의 고객들과 함께 머리를 맞대고 아이디어를 실현할 수 있도록, 내부 프로세스를 체계적으로 갖추어 놓았기 때문입니다. 또한 관철은 아이디어가 있다면 이에 도전해 볼 수 있도록 시간과 기회를 주고 있기에, 정말 연구개발에 최적인 환경이라고 생각합니다.

제가 SAVER Wind(C)를 개발할 때도, 현재의 모습으로 완성되기까지는 몇 차례의 컨셉 변경이 불가피했습니다. 초기 컨셉에서는 구조 안정성을 확보하려고 하자 너무 무겁고 복잡한 구조가 되었고, 또한 경량화를 달성하려고 하자 구조 안정성이 확보되지 않는 모순 관계가 발생했기 때문입니다. 이러한 시행착오를 허용해 주고 끊임없이 지원해 줄 수 있는 것은, 단지 잘 갖춰진 프로세스나 큰 기업의 규모라는 측면을 넘어서는 무언가가 삼성중공업에 있기 때문이라고 생각합니다.

특허 분석을 통한 산업기술 트렌드



글. 김병희
특허법인 다나 파트너 변리사

연세대학교 기계전자공학부를 졸업하고, 특허법인 다나에서 기계분야 파트너 변리사로 일하고 있다. 기업체나 대학교, 출연연구소의 특허출원·분석 및 심판 업무와 기업체 및 한국특허전략개발원의 IP-R&D 전략지원사업의 책임연구원을 담당하고 있다. 자율주행기술개발혁신사업단의 법·제도 전문가 위원으로도 활동하고 있다.

특허청은 최근 ‘2025년도 주요업무 추진계획’을 발표했다. 내수경기 침체와 보호무역주의 심화 등 대내외 경제 여건이 악화하는 상황에서, 지식재산 정책을 통해 위기 극복의 해법을 찾고 우리 경제의 역동성을 강화하기 위한 대책이다.

특허청의 보도자료를 참조하면, 2024년도에 국내

특허출원은 24.6만여 건으로 역대 최대치를 기록하였다. 특허청은 특허 빅데이터를 기반으로 지속적인 기술혁신을 지원함으로써, 지식재산을 활용한 기술 경쟁력 강화를 목표로 삼고 있다. 특허청은 첨단기술 정보의 집약체인 6억 건의 특허 빅데이터를 활용하여 200개 첨단기술 R&D 과제의 특허 동향 심층분석을 신규로 실시하고, 특허 빅데이터를 활용한 R&D 길잡이로서 역할 할 것을 발표하였다.

특허 빅데이터는 다양한 산업 분야의 혁신과 기술 동향을 파악할 수 있는 중요한 자원이다. 특허 빅데이터를 활용하는 방법은 다양인데, 우선 특허 데이터를 기반으로 기술 분야별/출원 연도별 분석을 통해 기술 트렌드를 분석할 수 있다. 경쟁사의 출원 동향을 분석하여 경쟁사 분석에 활용할 수 있으며, 경쟁사와의 기술 격차도 분석할 수 있다. 또한 경쟁사의 특허 데이터를 분석함으로써 특허 분쟁이 발생할 가능성을 사전에 파악하고, 분쟁 가능성이 높은 특허에 대한 대응 방안을 마련할 수 있다. 그 밖에도 기업·대학교·연구소 등의 특허출원 데이터를 기초로 기술력 및 기술 집중 현황 등을 분석할 수 있다. 분석 결과는 M&A 또는 공동연구(기술이전 포함)의 자료로 활용할 수 있다. 마지막으로, 특허 빅데이터를 활용하여 유망 기술 분야를 도출하거나 신규 R&D 과제를 기획하고,

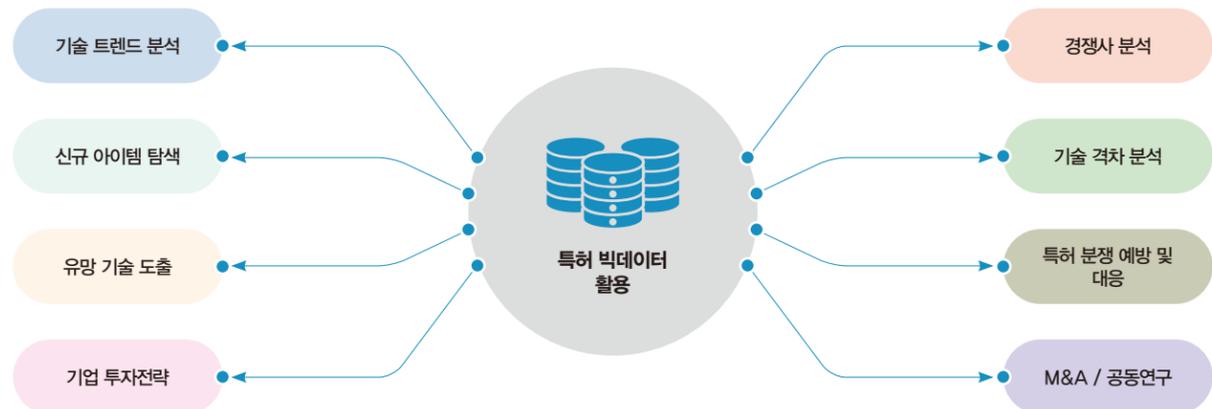


그림 1
특허 빅데이터의 활용

특허활용은 기업의 IP-R&D 전략 수립을 돕기 위해 특허 분석을 통한 산업 기술 트렌드, 시장·제품 전망 등의 분석 정보를 제공하고 있습니다.

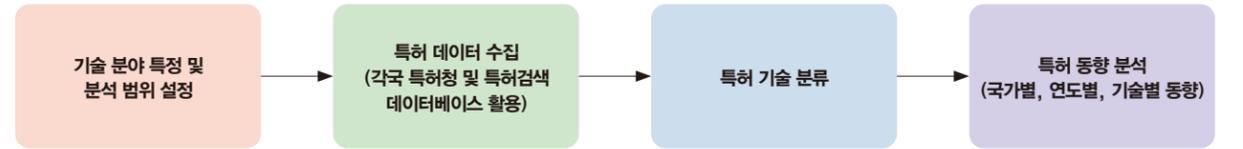


그림 2
특허 동향 분석 프로세스



그림 3
키프리스 첫 화면

신규 사업 아이템을 탐색할 수 있다.

특허 데이터를 활용하기 위해서는 분석 목표로 하는 산업 또는 기술 분야를 특정하고, 해당 분야의 특허를 검색 및 선별하여 정리하는 과정이 필요하다. 트렌드를 확인하고자 하는 기술 분야(또는 산업 분야)를 특정하고, 분석 범위를 설정하여야 한다. 분석 범위 설정 시, 분석 대상 국가(한국, 미국, 중국, 유럽 등)와 출원 기간(최근 5년, 최근 10년 등) 및 출원인(경쟁사)을 설정할 수 있다. (그림2 참조)

특허 분석 범위가 설정되면, 특허 데이터를 수집해야 한다. 특허 데이터는 국가별 특허청을 활용하여 수집할 수도 있고, 특허 정보검색 서비스를 활용하여 수집할 수도 있다. 다량의 특허를 특정 조건 내에서 수집하기에는 특허 정보검색 서비스를 활용하는 것이 효과적이다. 특허 정보검색 서비스는 유료/무료로 제공되며, 대표적으로 특허청에서 무료로 제공하는 키프리스(www.kipris.or.kr)가 있다. 키프리스는 국내 특허·실용신안뿐만 아니라 디자인 및 상표의 검색서비스를 제공하며, 해외 특허의 검색서비스도

제공하고 있다.

특허 검색을 통한 특허 데이터 수집에도 다양한 방법이 있다. 특허 문서에 사용되는 키워드를 이용하여 검색하는 방법, 특허에 부여된 IPC(International Patent Classification; 국제특허분류)/CPC(Cooperative Patent Classification; 협력적 특허 분류)를 이용하여 검색하는 방법, 출원인 정보를 중심으로 검색하는 방법 등이 사용될 수 있다. 특히 IPC는 발명의 기술 분야를 나타내는 국제적으로 통일된 특허 분류체계로, 모든 특허출원 건에 부여되고 있다.

키워드 검색 시에는, 해당 기술 분야에서 사용되는 기술 용어뿐만 아니라 특정 기술 용어의 동의어 및 유사어도 함께 검색해야 한다. 따라서 검색서비스에서 제공하는 검색 연산자를 활용하는 것이 중요하다. 키프리스에서도 기술 용어마다 유사어를 제공해 주는 서비스와 검색식 작성을 가이드해 주는 서비스를 운영하고 있다.

또한 특허 검색 시, 검색 국가 및 특허의 법적 상태(등록, 거절, 소명 등)를 검색 조건으로 부여할 수 있으며, 출원인뿐만 아니라 발명자를 검색 조건으로 부여할 수 있다. 그러므로 키워드를 이용한 검색식을 활용하는 방법, 특허 분류체계를 활용하는 방법, 주요 출원인 중심의 검색을 활용하는 방법을 적절히 조합하여 특허를 검색하는 것이 중요하다.

이렇게 다양한 방법을 통해 특허 데이터를 수집한 이후에는, 분석에 활용할 유효한 특허를 선별 및 분류하는 작업이 필요하다. 또한, 분석 범위 내 특허들을 분석 목적에 맞추어 세부 기술별로 분류하는 작업이 필요할 수 있다. 키워드 검색의 한계로 분석



범위와 관련성이 적은 특허 정보가 다수 검색될 수 있기 때문이다. 최근에는 AI가 발달하여, 유료로 운영되는 몇몇 특허 검색서비스가 많은 양의 특허 데이터 중 관련성이 낮은 특허 문헌을 자동으로 제거해주는 서비스를 제공하고 있다.

분석 목적 및 범위에 적합한 특허들이 선별되고 분류되면, 다양한 특허 분석 지표를 활용하여 특허 트렌드를 분석할 수 있다. 특히 주요 국적별 시계열 특허 출원의 동향 및 점유율 등을 확인할 수 있는데, 이때 그래프 등 시각화된 자료도 활용할 수 있다. 연도별 특허출원 동향을 그래프로 확인하면, 설정된 분석 기간(ex, 최근 10년) 내 연도별 해당 기술 분야의 기술 개발 트렌드를 파악할 수 있다. 마찬가지로 전체 국가의 연도별 특허출원 동향을 그래프로 표시하면, 전 세계 기술개발 트렌드를 파악할 수 있다. 상위 5개국(한국, 미국, 중국, 유럽, 일본)의 연도별 특허출원 동향을 통해서도, 주요 국가별 기술개발 트렌드를 비교 분석할 수 있다. 또한 최근 10년 간의 특허 데이터를 수집한 경우, 과거 5년 대비 최근 5년간의 특허

출원 동향을 파악하고 기술개발 트렌드의 변화를 분석할 수 있다.

지금까지는 분석 목적에 맞는 특허 분석을 직접 수행하여 그 결과를 활용하는 방법을 소개하였다. 그러나 이미 특허 트렌드 분석이 완료된 자료를 활용하는 방법도 있다. 특허청(www.kipo.go.kr)은 2024년 11월 '첨단전략산업과 글로벌 기술동향과 특허'라는 책자를 특허청 홈페이지에 온라인으로 발행하였다. 여기에서 특허 데이터를 기반으로 분석된 기술 동향 자료를 무료로 확인할 수 있다. 해당 책자를 참조하면 반도체, 디스플레이, 이차전지, 첨단바이오, 첨단 모빌리티, 차세대 원자력, 우주항공/해양, 수소, 사이버 보안, 인공지능, 차세대 통신, 첨단로봇/제조, 및 양자 등 13개 첨단전략산업의 기술별 동향을 확인할 수 있다. **기술·혁신**

혁신의 체계적 접근과 혁신경영: 혁신경영 표준의 등장과 관련하여



글. 임재성 건국대학교 교수
이노베이션 포럼 부회장

영국 University of Sussex SPRU(Science Policy Research Unit)에서 기술혁신경영학 박사학위를 취득한, 혁신경영 및 인더스트리4.0/산업 디지털 전환 혁신 전문가다. 현재 ISO 56000(혁신경영표준) 전문위원, 이노베이션 포럼 부회장, 한국경영학회 부회장(혁신경영 담당), 한국 인더스트리 4.0 협회 테스트베드/테스트드라이브/유즈케이스 태스크 그룹 공동의장, 미국 DTC(Digital Twin Consortium) 비즈니스모델&디지털트랜스포메이션 워킹 그룹 공동 의장, 정부 자문 등으로 활동 중이다.

스티브 잡스는 1985년 기존 경영 방식을 고집하는 동료들과의 이견대립으로 애플에서 축출되었으나, 1997년 복귀한 이후 혁신경영을 통해 애플을 재건하였다. 애플은 혁신을 통해 기업 성장이 가능하다는 것을 보여준 대표적인 기업으로, 구글이나 아마존 등과 함께 혁신을 통한 성장 사례를 남겼다.

전통적 경영과 혁신경영의 차이점

전통적 경영은 '혁신'을 부차적인 요소로 간주하며, 불확실성에 직면했을 때 회피하거나 예측 가능성에 의존하는 방식으로 이에 대응한다. 예측 가능성과 안정성을 강조하고 조직의 성과와 효율성을 극대화하는데 초점을 맞춘다. 전통적 경영에서도 혁신을 추구하지만, 조직 성과와 효율성을 가장 중요하게 고려한다.

반면, 혁신경영을 전개하는 기업은 '가치 있는 혁신 결과물'을 제공하는 데 초점을 둔다. 조직의 성과와

효율성도 고려하지만, 혁신 결과물의 제공을 최우선으로 고려한다. 혁신경영은 예측 가능성과 안정성을 강조하는 전통적 경영과 달리, 불확실성에 대응을 강조하며 이를 적극 관리한다. 불확실성의 관리는 혁신경영이 전통적 경영과 가장 뚜렷하게 구별되는 점이다.

불확실성의 예시로, 새로운 제품이나 서비스를 개발할 때 고객이 원하는 것을 정확히 제공하지 못할 위험과 관련된 불확실성을 들 수 있다. 이러한 위험을 줄이기 위해서는 아이디어 발굴 단계부터 제품·서비스 출시까지 모든 과정을 체계적으로 관리해야 한다. 이를 위하여 개별 프로젝트뿐만 아니라 조직 차원의 혁신 프로세스를 효과적으로 운영하는 것이 중요하다. 특히, 여러 혁신 프로젝트를 포트폴리오 관점에서 관리함으로써 실패 가능성을 줄이고, 자원을 전략적으로 배분할 수 있다.

이러한 관리를 추진하는 데 있어 문화·조직·자원 등 지원 환경이나 리더십이 장애요인으로 작용하지 않도록 주의해야 한다. 이를 위하여 기업은 전사적인 차원에서 혁신 프로세스에 영향을 미치는 경영 시스템을 체계적으로 관리해야 한다.

혁신경영은 기업을 '혁신 DNA'가 내재한 혁신 체질의 조직으로 전환하는 것을 목표로 한다. 이는 지속적으로 성공적인 혁신 결과물을 창출하여, 조직 성장을 이루는 혁신경영 시스템을 구축하고 운영하는 것을 의미한다.

시장과 기술의 환경 변화가 적어 안정적이고 혁신 빈도가 낮은 산업에서는 전통적 경영 방식을 적용하는 것이 효과적일 수 있다. 반면, 환경 변화가 크고 혁신 빈도가 높은 산업에서는 혁신경영 방식이 기업의 경쟁력 확보에 필수적이다. 4차 산업 혁명이 대두하고 글로벌 경쟁이 심화하고 있는 현 상황에서, 혁신경영의 도입은 혁신 경쟁에서 생존하는 방안으로써 더욱 절실해지고 있다.

혁신이 필요한 환경에 직면하였으나 혁신경영 방식으로 선회하지 못하고 전통적 경영 방식을 고집

한다면, 위기를 맞을 수 있다. 1990년대 후반 스티브 잡스 복귀 이전 애플의 위기가 바로 전통적 경영 방식을 고수했을 때 발생할 수 있는 문제를 보여준다. 당시 애플의 제품 포트폴리오는 지나치게 방대하였고, 혁신보다는 기존 제품군을 기반으로 한 운영 효율화에 집중하는 경향을 보였다. 그러나 잡스의 복귀 이후, 애플은 혁신경영을 적용하는 기업으로 전환하였다. 스티브 잡스는 전통적 경영과 다른 새로운 경영을 뒷받침하기 위해 사내 대학을 설립하였으며, 혁신경영을 실천하였다.

혁신경영 표준의 등장

혁신의 속도가 빨라지고 혁신경영 모범 사례에 대한 지식이 확산함에 따라, 체계적인 프레임워크와 방법론이 정립되었다. 기업 내에서도 혁신을 전담하는 중역과 실무자가 증가하며, 체계적인 혁신경영이 정착하게 되었다. 이러한 흐름 속에서 2019년 ISO(International Organization for Standardization; 국제표준화기구)가 혁신경영 시스템 표준을 제정하고 2024년에는 이를 인증 표준으로 발전시키면서, 혁신경영이 더욱 대중화되었다.

우리나라에서 ‘혁신’은 ‘변화’와 같은 의미로 종종



그림 1
ISO 혁신경영 원칙

쓰이곤 하지만, ISO 혁신경영 표준에서 논하는 ‘혁신’은 다른 뜻을 지닌다. 제품 혁신, 비즈니스 모델 혁신, 서비스 혁신의 예시에서와 같이 ‘구체적인 형태를 갖춘 혁신’을 의미한다. 즉, ISO 표준에서는 혁신을 ‘가치를 실현하는 새로운 혹은 변경된 실체’라고 정의한다.

ISO 56000 혁신경영 표준은 혁신을 지속적으로 일으켜 기업의 성장을 이끄는 혁신경영 시스템을 구축하는 데 도움을 준다. 이 표준은 불확실성 관리, 가치 실현, 통찰력 활용, 미래지향적 리더십, 전략적 방향, 문화, 시스템적 접근, 적응성의 8대 원칙을 기반으로 한다(그림1). 전체적인 틀에 대해서는 그림2의 ‘ISO 56001 혁신경영시스템 프레임워크’를 참조하기 바란다. 프레임워크는 기회 식별에서 솔루션 전개까지의 혁신 프로세스를 핵심으로 삼으며, 이에 영향을 미치는 리더십, 기획, 지원 요소를 효과적으로 관리하는 방식을 보여준다. 특히 그림에서는 혁신 프로세스를 ‘운영’으로 표현하고 있다. 기회 식별에서 솔루션 전개까지의 혁신 프로세스를 예로들어 쉽게 표현하자면, 이는 니즈 발견부터 제품·서비스 출시까지의 과정을 의미한다.

혁신경영 표준의 시사점

끝으로 혁신경영의 부상과 혁신경영 표준의 등장이 연구개발 관리에 주는 시사점을 언급하고 글을 마무리하고자 한다.

1) 불확실성 수용을 통한 새로운 기회 창출

전통적 연구개발 관리는 예측 가능성과 위험 최소화에 초점을 맞추지만, 혁신경영은 불확실성에 직면하여 실패 위험을 줄이고 새로운 기회를 발견하는 데 초점을 둔다. 혁신경영 접근을 적용하면, 연구개발 조직은 더 혁신적이고 영향력 있는 아이디어를 탐색할 수 있고 새로운 시장의 기회도 포착할 수 있다.

2) 고객 중심의 혁신

혁신경영은 고객의 니즈와 기대에 부합하는 가치

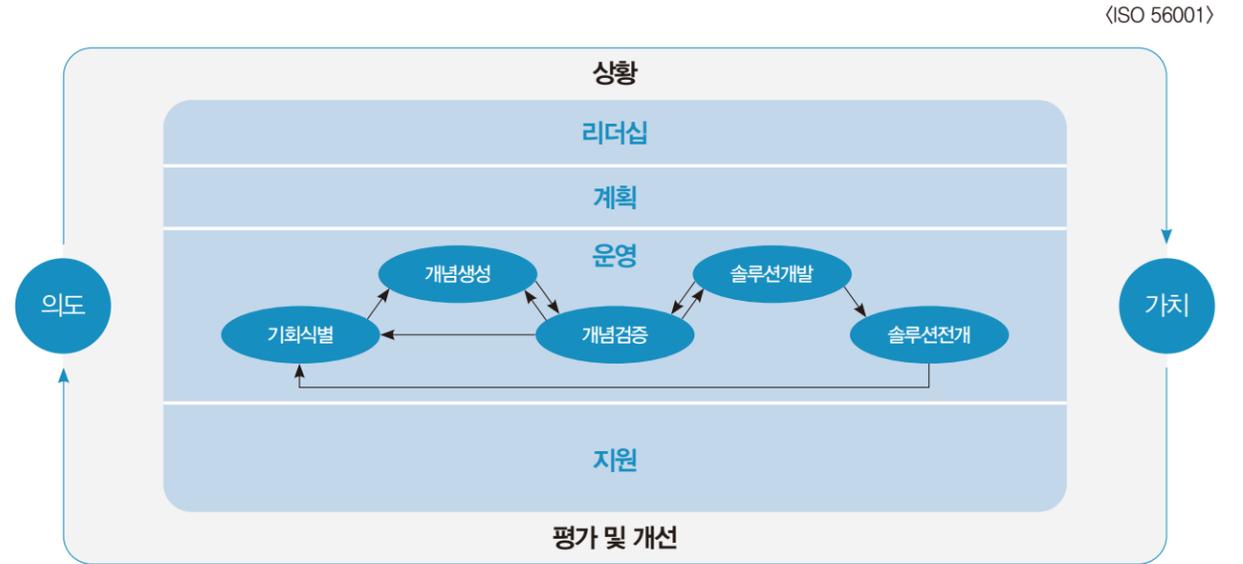


그림 2
ISO 56001 혁신경영시스템 프레임워크

있는 혁신 결과물을 창출하는 데 중점을 두고, 프레임워크나 도구 및 방법론을 제공한다. 이를 통해 연구개발 프로젝트는 실제 시장에서 성공 가능성이 높은 기술 및 제품과 서비스를 개발할 수 있다.

3) 위험과 기회의 균형적 관리

혁신경영은 위험과 기회를 균형 있게 조율할 수 있는 구조화된 혁신경영 포트폴리오 관리를 제공한다. 포트폴리오를 통해 CTO나 연구개발 매니저는 자원을 효율적으로 배분하고, 다양한 프로젝트의 성공 가능성을 높일 수 있다. 특히, 전략적으로 중요하나 위험이 큰 프로젝트를 회피하여 유망한 기회를 놓치는 일을 줄여 준다.

4) 혁신 프로세스의 최적화

혁신 프로세스를 구조화하면, 아이디어를 체계적인 혁신 결과물로 전환할 수 있다. 결과물 중심의 총체적인 프로세스 관리가 가능하고, 기존의 연구개발 프로젝트에서 점검하지 못했던 부분도 보완할 수 있다.

5) 소통 원활화

기존에는 혁신에 대한 용어와 프레임워크, 접근 및 방법론이 통일되지 않아 내·외부 관계자와 소통하는

데에 어려움이 있었다. 그러나 혁신경영 표준을 활용하면, 팀 내부는 물론 외부의 관계자들과 동일한 언어와 프레임워크를 사용하게 되어 소통이 더욱 원활해진다.

이상의 시사점을 고려할 때, 전통적 연구개발 관리 방식에 혁신경영을 결합하여 잘 활용할 수 있다면, 혁신경영은 업무 개선은 물론 기업의 경쟁력 향상에 도 크게 기여할 것으로 보인다.

혁신경영은 혁신 역량 제고를 통한 기업 및 국가적 차원의 경쟁력 강화와 직결되어 있다. 따라서 국가 차원에서 혁신경영 표준과 혁신경영 지식의 보급을 서두르는 국가들이 등장하며, 국가 정책적 차원에서도 혁신경영의 중요성이 높아지고 있다. 최근에 경쟁력이 떨어지고 있는 한국 기업은, 혁신 활동이 점차 중요해지는 환경임에도 혁신경영을 더디게 적용하여 문제가 발생한 것은 아닌지 원인을 검토할 필요가 있다. 한국 기업이 연구개발 분야를 필두로, 혁신경영을 보다 활발히 적용하여 경쟁력을 강화해 나가기를 기원한다. **기술혁신**

제76회 산기협 조찬세미나 2025년 통상여건 및 세계경제 전망

1월 16일, 제76회 조찬세미나가 엘타워 그레이스홀에서 열렸다. 대외적으로 통상 여건의 불안요인이 심화되며 중장기적인 대외 경제 전략의 중요성이 커지는 가운데, 대외경제정책연구원 이시욱 원장으로부터 2025년 세계 경제 전망에 관한 이야기를 들었다.



연사. 이시욱 대외경제정책연구원 원장

이시욱 원장은 연세대학교 경제학과를 졸업하고 파리 9대학교에서 응용경제학 석사를 취득한 뒤, 미국 미시간대학교에서 경제학 박사를 취득하였다. CJ제일제당에서 사외이사로 일하였으며, 현재 한국국제통상학회 회장과 대외경제정책연구원 원장직에 재임하고 있다.

트럼프주의 강화와 성장 격차 심화

2025년 세계경제 예측에서 주요하게 고려해야 할 사안은 올해부터 임기를 시작한 트럼프 미국 대통령의 시책이다. 대외경제정책연구원에서는 일 년에 두 차례 세계경제 관측을 실시하는데, 지난 11월 설정한 2025년의 핵심 키워드는 ‘강화되는 트럼프즘, 심화되는 성장 격차’이다. 미국의 고용 시장과 소비 시장 냉각을 우려하는 시선도 있지만, 지표상으로는 올해도 미국 경제는 견조할 것으로 예상된다. 반면 미국 외 다른 국가들은 트럼프주의 여파로 발생하는 변동성으로 인해, 전반적인 투자 및 무역이 둔화할 가능성이 높다. 격차는 올해 더 심화할 것으로 보인다.

현재 우리나라는 1990년대 말 이후를 연상시킬 만큼 환율이 높아진 상황이다. 강달러는 이미 예상한 상황이지만, 국내 경제 전망에 대한 우려와 한국인의 해외 투자 확대가 겹치며 결과적으로 달러 수요가 급증했다. 여기에 외국인 자금 이탈이나 성장을 둔화가 겹친다면, 환율에도 부정적인 영향을 미칠 수 있다. 국가적인 차원에서는 대규모 경상수지 흑자와 국고채 세계국채지수(World Government Bond Index, WGBI) 편입 등 원화 환율 안정화 요인이 있으나, 물가 상승 압력이 한국은행의 금리 인하 결정에 영향을 미칠 가능성이 있다. 유가의 경우 중동 리스크로 변동성이 확대될 것이나, 완만한 하향세가 예상된다. 단, 중동 분쟁이 악화된다면 유가 급등은 불가피하다.

주요국 경제진단도 살펴보자. 미국은 양호한 고용시장과 자산 가격의 상승 등으로 소비지출은 견조한 모습을 보일 것으로 예상된다. 다만, 금리인하에도 불구하고 여전히 제약적인 금리수준을 벗어나지 못해 소비 신장률은 점차 둔화될 전망이다. 투자 역시 트럼프 2기 정부의 감세 방침 시행 시기 및 기존 공급망 기초의 수정 여부에 따라 불확실성이 크지만, 감세 정책이 빠르게 시행된다면 발전을 견인할 수 있다. 독일은 물가안정과 금리인하에 따른 실질임금 및 금융여건 개선으로, 민간소비 회복 등에 힘입어 성장세를 보이는 중이다.

하지만 유로지역 경제의 30%를 차지하는 독일경제의 특성상 경기 및 구조적 요인으로 저성장세가 예상된다. 일본은 차세대 산업부문의 투자 증가와 새 내각의 경제 시책, 2024년 저성장에 따른 기저효과 등으로 성장세 개선이 전망된다. 그러나 민간소비와 밀접한 실질임금 상승이 장기적으로 지속되기 어려워 고성장세는 기대하기 어렵다.

트럼프 2기 교역정책: 영향 및 전망

트럼프 2기 행정부의 경제기조는 ‘포괄적 감세’, ‘규제완화’, ‘보호무역주의’, ‘에너지 독립성 강화’, ‘불법 이민 근절 등을 통한 제조업 부흥’, ‘일자리 창출 및 물가안정’에 초점을 두고 있다. 이러한 경제방침은 미국 공화당의 황금시대를 연 주역으로 평가받는 제40대 레이건 대통령 2기와 25대 맥킨리 대통령의 제도의 조합이다. 포괄적 감세, 에너지, 의료 등 핵심 경제시책 추진은 대부분 의회 동의가 필요하지만, 상당수 관세조치는 행정명령만으로 시행할 수 있다. 따라서 집권 초반부에는 1기와 마찬가지로 대통령의 재량권을 적극적으로 활용할 것으로 보인다. 이로 인해 발생하는 보편관세 부과 문제는 원칙적으로 WTO 체국 대우와 연관되어 의회 승인이 필요하다는 입장과 기존 법령을 활용하여 승인 없이 시행할 수 있다는 입장이 병존한다. 하지만 바이든 정부 때와 마찬가지로 국가 긴급경제권한법을 사용할 가능성이 있다. **미국이 FTA체결국에도 보편관세를 부과할 것인지 여부가 한국경제에도 영향을 미칠 것이다. 우리나라 주요 산업 중에서는 선박, 원전, 바이오가 수혜업종이 될 것이며, 2026년 미국 의회 중간선거가 트럼프 무역정책 성패의 1차 분수령이 될 가능성이 높다.**

피크 차이나(Peak China)?

2025년 세계경제 예측에서 고려할 또 다른 핵심 요인은 중국이다. 최근 중국 정부는 다각적인 경기

이달의 명강연은 한국산업기술진흥협회에서 진행한 강연 중 우수강연을 선별해 소개합니다.



부양책을 발표했다. 경기를 완전히 반전시키기에 한계가 있다. 바이든 행정부의 대중국 규제조치를 유지할 것으로 예상되는 트럼프 2기 정부는 추가 관세 도입 및 대중 제재로 성장기여도가 높은 중국의 수출에 타격을 줄 것으로 보인다.

‘과도한 투자수요 의존도’, ‘지방정부 부채’, ‘부동산 함정’, ‘지정학적 갈등’, ‘생산성 정체’, ‘고령화의 빠른 진전’ 등은 중국경제가 정점에 달했다는 ‘피크 차이나’ 논쟁에 불을 지피는 주요 도전요인이다. 현 시점에서 볼 때 중국의 중장기 성장세가 당초 예상보다 빠르게 하락하고 있는 것은 사실이다. 그럼에도 중국은 ‘낮은 수준의 도시화율’, ‘전 세계 특허출원 1위’, ‘낮은 해외 부채 의존도’, ‘높은 국내 저축’, ‘디지털 전환시대에 유리한 대규모 내수시장’ 등의 잠재적 성장 동력을 보유하고 있어 견조한 성장세를 유지할 가능성도 존재한다.

우리나라 주요 대기업은 지난 수십 년 동안 글로벌 시장을 선도해왔지만, 최근 들어 중국 등 후발 기업의 기술에 시장 지배력을 잠식당하는 ‘혁신가의 딜레마’에 직면했다. 공급망 불안, 자국 우선주의 등으로 현지 투자가 늘어나며 국내 중소·중견기업과 대기업 사이의 분업구조도 약화될 가능성이 있다. 이러한 문제를 해결하려면 중장기적인 관점에서 민관의 긴밀한 소통과 협력으로, 새로운 산업 및 기술 기회를 포착하고 산업경쟁력을 강화할 수 있는 방침을 설계 및 시행해야 한다. **기술혁신**

신기술(NET) 인증 기술



신기술(NET, New Excellent Technology)인증은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 운영하는 인증 제도로써 개발된 신기술의 상용화와 기술거래를 촉진하고자 도입되었다. 기업 및 연구기관, 대학 등에서 개발한 신기술을 조기 발굴하는 데 기여하고 있다.



트롬빈 유도 동종혈소구체중간염증기세포를 이용한 미숙아 뇌실내 출혈 치료제 제조 기술

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | 썬메디노 |
| 주생산물 | 줄기세포치료제 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2027년 12월 10일 |
| 분야 | 화학·생명 |

본 기술은 트롬빈 전처리를 통한 줄기세포의 측분비인자(paracrine factors)의 과발현을 유도하여 주변세포 보호, 항염증, 미세환경 조절 등의 효과를 나타내는 줄기세포치료제 제조 기술이다. 저산소성 허혈성 뇌병증(Hypoxic-Ischemic Encephalopathy, HIE) 및 미숙아 뇌실내 출혈(Intra-Ventricular Hemorrhage, IVH) 시 신경세포 사멸, 뇌혈관 장벽 붕괴, 염증반응 등 뇌 손상이 가장 심한 시기에 뇌 내 직접 투여한다.

- ① 효능증진 줄기세포치료제를 손상 부위(뇌실내)에 직접 투여하여 단일 투여로도 치료 효과 극대화
- ② IVH 진단 후 14일 이내의 최적 치료 시기에 투여 가능 및 생산 후 48시간 안정성 확보



[카본]



[바이알]

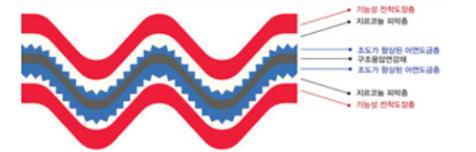


탄산수소나트륨을 활용한 용융아연 도금 강재의 친환경 표면 처리 및 전착 도장 기술

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | 렉스틸㈜ |
| 주생산물 | 파형강판 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2026년 12월 10일 |
| 분야 | 건설·환경 |

본 기술은 환경에 무해하고 오염물질 배출이 없는 친환경 표면 처리 조성물 용액(베이킹 소다 - 탄산수소나트륨)에서 양극 전해 에칭하여 표면 조도를 향상하고, 대형 용융아연 도금 제품에 적용할 수 있는 표면 처리 기술이다. 용융아연도금 제품의 표면 조도를 향상하고 지르코늄 피막 처리를 실시하여, 우수한 도장 접착성(밀착 성능)을 구현한다.

- ① 전 공정에서 환경 유해 화학물질 사용이 없으며, 오염물질 배출도 없어 별도의 대규모 유해물질 정화 시설이 불필요
- ② 해당 공정별로 수세조에 남은 용액은 overflow 되어 재활용 및 자체 정화 가능



리튬함유 폐액에서 유전자 조작된 클로렐라 불가리스를 이용한 탄산리튬 회수 기술

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | 그린미네랄㈜ |
| 주생산물 | 탄산리튬 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2026년 12월 10일 |
| 분야 | 건설·환경 |

본 기술은 클로렐라 유전자 도입 기술 확보 후, 유전자를 조작하여 생광물화 결정화 능력이 향상된 클로렐라를 확보하는 기술이다. 광물 추출 폐수와 리튬 함유 폐배터리 폐수에서 고효율 탄산리튬을 결정화한다.



- ① 생광물화를 이용하여 부산물과 화학적 처리 없이, 폐액에서 리튬을 고효율로 추출 가능
- ② 폐기 처분되는 폐수에 포함된 잔여 리튬에서 탄산리튬으로 1-step 추출 가능



에어 블로워 유닛을 이용한 집진덕트 막힘 방지용 분진급속배출장치 기술

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | 메카룩스 |
| 주생산물 | 환경오염방지 및 대기측정기술 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2026년 12월 10일 |
| 분야 | 건설·환경 |

본 기술은 풍속, 풍량, 압력, 온도, 습도 등 덕트 내 막힘 현상을 실시간 측정 및 확인하여, 계속된 값으로 최적의 피드백 조건을 찾아 덕트 내 고형화된 분진을 자동으로 클리닝(purge)하는 기술이다. 덕트 내 수분에 의한 석탄 분진 고착 방지용 고분자 화합 코팅을 적용했다.

- ① 유체의 볼텍스 원리와 베르누이의 원리를 이용하여 덕트 내 분진을 빠르게 배출함으로써, 습식 분진과 비산먼지를 제거
- ② 덕트 내 분탄 고형물 형성에 의한 막힘 현상을 최소화
- ③ 산업 주요 공정 라인의 잔류 부식성 가스 및 고형화 물질을 신속히 배출하여, 공정 내 유해가스의 유출을 차단



- 신청자격: 신기술 인증을 받고자 하는 기업, 대학, 연구기관의 대표(장)
- 신청안내
 - 신청기간: 신규(연 2회), 연장(연 3회)
 - 신청방법: 온라인 접수(<https://www.netmark.or.kr>)
 - 문의: 인증심사팀 02-3460-9023~9026



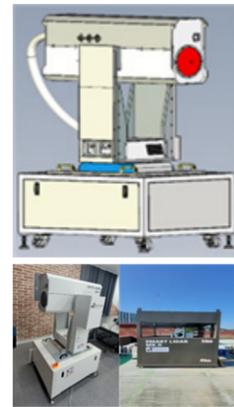
신제품(NEP) 인증 제품



미세먼지 농도 모니터링 360° 수평회전 스캐닝 라이다 기술

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | 삼우티시어스㈜ |
| 주생상품 | 복합제제조, 광학장비 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2026년 12월 10일 |
| 분야 | 건설·환경 |

본 기술은 스캐닝 라이다(LiDAR: Light Detection And Ranging) 기술에 기반하여, 미세먼지(PM10)와 초미세먼지(PM2.5)의 농도를 실시간으로 측정하고 고해상도로 공간 분포를 분석하는 기술이다. 532nm와 1,064nm 파장의 레이저를 사용하여 미세먼지의 후방산란계수 및 편광 소멸도를 측정한다. 실시간 데이터 수집 분석을 통해 미세먼지 농도를 질량 농도로 변환하는 데이터를 분석하고 측정된 데이터를 시각화하여, 미세먼지의 공간적 분포를 실시간으로 제공할 수 있다.



- ① 수평·수직 방향으로 360도 회전하여 고해상도(100m 이하)로 실시간 미세먼지 농도 측정
- ② 반경 5km 내의 광범위한 지역을 커버하여 대규모 지역의 미세먼지 분포 파악 가능
- ③ 미세먼지(PM10)와 초미세먼지(PM2.5)를 구분하여 각각의 질량 농도 산출

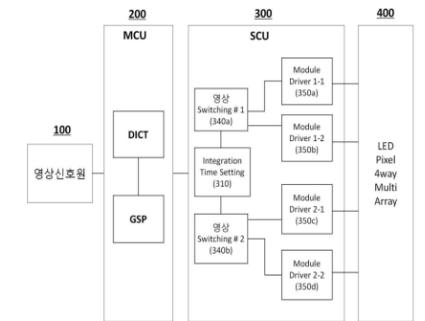


| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | (주)동방데이터테크놀로지 |
| 주생상품 | 전광판 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2027년 12월 10일 |
| 분야 | 전기·전자 |

4Way 서브픽셀 제어기술이 적용된 고해상도 LED 전광판

본 제품은 4Way 서브픽셀 어드레싱 제어 기술을 적용하여 전광판에 표시되는 영상의 선명도를 향상시키고, 영상 테두리 변이의 들쭉날쭉한 현상을 개선하여 미려하게 영상의 품질을 최적화하는 기술을 도입했다. 4Way 서브픽셀 어드레싱 제어 기술로 색 변이 현상이 없는 균일한 화면을 구현할 수 있다.

- ① 고해상 표출 화면을 제공하는 어드레싱 제어 기술 활용
- ② 더 선명하고 더 효율적인 전광판 표출 화면을 구현하게 하는 전광판 영상 제어 기술 적용



패널간 사이드홀과 끼움 결합 방식의 외장 패널 연결 기술

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | 제이에스엔지(주) |
| 주생상품 | 금속 패널 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2026년 12월 10일 |
| 분야 | 건설·환경 |

본 기술은 프레임 간의 빈틈없는 체결을 위한 사이드홀 돌기 끼움 결합 방식과 측면 결합부에 충격흡수체를 적용한, 내진 충격 흡수구조의 융복합 유니트 시스템 패널 제조 기술이다. 기존 강재 대비 높은 구조 내구성을 발휘할 수 있도록 고성능의 내진 외장 유니트 시스템 패널을 설계했다.



- ① 내진 끼움 결합 클립 및 내진 브라켓의 강한 결합력으로 타사 기술(5.5kN) 대비 구조 내구성 향상(6.69kN, 패널 결합력 12% 향상)
- ② 측면 돌기 끼움 결합 방식으로 시공성 향상. 경용 수직 프레임(하지틀 대체)과 금속패널을 결합하여 일체화한 유니트를 적용하여 공정을 단축하였으며, 비계의 설치 여부와 관계없이 시공이 가능하여 경제성 향상



틸트 미러 어레이 기술을 적용한 증강 현실용 렌즈 모듈

본 제품은 동공보다 작은 크기의 핀 미러(폭 4mm 이하의 반사부)를 사용하여 사용자에게 심도 있는 가상 영상을 제공하는 핀 미러 기술을 적용했다. 복수의 핀 미러 기울기 및 배치 관계를 설계하여, 가상 영상의 시야각을 확대하고 광 효율을 높이는 핀 틸트 기술로 제작되었다.

- ① 핀 미러가 가상 영상을 반사할 때 핀 홀 효과를 발생시켜 증강 현실용 렌즈 모듈 착용자에게 심도 있는 가상 영상을 제공
- ② 렌즈 내에서 가상 영상을 전반사하기 위해 복수의 핀 미러 각각의 기울기 및 상호 간 배치를 최적화함으로써 렌즈의 소형화 및 경량화 가능



신제품(NEP, New Excellent Product)인증은 산업통상자원부 국가기술표준원과 한국산업기술진흥협회가 운영하는 인증 제도로써 국내에서 최초로 개발된 기술 또는 이에 준하는 대체기술을 적용한 제품을 인증하여 제품의 초기 판로를 지원하고 기술개발을 촉진하고자 도입되었다. NEP 인증마크를 부여받은 제품에 대하여 자금지원, 의무구매, 신용보증 등 각종 지원제도의 혜택을 제공하고 있다.



- 신청자격: 신제품 인증을 받고자 하는 중소기업 및 대기업의 대표
- 신청안내
 - 신청기간: 연 3회
 - 신청방법: 온라인 접수(<https://www.nepmark.or.kr>)
 - 문의: 인증심사팀 02-3460-9186~8

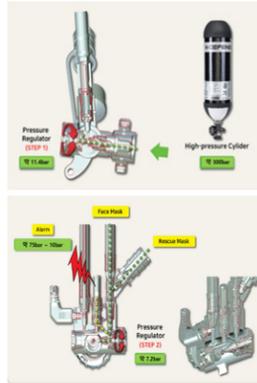


압력변화를 최소화시킨 2단 감압기술을 적용한 공기호흡기

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | (주)케이디펜스 |
| 주생산품 | 산업용밸브 및 냉매회수재생장치 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2027년 12월 10일 |
| 분야 | 기계·소재 |

본 제품은 고압의 공기호흡기 압력(300bar)을 일차 및 이차 감압 과정을 통해 단계적으로 감압시킴으로써, 공급 유체의 압력변화를 최소화하여 공기호흡기(면체)로 유량을 안정적으로 공급할 수 있는 '2단(2-STEP) 감압기술'을 적용한 공기호흡기이다.

- ① '2단(2-STEP) 감압기술'로 초기 사용 압력(300bar)이 통합 블럭에 포함된 1차(약 11.4bar), 2차(약 7.2bar) 감압 실시
- ② 소방관 또는 안전관리자의 호흡으로 인하여 용기 압력이 크게 변화(300bar→10bar)하더라도 매우 일정한 감압 수준을 유지하여 사용자의 호흡기(면체)로 일정한 유량을 공급



끼움결합방식의 3중단열 및 다중격실구조가 적용된 단열창

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | (주)이에스창호 |
| 주생산품 | 자동화시스템, 광센서 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2027년 12월 10일 |
| 분야 | 건설·환경 |

본 제품은 T자형 암형 단열 바에 암수가 결합되는 구조를 구현하고, 끼움 결합 방식(Tie Lock)의 3중 단열 다중 격실 구조가 적용된 단열창이다. 외부 충격(지진 등) 발생 시 구조체로부터 전달되는 변위 하중을 스커드바가 장착된 끼움 결합 구조의 강한 체결력과 완충부재의 작용으로, 충격에너지를 소산시켜 프레임 변형과 유리 파손을 방지한다.

- ① 에너지 효율(단열성): 열차단 구조인 이질적인 재료로 제작된 단열 지지 프레임 및 고정 부재 프레임과 격실 구조 단열재를 적용, 냉난방 부하를 감소시켜 에너지 효율성 향상
- ② 시공성(경제성): 기존의 피스 결합 공정 및 열교 차단제 결합 공정이 생략되어 기존 기술 대비 신속한 조립(35%)이 가능하고, 유리 종류와 관계없이 하나의 프레임을 적용으로 사용 가능



3차원 레이저 스캐닝 기술을 적용한 개량형 시각주기 유도시스템(AVDGS)

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | (주)안세기술 |
| 주생산품 | A-VDGS, ICT엔지니어링 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2027년 12월 10일 |
| 분야 | 기계·소재 |

본 제품은 3차원 레이저 스캐너를 활용하여 주기장(駐機場)으로 진입하는 항공기 기종을 식별하고, 정지선까지의 잔여 거리와 좌우 이탈 안내를 포함하여 항공기를 자동으로 유도하는 시스템이다.

- ① 2차원 레이저 스캐너와 스텝 모터를 조합하여 3차원 레이저 스캐너 모듈을 개발
- ② 알고리즘을 이용하여 항공기 기종을 자동 인식, 정지선까지의 잔여 거리 및 좌우 이탈 여부 등 항공기의 주기장 유도에 필요한 정보 일체를 운항 승무원이 쉽게 인식할 수 있도록 LED 모듈로 구성된 디스플레이에 표출



[인천공항에 설치된 AIDA-1]

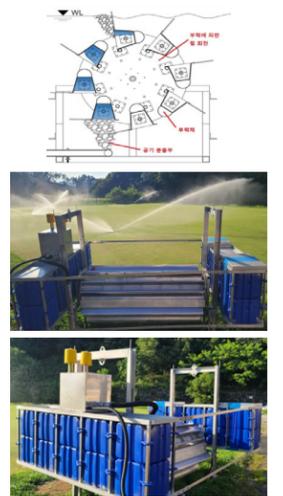


부력수차를 활용한 수류발생장치

| | |
|------|-------------------------------|
| 회사명 | 코리아엔텍(주) |
| 주생산품 | 수류발생장치 |
| 인증기간 | 2024년 12월 11일 ~ 2027년 12월 10일 |
| 분야 | 건설·환경 |

본 제품은 침수된 수차의 일측 하부에 압축공기를 투입하고, 회전체를 따라 장착된 개별 부력 챔버가 상승과 하강을 반복하게 하여 흐름을 유발하는 물순환 기술을 적용한 장치이다. 부력수차를 기반으로 수면 수류 및 파장 발생, 용존산소 공급, 수중 수체 확산, 상·하층수의 혼합 효과를 동시에 달성하여, 연중 수질을 정화하고 녹조를 방지 또는 저감하는 호소 수질정화 및 녹조 방지/저감 기술을 갖추고 있다.

- ① 부력을 이용하기 때문에 기존 기술 대비 동일한 전력을 소비하면서도, 흐름 유발 효과 및 용존산소 공급 효과를 향상한 수질정화 및 물순환 기술
- ② 수차가 수중에서 회전함으로써 응용수 및 농업용수 원수의 취수탑 녹조 차단 효과를 향상



대한민국 엔지니어상

1월 수상자

세계 최고 수준 연자성 소재의 실용화를 통한 전동화 소재·부품 경쟁력 확보



이기양
현대모비스(주)
책임연구원

이기양 현대모비스(주) 책임연구원은 세계 최고 수준의 연자성 소재* 개발 및 실용화를 통해 이를 복합 동력차량(하이브리드) 및 전기차에 적용하여, 국내 자동차 산업 발전에 기여한 공로를 인정받았다.

이기양 책임연구원은 자동차 부품 소재 개발 분야에서 19년 이상 신소재 개발 및 상용화에 매진해 온 재료 분야 전문가다. 변압기 등의 주요 부품인 니켈 저감형 금속분말 연자성 코어를 세계 최초로 양산화하는 데 성공했을 뿐만 아니라, 페라이트** 코어와 나노결정립리본*** 연자성 코어를 국내 최초 국산화 개발하는 데 앞장섰다.

특히, 니켈 저감형 금속분말 연자성 소재는 기존 제품 대비 니켈 함량을 50%에서 30%로 줄인 혁신적인 제품이다. 덕분에 최근 10년간 니켈의 가격 변동이 심한 상황에서 안정적 재료 공급이 가능해졌다. 또한 국산화 및 양산화에 성공하며, 연자성 소재의 대외 의존도를 낮추어 국내 전동화 부품의 경쟁력을 크게 향상하였다. 이 기술은 2022년 NET 신기술 인증을 획득하며 그 우수성을 인정받았다. 현재는 니켈을 완전히 배제한 소재까지 최초로 개발하여 상용화 검증을 진행 중이다.

이외에도, 이기양 책임연구원은 저탄소 소재 및 공정 개발을 통해 친환경 차량 분야의 제품 경쟁력을 강화하는 동시에, 국내 중소기업과의 상생 협력을 통해 자동차 부품 산업기술 경쟁력을 강화하는 데 앞장서고 있다.

* 외부 자기장에 의해 쉽게 자기특성이 변화되는 자성 재료
** 체심입방구조(정육면체의 8개 모서리와 중심에 구멍이 있는 구조)를 갖는 종류의 철
*** 매우 작은 결정립(많은 결정의 집합체) 구조를 지닌 고투자율 리본 소재

1월 수상자

친환경 공정 기반 기술을 활용한 기능성 신소재 개발 및 제품 응용 사업화



박창민
㈜한국화장품제조
부장

박창민 (주)한국화장품제조 부장은 생물 소재 변환기술을 응용하여 국내외 자생 식물의 효능 고도화를 바탕으로 기능성 화장품 신소재를 개발하여, 국내 화장품 산업의 경쟁력을 강화한 공로를 인정받았다.

박창민 부장은 지난 20년간 화장품 소재 및 제형 연구를 수행하면서, 안정성 실험과 효능 실험을 도입하여 과학적인 데이터를 기반으로 제품의 안전성을 확보하는 데 주력해 왔다. 특히 단시간 내 성장이 가능하고 균일한 품질을 얻을 수 있는 식물조직배양기술, 최적화된 추출 방법, 바이오 기술을 응용하여 화장품 신원료 개발에 성공하는 성과를 거두었다. 또한 친환경 공정 기술을 활용해 화장품 기능성 신소재 개발 연구에 응용함으로써, 국내외 자생 식물의 가내 배양, 지표 물질 설정, 기능성 효능 평가, 그리고 제품 개발까지 이어지는 일련의 프로세스를 체계화하였다.

박창민 부장은 생물전환기술*과 조직배양기술**을 활용해 국내외 특화 및 희귀 자생 식물의 세포주를 개발하고, 대량 증식 체계를 확립했다. 이를 통해 식물의 피부 생리활성 효능을 극대화하여 고기능성 화장품 신소재를 개발하는 데 성공했다. 이번 연구 성과는 마백, 주름 개선 등 다양한 피부 효능을 과학적으로 입증하며 제품 개발로 이어졌다. 이는 고부가가치 천연 소재 산업의 확장과 지속 가능한 미용 산업의 발전 및 글로벌 경쟁력 강화에 기여할 것으로 기대된다.

* 미생물이 가진 효소적 기능을 이용해 특정 화합물의 모체가 되는 물질로부터 원하는 산물을 제조하는 기술

신청 방법

- 신청대상: 기업의 엔지니어로서 최근 3년 이내의 공적이 우수한 자
- 포상내용: 과학기술정보통신부장관상 및 트로피, 상금 500만 원
- 추천서 접수 기간 및 방법: 연 2회, 온라인 접수(http://www.koita.or.kr/month_eng/)
- 문의: 시상운영팀 02-3460-9192

2월 수상자

고전압 미드니켈 전지 기술로 전기차 대중화에 기여



이재현
㈜LG에너지솔루션
상무

이재현 (주)LG에너지솔루션 상무는 높은 가격의 원재료 비율을 낮추면서도 전압을 높인 범용 전기차용 고전압 미드니켈 전지 기술*을 개발하여, 전기차 배터리 산업의 경쟁력을 향상한 공로를 인정받았다.

이재현 상무는 리튬이온배터리 분야에서 26년 이상 연구 개발을 지속해 온 대한민국 1세대 배터리 엔지니어다. 고유 특하의 파우치형 리튬이온폴리머 전지 개발, 전고체 전지 및 리튬메탈전지 선행 개발, 고에너지밀도 전기차용 배터리 개발 등을 통해 IT 기기 및 전기자동차 배터리 기술의 발전에 기여하였다. 특히 고전압 미드니켈 전지는 전기차의 대중화를 앞당길 핵심 제품으로 평가받고 있다. 높은 가격의 원재료인 니켈과 코발트의 비율을 낮추면서 사용 전압을 높임으로써, 배터리의 가격을 낮추고 안전성을 향상하여 상품성을 획기적으로 개선하였다.

이재현 상무는 니켈 함량 감소로 배터리 용량 및 수명이 단축되는 한계를 극복하기 위해, 단결정 양극재 전극기술**과 새로운 전해액 첨가제 기술***을 개발하여 적용하였다. 이를 통해 작동 전압을 높이면서도 배터리의 수명을 길게 유지하는 것이 가능해졌다. 또한 내구성이 뛰어난 새로운 소재 기술과 고밀도 전극을 가능하게 하는 공정 기술을 적용하여 주행거리도 늘어났다. 이재현 상무는 현재 전지 소재 연구와 선행공정기술 개발, 그리고 전지 기반 기술 연구를 이끌며 배터리 분야의 기술 혁신을 선도하고 있다.

* 고가 원재료인 니켈의 함량을 낮추면서 사용 전압은 높이는 기술
** 양극재를 하나의 결정 구조로 형성하고 전극 밀도를 높여 배터리 내구성을 향상하는 기술
*** 높은 전압에서도 전해액 분해를 방지하여 배터리 수명을 연장하는 기술

2월 수상자

수소용기용 밸브 개발로 국내 수소산업의 발전 가속화



신진오
영도산업(주)
연구소장

신진오 영도산업(주)연구소장은 세계 최초로 초고압의 수소가스를 제어하는 안전장치가 부착된 용기용 밸브 개발에 성공함으로써, 국내 수소차 시장의 기반을 마련하고 경쟁력을 강화한 공로를 인정받았다.

신진오 연구소장은 밸브 산업 분야에서 18년 이상 연구개발을 지속하며 신규 국책과제 7건, 특허 4건 등록 등의 성과를 거둔 밸브 분야의 핵심 엔지니어다. 수소자동차의 연료인 초고압의 수소를 안전하게 제어하기 위해, 밸브 개폐 제어장치와 안전장치를 세계 최초로 개발하여 1세대 수소차에 적용하였다. 2세대 수소차에는 더욱 향상된 신기술과 안전 설계를 반영하여 기술사업화하였다.

수소차 및 수소모빌리티 어플리케이션의 연료는 초고압의 700bar 수소가스가 충전되어 있는 시스템의 기반이 된다. 이에 고압 가스의 정밀 스마트형 밸브 기술이 필수적이지만, 국내에는 관련 기술이 전무하여 기존에는 전량 수입에 의존하고 있었다. 따라서 신진오 연구소장은 고압 가스의 안전 운용을 위한 고정밀 스마트형 밸브를 개발하여 국내 기술 표준화를 이루어냈고, 이를 통해 국내 수소 산업의 기반을 다지는 데 핵심적인 역할을 하였다. 이는 연간 200억 원 상당의 수입 비용을 절감해 주었을 뿐만 아니라, 국내 수소차 도입 이후 해당 기술 매출액 1,000억 이상을 달성하는 데 기여하였다.

신진오 연구소장은 이외에도 친환경 수소연료를 사용하는 모빌리티 시장에서 수소드론용 밸브, 수소지게차용 밸브, 수소충전소용 밸브, 수소트램용 밸브 등 다양한 밸브 개발에 주력하며, 국내 수소 산업의 발전을 가속화하는 데 기여하고 있다.



IR52 장영실상 (1주~8주)

1주 세메스(주)

반도체 제조용 OHT (Overhead Hoist Transport)



김원영, 장보순 그룹장과 조태현 프로가 개발한 반도체 제조용 OHT는 반도체를 생산하는 Clean Room 내에서 웨이퍼 등이 담긴 용기(FOUP, FOSB 등)를 제조 공정 설비 간 이송하는 장치이다. 저진동 기술이 웨이퍼 진동 기준 국외 경쟁사 0.8G 대비 0.6G이며, 고속 자동화 반송이 가능하다. 지능형 시스템을 접목하여 반송량 최대화와 적시 웨이퍼 투입이 가능해져, 반도체 생산량을 극대화하였다.

2주 (주)에스엠티

반도체 건식식각 공정장비용 파티클 이슈가 개선된 열·전기전도성 복합 개스킷



최현석 연구소장, 노치승 이사, 이종희 전임연구원이 개발한 TES-2500, 열 및 전기전도성 복합 개스킷(gasket)은 반도체 제조공정 중 반도체 칩의 수율과 품질 특성에 가장 큰 영향을 미치는 핵심 공정인 건식 에칭 공정의 드라이에처(dry etcher) 장비에 적용되는 기능성 개스킷 제품이다. 실리콘 웨이퍼(wafer)를 에칭하는 공정 중 발생하는 열을 방출하여 상부 전극의 기능을 안정적으로 유지시킨다.

3주 (주)포스코

액화천연가스(LNG) 선박용 니켈프리(Ni-free) 고강도 고망간(Mn)강



이순기, 이상철, 강명훈 수석연구원이 개발한 고망간강은 고가의 니켈을 함유한 기존 소재를 대체하기 위해 세계 최초로 개발된 신소재이다. 고가의 니켈을 값싼 망간으로 대체하여 최적의 합금 성분 및 제조 방법을 개발하였다. 개발된 고망간강은 강도가 높으면서도 극저온에서 잘 파괴되지 않아, 영하 165도의 액화천연가스 이송, 저장 등의 용도로도 활용할 수 있다.

4주 삼성디스플레이(주), 에이치비솔루션(주), 엔젯(주)

EHD 기술기반 OLED 제조용 초정밀 ELB Dispensing 장비



삼성디스플레이 홍승민 PL과 문홍주 프로, 에이치비솔루션 이상식 상무, 엔젯 성백훈 전무가 개발한 본 장비는 EHD 디스펜서를 이용하여 OLED 스마트폰 및 테블릿 제품의 카메라 홀과 테두리 부분의 빛샘/투습을 방지하고, 강도 개선을 위한 기능성 잉크를 정밀하게 도포하는 설비이다. 정밀한 위치에 도포하기 위해 패널 테두리를 인식하고 도포면의 높이를 측정하며, 도포 후 불량을 검출하기 위해 자동 검사를 수행한다.

신청방법

- 신청대상: 국내에서 개발된 신제품 중에서 접수 마감일 기준 최초 판매일이 5년을 경과하지 않은 제품
- 신청방법: 온라인 신청(<http://www.ir52.com/>)
- 문의: 시상운영팀 02-3460-9119

5주 이지그림(주)

지싸인 웨이(G-SIGN WAY), 조명식 도로 및 교통안전 표지판



김주영 개발책임자, 장원탁 연구소장, 조호연 책임연구원이 개발한 조명식 도로 및 교통안전 표지판 지싸인 웨이는 도로 이용자에게 도로 정보와 관련하여 정확한 정보를 제공하는 것을 주 목표로 한다. 원거리 정보전달과 야간 가독성이 우수하며, 눈부심이 없다는 특징이 있다. 기존 경쟁제품 대비 휘도를 획기적으로 개선하여 시인성을 크게 높였으며, 소비전력도 대폭 저감하였다.

6주 엘지전자(주)

무급유 터보 냉난방기



이기욱, 이흥주, 유진형, 이광수 책임연구원이 개발한 무급유 터보 냉난방기는 친환경 대체냉매(R1233zd, GWP1)를 적용한 대용량 냉난방 공조 시스템에 활용된다. 미활용 열원이나 폐열원을 활용하는 냉난방 시스템으로 운영할 수 있어, 기존 R134a(GWP 1,430) 터보 냉동기 등 상업용, 산업용 화석연료 보일러를 친환경 제품으로 대체할 수 있다. 데이터센터 냉각 주요 솔루션으로 활용될 전망이다.

7주 지투파워(주)

Deep Learning 기반의 부분방전 감시진단 기능을 갖는 수배전반



이동준 CTO, 김현주 연구소장, 박준용 주임연구원이 개발한 이 제품은 특고압을 수전하여 저압으로 변환시켜 학교, 공장, 상가, 아파트, 공항 등 건물 내의 전력공급에 사용된다. 수배전반 내 결함(고장) 시 발생하는 부분방전에 의한 고주파 전류 및 UHF 대역 전자파 신호를 감지한다. 또한 실시간 디지털 신호 처리 및 딥러닝 알고리즘을 사용하여 부분방전 유무 및 종류를 정확하게 인식하고 진단이 가능하다.

8주 현대자동차(주)

연료전지 적용 건설장비용 수소저장용기 및 시스템



조영진, 이지훈, 이경문 책임연구원이 개발한 이 제품은 낮은 압력에서 수소의 저장을 가능하게 하는, 수소와 결합한 금속 소재를 이용한 에너지 저장 및 공급 장치이다. 기존의 압축식 기체 저장탱크 대비 저압으로 저장하기 때문에 안전성이 뛰어나다. 특히 저온/고온 및 오지와 같은 극한 환경에서도 안정적인 사용이 가능하여 물류, 건설 현장 등 다양한 산업 장비들에 활용할 수 있다.

〈ESA(유럽우주국)〉



그림 1
지구를 덮고 있는 우주 쓰레기 묘사도

〈tvN〉 실험을 하고 있다. 그런데 어느 날 평화롭던 우주정거장에 갑자기 경보음이 울린다. 정거장에서 조금 떨어진 곳에서 우주 쓰레기가 다가오고 있었기 때문이다. 우주 쓰레기는 고장 난 위성에서 쪼개져 나온 파편들이었다.

처음에는 우주정거장의 궤도를 수정해 피하려 했다. 하지만 우주 쓰레기들은 서로 부딪히며 먼지만큼 작아졌다. 먼지구름이 된 우주 쓰레기는 엄청난 속도로 우주정거장에 쏟아졌다. 이에 우주정거장에 에너지를 공급하는 태양 전지판까지 파괴되었다. 결국, 우주인들은 우주정거장에서 탈출하기로 한다. 미처 탈출하지 못한 두 명은 망가진 우주정거장에 갇혀 지구에서 구조선이 오길 기다리는 처지가 된다. 드라마 ‘별들에게 물어봐’의 한 장면이다.

총알 10배 속도의 우주 쓰레기

이처럼 드라마나 영화에서 ‘우주 쓰레기’를 종종 다루곤 한다. 그렇지만 우리가 살고 있는 공간이 아닌 머리 위 우주에서 일어나는 일이기때, 우리는 우주 쓰레기를 공상

과학처럼 느끼는 경우가 많다. 지구의 쓰레기처럼 당장 체감할 수 있는 것도 아니기 때문이다. 하지만 우주 쓰레기 문제는 더 이상 드라마 속 이야기가 아니다. 우주 쓰레기는 점점 현실에서 우리를 위협하며 다가오고 있다.

1950~60년대 인류가 우주 시대를 연 이후, 쓰레기는 계속 우주에 쌓이고 있다. 위성과 정거장, 사람까지 우주로 보낼 수 있게 되었지만, 인류가 쓰레기를 지구로 다시 가져오지는 않았기 때문이다. 우주정거장이나 로켓의 잔해, 위성 부품뿐 아니라 지구인들의 물건도 우주에 남겨져 쓰레기가 되었다. 1965년 미국 최초의 우주 유영자인 Edward White가 잃어버린 장갑도 우주 어딘가를 떠돌고 있다.

유럽우주국(European Space Agency, ESA)에 따르면, 10cm 이상 크기의 우주 쓰레기는 2만 9천 개로 집계되었다. 그보다 작은 1cm 이상의 우주 쓰레기는 6만 7천 개, 1mm 크기의 경우는 1억 7천만 개에 달한다. 현재의 기술로 측정할 수 없는 더 작은 크기까지 합치면 우주 쓰레기의 수는 엄청날 것으로 추정된다.

문제는 그 위력이다. 우주 쓰레기의 속도는 약 초속 7.5km다. 이는 총알보다 10~20배 빠른 속도다. 10cm 정도의 우주 쓰레기는 위성을 파괴할 수 있고, 1cm의 쓰레기는 우주정거장의 보호막을 뚫을 수 있다. 1mm의 쓰레기들도

우주정거장 시스템을 무력화시킬 수 있는 것이다. 우주에서 작은 페인트 조각도 치명적일 수 있다.

민간 위성 늘어나며 급증한 쓰레기

우주 쓰레기는 민간 우주 시대에 들어서면서 급증하고 있다. 과거에 우주 산업은 미국과 러시아 등 몇몇 국가가 주도했다. 정부 산하의 연구기관이 발사체와 위성을 개발했다. 1957년 소련(러시아)이 인류 최초로 인공위성 스푸트니크(Sputnik)를 발사한 이후, 미국 정부도 경쟁적으로 우주 개발에 뛰어들었다. 현재는 상황이 많이 달라졌다. Elon Musk의 스페이스엑스(SpaceX)와 Jeff Bezos의 블루 오리진(Blue Origin) 등 민간 발사체 기업들이 등장했다. 이들은 ‘재사용 발사체’라는 혁신적인 기술로 우주 산업의 판도를 바꿨다. 발사 비용을 대폭 낮춰, 이제는 누구나 쉽고 또 저렴하게 위성을 발사할 수 있게 된 것이다.

미국의 천문학자 Jonathan McDowell에 따르면, 미국은 2024년 로켓 발사를 145회 시도했다. 2017년 29회와 비교해 5배가 늘어난 수치다. 특히 미국이 로켓을 발사한 145회 가운데 138회를 SpaceX가 차지했다. 미국의 전체 로켓 발사 가운데 무려 95%를 민간 기업인 SpaceX가 담당할 것이다. 전체 국가로 놓고 봤을 때도, 2024년

〈Jonathan McDowell의 2024년 우주 활동 보고서〉

| | 2017 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 |
|--------------------|-----------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|------------|
| USA | 29 | 31 | 21 | 37 | 45 | 78 | 109 | 145 |
| Russia | 19 | 17 | 22 | 12 | 16 | 21 | 19 | 17 |
| China | 18 | 39 | 34 | 39 | 56 | 64 | 67 | 68 |
| Europe | 11 | 11 | 9 | 10 | 15 | 6 | 3 | 3 |
| <i>Japan</i> | | 7 | 6 | 2 | 4 | 3 | 1 | 3 |
| <i>India</i> | | 5 | 7 | 6 | 2 | 2 | 5 | 7 |
| <i>North Korea</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 |
| <i>Iran</i> | | 0 | 0 | 2 | 2 | 2 | 1 | 2 |
| <i>Israel</i> | | 0 | 0 | 0 | 1 | 0 | 0 | 1 |
| <i>South Korea</i> | | 0 | 0 | 0 | 0 | 1 | 1 | 2 |
| <i>New Zealand</i> | | 1 | 3 | 6 | 7 | 6 | 9 | 7 |
| Other | 13 | 16 | 16 | 16 | 14 | 17 | 25 | 30 |
| Total | 90 | 114 | 102 | 114 | 146 | 186 | 223 | 263 |

표 1
전 세계 연도별 로켓 발사 횟수

그림 2
드라마 ‘별들에게 물어봐’ 포스터

칠흑 같은 우주 속 푸른 지구 위를 유유히 떠다니는 우주정거장. 지구에서 온 과학자들은 이 정거장에서 생쥐 실험, 초파리 실험, 상추 키우기 등 무중력 환경의 다양한

상업용으로 발사된 로켓은 전체의 70%를 차지했다. 상업용 로켓의 비중은 2022년 55%, 2023년은 65%로 매년 꾸준히 증가하고 있다. 이렇게 많은 기업이 우주 발사체 개발에 뛰어들면서, 민간 발사체의 수도 앞으로 더 증가할 것으로 예상된다. 한국의 민간 발사체 기업 이노스페이스(INNOSPACE)도 올해 브라질에서 첫 상업 발사를 시작할 계획이다.

우주 쓰레기의 '재료'가 될 수 있는 위성도 하늘을 가득 채우고 있다. 2022년부터 위성을 포함한 2천 개가 넘는 탑재물이 매년 발사되고 있다. 현재 지구 궤도에는 1만 개가 넘는 위성이 있는 것으로 추정된다. 위성 역시 민간에서 진출이 활발한 분야다.

SpaceX는 위성 인터넷 '스타링크(Starlink)'를 서비스하고 있다. 지구 저궤도에 수많은 위성을 배치해, 지구 전체에 인터넷을 연결하는 것이 목표다. 1월 기준 지구 궤도에 배치된 Starlink 위성은 약 6,900기다. SpaceX는 궁극적으로 총 4만 2천 기의 위성을 배치할 계획이다. Amazon도 저궤도에 3천 기 이상의 위성을 배치하는 '프로젝트 카이퍼(Project Kuiper)'를 진행 중이다. 시험 위성 발사에 성공했고, 올해 정식으로 발사를 시도해 서비스하는 것이 목표다. 빅테크뿐 아니라 수많은 스타트업들도 소형 위성을 개발해 쏘아 올리려 하고 있다. 지구의 궤도가 크고 작은 위성으로 가득 찰 날이 머지않은 것이다.

연쇄 충돌로 재앙 발생할 수도

만약 이렇게 많은 위성이 서로 부딪치는 사고가 발생한다면 어떻게 될까? 충돌로 인해 발생할 우주 쓰레기 수는 상상도 하지 못할 정도일 것이다. 이를 미리 예견한 과학자가 있었다. 미국 항공우주국(National Aeronautics and Space Administration, NASA)의 과학자 Donald Kessler다. 그는 1978년 논문에서, 지구 궤도에 물체의 밀도가 높아지면 연쇄 충돌로 인하여 우주 쓰레기의 양이 기하급수적으로 늘어날 것으로 내다봤다. 앞서 소개한 드라마 '별들에게 물어봐'의 이야기처럼, 우주 파편들이 계속해서 충돌하고 작은 입자가 모여 구름처럼 되는 것이다.

이를 케슬러 신드롬(Kessler syndrome)이라고 부른다.

연쇄 충돌로 발생한 쓰레기는 우주인에 대한 위협에서 그치지 않는다. 우주 쓰레기는 지구를 돌고 있는 위성도 파괴할 수 있다. 위성은 통신, 인터넷, GPS(Global Positioning System; 위성항법시스템) 등 우리의 일상과 아주 밀접하게 연관되어 있다. 따라서 위성이 우주 쓰레기로 인해 제 역할을 하지 못하게 된다면, 우리의 생활이 마비될 수도 있다. 이뿐만 아니다. 최악의 경우, 우주 쓰레기는 지구 밖으로 나가는 길을 완전히 막아버릴 수도 있다. 우리가 지구에 갇혀버리는 상황이 되는 것이다. 이 경우 달과 화성, 이보다 더 먼 행성을 탐사하고자 해왔던 인류의 도전이 물거품이 될 것이다.

우주 쓰레기 제거할 별별 기술들

그렇다면 우주 쓰레기 문제에 어떻게 대처해야 할까? 지금까지는 궤도를 수정해 우주 쓰레기를 피해 왔다. 지난해 11월 국제우주정거장은 정거장에 부착된 러시아 우주선의 엔진을 5분 31초간 가동해 정거장의 궤적을 수정했다. NASA는 "진로를 변경하지 않았으면 우주 쓰레기는 정거장에서 4km 떨어진 지점을 통과했을 것"이라고 밝혔다. 2022년에도 국제우주정거장은 러시아 위성에서 떨어져 나온 파편을 피하기 위해 5분 5초 동안 추진기를 작동시키기도 했다. NASA에 따르면, 1998년부터 지난해 말까지 국제우주정거장이 우주 쓰레기를 피하기 위해 회피 기동한 횟수는 39번에 달한다. 위성이 많아진 만큼 더 많은 폭발과 충돌 사고 위험이 잇따르고 있다.

그러나 이제 우주 쓰레기를 피하기만 할 수는 없다. 세계 각국의 기업들은 우주 쓰레기를 제거하는 기술을 개발하고 있다. 일본의 아스트로스케일(Astroscale)은 우주 쓰레기 제거 위성을 개발하고 있다. 위성에 로봇 팔을 장착해 쓰레기를 포획하고, 대기 중으로 쓰레기를 보내 태우는 방식이다. 빠른 속도로 이동하고 회전하는 쓰레기를 잡아내기 위해서는 고도의 기술이 필요하다. 잘못하다가는 충돌하여 더 많은 쓰레기를 만들어 낼 수 있기 때문이다. Astroscale은 최근 우주에 떠다니는 로켓 상단 부품의

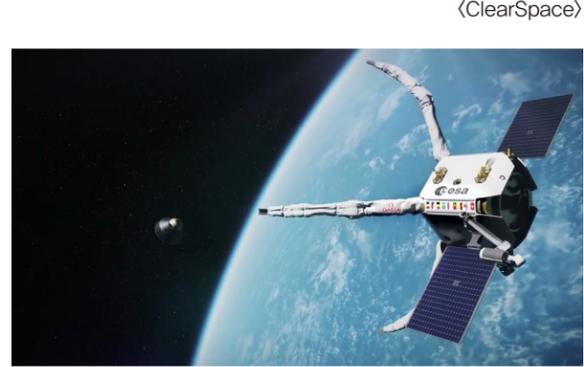


그림 3
ClearSpace의 우주 쓰레기 포획 위성 상상도

근처 15m까지 접근하는 데 성공했다.

스위스의 스타트업 클리어 스페이스(ClearSpace)도 비슷한 기술을 활용하여 우주 쓰레기 제거 위성을 개발하고 있다. 4개의 로봇 팔이 우주 쓰레기에 다가 포획하고, 이를 대기권으로 끌고 가 태워버린다. ClearSpace의 첫 번째 목표는 2013년 발사된 유럽의 베가(Vega) 발사체의 상단부를 제거하는 것이다. ClearSpace의 우주 쓰레기 제거 위성은 2026년에 발사될 예정이다.

유럽의 항공우주 기업 에어버스(Airbus)와 영국 서리대학교(University of Surrey)는 그물을 던져 우주 쓰레기를 잡아내는 기술을 개발했다. 최대 지름이 2m, 무게는 2t인 우주 쓰레기까지 잡아낼 수 있다. 이 경우도 역시 우주 쓰레기가 그물에 감싸인 채 대기권에서 소각된다. 미국의 우주 물류 스타트업 트랜스아스트라(TransAstra)는 소형 위성 등 우주 쓰레기를 포획하는 가방을 개발하고 있다. 이는 원래 지구에 접근하는 소행성을 제거하기 위해 개발된 기술이며, 한 번에 여러 쓰레기를 포획할 수 있다는 장점이 있다.

우주 쓰레기 문제를 해결하기 위해 아예 위성의 소재를 바꾸기도 한다. 지난해 11월에는 세계 최초로 나무로 만들어진 위성 '리그노샷(LignoSat)'이 발사되었다. 일본 교토대학교(京都大学) 연구진이 개발한 이 위성의 무게는 단 900g이다. 연구진은 나무가 금속보다 더 잘 타기 때문에, 우주 쓰레기 문제를 어느 정도 해결할 수 있으리라

<University of Surrey>

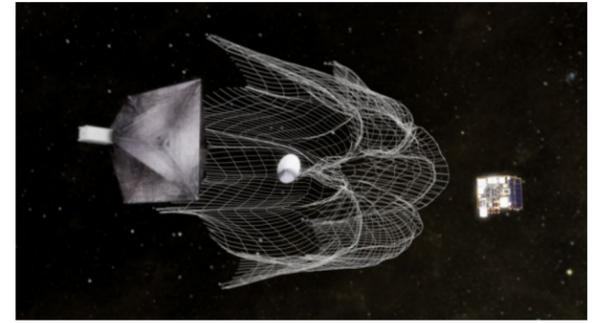


그림 4
Airbus의 우주 쓰레기 포획 위성 상상도

기대하고 있다.

포르투갈의 스타트업 뉴라스페이스(Neuraspace)는 최근 급격히 발전하고 있는 인공지능(Artificial Intelligence, AI)을 활용하고 있다. Neuraspace는 AI 모델을 적용하여 기존 인공위성과 우주 쓰레기의 충돌 확률을 더 정확하게 계산하고, 이를 통해 우주 쓰레기 발생을 줄이는 것을 목표로 한다. 이러한 방식은 우주정거장이나 위성의 회피 기동을 꼭 필요할 때만 운용할 수 있어, 비용 측면에서도 유리하다. 이외에 인공위성이나 우주정거장을 수리해 우주 쓰레기 발생 자체를 줄이는 방법도 제안되고 있다.

한국 정부도 포획 위성 개발에 나섰다. 과학기술정보통신부는 임무를 마친 위성 등의 우주 쓰레기를 붙잡아 지구 대기권으로 진입하는 위성을 개발할 계획이다. 2027년 한 국형 발사체인 누리호에 포획 위성을 실어 보내는 것이 목표다. 이처럼 우주 쓰레기 처리 산업은 지구의 쓰레기 처리처럼 새로운 산업으로 떠오를 것으로 보인다.

우주 쓰레기 문제를 국제적으로 함께 해결하자는 움직임도 있다. NASA를 포함한 국제 연구진은 UN(United Nations)이 나서서 우주 쓰레기 문제를 해결해야 한다고 촉구하고 있다. 우주 쓰레기 문제는 이제 지구의 쓰레기 문제처럼, 국제 사회의 문제가 된 것이다. 앞으로 인류가 우주로 한발 더 나아가기 위해서는 지금부터라도 우주 쓰레기에 관심을 기울여야 한다. **기술혁신**

답은 ‘안쪽’보다 ‘바깥쪽’에 있다

백신의 역사를 바꾼 이방인, 커털린 커리코

글. 김택원 과학칼럼니스트

서울대학교에서 과학사를 전공하고 동아시아언스의 기자, 편집자로 활동했다. 현재는 동아시아언스로부터 독립한 동아에스앤씨에서 정부 출연 연구기관 및 과학 관련 공공기관의 홍보 커뮤니케이션 업무를 지휘하며, 다양한 매체에 과학 기술 관련 글을 기고하고 있다.

예방의학의 패러다임을 바꾼 mRNA 백신

2019년 말 발발한 전 세계적인 팬데믹, 코로나19는 세상을 완전히 바꿔놓았다. 특히 예방의료 분야에서는 시장의 작동 방식부터 패러다임까지 거의 모든 것이 뒤집혔다. 이미 여러 매체에서 언급한 터라 이제는 식상한 슬로 건처럼 보일 정도지만, 사실이 그렇다.

이로 인한 변화의 중심에 있는 것이 바로 ‘mRNA 백신’이다. mRNA 백신이란, 유전물질인 mRNA를 직접 사용한 백신을 말한다. 인류 최초의 mRNA 백신이자 코로나19 방역의 최전선을 담당한 백신, 화이자와 모더나 백신은 코로나19 바이러스가 확인된 지 1년도 채 되지 않아 사용 승인을 받고 보급되기 시작했다. 전통적인 백신과 비교하면 이례적일 만큼 빠르다. 상황이 급한 만큼 서둘렀으니 당연한 것 아닌가 싶겠지만, 전혀 그렇지 않다.

아무리 임상실험을 최소화하고 규제를 푼다고 하더라도, 병원체를 직접 이용하는 예전 방식이라면 1년 이내에 새로운 백신을 개발해서 전 세계에 공급할 만큼 생산하기는 불가능하다. 기존의 백신은 생백신, 사백신, 항원백신 셋 중 하나였다. 생백신은 살아있지만 병원성은 약화된 병원체를, 사백신은 죽어서 비활성화된 병원체를, 항원백신은 병원체에서 병원성을 일으키는 부분을 사용해 면역

반응을 유도한다. 따라서 백신을 제조하려면 병원체를 직접 배양해서 적절한 방식으로 처리하는 과정을 거쳐야 하며, 이 과정에 많은 시간이 소요된다.

그러나 mRNA 백신은 다르다. 개발하고 생산하는 데 실물 병원체가 필요하지 않기 때문이다. mRNA 백신은 면역 반응을 유도하는 재료인 항원의 설계도 역할을 한다. 이를 사람의 몸에 주입하면 사람의 세포가 설계도를 바탕으로 항원을 만들어내고, 면역계를 ‘학습’시키는 방식이다. 즉 mRNA 백신이 작용할 때 사용되는 것은 병원체 자체나 병원체로부터 유래한 물질이 아니라, 바이러스의 ‘정보’다. 따라서 mRNA 백신은 병원체의 유전정보만으로 신속하게 개발되고 설계될 수 있다. 실제로 코로나19 당시, 2020년 1월 중국의 과학자들이 코로나19 바이러스의 유전자 서열을 공개한 이후 첫 mRNA 백신의 설계도가 나오기까지는 이들이 채 걸리지 않았다.

코로나19를 계기로 성공적인 데뷔전을 치른 이후, mRNA 백신은 예방의학과 유전자치료의 총아로 떠올랐다. 2024년 말 기준으로 전 세계의 mRNA 백신 관련 주요 연구개발만 해도 500여 개가 넘는다. 여기에는 한타바이러스, 말라리아, 유행성 출혈열, HPV(인체유두종바이러스), 흑색종, 췌장암처럼 중요한 질병들이 대부분 포함된다.



화이자-바이온텍 컨소시엄이 개발한 코로나19 백신. mRNA 백신의 화려한 데뷔였다. © U.S. Secretary of Defense

그러나 mRNA 백신이 처음부터 이처럼 주목받았던 것은 아니다. 오히려 mRNA 백신 연구는 수십 년 동안 천덕꾸러기에 가까운 신세였다. 학계의 무시와 외면에도 불구하고 고집스럽게 mRNA 백신 연구를 붙잡고 있던 소수의 연구자가 아니었다면, 코로나19 종식에는 몇 년이 더 걸렸을지 모른다. 그 중심에 있던 것이, 커털린 커리코(Katalin Karikó) 박사다.

환영받지 못한 미국의 헝가리인

2013년 5월의 어느 날, 여느 때와 같이 펜실베이니아 대학의 연구실에 출근하던 커리코는 복도에 멈춰섰다. 연구실 앞 복도 한 칸에 커리코의 소지품이 버려진 듯 쌓여 있었기 때문이다. 연구가 대학교의 수입에 별 도움이 되지 않는다면 눈총받더니, 결국 이런 식으로 쫓겨났다. 대학이 연구실에 대단한 비용을 투자했는가 하면 그것도 아니었다. 커리코가 차지한 공간은 ‘빈약하다’는 말이 어울릴 정도였고, 자신의 처지를 잘 아는 터라 실험에 들이는 비용도 최대한 아꼈다. 공장 학과장에게 찾아간 커리코는 “그 연구실은 언젠가 박물관이 될 겁니다!”라고 쏘아붙이고 대학을 떠났다.

이번이 처음은 아니었다. 커리코는 미국에 온 이래 환영받은 적이 별로 없었다. 커리코는 생활면에서 냉전이 채 끝나지 않은 시절 동구권에서 미국으로 이주한 이방인, 게다가 학술면에서는 별 볼 일 없어 보이는 연구에 지나치게 집착하는 이상한 연구자였다.

커리코가 연구자로서 커리어 내내 매달린 주제는 mRNA였다. mRNA는 DNA의 유전정보로부터 단백질을 만드는 과정에 관여하는 중간 단계의 유전물질이다. 비유하자면, 금고에 소중하게 보관된 원본 설계도를 현장에서 쉽게 사용할 수 있도록 편집한 버전의 설계도인 셈이다. mRNA를 만들어서 세포에 주입할 수 있다면, 정확히 원하는 단백질을 합성해서 생리작용을 조절할 수 있을 것이다. 커리코의 아이디어는 오늘날 주목받는 유전자 치료법인 ‘IVT(in vitro transcribed) mRNA 치료’, 즉 실험실에서 인공적으로 합성된 유전물질을 주입하는 치료의 초기



1985년의 커리코 가족. 헝가리의 연구 지원이 끊기자 커리코는 연구자 커리어의 꿈을 안고 남편과 딸과 함께 미국행을 선택했다. © Vilcek Foundation/Photo courtesy of Katalin Karikó

버전이라고 할 수 있다.

사실 커리코는 헝가리를 떠나 미국행을 선택할 때만 해도 나름 기대가 있었다. 헝가리의 세게드 대학에서 박사과정까지 마쳐 생물학자의 커리어를 이어가고 싶었지만, 여건이 좋지 않았다. 헝가리 정부가 심화된 재정난으로 연구 지원을 줄이는 바람에 커리코도 연구실에 남아있을 수 없었기 때문이다. 고심 끝에 선택한 것이 미국행이었다. 아직 냉전이 끝나지 않았지만 미국은 헝가리에서 왕래하기가 그래도 수월한 편이었다. 또한 쉽지는 않겠지만 생물학자로서 연구직을 얻을 수 있으리라고 생각했다.

다행히 커리코는 어렵지 않게 필라델피아의 템플 대학교에서 박사후 연구원 자리를 얻을 수 있었다. mRNA 연구에 깊이 빠져든 것도, 그리고 학계의 냉대에 직면하기 시작한 것도 여기서였다. 사실 당시 관점에서는 학계의 무관심도 이해 못할 바는 아니었다. mRNA는 화학적으로 대단히 불안정하고, 현장에서 임시로 사용하는 설계도인 만큼 엉뚱한 데 사용되지 않도록 폐기하기 쉬워야 하기 때문이다. 이 때문에 RNA를 유지하고 보관하기는 매우 어려웠고, 인공적으로 만든 RNA를 세포 안에 넣는 것은 거의 불가능했다. 자연히 동료 연구자들은 mRNA를 약물로 사용해보겠다는 커리코의 구상에 고개를 내저었다.



펜실베이니아 대학 재직 당시의 커리코. 대학교에서의 연구활동은 부침의 연속이었다.
© Vilcek Foundation/Photo courtesy of Katalin Karikó

헝가리 출신의 이민자라는 점도 커리코의 발목을 잡았다. 템플에서 펜실베이니아 대학으로 옮길 때도 그랬다. 템플 대학교의 연구환경에 실망한 커리코가 다른 자리를 알아보기 시작하자, 학교 측에서 “비자가 만료됐으니 불법체류자로 당국에 신고하겠다.”라며 사실상 커리코를 압박한 것이다. 아직 영주권도 없는 불안정한 신분인 커리코의 입장에서, 비자 문제는 모든 것을 포기해야 할지도 모르는 심각한 위협이었다.

희망과 실망, 끝나지 않는 굴곡

다행스럽게도 커리코의 연구 능력과 잠재력을 눈여겨본 사람이 있었다. 펜실베이니아 대학교의 엘리엇 바네이션(Elliott Barnathan) 박사였다. 그는 커리코가 자신의 연구실에 합류할 수 있도록 비자 문제를 해결해주고, 안정적으로 연구를 이어갈 수 있게 했다. 바네이션의 굳건한 신뢰와 지지 덕분에 커리코의 생활은 비로소 안정을 찾았다. 연구에서도 주목할 만한 성과가 있었다. 바네이션과 함께 인공적으로 합성한 mRNA를 세포에 주입한 후, 단백질 합성하게 하는 데 성공한 것이다. mRNA를 약물로 사용하는 데 가장 큰 장애물이었던, 살아있는 세포에의

mRNA 적용을 성공한 결정적인 전환점이었다.

그러나 잠깐의 기쁜 소식 이후에 다시 시련이 찾아왔다. 성공적인 실험에 고무된 커리코와 바네이션은 ‘생체 내 인공 mRNA 발현’이라는 성과를 심장질환 치료에 적용하는 연구에 착수했지만, 연구가 채 본격적인 궤도에 오르기도 전에 바네이션이 대학을 떠나 기업으로 적을 옮긴 것이다. 든든한 울타리 역할을 했던 지도교수를 잃은 커리코는 펜실베이니아 대학에 다시 홀로 남겨졌다. 사상 최초의 mRNA 발현이라는 놀라운 성과를 냈음에도 커리코는 연구실도, 재정적인 지원도 잃게 되었다.

고립무원의 커리코에게 기회가 한번 더 찾아왔다. 커리코와 연구실 동료였던 로버트 랭거(Robert Langer) 박사가 그 기회였다. 그가 훗날 데릭 로시(Derrick Rossi) 교수와 모더나(Moderna)를 창립한다는 데서 짐작할 수 있듯이, 랭거도 mRNA의 의학적 가능성에 주목했으며 커리코의 연구가 얼마나 중요한지도 알고 있었다. 랭거의 강력한 요청에 따라 펜실베이니아 대학은 커리코가 연구를 이어갈 수 있도록 자리를 마련했다.

커리코의 상황이 안정되자 랭거가 곧 연구팀에 합류했다. 랭거에게 커리코는 ‘영감의 원천’이었다. 커리코에게는 자신의 아이디어에 부합하는 증거를 찾는 데 골몰하기보다는, 아이디어와 어긋나는 데이터로부터 새로운 돌파구를 찾아내는 재능이 있었다. 랭거가 보기에 커리코의 그러한 재능은 ‘천재성’이었으며, mRNA 연구가 앞으로 넘어서야 할 도전에 꼭 필요한 능력이었다.

두 사람은 뇌수술 후 혈전으로 인해 발생하는 뇌졸중을 mRNA를 이용해 해결하는 데 도전했다. 혈액 내 혈전이 발생하면, 혈액 내 일산화질소 농도가 높아져서 혈관이 확장되고 혈전 제거 메커니즘이 촉진된다. 일산화질소가 혈전증을 막는 방아쇠인 셈이다. 따라서 일산화질소를 혈액에 주입하면 혈전증을 예방할 수 있겠지만, 일산화질소가 극히 불안정해서 혈관에 주입하기 어렵다는 문제점이 있었다. 커리코와 랭거는 일산화질소를 생산하는 효소 정보가 담긴 mRNA를 혈액 내 세포에 주입하면, 혈전증을 효과적으로 예방할 수 있으리라 생각했다.

그러나 랭거와의 연구는 바네이션과의 연구만큼 성공

적이지 않았다. 랭거와 커리코 모두 훌륭한 팀워크로 각고의 노력을 기울였지만, 끝끝내 만족할 만한 결과를 얻지 못했다. 이렇다 할 소득 없이 시간이 흐르는 동안 펜실베이니아에서의 경력을 마무리한 랭거가 학교를 떠나고, 커리코는 다시 홀로 남았다. 이번에는 커리코의 진가를 알아본 바네이션도, 랭거도 없었다. 연구의 가능성이 어땠던 간에, 대학교의 입장에서 커리코는 이렇다 할 실적 없이 자리만 차지하는 무능한 이민자 출신 연구자일 뿐이었다.

커리코는 대학 측의 푸대접에도 불구하고 고집스럽게 mRNA 연구에 매달렸다. 그러나 펜실베이니아에서 커리코의 입지는 점점 좁아졌다. mRNA의 생체 발현이라는 큰 성과를 바네이션의 공로만 기억하는 동료 연구자에게, 커리코는 그저 비현실적인 목표만 좇는 사람으로 보였다. 심지어 일부 연구자는 mRNA 치료가 불가능하다는 사실을 입증하려 논문을 내기까지 했다. 커리코의 과제 제안서는 번번이 탈락했고, 연구비도 점점 떨어져서 연구원들도 뿔뿔이 흩어졌다. 1995년에 이르러, 커리코는 mRNA 연구는 물론 연구자로서의 삶도 포기해야겠다는 생각이 들만큼 절망적인 상황에 내몰렸다.

운명의 동료를 만나다

끝나지 않을 것 같은 외로움을 버릴 수 있게 한 것은 커리코의 확신이었다. 자신의 연구가 언젠가 위대한 의학적 돌파구를 마련할 것이라는 믿음, 지금은 어렵더라도 머지않아 mRNA가 세포 속에서 정확히 작동하게 할 방법을 찾으리라는 믿음이었다. 1997년의 어느 날, 이러한 믿음은 마침내 보답받았다. 바로 드류 와이스만(Drew Weissman)을 만나면서부터이다.

와이스만은 미국 국립보건원(NIH)에서 근무하다 펜실베이니아 대학으로 온 면역학자로, 후천성 면역결핍증(AIDS)의 병원체인 인체면역결핍바이러스(HIV) 백신을 연구하고 있었다. HIV는 RNA를 유전물질로 이용하는 바이러스다. 따라서 RNA를 깊이 이해할수록 HIV 백신 개발이 수월해진다. 와이스만의 전문분야가 면역학이기에,

mRNA 전문가인 커리코와의 만남은 서로의 필요를 정확하게 채워줬다.

몇 마디 이야기를 나눈 커리코와 와이스만은 금세 의기투합하고 공동 연구에 뛰어들었다. HIV 바이러스에 대해 백신 역할을 하는 mRNA는 어렵지 않게 만들 수 있었다. HIV의 단백질과 유전물질은 상세하게 규명되어 있어, 면역반응을 유발할 항원 정보가 담긴 mRNA를 설계하고 합성하는 것은 시간문제였기 때문이다. 문제는 따로 있었다. 세포를 대상으로 한 실험에서는 잘 발현되던 mRNA가, 마우스와 같은 개체에 주입하니 제대로 발현되지 않았다.

원인은 면역계였다. 외부에서 주입한 mRNA를 침입자로 인식하여 면역계가 면역반응을 일으킨 결과, 예측하기 어렵게 변형된 mRNA가 세포에 주입된 것이다. 커리코는 실험할 때 대조군으로 합성한 mRNA, 즉 별다른 기능을 하지 않도록 설계된 mRNA가 체내에 주입돼서도 면역반응을 일으키지 않았다는 데 주목했다. 이후 그 원인이 ‘슈도유리딘(pseudouridine)’이라는 분자라는 사실을 알아냈다. 실제로 인공 mRNA에 슈도유리딘을 부착해서 주입했더니 정확히 의도했던 기능을 수행했다. mRNA 백신의 발목을 잡던 최대의 장애물을 극복한 것이다.

결정적인 돌파구를 마련했음에도 학계의 반응은 시큰둥했다. 기존의 백신과 치료제가 잘 작동하는 상황에서, 예측이 어렵고 불안정한 mRNA를 제대로 된 의약품으로 활용할 수 있겠느냐는 이유였다. 유수의 저널들도 커리코와 와이스만의 논문을 외면했다.



2022년의 드류 와이스만(왼쪽)과 커리코(오른쪽)
© Thorne Media

이방인이 통념의 밖에서 맺은 결실, 세상을 바꾸다

이들의 진가를 알아본 쪽은 기업이였다. 커리코와 와이스만의 논문은 스탠퍼드 대학에서 줄기세포를 연구하던 데릭 로시(Derrick Rossi)에게 큰 영향을 줬다. 로시는 두 사람의 논문을 보자마자 노벨상을 받을 만한 연구임을 직감했다. 2007년 하버드 의대에 자리잡은 이후에는 본격적으로 mRNA 연구를 줄기세포에 접목해서 유의미한 결과를 얻었다. 로시의 mRNA 연구에서 상업적 가치를 엿본 동료 티모시 스프링거(Timothy Springer)는 다시 매사추세츠 공과대학(MIT)의 로버트 랭거에게 연락해 사업화를 논의했다. 펜실베이니아에서 커리코와 함께 연구하던 바로 그 랭거다. 로시와 랭거는 커리코와 와이스만의 성과를 바탕으로, 때가 무르익었다고 판단했다. 그 결과물이 코로나19를 거치며 급성장한 바이오벤처, 모더나다.

커리코와 와이스만에게도 기회가 왔다. 튀르키예 출신의 의사 우구르 사힌(Ugur Sahin) 부부가 설립한 독일의 기업인 바이온텍(BioNTech)이 두 사람의 논문을 보고 접근했다. 당시 바이온텍은 다국적 제약사인 화이자와 함께 암 면역치료제를 개발하고 있었는데, mRNA 백신 연구가 매우 중요한 돌파구라고 판단한 것이다. 처음에는 기술을 라이선스하는 정도였지만, 2013년 커리코가 펜실베이니아 대학에서 쫓겨나자 냉큼 부사장으로 영입했다.

그리고 2020년 11월 8일, 코로나19 백신에 대한 화이자-바이온텍의 첫 번째 연구 결과가 나왔다. mRNA 백신이 신종 바이러스에 대해 90% 이상의 효능이 있다는 결과였다. 커리코와 와이스만의 오랜 연구가 비좁은 연구실에서 나와 비로소 의료 현장에서 빛을 보는 순간이자, 오랫동안 고대해 온 순간이었다. 커리코는 자축의 의미로 초콜릿 코팅 땅콩 구버스(Goobers) 한 박스를 혼자서 몽땅 비웠으며, 와이스만은 이탈리아 레스토랑에서 와인과 저녁식사를 챙겨와 가족들과 축하를 나눴다고 한다.

한 달이 조금 지난 2020년 12월 18일에는 더 극적인 장면이 펼쳐졌다. 커리코와 와이스만이 자신들을 홀대했던 곳, 펜실베이니아 대학에서 사상 최초의 mRNA 백신 접종자로 나선 것이다. 사상 최초의 mRNA 백신이 그 개발



2023년 노벨상 수상식 기념 리셉션이 참석한 커털린 커리코 박사 (오른쪽 여성) © US Embassy Sweden

자에게 접종되는 기념비적인 순간이었다. mRNA 백신 효능 실험이 성공적이라는 소식을 들었을 때도 “기대했던 대로 효과가 있네.”라는 짝막한 감상만 남긴 카리코였지만, 이날은 달랐다. 접종 현장에 모인 mRNA 백신 연구자와 동료 과학자들이 카리코 박사의 접종 순간을 박수로 축하했으며, 카리코는 감동에 북받쳐 눈물을 보였다.

마치 그간 쌓인 설움에 대한 보상이기라도 한 양, mRNA 백신 상용화에 성공하고 나서부터 학계와 산업계 모두 커리코의 오랜 고집에 열광했다. 노벨위원회는 커리코의 길고 고독한 연구생활에 대해 2023년 노벨 생리의학상으로 보답했다. 사실 그간의 경과를 생각하면 당연하지만, 한편으로는 너무 늦은 보상인 셈이다. 커리코의 이야기는 지원금을 받기 쉬운 안전한 연구 이상으로 위험한 연구가 왜 중요한지, 연구에 왜 꾸준함이 필요한지를 잘 보여준다. 확실한 것은 커리코가 2013년 5월 학교 측에 일갈했듯, 그의 오래된 연구실은 언젠가 박물관이 될 것이라는 점이다. **기술혁신**

모든 것은 예측 가능하다

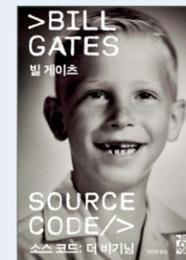
“미래를 예측할 수 있을까? 물론 예측할 수 있다!”
진단검사에서 뇌의 작동 원리까지, 궁극의 의사결정 도구이자 사고방식 자체인 베이지 정리의 모든 것!



2021년 영국 과학저술가협회의 올해의 과학 작가로 선정된 톰 치버스의 신작. 새해가 되면 많은 사람들이 불투명한 미래를 자기 나름대로 그려보곤 한다. 우리가 대략이나마 세상을 예측하며 살아갈 수 있는 것은 우리에게 어떤 신비로운 예지력이 있어서가 아니라, 우리가 과거에 수집한 정보 덕분이다. 이렇게 제한된 정보를 가지고 최선의 결정을 내릴 때 도움이 되는 강력한 도구가 바로 베이지 정리다.

책은 한 줄짜리 수학 공식인 베이지 정리가 어떻게 세상을 설명하고 우리 자신을 이해하는 강력한 도구가 될 수 있는지를 다섯 가지 주제로 풀어낸다. 이 책은 단순히 수학의 한 분야를 다루는 책이 아니다. 믿음을 갱신할 줄 아는 태도, 확률적 사고를 통해 불확실성을 다루는 능력이 베이지 정리에 담겨 있다. 우리가 세상을 더 합리적으로 바라보고, 정보의 홍수 속에서 현명하게 살아가는 법을 알고자 할 때 베이지 정리는 필수적인 나침반이자 지도가 될 것이다. **기술혁신**

NEW BOOKS



소스 코드: 더 비기닝

지은이 빌 게이츠 / 안진환 역
출판사 열린책들

현대의 가장 영향력 있고 혁신적인 리더이자 컴퓨터 테크놀로지의 살아 있는 신화, 빌 게이츠 『소스 코드』는 그가 소프트웨어라는 미개척 분야의 가능성을 직감하고, 폴 앨런과 함께 마이크로소프트를 창업하기까지의 여정을 상세히 풀어낸다. 그의 어린 시절 고민과 도전, 성장 과정에서 영향을 준 사람들에 대한 이야기에서부터 부모님의 기대 속에서 반항하며 갈등했던 일, 하버드 중퇴 결정을 내린 과정, 가까운 사람을 잃은 경험까지 솔직한 고백이 담겼다. 빌 게이츠가 직접 들려주는 현명하고 따뜻하며 허심탄회한 이 회고록은, 전 세계가 궁금해하는 한 인물의 내면과 열정에 관한 매력적인 초상화이다.



세스 고딘의 전략 수업

지은이 세스 고딘 저 / 안진환 역
출판사 쌤앤파커스

세스 고딘은 『세스 고딘의 전략 수업』에서 “전략을 형성하려면 4 가지 핵심 요소를 유기적으로 고려해야 한다.”라고 말한다. 시간, 게임, 공감, 시스템이 바로 그 핵심 요소인데, 시스템들은 ‘시간’이 지남에 따라 개인에게 소속감과 지위를 보상하는 ‘게임’의 장을 마련하고, 특유의 ‘공감’ 능력으로 사람들이 스스로 원하는 것을 추구하게 함으로써 시스템을 존속시켜 나간다. 이 책은 몇 가지 원칙이나 행동 지침을 정답처럼 제시하는 대신, 불확실성에 대응하는 정교한 사고방식으로서의 전략에 대해 말한다. 특유의 허를 찌르는 직관을 전략이라는 실용적 접근법으로 풀어나가, 독자들은 개인과 조직이 더 나은 길로 향하는 확실한 방법을 얻어갈 것이다.

01

2024년 하반기 우수기업연구소 지정서 수여식

과학기술정보통신부(이하 과기정통부)와 한국산업기술진흥협회는 지난 12월 20일 삼성호텔에서 2024년 하반기 우수기업연구소 지정서 수여식을 개최했다. 공모 심사 결과 30개 기업부설연구소가 우수기업연구소로 지정되었으며, 수여식에는 과기정통부 이창윤 차관 등 80여 명이 참석하였다.

‘우수기업연구소 지정제도’는 기업 연구개발의 근간이 되는 기업부설연구소의 질적 성장을 견인하고, 타 기업부설연구소가 본받을 수 있는 선도 모형을 육성할 목적으로 2017년에 도입된 제도다. 2017~2018년 식품·생명 분야 기업연구소를 대상으로 시범운영을 거친 후, 2019년부터는 제조업 전 분야, 2020년부터는 서비스업 분야까지 확대하여 본격 운영되었다. 우수기업연구소로 지정된 연구소에는 지정서와 현판, 국가연구개발사업 참여 우대, 병역

특례기업 지정 우대, 정부 포상 등이 제공된다.

이번 2024년 하반기에는 핵심 기술개발과 기술사업화에 앞장서고 있는 제조업 분야 21개, 서비스 분야 9개 기업연구소를 지정하였다. 지정된 기업은 기본 연구개발 역량을 검증하는 자가 진단을 통과한 후, 분야별 전문가들이 평가위원으로 참여하는 3단계(발표심사→현장심사→종합심사)의 엄정한 심사를 거쳐 선정되었다.

또한, 30개 우수기업연구소 중 전문분과위원장 추천과 별도의 심사를 통해 세계 최고 수준의 기업연구소로 성장 가능한 잠재력을 지닌 3개 연구소를 최우수 기업부설연구소로 시범 선정하였다. 에이피시스템(주)부설연구소, (주)온품 기업부설연구소, (주)입셀 기업부설연구소가 최우수 기업부설연구소의 영광을 안았다.

과기정통부 이창윤 차관은 “세계 기술 패권 경쟁이 심화되는 가운데 대한민국의 과학 기술 주권을 확보하기 위해서는 우수한 기술력과 연구 역량을 갖춘 우수기업연구소의 역할이 매우 중요하다. 앞으로 우수기업연구소에 대한 지원을 확대해 나가겠다.”라고 밝혔다. 또한, “국회에서는 기업 연구자들의 자긍심을 고취하고 기업 연구개발 활동의 중요성을 널리 알리기 위해 ‘기술개발인의 날’을 법정기념일로 지정하는 내용이 담긴 법안 제정을 추진 중이며, 법률 제정을 위해 적극 노력하겠다.”라고 말했다.

기술혁신



02



고도화된 인공지능(AI) 세계로의 몰입, CES 2025 참관기



글. 송선우 (주)캠시스 전무/
신규사업부부장

삼성전자에서 캠코더 개발팀 연구원으로 일하였다. 현재는 캠시스에서 AI 시스템 카메라, 얼굴/생체인식 보안 카메라, Health/Bio 센서 모듈 사업 등의 신규사업 부문장으로 근무 중이다.

2025년 1월 7일부터 10일까지 미국 라스베이거스에서 개최된 세계 최대 전자·IT 전시회인 CES(Consumer Electronics Show) 2025를 참관(한국산업기술진흥협회·매경미디어그룹 주관)하며, 차세대 기술 트렌드 및 글로벌 기술 혁신 전략을 파악하는 기회를 가졌다. 미국 소비자 기술협회(Consumer Technology Association, CTA)의

CEO인 게리 샤피로(Gary Shapiro)는 “CES는 혁신이 실현되는 곳이다. 기술의 미래를 정의하는 혁신적인 신제품을 출시하고 중요한 파트너십을 체결하며, 다양한 비즈니스 기회를 발굴할 수 있는 자리이다.”라고 말한 바 있다. 이번 CES는 ‘연결하고(Connect), 해결하며(Solve), 발견하고(Discover), 뛰어들자(Dive In)’라는 슬로건 아래 157개국에서 4,500개 이상의 기업이 참가하였으며, 140,000명 이상의 참관객이 방문하여 혁신적인 기술과 미래산업의 방향을 제시하는 장이었다.

우리나라는 CES 2025에 미국과 중국에 이어 3번째로 많은 1,031개 기업이 참가하였다. 특히 Venetian Expo의 Eureka Park에 전시된 스타트업 1,300개사 중 K-스타트업 존에만 600개(48%) 부스가 전시되어, 우리나라 스타트업의 기술 경쟁력과 영향력을 확인할 수 있었다. 기업체뿐만 아니라 많은 공공 연구기관이나 대학교들이 지자체 단체의 지원으로 혁신적인 제품들을 전시하여, 뿌듯함도 느낄 수 있었다.

이번 CES 2025의 특징을 한마디로 표현한다면, ‘고도화된 인공지능(Artificial Intelligence, AI) 세계로의 몰입’이라고 할 수 있었다. 모든 산업 분야에 실제로 적용된 인공

지능 제품들이 어떠한 변화를 이끌고 있고 어떤 방향으로 진화할지를, 한눈에 살펴볼 수 있는 의미 있는 자리였다.

CES의 별미 중 하나는 IT 업계의 리더들이 발표하는 기조연설이다. 따라서 금년도 연설자인 NVIDIA 창업자 Jensen Huang의 기조연설을 직관하고자 했지만, 너무 많은 대기 인원으로 인하여 아쉽게 호텔에서 방송으로 볼 수밖에 없었다.

CES 2025는 크게 23개 topic으로 참가 및 전시 영역을 분류하였다. 혁신 테마로는 AI(인공지능), 차량 기술과 첨단 모빌리티(Mobility), 디지털 헬스(Digital Health)를 제시했고, 전시회 전반적으로 인간 안보(Human Security For All)와 지속가능성(Sustainability)을 강조하고 있었다. 3일 동안 참관했던 기업들을 핵심 키워드별로 분류하여, 다음과 같이 정리해 본다.

고도화된 일상 속의 AI (Artificial Intelligence)

CES에서 AI는 보편화된 단어처럼 보일 정도였다. 더

나아가, 올해 CES에서 AI의 핵심은 ‘고도화된 AI 기술의 일상 속 진화’였다. AI는 단순한 기능이나 텍스트보다는, 각 제품의 콘텐츠 또는 서비스 등과 통합·융합하여 우리의 삶으로 스며들고 있었다.

삼성전자의 전시관 입구는 작년과 동일하게 ‘AI For All’이라는 슬로건이 걸려있었다. 그러나 올해는 한층 진화된 스마트싱스(Smart-things)를 통해 연결된, 일상의 가전 제품들을 원격으로 통합 제어하는 AI Home Solution을 스토리텔링 형식으로 보여 주었다. 제품 간 자동으로 연결해 주는 캄 온보딩(Calm On-Boarding), 스마트폰으로 손쉽게 제어하는 퀵 리모트(Quick Remote), 한눈에 실내를 모니터링하고 관리하는 맵 뷰(Map view) 등은 일상에 스며든 AI 기술들을 보여 주었다.

LG전자의 전시관은 Kinetic LED의 다채로운 색상과 움직임이 눈길을 끌고 있었다. LG전자는 공감 능력과 함께하는 일상의 라이프스굿(Life’s Good)을 주제로, AI Platform을 제시했다. 이 플랫폼은 LG 씽큐온(ThinQ ON)과 같은 AI 허브와 연결된 센서들을 통해, 고객의 행동 패턴과 실내 환경을 분석하여 실내 온·습도 및 냉·온수

| | | | | | |
|----|-------------|---|---------------------------|----------------------------|-------------------------------|
| 핵심 | 1 | Artificial Intelligence (인공지능) | 주요 | 9 | Gaming & E-sports (게임 & e스포츠) |
| | 2 | Vehicle Tech & Advanced Mobility (차량 기술과 첨단 모빌리티) | | 10 | Home Entertainment (홈 엔터테인먼트) |
| | 3 | Digital Health (디지털 헬스) | | 11 | Lifestyle (라이프스타일) |
| 1 | 5G (5세대 통신) | 12 | | Energy Transition (에너지 전환) | |
| | 2 | Accessibility (접근성) | | 13 | Robotics (로봇) |
| | 3 | AR/VR/XR (증강/가상/확장현실) | | 14 | Smart Cities (스마트시티) |
| | 4 | Contents & Entertainment (콘텐츠 & 엔터테인먼트) | | 15 | Smart Home (스마트홈) |
| | 5 | Diversity & Inclusion (다양성과 포용성) | | 16 | Space Technology (우주기술) |
| | 6 | Fintech (핀테크) | | 17 | Quantum Computing (양자 컴퓨팅) |
| | 7 | Fitness (피트니스) | | 18 | Startups (스타트업) |
| | 8 | Food Technology (푸드테크) | 19 | Sustainability (지속가능성) | |
| | | 20 | Travel & Tourism (여행과 관광) | | |

표 1
CES 2025의 23개 Topics

자동 조절 등 최적의 생활 환경을 제공한다.

SK의 전시관은 그룹 통합으로 운영되었으며, AI 반도체와 AI 데이터 센터(AI DC), AI 서비스, AI 생태계(Eco system) 등 그룹 AI 정책을 전략적으로 공개한 듯 보였다. 특히, 작년 11월에 발표한 5세대 HBM(High Bandwidth Memory; 고대역폭 메모리)인 HBM3E의 16단 샘플을 직접 전시하여 많은 관람객의 발길을 멈추게 했다. 국내 중견기업인 Solum과 AI Edge Device 전문 개발 기업인 DEEPX가 대형 전시관 통해 선보인 최신 AI 기술도 흥미로웠다.

첨단 모빌리티(Advanced Mobility)

CES 2025의 첨단 모빌리티는 차량 내 인포테인먼트(information+entertainment) 기능 및 소프트웨어에 대한 강조와 자율주행의 발전을 통한 모빌리티 산업의 혁신, 전장 부품의 첨단화가 특징적이었다.

한국 완성차 기업들의 참여가 부족한 것은 아쉬웠지만, 삼성전자 부스에 현대자동차의 ‘아이오닉9’이 전시되어 있어 조금이나마 살펴볼 수 있었다. 아이오닉9는 IoT 플랫폼인 스마트싱스(Smart-things)와 인포테인먼트 시스템 연결된 Home to Car, Car to Home, Find 기능 등 다양한 편의 기능들을 제공하고 있었다.



그림 1
Sony · Honda Mobility의 5인승 세단 AFEELA1

한편, LG전자는 AI MX(Mobility eXperience) 플랫폼을 차량으로 확장하였고, 운전자의 사고를 예방하기 위한 인캐빈 센싱(In Cabin Sensing) 기술 등을 적용하여 SDV(Software Defined Vehicle) 시대에 변화하는 기술의 방향을 엿보게 해주었다. 현대모비스는 ‘홀로그래픽 윈드실드 디스플레이’를 기아 EV9에 탑재하여, 운전석이나 조수석 디스플레이를 차량 유리로 대신할 수 있는 흥미로운 부품 기술을 전시하고 있었다.

CES 2025에서 가장 눈에 띄는 자동차 브랜드는 혼다(Honda)였다. 혼다는 자체 OS(Operating System)인 ASIMO를 탑재한 첫 전기차 제품으로 프로토타입 0 SUV와 0 Saloon 두 모델을 전시하여, 많은 관람객의 주목을 끌었다. 소니·혼다 모빌리티(Sony·Honda Mobility)의 첫 양산 차량인 5인승 세단 AFEELA1 실물과 상세 내용을 살펴볼 수 있었던 것도 좋은 경험이었다.

농기계 기업들의 AI를 결합한 자율주행 기술도 눈에 띄었다. 존디어(John Deere)는 16개의 카메라를 장착하여 경작지의 360도를 볼 수 있는 자율주행 첨단 트랙터 9RX, 과수원의 작물 생산성을 개선하는 과수 자율 트랙터, 복잡한 환경을 고려한 채석자용 자율 덤프트럭 등을 전시하였다.

로봇과 휴머노이드(Humanoid)

CES 2025에서는 인간과 한층 유사해진 휴머노이드 로봇이나 산업 및 실생활 로봇 등 AI를 결합한 다양한 로봇들도 전시되어 흥미를 끌었다. 미국의 로봇 기업 리얼보틱스(Realbotix)가 전시한 ‘아리아(Aria)’는 눈을 움직이며 LLM을 기반으로 관객들과 자연스러운 대화를 나누어 주목받았다. 중국의 로봇 기업 유니트리(Unitree)에서는 휴머노이드 로봇 G1과 로봇 개 G01을 전시하였는데, 특히 G1은 악수를 나눌 수 있어 이목을 끌었다. 이렇게 로봇 기술은 단순한 공장 작업이나 생활에 편리함을 더해주는 전자 기기 형태를 넘어, 휴머노이드 로봇으로의

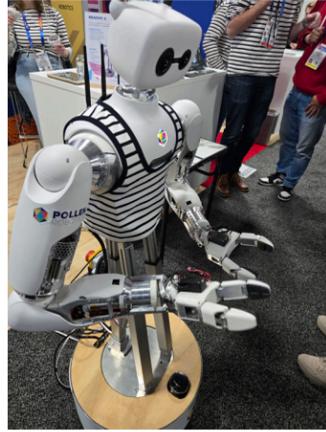


그림 2
Pollen Robotics의 휴머노이드 로봇 Reachy2

혁명이 일어나고 있음을 체험할 수 있었다.

프랑스의 로봇 기업 인첸티드 툴스(Enchanted Tools)와 폴렌 로보틱스(Pollen Robotics)의 휴머노이드 로봇도 눈에 띄었다. 인첸티드 툴스에서 전시한 미로카이(Mirokai)는 정교한 손가락 팔동작과 유연한 이동성을 기반으로 호텔, 레스토랑, 병원 등에서 물품 이동뿐만 아니라 고객 응대도 가능한 수준이었다. 폴렌 로보틱스에서 전시한 오픈소스 휴머노이드 로봇 리치(Reachy)2는 사람과 같이 자유롭게 팔을 움직이고 간단한 집안일을 도울 수 있는 로봇이었다.

디지털 헬스(Digital Health)

디지털 헬스 분야는 AI 기반 의료 진단 시스템, AI 헬스케어 로봇 및 웨어러블 건강기기, 원격 의료 진단 플랫폼 등 혁신적인 기술을 바탕으로 한 다양한 제품들이 전시되어 있었다. 네덜란드의 의료기업 플로빔스(Flowbeams)가 전시한 Boldjet은 주사바늘 대신 레이저를 고속 분사하여 피부에 약물을 주입하는 기기였다. 국내의 의료기기 스타트업인 엠비트로(MMITRO)가 전시한 ORTIV는 무통혈당 측정기로, 전시장에는 전통적인 의료기기의 개념을

전환하는 신선한 제품들이 많았다.

AI와 로봇을 결합한 혁신적인 기술들도 다수 볼 수 있었다. 일본의 의료기기 스타트업 바이오닉엠(BionicM)이 전시한 로봇 의족 Bio Leg는 전기 동력을 이용하여 무릎 관절을 사용하게 하는 기술을 적용하고 있었다. 국내기업 바디프렌드(BODYFRIEND)는 AI와 헬스케어 로봇 기술을 결합한 로봇 안마의자 733을 전시했다. 미국의 의료기기 기업 온메드(OnMed)는 원격 의료 장치인 Virtual CareStation을 전시했다. 이는 원격 의료 상담을 가능하게 할 뿐만 아니라 혈압과 체온, 산소포화도를 측정하여 의사에게 실시간으로 전달해 준다. 처방전도 약국에 보내주는 시스템을 갖추어, 새로운 의료 진단 시스템을 보여 준다는 평을 받았다.

K-스타트업

스타트업 전용관인 유레카 파크(Eureka Park)는 미래를 선도하는 글로벌 시장 개척을 위한 전초 기지 같았다. K-스타트업의 AI, IoT, 디지털 헬스, 로봇 등 다양한 분야의 600여 개 전시품은 단순한 기술 전시회와는 격이 달랐다.

K-스타트업은 CES 혁신상 총 461개 중 125개를 수상하였고, 3개 기업은 최고 혁신상을 수상하였다. 최고 혁신상을 받은 Suprema AI는 AI 보안 솔루션 기업인데, 얼굴인식과 행동 분석을 통해 독립된 공간(예. ATM기기)의 범죄를 예방하는 시스템 'Q-Vision Pro'를 전시했다.

CES 2025를 참관한 지난 1월의 나흘 동안은 4,500여 개 전시기업의 혁신 제품과 140,000명 관람객의 질문 및 대답 속에서, 보다 나은 인류로의 성장 메아리가 들리는 듯 숨 가쁜 시간이었다. 또한 CES 2025는 AI 기술의 미래가 무엇이며, 글로벌 경쟁에서 생존하고 성장하기 위해서 얼마나 많은 기업들이 끊임없이 혁신 기술개발에 매진하고 있는지를 보여 주는 뜻깊은 자리였다. CES 참관을 도와주신 산기협 임직원분들의 노고에 진심으로 감사드린다. **기술·혁신**

03



한국산업기술진흥협회 제47차 정기총회

한국산업기술진흥협회(이하 산기협) 제47차 정기총회가 지난 2월 12일(수) 17시 그랜드인터컨티넨탈 호텔에서 개최되었다. 이번 총회에서는 산기협 회장추천위원회에서 만장일치로 추천된 구자균(LS일렉트릭 회장) 現 회장의 제18대 회장 선임이 최종 의결되었다.

구자균 회장은 2019년 2월 회장으로 취임한 이후, '함께하는 기술혁신'을 실현하기 위해 'K-테크의 미래를 여는 최고의 혁신 플랫폼'을 산기협의 새로운 비전으로 제시하였다. 1만 1천 개 회원사의 개방과 협력을 지원하기 위한 기반을 마련하여, 대내외적으로 산기협의 외연을 확장하고 위상을 제고하는 데 크게 공헌했다는 평가를 받아왔다.

특히, 기업 R&D 연구자들의 성과를 조명하고 사기를 진작하기 위해 2022년부터 '기술개발인의 날'을 선포하고 기념행사를 추진하였다. 또한 기업 R&D 지원의 근거

법인 '기업부설연구소법(기업부설연구소 등의 연구개발 지원에 관한 법률)'의 제정을 지원하고, 동 법안을 통해 '기술개발인의 날'을 국가 기념일로 지정하는 데 기여하였다.

구자균 회장은 회장 수락 인사를 통해 "대내외 정세 격변과 장기적인 저성장 기조로 기업의 기술혁신을 돕는 산기협의 역할이 그 어느 때보다 중요하다. 함께하는 기술혁신으로 기업의 R&D 활력을 제고하고 산업계가 함께 도약할 수 있도록 노력하겠다."라고 밝혔다. 이에 따라 ▲회원 수요 기반 서비스 질 제고 ▲민간 R&D 싱크탱크 역할 확대 ▲국내외 협력 생태계 구축 ▲탄소중립 및 디지털 전환 기술 이슈 선도 ▲기업 연구개발 지원센터로서 R&D 지원 사업 확대 등을 추진하겠다고 설명했다.

한편, 이날 정기총회에서는 2024년 사업 실적 보고 및 결산, 2025년 사업계획 등의 안건도 심의·결의되었다. 산

업기술 발전과 기술혁신 풍토 조성에 크게 기여한 고영훈 부사장(금호석유화학) 등 기술경영인 10인에 대한 '산기협 기술경영인상' 시상식도 함께 진행되었다. **기술·혁신**



기업부설연구소 총괄현황 - 2025년 1월 말 현재

개관 (단위: 개소, 명)

| 구분 | 2018 | 2019 | 2020 | 2021 | 2022 | 2023 | 2024 | 2025.1 |
|-------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|---------|
| 연구소 수 | 40,399 | 40,750 | 42,155 | 44,068 | 44,811 | 44,086 | 41,440 | 41,509 |
| 대기업 | 903 | 863 | 771 | 743 | 767 | 756 | 734 | 733 |
| 중견기업 | 762 | 1,000 | 1,244 | 1,437 | 1,519 | 1,613 | 1,695 | 1,697 |
| 중소기업 | 38,734 | 38,887 | 40,140 | 41,888 | 42,525 | 41,717 | 39,011 | 39,079 |
| 연구원 수 | 335,882 | 337,420 | 359,975 | 383,682 | 398,666 | 410,515 | 407,844 | 406,469 |
| 대기업 | 114,722 | 110,860 | 117,491 | 126,643 | 133,519 | 142,216 | 147,281 | 146,028 |
| 중견기업 | 27,436 | 34,140 | 42,593 | 47,618 | 50,505 | 55,268 | 58,919 | 58,690 |
| 중소기업 | 193,724 | 192,420 | 199,891 | 209,421 | 214,642 | 213,031 | 201,644 | 201,751 |

학위별 연구원 (단위: 명)

| 구분 | 박사 | 석사 | 학사 | 전문학사 | 기타 | 총계 |
|-------|--------|---------|---------|--------|-------|---------|
| 연구원 수 | 30,386 | 104,864 | 236,511 | 26,206 | 8,502 | 406,469 |
| 대기업 | 16,696 | 47,372 | 81,543 | 155 | 262 | 146,028 |
| 중견기업 | 2,746 | 18,485 | 36,349 | 908 | 202 | 58,690 |
| 중소기업 | 10,944 | 39,007 | 118,619 | 25,143 | 8,038 | 201,751 |

지역별 (단위: 개소, 명)

| 구분 | 수도권 | | | | 중부권 | | | | | | 제주 |
|-------|--------|--------|---------|---------|--------|-------|--------|-------|-------|--------|-----|
| | 서울 | 인천 | 경기 | 소계 | 대전 | 세종 | 충남 | 충북 | 강원 | 소계 | |
| 연구소 수 | 12,206 | 1,849 | 13,371 | 27,426 | 1,650 | 229 | 1,344 | 1,201 | 497 | 4,921 | 159 |
| 대기업 | 176 | 29 | 248 | 453 | 51 | 10 | 41 | 27 | 4 | 133 | 1 |
| 중견기업 | 346 | 74 | 655 | 1,075 | 35 | 8 | 112 | 94 | 13 | 262 | 2 |
| 중소기업 | 11,684 | 1,746 | 12,468 | 25,898 | 1,564 | 211 | 1,191 | 1,080 | 480 | 4,526 | 156 |
| 연구원 수 | 99,836 | 15,513 | 189,471 | 304,820 | 19,127 | 1,918 | 12,822 | 8,254 | 2,490 | 44,611 | 601 |
| 대기업 | 23,562 | 4,768 | 91,976 | 120,306 | 8,797 | 736 | 4,898 | 1,104 | 181 | 15,716 | 11 |
| 중견기업 | 10,330 | 2,598 | 29,639 | 42,567 | 1,098 | 179 | 2,126 | 2,172 | 329 | 5,904 | 16 |
| 중소기업 | 65,944 | 8,147 | 67,856 | 141,947 | 9,232 | 1,003 | 5,798 | 4,978 | 1,980 | 22,991 | 574 |

| 구분 | 영남권 | | | | | 호남권 | | | | 해외(기타) | 총계 | |
|-------|-------|-------|-------|--------|-------|--------|-------|-------|-------|--------|-----|---------|
| | 부산 | 울산 | 대구 | 경남 | 경북 | 소계 | 광주 | 전남 | 전북 | | | 소계 |
| 연구소 수 | 1,623 | 586 | 1,285 | 1,780 | 1,364 | 6,638 | 741 | 719 | 899 | 2,359 | 6 | 41,509 |
| 대기업 | 7 | 19 | 10 | 40 | 36 | 112 | 2 | 14 | 16 | 32 | 2 | 733 |
| 중견기업 | 42 | 41 | 40 | 94 | 75 | 292 | 21 | 19 | 23 | 63 | 3 | 1,697 |
| 중소기업 | 1,574 | 526 | 1,235 | 1,646 | 1,253 | 6,234 | 718 | 686 | 860 | 2,264 | 1 | 39,079 |
| 연구원 수 | 8,214 | 4,606 | 7,174 | 15,237 | 9,976 | 45,207 | 3,409 | 3,173 | 4,490 | 11,072 | 158 | 406,469 |
| 대기업 | 205 | 1,709 | 505 | 3,545 | 2,981 | 8,945 | 82 | 357 | 558 | 997 | 53 | 146,028 |
| 중견기업 | 1,053 | 725 | 1,300 | 4,311 | 1,528 | 8,917 | 482 | 203 | 504 | 1,189 | 97 | 58,690 |
| 중소기업 | 6,956 | 2,172 | 5,369 | 7,381 | 5,467 | 27,345 | 2,845 | 2,613 | 3,428 | 8,886 | 8 | 201,751 |

형태별 (단위: 개소)

| 구분 | 건물전체 | 독립공간 | 분리구역 | 총계 |
|-------|------|------|--------|--------|
| 연구소 수 | 468 | | 30,757 | 41,509 |
| 대기업 | 111 | | 621 | 733 |
| 중견기업 | 87 | | 1,602 | 1,697 |
| 중소기업 | 270 | | 28,534 | 39,079 |

면적별 (단위: 개소)

| 구분 | 50㎡ 이하 | 50~100㎡ | 100~500㎡ | 500~1,000㎡ | 1,000~3,000㎡ | 3,000㎡ 초과 | 총계 |
|-------|--------|---------|----------|------------|--------------|-----------|--------|
| 연구소 수 | 23,158 | 6,845 | 8,953 | 1,224 | 882 | 447 | 41,509 |
| 대기업 | 7 | 23 | 160 | 95 | 190 | 258 | 733 |
| 중견기업 | 81 | 146 | 668 | 326 | 326 | 150 | 1,697 |
| 중소기업 | 23,070 | 6,676 | 8,125 | 803 | 366 | 39 | 39,079 |

연구원 규모별 (단위: 개소)

| 구분 | 2~4인 | 5~9인 | 10~49인 | 50~300인 | 301인 이상 | 총계 |
|-------|--------|--------|--------|---------|---------|--------|
| 연구소 수 | 24,713 | 12,076 | 3,937 | 677 | 106 | 41,509 |
| 대기업 | 0 | 0 | 413 | 230 | 90 | 733 |
| 중견기업 | 0 | 617 | 783 | 281 | 16 | 1,697 |
| 중소기업 | 24,713 | 11,459 | 2,741 | 166 | 0 | 39,079 |

과학기술 분야 (단위: 개소, 명)

| 구분 | 건설 | 금속 | 기계 | 생명과학 | 섬유 | 소재 |
|-------|-------|--------|--------|-------|-------|-------|
| 연구소 수 | 1,223 | 1,944 | 8,051 | 252 | 292 | 842 |
| 대기업 | 23 | 44 | 161 | 3 | 7 | 17 |
| 중견기업 | 43 | 134 | 449 | 3 | 13 | 38 |
| 중소기업 | 1,157 | 1,766 | 7,441 | 246 | 272 | 787 |
| 연구원 수 | 6,002 | 11,925 | 85,581 | 1,112 | 1,616 | 5,216 |
| 대기업 | 1,132 | 3,072 | 29,293 | 40 | 211 | 1,186 |
| 중견기업 | 473 | 1,971 | 18,232 | 24 | 338 | 825 |
| 중소기업 | 4,397 | 6,882 | 38,056 | 1,048 | 1,067 | 3,205 |

| 구분 | 식품 | 전기·전자 | 화학 | 환경 | 산업디자인 | 기타 | 총계 |
|-------|-------|---------|--------|-------|--------|--------|---------|
| 연구소 수 | 1,181 | 6,963 | 3,264 | 227 | 2,081 | 3,183 | 29,503 |
| 대기업 | 34 | 168 | 107 | 7 | 20 | 64 | 655 |
| 중견기업 | 77 | 304 | 304 | 7 | 59 | 89 | 1,520 |
| 중소기업 | 1,070 | 6,491 | 2,853 | 213 | 2,002 | 3,030 | 27,328 |
| 연구원 수 | 8,245 | 135,541 | 37,845 | 1,430 | 11,788 | 23,907 | 330,208 |
| 대기업 | 1,904 | 85,266 | 8,778 | 506 | 2,412 | 6,121 | 139,921 |
| 중견기업 | 1,949 | 12,509 | 11,104 | 114 | 1,226 | 1,868 | 50,633 |
| 중소기업 | 4,392 | 37,766 | 17,963 | 810 | 8,150 | 15,918 | 139,654 |

서비스 분야 (단위: 개소, 명)

| 구분 | 교육서비스 | 금융 및 보험 | 도매 및 소매 | 보건 및 사회복지서비스 | 부동산 및 임대 | 사업시설관리 및 사업지원서비스 | 숙박 및 음식점 |
|-------|-------|---------|---------|--------------|----------|------------------|----------|
| 연구소 수 | 200 | 26 | 754 | 59 | 16 | 195 | 18 |
| 중견기업 | 0 | 4 | 4 | 0 | 1 | 3 | 1 |
| 중견기업 | 3 | 0 | 12 | 1 | 0 | 5 | 1 |
| 중소기업 | 197 | 22 | 738 | 58 | 15 | 187 | 16 |
| 연구원 수 | 855 | 345 | 3,405 | 341 | 101 | 973 | 178 |
| 중견기업 | 0 | 208 | 205 | 0 | 11 | 121 | 28 |
| 중견기업 | 40 | 0 | 127 | 7 | 0 | 78 | 82 |
| 중소기업 | 815 | 137 | 3,073 | 334 | 90 | 774 | 68 |

| 구분 | 예술, 스포츠 및 여가관련서비스 | 운수 | 전문, 과학 및 기술서비스 | 출판, 영상, 방송 통신 및 정보서비스 | 하수·폐기물처리, 원료재생 및 환경복원 | 기타 | 총계 |
|-------|-------------------|-----|----------------|-----------------------|-----------------------|-----|--------|
| 연구소 수 | 79 | 61 | 3,170 | 7,364 | 29 | 35 | 12,006 |
| 중견기업 | 0 | 5 | 13 | 47 | 0 | 0 | 78 |
| 중견기업 | 0 | 3 | 44 | 108 | 0 | 0 | 177 |
| 중소기업 | 79 | 53 | 3,113 | 7,209 | 29 | 35 | 11,751 |
| 연구원 수 | 267 | 416 | 15,466 | 53,679 | 125 | 110 | 76,261 |
| 중견기업 | 0 | 153 | 614 | 4,767 | 0 | 0 | 6,107 |
| 중견기업 | 0 | 30 | 811 | 6,882 | 0 | 0 | 8,057 |
| 중소기업 | 267 | 233 | 14,041 | 42,030 | 125 | 110 | 62,097 |

주 1 : "연구원"은 연구전담요원을 가리킴(연구보조원과 관리직원은 제외함)
 주 2 : "중소기업"은 대기업과 중견기업을 제외한 기업을 가리킴





1 2024년 제4회 Koita 솔루션데이

2024년 12월 11일(수) 2024년 제4회 Koita 솔루션데이를 산기협회관 대회의실에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 강민지 주임(02-3460-9165)



2 제87회 신기술기업협의회 정기모임(송년회)

2024년 12월 18일(수) 제87회 신기술기업협의회 정기모임(송년회)을 마리나컨벤션센터에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 양미현 팀장(02-3460-9190)



7 2025년 CTO클럽 1월 정례모임 및 운영위원회

2025년 1월 22일(수) 2025년 CTO클럽 1월 정례모임 및 운영위원회를 그랜드인터컨티넨탈파르나스 카네이션룸에서 진행했다.

문의: 회원지원팀 박수빈 주임(02-3460-9043)



8 2025년 디지털전환·AI 정부지원사업 설명회

2025년 2월 10일(월) 2025년 디지털전환·AI 정부지원사업 설명회를 산기협회관 대회의실에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 서영은 주임(02-3460-9166)



3 2024년 하반기 우수기업연구소 지정서 수여식

2024년 12월 20일(금) 2024년 하반기 우수기업연구소 지정서 수여식을 삼정호텔 라벤더룸에서 진행했다.

문의: 시상운영팀 강민성 사원(02-3460-9189)



4 산기협-매경 미국 CES 2025 참관단

2025년 1월 6일(월)~12일(일) 산기협-매경 미국 CES 참관단을 미국 라스베이거스 LA에서 진행했다.

문의: 인재개발서비스팀 공성민 과장/김송이 주임(02-3460-9137/9139)



9 산기협 제47차 정기총회 및 2025 기술경영인상 시상식

2025년 2월 12일(수) 산기협 제47차 정기총회 및 기술경영인상 시상식을 그랜드인터컨티넨탈 파르나스호텔 그랜드볼룸에서 진행했다.

문의: 경영지원팀 최성원 과장(02-3460-9096)



10 2025년 민간R&D협의체 제1차 총괄위원회

2025년 2월 13일(목) 2025년 민간R&D협의체 제1차 총괄위원회를 산기협회관 명예의전당에서 진행했다.

문의: 정책기획팀 이상섭 차장(02-3460-9073)



5 제76회 산기협 조찬세미나

2025년 1월 16일(목) 제76회 산기협 조찬세미나를 엘타워 그레이스홀에서 진행했다.

문의: 인재개발서비스팀 김선우 대리(02-3460-9132)



6 2025년 제1차 전국연구소장협의회 운영위원회

2025년 1월 22일(수) 2025년 제1차 전국연구소장협의회 운영위원회를 산기협회관 아너스홀에서 진행했다.

문의: 회원지원팀 서동주 과장(02-3460-9046)



11 제20회 디지털 혁신포럼

2025년 2월 14일(금) 제20회 디지털 혁신포럼을 산기협회관 대회의실에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀 강민지 주임(02-3460-9165)



12 2025년 탄소중립 정부지원사업 설명회

2025년 2월 17일(월) 2025년 탄소중립 정부지원사업 설명회를 산기협회관 대회의실에서 진행했다.

문의: 미래혁신지원팀(02-3460-9161~9166)



2025년 4월

KOITA 기술혁신 단기심화교육 안내



산기협은 기업 및 연구소/전담부서의 기술혁신 지원을 위해
다양한 교육과정을 운영하고 있습니다.
2025년 4월 KOITA 기술혁신 단기심화교육(유료교육)을
안내드리오니 많은 신청 바랍니다.



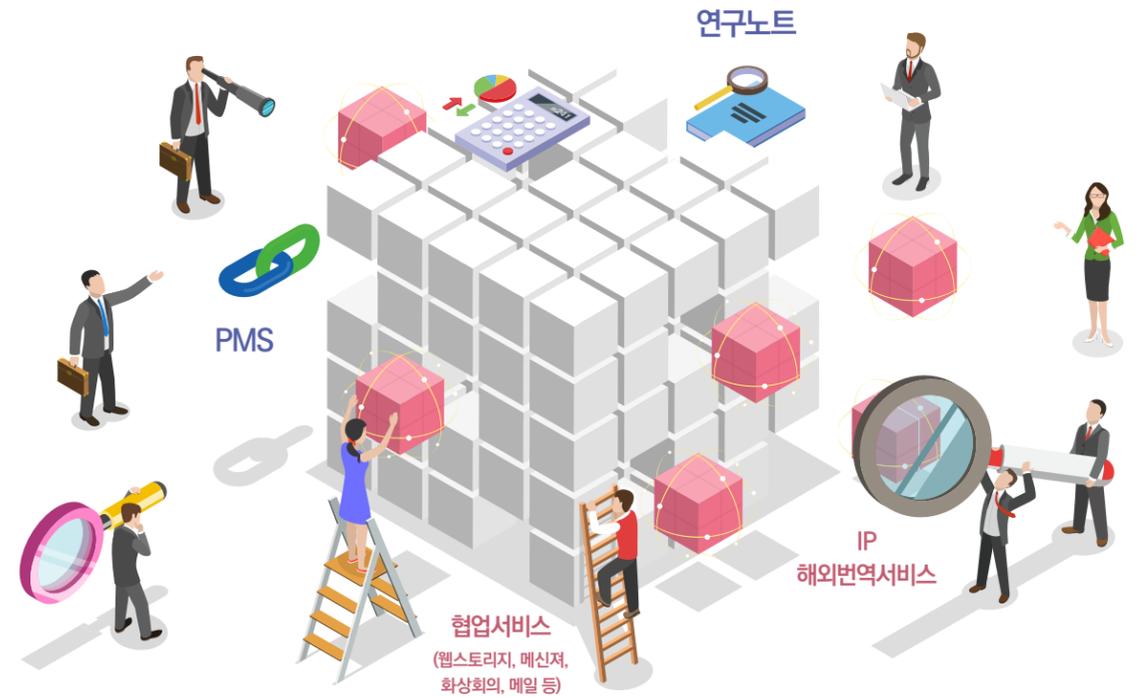
교육일정

| 일자 | 교육과정명 |
|---------------|----------------------|
| 4.2(수)~4(금) | 실험계획법 이론과 활용실무과정 |
| 4.7(월)~8(화) | R&D 주입/대리급 핵심역량강화 |
| 4.10(목)~11(금) | R&D부서 팀장 및 관리자 역량강화 |
| 4.14(월)~15(화) | R&D 중견연구원 핵심역량 강화 |
| 4.16(수)~18(금) | KIST-KOITA 유기분석 전문과정 |
| 4.16(수)~18(금) | KIST-KOITA 무기분석 전문과정 |
| 4.21(월) | 챗GPT를 활용한 실무능력 향상 |
| 4.24(목)~25(금) | 연구개발회계 실습 심화과정 |
| 4.28(월)~29(화) | MZ세대를 위한 코칭스킬 |

문의

인재개발서비스팀 김선우 대리 ☎ 02-3460-9132

클라우드 기반 R&D 전문 플랫폼 서비스



프로젝트관리(PMS), 전자연구노트는 물론 스마트한
R&D 수행을 위해 다양한 서비스를 제공합니다.
신규가입 후 1개월 무료로 사용할 수 있습니다.

<https://cloud.koita.or.kr>
지금 사용해 보세요



문의처 | 한국산업기술진흥협회 회원지원팀
TEL 02-3460-9043 | E-mail psb03@koita.or.kr

한국산업기술진흥협회
<https://cloud.koita.or.kr>

YouTube에서 「기술과 혁신」을 만나보세요!

유튜브 접속 경로 : 유튜브 사이트에서 '한국산업기술진흥협회' 검색 → 산기협TV 접속 → 격월간지 기술과혁신 코너 클릭

| | | |
|---|--|--|
|  <p>AI 특이점 시대는 오는가 김상운 교수(중앙대학교)</p> |  <p>인공지능(AI)을 활용한 물류/유통 산업의 혁신 우지환 연구소장(CJ올리브네트웍스)</p> |  <p>바이오경제를 이끌 첨단 바이오 권석운 부원장(한국생명공학연구원)</p> |
|  <p>첨단 바이오 데이터 기술의 혁신과 미래 김태형 본부장(테라젠바이오)</p> |  <p>전통소재, 미래를 향한 화려한 변신 박용삼 연구실장(포스코)</p> |  <p>2024년 우리 기업에 영향을 미칠 ESG 법제화의 동향과 전망 장운제 연구소장(법무법인 세종)</p> |
|  <p>유도결합 플라즈마 기술을 활용한 바이오가스의 친환경 에너지 전환 솔루션 엄세훈 대표이사(인투코어테크놀로지)</p> |  <p>기후테크의 정의 및 국내외 현황 정수중 교수(서울대학교)</p> |  <p>중국 서비스 로봇 산업의 동향과 시사점 진석용 연구위원(LG경영연구원)</p> |
|  <p>우리나라 로봇 산업 현황과 대응 방안 전진우 전문위원(한국로봇산업진흥원)</p> |  <p>생성형 AI 시대, 클라우드웍스의 진화 전략 황수호 사업부문장(클라우드웍스)</p> |  <p>K-Bio에서 길리어드로의 도약을 위한 혁신의 여정 이우형 상무(지아이이노베이션)</p> |

기업R&D 전문 카카오톡 채널

기업R&D에 관련된 핵심 정보만 선별해서 보내드립니다.
한국산업기술진흥협회 카카오톡 채널을 추가하고
우리 회사에 꼭 필요한 R&D 소식 받아보세요!

- 조세지원, 자금지원, 인력지원 등 정부지원사업 정보
- 디지털 전환, 글로벌 트렌드, 특허 등 최신 정보
- 기술기획, 사업계획서 작성 등 연구소 운영 필수사항 정보

추가방법

01 카톡 상단 검색창에 한국산업기술진흥협회 검색



02 한국산업기술진흥협회 [채널추가] 클릭

