

KEIT ISSUE PICK

2025-11

현장 적용 AI 융합 기술 – 스마트제조, 방산

· AI 제조안전 국내외 기술 및 정책 동향	김도현, 김형식
· 제조 현장 적용 AI 융합 기술 동향	김도현, 송병준
· AI 기반 모듈형 드론의 핵심 부품 및 체계 개발 동향	정진휘, 김두형
· 함정 MRO 산업과 AI·자율제조	정진휘, 권용원, 신일식
· Science Fiction: 모든 시스템 정상	전운호



ISSUE PICK 영상 보기



ISSUE PICK 원문 보기





CONTENTS

Science Fiction: 모든 시스템 정상	5
산업/기술 뉴스	17
산업/기술 동향	33
1 AI 제조안전 국내외 기술 및 정책 동향	34
2 제조 현장 적용 AI 융합 기술 동향	48
3 AI 기반 모듈형 드론의 핵심 부품 및 체계 개발 동향	68
4 함정 MRO 산업과 AI·자율제조	84
KEIT NEWS – PD's Talk	100



모든 시스템 정상

작가 소개 전윤호

ETRI와 KIST에서 AI와 로봇을 연구했고, 테크 스타트업과 글로벌 기업에서 소프트웨어를 개발했다. SK텔레콤을 거쳐 SK플래닛에서 CTO를 역임했으며, 알티캐스트에서 AI 신규 사업을 이끌었다. 서울대학교에서 제어계측공학 석사 및 전기컴퓨터공학 박사 학위를 취득했으며, 30여 년간 IT 분야에서 기술 개발에 매진하다가 2019년부터 SF를 쓰기 시작했다. 저서로는 SF 장편소설 『모두 고양이를 봤다』(2020, 그라비티박스)와 『경계 너머로, 지맥(GEMAC)』(2022, 그라비티박스)을 출간했다. SF 단편소설로는 과학스토리텔러 1기 당선작인 「노인과 지맥」(단편집 『페트로글리프』 수록, 2020, 동아엠앤비)과 ChatGPT와의 협업으로 완성한 SF앤솔러지 웹소설인 「오로라」(단편집 『매니페스토』 수록, 2023, 네오픽션) 등이 있다.

박정호는 거대한 U자형 콘솔에 앉아 있었다. 그의 시야를 감싸는 세 개의 초대형 스크린은 디지털 정보로 가득했다. 중앙 스크린은 중형 내빙(耐氷) 화물선 ‘제일호’의 디지털트윈을 3D 홀로그램으로 보여주고 있었다. 150미터급 선체에 부착된 수많은 센서로부터 위성을 거쳐 전달되는 데이터가 실시간으로 화면에 반영되고 있었다.

“모든 시스템 정상”

화면 하단의 상태 표시가 녹색으로 깜빡였다. 선체 각 부분의 온도, 압력, 미세 진동, 추진기 RPM, SMR¹ 출력까지, 박정호는 저 멀리 북극해에 있는 배의 볼트 하나까지 자신의 손안에 쥐고 있는 기분이었다. 그의 시선은 스크린 구석의 작은 알림창으로 옮겨갔다.

“박정호 수석 엔지니어, 연속 근무 37시간 경과. 휴식 권고.”

피로가 몰려왔지만, 그는 눈꺼풀을 비비는 대신 진한 커피를 한 모금 더 마셨다. 뒤에서 두 사람의 발소리가 다가왔다.

“수석님, 좀 쉬셔야죠. 아, 그쪽 AI는 미답지 않으신가 보죠? 그럼 할 수 없고요.”

권재식이 이름 모를 음료가 든 머그잔을 내려놓고 앉으며 말했다. 그의 스크린에는 드론 수백 대의 상태가 모두 녹색으로 표시되고 있었다. 30대 중반의 젊은 나이에 드론 스타트업 ‘해태다이내믹스’를 이끄는 CEO이자 천재 엔지니어. 프로젝트 기간 내내 충돌했었는데, 지금 또 도발하고 있었다.

“새 시스템과 새 현장입니다. 무슨 일이 생겨도 이상하지 않아요. 그런데 AI만 믿으라고요?”

“자, 불필요한 얘기 그만하시고요. 이제부터 정신 바짝 차려야 합니다.”

이선영 대위가 말했다. 그녀는 이번 제일호 MRO² 프로젝트를 담당하는 해군의 연락장교였다. 비록 제일호는 해군의 약식 인수 시험을 통과했지만, 이번 첫 비밀 작전에는 만약의 사태를 대비한 기술 지원이 필요했다. 그것이 이 배를 위장 드론 모선(母船)으로 개조한 박정호와 드론 시스템을 개발한 권재식이 함정으로부터 수천 킬

1 Small Modular Reactor, 소형 모듈 원자로

2 산업/기술 동향 4. “함정 MRO 산업과 AI·자율제조” 참조

로미터 떨어진 임시 관제 센터에서 상황을 모니터링하는 이유였다.

“세베르니 라인 통과”

알림창이 깜빡이며 세베르니 바스티온(Се́верный Бастион)이 일방적으로 선언한 통제구역에 진입했음을 알렸다. 화면을 원격 카메라 피드로 전환했다. 북극해의 거친 얼음 바다가 나타났다. 회색빛 하늘 아래 거대한 얼음덩어리들이 부유하고 있었다. 그가 젊었을 때만 하더라도 이 계절에는 가끔 연구 목적의 쇄빙선만 다니는 곳이었다. 지금은 점점 더 많은 상선이 왕래하고, 조만간 내빙선조차 필요 없어질 거라고 들 전망했다. 어떤 나라는 폭염과 홍수에 시달리는데, 기후변화는 불공평하다.

그때였다. 콘솔 위에 설치된 해군의 위성통신 장치에서 제일호의 함장인 최진성 중령의 다급한 목소리가 터져 나왔다.

“레이다 콘택트! 미확인 선박 접근 중!”

박정호는 가슴이 철렁했다. 원격 화면이 확대되었다. 멀리 수십 킬로미터 밖에서 검은 그림자가 다가오고 있었다. 세베르니 바스티온의 쇄빙 군함이었다.

과연 저들이 제일호가 어떤 선박인지 알아챌까? 평범한 화물선으로 여기더라도 그냥 지나치지 않을 가능성도 컸다. 통행세를 내지 않았으니까.

초조한 가운데 그림자가 계속 커졌다. 군함은 정면으로 다가오고 있었다.

긴장으로 갈라진 최 함장의 목소리가 다시 울렸다.

“저들이 재밍을 시도하고 있습니다. 아직까지 위성통신 상태 이상 무! 전투태세! 드론 전개 준비!”

권재식이 박정호를 쳐다보며 말했다.

“드디어 우리 애들의 실력을 보시겠군요. 수석님.”

권 대표는 긴장과 흥분이 한데 얹힌 표정이었다. 그런 그의 반응도 이해는 간다. 군용 드론은 실전이 아니면 그 가치를 입증할 수 없기 때문이다. 선박이 별 탈 없이 운항해야 안도와 보람을 느끼는 박정호와는 입장이 다를 것이다. 세베르니 바스티온의 습격 가능성도 예상했던 일이었다. 바로 그 가능성 때문에 지난 한 달간 밤낮 없이 일했다. 그래도 뭔가 석연찮은, 불길한 느낌이 들었다. 이 지역에 들어서자마자 이렇게 빨리 나타날 줄은 몰랐다.

권재식의 손이 키보드 위를 빠르게 날아다니고 있었다.

‘우리는 모니터링만 하게 되어 있는데, 뭘 하는 거지?’

그의 스크린을 보니 미리 시뮬레이션을 돌려보는 것 같았다. 그리고 보니 낮익은 화면이었다. 밤새워 일하다가도 종종 전략 시뮬레이션 게임을 하곤 했었는데, 게임을 하는 건지 전장(戰場) 디지털트윈으로 시뮬레이션을 돌리는 건지 헷갈릴 때가 있었다. 권 대표의 취향을 볼 때 그 둘의 화면 구성이 비슷한 것은 우연이 아니었을 것이다.

“좋았어! 스웝 프로토콜, 실행!”

그의 스크린 속 드론 편대는 흩어진 후 여러 방향으로부터 적함을 향해 다가가고 있었다. 권재식은 웃음을 머금고 박정호와 이 대위를 번갈아 쳐다봤다.

“잠시 후 실제로 보실 모습입니다!”

그 순간 함장의 목소리가 들렸다.

“사령부, 드론 시스템이 이상합니다. 오류는 없는데 드론들이 발진하지 않고 있습니다.”

박정호는 디지털트윈의 드론 격납고를 확대했다. 격납고 해치가 개방된 것으로 표시되어 있었다. 콘솔을 조작해 격납고를 보여주는 카메라 피드를 연결했다. 영상에는 선미의 격납고 해치가 조금 열리다 만 채 멈춰 있었다. 그는 영상에 시선을 고정한 채 소리쳤다.

“권 대표, 해치가 안 열렸소!”

“네? 그쪽 센서 오류일 겁니다. 제 시스템에는 모든 상태가 완벽하게—”

최 함장의 목소리가 다시 들렸다. 아까보다 더 당황한 것 같았다.

“아지포드 추진기³도 말을 듣지 않습니다.”

권재식이 영상을 보더니 말을 멈췄다. 박정호는 디지털트윈의 상태 표시를 다시 확인했다.

“드론 해치 개방 완료. 아지포드 추진기 정상 작동 중. SMR 출력 97%.”

모든 지표가 정상이었다. 그는 자신의 눈과 직접 설계한 시스템을 믿을 수 없었

3 Azipod® propulsion system. 360도 회전이 가능한 전기 추진 시스템으로 선회선, 내빙선에 많이 사용된다. 프로펠러가 달린 포드(pod) 자체가 방향을 바꿔 별도의 방향타 없이 선박을 조종할 수 있어 유빙 사이를 빠르게 지나갈 때 유리하다.

다. 심장이 요동쳤다.

이선영 대위는 자리에서 일어나 투박한 군용 휴대폰을 붙들고 해군사령부와 교신하고 있었다. 간간이 들리는 반응으로는 그쪽도 어쩔 줄 모르는 상황인 것 같았다.

“박 수석! 배가 먹통이야! 해치도 안 열리고, 추진기도 멈췄어! 스크린엔 대체 뭐가 뜨는 거야!”

최 함장이 절규 섞인 목소리로 소리쳤다. 박정호의 심장이 터질 듯 뛰었다. 등 뒤로 권재식의 낮 나간 혼잣말이 들렸다.

“이럴 리가 없는데…”

“어뢰 접근! 충돌까지 60초!”

다시 함장의 목소리가 터져 나왔다. 제일호는 거대한 표적이 된 채 바다 위에서 꼼짝 못 하고 있었다. 화면에 보이는 것은 아무것도 믿을 수 없었다. 미친 듯이 시스템 로그를 뒤졌다. 하지만 그 어떤 에러 코드도 보이지 않았다. 모든 것이 정상이었다.

정상. 정상. 정상…. 모든 것이 정상이었다. 로그 뷰어를 닫았다.

그때, 다른 파일이 눈에 띄었다.

PMS-C-7.pcap

제일호의 정보계 이더넷과 제어계 필드버스⁴ 양쪽에 연결된 PMS-C-7 모듈의 네트워크 패킷을 캡처해 기록하는 파일이었다. 파일을 열었다. 화면을 보는 순간 숨이 막혔다. 몇 분 전부터 다량의 패킷이 필드버스를 장악하고 있었다. 시간을 확인해 보니 세베르니 라인을 통과한 때부터였다.

짙이는 것이 있었다. 머릿속에는 지난 2개월간의 기억이 섬광처럼 스쳐 지나갔다.

* * *

“2개월 안에 프로젝트를 완료하라고요?”

박정호는 혹시 잘못 들었는지 자신의 귀를 의심했다. 이선영 대위는 콧웃은 자세로 고개를 끄덕였다.

“이곳이 한국에서 가장 자동화된 조선소라면서요? 우리에게는 일정과 함께 보안

4 fieldbus: 실시간 제어를 위한 산업용 네트워크 프로토콜의 통칭

유지도 절대적으로 중요합니다. 최소한의 인력으로, 최단 시간에 완료해야 합니다.”

그는 손에 들고 있던 RFP를 다시 들춰봤다.

“제일호는 군함도 아닌 일반 화물선이잖아요? 이런 배에 각종 전투 장비에다 드론 시스템을 장착하다니요. 대체 뭘 하시려는 거죠?”

“박 수석님.”

이 대위가 서류를 덮으며 그의 눈을 똑바로 바라봤다.

“‘세베르니 바스티온’을 아시나요?”

“네. 들어는 봤습니다.”

세베르니 바스티온은 원래 러시아의 자원 대기업이었는데, 러시아-우크라이나 전쟁이 끝난 후 혼란기에 용병 그룹과 세력을 합친 후 독립국가를 선언한 집단이었다. 이들은 러시아 권력층에 비자금을 대며 그들의 비호 아래 북극 항로를 자신들의 해역으로 선포했고, 지나가는 선박을 나포해 통행세를 받아내거나 화물을 갈취하고 있었다.

“북극 항로는 단순한 항로가 아니라 한국의 생명줄입니다. 세베르니가 그 길을 막고 있어요. 그렇다고 군함을 보내면 대놓고 그들을 자극할뿐더러 러시아와도 문제가 생깁니다. 모든 화물선을 다 따라다니면서 보호할 수도 없고요.”

그녀가 제일호의 설계도를 가리켰다.

“그래서 ‘유령’이 필요합니다. 저들이 한국 화물선 중 어느 것이 이빨을 가졌는지 모르게 만드는 것. 그게 제일호의 임무입니다.”

박정호는 마른침을 삼켰다. 유령이라... 2개월 만에 유령을 만들라니. 불가능한 일정이었다.

하지만 그의 머릿속은 이미 실현 방안을 탐색하고 있었다. 지난 몇 년간 진해 조선소는 여러 AI가 협력해 통제하는, 네트워크화된 하나의 거대한 기계가 되어가고 있었다. 24시간 쉬지 않는 로봇들이 용접과 조립, 도장과 표면처리 작업을 수행하고 결과를 실시간으로 검수했다. 로봇만으로 수행하지 못하는 작업은 소수의 현장 인력이 MR⁵ 기반 매뉴얼을 참조해 로봇과 협업하여 수행했다. 모든 작업은 정밀한 디지털트윈으로 동기화되어 공정 최적화 알고리즘이 수리와 개조 공정을 시뮬레이션

5 Mixed Reality, 혼합 현실: 산업/기술 동향 2. “제조 현장 적용 AI 융합 기술 동향” 참조

하고 병목을 예측했다. 그가 수십 년간 매달려 고도화해 온 시스템이었다. 이들을 총 동원한다면... 어쩌면 가능할지도 모른다. 하지만 변수가 너무 많았다. 군함이 아닌 민간 화물선이라니. 게다가 탑재해야 할 드론 시스템도 처음 보는 것이었다.

그의 불안한 표정을 읽었는지 이 대위가 말했다.

“드론 시스템은 새로 개발된 최신 기종으로, 개발사에서 이 프로젝트에 직접 참여 할 겁니다.”

그녀가 일어서서 회의실 문을 열자 캐주얼한 차림의 젊은 남자가 건강 음료를 들고 거만한 표정을 지으며 들어왔다. 그가 손을 내밀었다.

“해태다이내믹스의 권재식입니다. 잘 부탁드립니다.”

그때부터 지옥 같은 2개월이 시작되었다.

진해 조선소의 자동화 시스템은 한계까지 가동되었다. 박정호는 제일호에 해군의 지휘 통제 시스템과 해태다이내믹스의 자동화 격납고를 설치하고, ESS⁶를 통해 SMR의 출력을 격납고로 연결하는 작업을 시뮬레이션했다. 권재식의 태도는 마음에 안 들었지만, 그의 드론 시스템은 인정할 수밖에 없었다. 수백 대의 드론을 동시에 발진시키고 회수와 재무장뿐만 아니라 작전의 필요에 따라 드론의 모듈을 교체하는 시스템은 그 자체로 완벽하게 자동화된 공장이었다. 박정호는 해태다이내믹스가 불과 몇 년 만에 개발해 낸 시스템에 탄복하면서도 그들이 일하는 모습을 보며 불안감을 떨칠 수 없었다.

“박 수석님, 이 프로세스는 너무 과한 것 아닙니까? 저희 지휘 통제 시스템 API를 제일호의 지휘 통제 시스템에 그냥 연결하면 됩니다. 연동 규격만 주시면 저희 AI가 인터페이스 코드를 생성해 드릴 수도 있고요. 왜 이렇게 복잡한 검증 절차를 거쳐야 하죠?”

권재식은 두꺼운 가이드라인 문서를 못마땅한 듯 툭툭 치면서 말했다.

“이건 취미용 드론과 스마트폰 앱을 개발하는 일이 아닙니다. 이 배는 수천 킬로미터 밖에서 몇 달을 이상 없이 동작해야 하고, 영하 40도의 얼음 바다를 건넌야 합니다. 당신 시스템의 사소한 버그 하나가 배 전체를 멈춰 세울 수 있어요.”

6 Energy Storage System: 원자로는 수백 대의 드론을 충전할 때 발생하는 빠른 전력 부하 변화에 대응하기 어렵기 때문에 ESS가 필요하다.

“제 시스템은 이미 수천 번의 시뮬레이션을 거쳤다고요.”

“시뮬레이션과 실전은 다릅니다.”

박정호는 단호하게 말했다. 그는 특히 북극의 극한 기후를 걱정했다. 제일호는 유빙에 부딪혀도 버티도록 선체가 강화된 내빙선이었지만, 민간 화물선의 장비들은 해군이 요구하는 내한(耐寒) 규격에 못 미쳤다. 많은 장비에 온도 유지 장치가 추가로 필요했고, 케이블과 커넥터 중에서도 극저온 사양으로 교체해야 할 것이 많았다. 드론 시스템은 해태다이내믹스의 소관이었지만, 박정호의 마음은 놓이지 않았다.

“이건 과잉 설계입니다. 저희 부품들은 이미 군용 스펙입니다.”

“북극해의 염분과 얼음은 당신이 생각하는 일반 군용 스펙에서 가정한 환경이 아닙니다. 영하 40도에서 얼어붙은 물보라를 녹이고 즉시 격납고 해치를 열 수 있나요? 그 온도에서 드론의 리튬 배터리는 용량과 수명이 유지되나요?”

일정이 조금씩 지연되면서 AI 기반 작업 계획 시스템의 화면에는 붉은색 알람 표시가 가득했다. 박정호는 일정을 조정할 수밖에 없다며 이 대위를 설득했다. 진짜 큰 일은 프로젝트 마감 2주 전에 터졌다. 새벽에 긴급 호출을 받고 달려가자 권재식과 그의 직원이 잔뜩 화난 표정으로 앉아 있었다.

“이걸 점퍼 안에 숨겨 반입하려 했습니다. AI 보안 시스템이 잡아냈습니다.”

경비원이 작은 상자를 내밀며 말했다. 권재식은 부인하지 않았다.

“덴마크 지사를 통해 긴급 공수한 최신형 극저온 대응 항법 보정 모듈입니다. 이게 있어야 GPS가 재밍 되어도 드론 스웜(Drone Swarm)이 오차 없이 작전을 수행할 수 있습니다. 꼭 필요하다고요.”

경비원은 고개를 저었지만, 박정호는 무슨 상황인지 알 것 같았다. 군의 MRO 프로젝트를 수행하는 도크에 들어가려면 보안 게이트를 통과해야 한다. 게이트의 AI는 출입자가 위험한 물건 또는 보안 검증을 받지 않은 장비나 부품을 반입하는지 확인한다. 최신 모듈이라면 아직 보안 검증을 받지 않았을 것이다. 검증에는 빨라도 몇 주가 걸린다. 그는 상자를 들여다봤다. ‘PMS-C-7’이라는 제품명과 함께 낮익은 제조사의 로고가 붙어 있었다.

“보안 검증 받고 절차대로 반입하셔야죠.”

그의 말이 떨어지자마자 권 대표가 기다렸다는 듯이 받아쳤다.

“단순한 항법 보정 모듈이고 입출력 데이터라고 해봐야 좌푯값일 뿐입니다. 검증

프로세스를 밟아봤자 그 사람들도 형식적인 서류 작업이나 할 텐데 그새 프로젝트가 한 달은 늦어진다고요!”

“네트워크에 연동되는 장비는 엑스레이 스캔과 펌웨어 분석을 받아야 합니다. 그게 규정입니다.”

권재식은 머리를 감싸 쥐었다가 이내 박정호를 간절하게 바라봤다.

“제발요, 박 수석님. 이 장치는 제가 책임집니다. 제일호가 늦어져서 우리나라 배가 공격받고 인질로 잡히기라도 하면 그건 누가 책임지나요?”

박정호는 망설였다. 그는 수십 년간 원칙을 지켜왔지만, 항상 일정이 가장 큰 압박이었다. 어제저녁 이 대위로부터 간신히 일주일의 추가 기간을 받아낸 터였다. 또 다시 늦어진다고 말했다간... 민간인이 인질로 잡히면 책임질 거냐는 권 대표의 말이 머리에서 맴돌았다.

“어쩔 수 없군요. 엑스레이 스캔은 생략하고 펌웨어는 제가 직접 검증하겠습니다. 그리고 해당 모듈의 네트워크 패킷은 모두 캡처해 분석하겠습니다.”

권재식은 안도의 한숨을 내쉬었다.

“감사합니다! 역시 수석님은 말이 통하시는 분인 줄 알았습니다.”

펌웨어는 이상해 보이지 않았다. 적어도 박정호가 가진 보안 스캐너는 어떤 의심스러운 부분도 찾아내지 못했다. 분석 결과에 따르면 제어계 필드버스는 ‘읽기 권한’으로만 필드버스에 접속하고 있었다. 그렇다면 적어도 함정에 심각한 위험은 초래하지 않을 것이다. 박정호의 승인으로 PMS-C-7 모듈은 반입되었고, 드론 격납고에 설치되었다. 모듈은 모든 시험에서 정상 작동했고 미심쩍은 패킷도 발견되지 않았다. 조금 전 세베르니 라인을 지나기 전까지는.

민기 싫었지만 인정할 수밖에 없었다. PMS-C-7은 지오펜싱⁷으로 특정 지역에서만 활성화되는, 공급망 공격⁸으로 심어진 트로이 목마였다. 해태다이내믹스가 극저온 규격의 항법 보정 모듈을 구한다고 여기저기 들쭉시고 다닌다는 정보가 세베르니 바스티온의 귀에 들어갔을 것이다. 그들은 정상적인 침에 해킹 침을 함께 패키징하여 입출력을 가로챘음에 틀림없다. 칩 레벨의 해킹이므로 외부 메모리의 펌웨어

7 Geo-fencing: 특정 지역에 진입하거나 이탈할 때를 감지해 특정 동작을 실행하는 기술

8 Supply Chain Attack: 제품이나 서비스가 사용자에게 전달되기 전, 제조나 유통 등 신뢰할 수 있는 공급망 단계에서 미리 악성 코드나 하드웨어를 삽입하는 해킹 기법

어 검사에서는 이상이 발견되지 않는다. 엑스레이 스캔을 생략한 것이 실수였다. 완벽하게 당했다. 그가 놓쳤고, 그가 승인했다. 그의 책임이었다.

* * *

“어뢰 접근! 45초!”

권재식은 자신의 스크린을 쳐다보며 머리를 쥐어뜯었다.

“말도 안 돼... 내 AI는 정상이라고... 시스템을 재부팅해 보겠습니다!”

“소용없어! PMS-C-7이 트로이 목마였어. 재부팅해도 똑같은 상황이 될 거야.”

“PMS...?”

권재식이 말을 멈췄다. 그의 얼굴이 하얗게 질렸다. 그는 오만할지언정 바보는 아니다.

“그러면 이제 어떡하죠?”

“그걸 부수라고 할까요?”

권 대표와 이 대위가 동시에 물었다. 박정호는 위성통신 장치의 마이크를 집어 들었다. 설명보다 문제 해결이 먼저였다.

“함장님, 배의 AI가 해킹되었습니다. 콘솔 화면에 뜨는 건 전부 무시하고 지금 즉시 함교의 비상 기관 제어반 커버를 여십시오. 콘솔 왼쪽 모니터를 뜯어내면 그 뒤에 있을 겁니다.”

그는 디지털트윈에도 입력되지 않은, 처음 제일호를 돌아볼 때의 기억을 되살렸다. 새로운 디지털 제어 시스템을 설치하면서 쓸모없어진 구형 제어반을 아예 없애 버리자는 젊은 부하 직원의 의견을 거부했던 것이 다행이었다.

“그냥 커버로 덮어두고 그 앞에 모니터를 설치해.”

아날로그 백업을 남겨놔야 조금이나마 마음이 편해질 것 같았던, 수십 년간의 현장 경험으로 체화된 직감 덕분이었다.

“레버 보입니다.”

함장이 다급한 목소리로 외쳤다.

“그게 이 배의 진짜 조종간입니다. 그 옆의 빨간 버튼은 비상 부스트 버튼입니다.”

“확인했습니다. 좌전타, 아지포드 비상 부스트 - 지금!”

숨 막히는 순간, 원격 화면에서 수평선이 기울고 유빙이 옆으로 미끄러졌다. 제일

호가 날렵하고 빠른 배는 아니지만, 아지포드 추진기는 강력한 추력으로 배를 기민하게 선회시킬 수 있다. 통신기 너머로 짧은 함성이 섞여 들렸다. 함장이 침착한 목소리로 말했다.

“일단 피했지만, 곧 다시 돌아옵니다. 대 어뢰 드론이 필요합니다.”

“해킹 장치를 네트워크에서 분리해야 합니다. 그 후에 드론 시스템을 재부팅하십시오.”

부숴버리라고 말하려다 생각을 바꿨다. 증거를 최대한 그대로 보존해야 할 것 같았다. 비록 그에게 불리한 증거일지언정. 박정호는 PMS-C-7 모듈의 위치와 생김새를 빠르게 설명했다. 누군가 뛰어가는 소리가 들렸다.

갑판을 보여주는 화면에는 선원 복장의 군인들이 나타났다. 위장 커버가 벗겨지고, 기관포가 드러났다. 해군도 모든 것을 AI에게만 맡겨두고 있지는 않았다.

마침내 시스템이 정상화되었고, 격납고가 열렸다. 수백 대의 드론이 벌떼처럼 쏟아져나왔다. 권 대표의 시뮬레이션에서 보던 대로였다. 일부 드론은 어뢰를 디코이⁹로 유도하고 쫓아가 파괴했다. 나머지는 적 함정을 향해 날아갔다. 대공 사격이 시작되었으나 몇 대의 드론이 격추되었을 뿐이었다. 드론들이 함정에 다가가자 더욱 강해진 재밍 때문에 드론과의 연결이 끊어졌다. 드론들은 자율모드로 전환되었고, 그것들이 세베르니의 드론들을 요격하고 함정을 공격하는 모습을 망원 카메라가 소리없이 전했다.

잠시 후 세베르니의 함정은 검은 연기를 내뿜으며 후퇴하기 시작했다.

* * *

홍분이 가라앉았다. 관제 센터가 조용해졌다. 제일호의 원격 화면에는 얼음이 떠다니는 바다 위로 드론들이 속속 돌아와 착륙하는 모습이 보였다. 박정호는 커피잔을 만지작거렸다. 피로가 몰려왔다. 전투는 끝났지만, 이곳에서는 아직 정리할 문제가 남아 있었다.

박정호가 입을 열었다.

“이 대위님. 제가 트로이 목마의 반입을 승인했습니다. 모든 책임은 -”

9 Decoy: 적의 유도탄이나 각종 탐지 장비들을 혼란시키고 교란하기 위해 만든 가짜

권 대표가 말을 가로챘다.

“아닙니다. 제가 우겼습니다. 저희 시스템이었어요.”

이선영 대위가 두 사람의 말을 막았다. 그녀는 조금 전까지의 흥분이 사라진, 피곤하지만 냉정한 장교의 얼굴로 돌아와 있었다.

“두 분의 책임 문제는 앞으로 지겹도록 얘기하시게 될 겁니다. 저도 마찬가지고요.”

그녀의 말에 두 엔지니어는 침묵했다. 연락장교이자 프로젝트의 해군 측 관리자였던 그녀 역시 책임에서 벗어날 수 없었다.

“저는 상부에 보고서를 올려야 합니다. 오늘 일어난 모든 일과 그 원인어요.”

그녀는 박정호를 바라봤다.

“보고서에는 박 수석님이 보안 규정을 어기고 PMS-C-7의 반입을 승인한 사실이 포함될 겁니다. 하지만 일정 압박 속에서 최선을 다했고, 수석님이 함선과 승무원 전원을 구했다는 사실도 함께 기록될 겁니다.”

그녀는 다시 권재식을 바라봤다.

“권 대표님의 공급망 관리에 허점이 있었고, 그로 인해 드론 시스템이 함정 전체를 마비시켰다는 사실 또한 명시될 겁니다. 그리고 드론 스웘이 실전에서 완벽하게 적을 격퇴했다는 사실도요.”

이 대위는 자리에서 일어나 군용 휴대폰과 노트를 가방에 챙겨 넣었다. 관제 센터의 문을 열고 나가려다 발걸음을 멈추더니 두 사람에게 돌아왔다.

“아시다시피 저는 보고를 할 뿐입니다. 최종 판단은 상부에서 할 거고요.”

그녀는 말을 멈추고 두 사람을 쳐다봤다. 딱딱했던 표정이 조금 풀린 것 같았다.

“이번 승전은 대대적으로 언론에 보도될 겁니다. 제일호 같은 배가 여러 척 더 필요할 거고요. 해군은 보안 문제를 굳이 부각해서 이 성과에 흠집을 내기 싫을 겁니다. 수고들 많으셨습니다.”

이 대위가 다시 문을 열고 나갔다. 한결 가벼워진 발걸음 소리가 멀어져 갔다.

산업/기술 뉴스

반도체

디스플레이

AI

철강

자동차

방산

소재

배터리

조선

바이오

반도체

HBM 이후 '차세대 반도체 기술' 잡아라

(조선일보, 2025.11.20.)

- 반도체 업계에서 HBM(고대역폭 메모리)의 뒤를 잇는 차세대 기술 개발에 몰두하고 있다.
- AI(인공지능) 시대에 접어들면서 더 많은 데이터를 빠르게 처리하는 기술이 중요해졌다. D램을 여러 층 쌓아 만든 HBM(고대역폭 메모리)이 급부상한 이유도 폭발적으로 증가하는 AI 서비스와 데이터를 빠르고 효율적으로 처리할 수 있는 기술이기 때문이다. 하지만 이제 HBM만으로는 AI를 감당하기 어려워졌다. 보다 전력을 덜 소모하면서 더 많은 양의 데이터를 저장·처리할 수 있는 기술이 필요해진 것이다.
- 최근 이러한 차세대 반도체 시장을 노리고 삼성전자, SK하이닉스, 마이크론 등 주요 반도체 기업들은 기술 개발에 사활을 걸고 있다. 차세대 기술로 가장 주목받는 것은 소캠(SOCAMM; Small Outline Compression Attached Memory Module)이다. 소캠은 저전력 D램을 기반으로 AI 서버에 특화된 메모리 모듈이다. 저전력 D램인 LPDDR을 여러 개 모아 만든 제품으로, 높은 전력 효율이 특징이다. 전 세계 AI를 주도하고 있는 엔비디아는 차세대 AI 가속기 '루빈'에도 소캠을 적용할 전망이다.
- 반도체 업체들이 소캠에 주목하는 이유는 AI 시대에 가장 큰 걸림돌이 전력 부문에서 발생할 가능성이 크기 때문이다. 아무리 성능이 좋더라도 전력을 많이 소모하면 상용화하기 어렵다. 마이크론은 최근 전력 효율을 20%

높인 소캠2 제품을 공개했고, 삼성전자와 SK하이닉스 역시 전력 효율을 높인 소캠을 개발하고 있다.

- AI가 점점 더 많은 데이터를 처리하면서 발생하는 병목 현상을 극복하는 기술인 CXL(컴퓨트 익스프레스 링크)도 주목받는다. 기존엔 메모리가 CPU(중앙 처리 장치)나 GPU(그래픽 처리 장치) 옆에 붙어 연산을 처리했지만, 이제는 처리할 수 있는 데이터 용량이 한계에 다다랐다. CXL은 메모리를 한데 묶어 CPU나 GPU와 연결한 뒤 필요한 만큼 메모리를 사용할 수 있도록 한 기술이다. 이론적인 메모리 용량을 무한대로 늘릴 수 있으며, 필요할 때 맞춰 사용할 수 있어 효율적이다. 삼성전자는 CXL 2.0 기반 D램 양산 준비를 마쳤고, SK하이닉스도 기존 DDR5 모듈 대비 용량이 50% 확장된 CXL 2.0 기반 D램 설루션을 개발했다. 파네시아나 프라임마스 등 국내 스타트업들도 CXL 기술을 개발 중이다.
- AI 시대에 몸값이 높아진 HBM을 대체하려는 움직임이 바로 HBF(고대역폭 플래시)다. HBM은 D램을 여러 층 쌓은 고성능 반도체이고, HBF는 D램 대신 낸드플래시를 쌓은 것이다.
- 일반적으로 D램이 데이터를 빠르게 처리할 수 있는 '작업대'라면 낸드는 데이터를 장기간 보관하는 '창고'에 비유할 수 있다. 낸드는 D램과 다르게 전원이 꺼져도 데이터가 보존된다. AI가 점점 더 많은 데이터를 필요로 하면서 HBM의 연산량을 뛰어넘는 반도체가

디스플레이

삼성디스플레이, 中 업체 상대 OLED

특허소송 이겨 (동아일보, 2025.11.20.)

필요해지고 있는데, HBF가 이를 해결할 수 있다는 관측이 나온다. HBF는 HBM보다 더 많은 층을 쌓을 수 있고, 대규모 데이터를 읽고 쓰는 데 최적화돼 있기 때문이다. 신영증권에 따르면 HBF는 2027년쯤 상용화가 예상되며 2030년에는 시장 규모가 120억 달러에 달할 것으로 전망된다. 김정호 KAIST 교수는 “HBF는 HBM을 대체하는 것이 아니라 HBM과 보완 관계로 동반 성장이 예상된다”고 말했다.

- 여기서 한발 더 나아간 **HBS(고대역폭 스토리지)**라는 개념도 등장했다. D램과 낸드를 하나로 묶어 적응한 고성능 반도체다. D램과 낸드의 장점을 결합한 것으로, SK하이닉스는 이를 모바일용으로 개발할 것으로 알려졌다.
- **PIM(프로세싱인메모리)** 기술도 점차 발전하고 있다. PIM은 데이터 저장과 연산을 동시에 수행할 수 있는 반도체다. 복잡한 연산이 필요한 AI의 효율을 높일 수 있다. 삼성전자는 차세대 AI 반도체로 ‘PIM 반도체’를 추진하고 있으며, SK하이닉스도 LPDDR6 기반 PIM을 개발 중이다. 반도체 업계 관계자는 “AI 시대에 메모리와 시스템 반도체는 융복합화되고 있다”며 “메모리와 시스템 반도체의 경계가 점점 흐려지는 차세대 기술이 등장할 것”이라고 말했다.

- 삼성디스플레이가 중국 업체 BOE와의 OLED(유기발광다이오드) 기술 특허 분쟁에서 최종 승리했다. 3년간 전개된 특허·영업 비밀 침해 소송전이 BOE의 특허 사용료 지급으로 마무리됐다.
- 19일 삼성디스플레이와 BOE는 미국, 중국 등에서 진행해 온 여러 건의 분쟁에 대해 최근 합의하고 소송을 취하했다. 미국 ITC(국제무역위원회)는 18일 공고를 통해 소송을 중단한다고 밝혔다. 당초 17일 최종 결론이 예정되었으나 양측 합의로 소송 중단을 발표했다.
- 이번 소송전은 올 7월에 내려진 예비 판정에서 사실상 갈렸다는 평가가 나온다. ITC는 당시 BOE와 자회사가 삼성디스플레이의 영업 비밀을 부정하게 이용했다며 14년 8개월 동안 미국 제품 반입 금지 조치를 내렸다. 예비 판정은 대부분 최종 결론까지 이어진다.
- 미국 수출 차단을 우려한 BOE가 최종 판결 전 적극적으로 합의한 것으로 풀이된다. 구체적 합의는 공개되지 않았지만, BOE의 로열티 지급이 핵심이다. BOE는 중국 최대 디스플레이 업체로 자국 스마트폰 업체뿐 아니라 애플에도 OLED를 공급하고 있다.
- 이번 분쟁은 2022년 12월 삼성디스플레이가 BOE를 상대로 특허 침해 소송을 제기하며 시작됐다. 2023년 10월에는 영업 비밀 침해로 추가 제소했다. 삼성 관계자는 “디스플레이 산업 발전을 위해 공정한 기술 경쟁이 중요하다는 합의 하에 소송을 취하했다”고 말했다.

AI

값도 싼 중국 새 AI ‘키미’…딥시크·

챗GPT보다 똑똑했다 (중앙일보, 2025.11.18.)

- 중국 인공지능(AI) 스타트업 문샷AI가 최근 공개한 AI 모델이 글로벌 IT업계 관심을 모으고 있다. 적은 비용으로 오픈AI의 최신형 모델을 뛰어넘는 성능을 구현해냈다. 지난 1월 전 세계를 놀라게 한 ‘딥시크 쇼크’ 이후 중국발(發) ‘가성비 AI’ 혁명이 본격화된다는 평가다.
- 17일 IT업계에 따르면 문샷AI가 최근 공개한 오픈소스 대형언어모델(LLM) ‘키미 K2 씽킹(Kimi K2 Thinking)’은 주요 국제 벤치마크 평가에서 오픈AI의 ‘GPT-5’와 엔소픽의 ‘클로드 소네트 4.5’ 등 미국 AI 기업 모델보다 더 높은 점수를 받았다. 특정 분야에서 인간 전문가의 수행 능력과 얼마나 근접한지 평가하는 ‘HLE(인간 수준 평가)’ 테스트에서 키미 K2 씽킹은 44.9점을 받았다. 이는 GPT-5(41.7점), 클로드 소네트 4.5(32점), 딥시크의 V3.2(20.3점)보다 더 좋은 결과다. 웹 검색 능력을 평가하는 ‘브라우저컴프’에서도 60.2점으로 GPT-5(54.9점), 클로드 소네트 4.5(24.1점), V3.2(40.1점)보다 높았다. 다만 코딩 능력을 평가하는 SWE 벤치마크는 다른 AI에 미치지 못하는 점수를 받았다.
- 키미 K2 씽킹이 주목받는 이유는 모델 훈련에 투입된 비용 때문이다. 정확한 비용을 공개하지는 않았지만, 미국 CNBC는 최근 소식통을 인용해 460만 달러(약 67억 원) 수준이 투입됐다고 보도했다. 이는 수십억 달러 규모로 추정되는 오픈AI와 비교하면 크게 적은

금액이다. 가성비 AI의 원조격인 딥시크의 모델 훈련 비용(560만 달러)보다 적다. 업계 관계자는 “딥시크는 미국 AI 모델보다 낮은 비용으로 비슷한 성능을 구현했다는 데 충격이 컸다”며 “문샷AI는 일부 영역이지만, 오픈AI를 뛰어넘었다는 데 주목”한다고 말했다.

- 중국 AI 기업들은 미국의 최신 그래픽처리장치(GPU) 통제에 대응하기 위해 강력한 ‘가성비’ 모델 구축에 집중하고 있다. AI 모델의 성능을 결정하는 파라미터(매개변수)의 수는 1조 개에 달하지만, 키미 K2 씽킹은 특정 작업 수행 시 필요한 일부만 사용하는 구조(MoE 아키텍처)로 비용을 줄였다. GPU 사용을 통한 훈련 비용을 낮추기 위해서다. 값비싼 GPU를 대량 확보하지 않아도 고성능 AI 모델의 개발이 가능함을 중국 기업들이 증명하고 있다는 점에서 놀랄 만한 결과라는 평가다. 국내 AI 스타트업 한 개발자는 “키미 K2 씽킹은 딥시크 기술을 계승해 성능을 개선한 것”이라며 “개념적으로는 알려진 기술이지만, 실제 구현하기는 힘들다는 점에서 국내 개발자들도 이들이 공개한 오픈소스를 참고한다”라고 말했다.
- 다만 벤치마크 점수가 높다고 글로벌 AI의 생태계 주도권을 쥐는 건 아니라는 평가다. 미국 AI 기업 관계자는 “시험을 잘 보는 것과 현장 일을 잘하는 것이 다르듯 벤치마크는 참고용일 뿐”이라며 “미국에서도 중국 AI 모델에 대한 위협을 크게 느끼지 않는”다고 말했다.

철강 ①

철강업계 지원 'K-스틸법' 산자위 소위 통과

(이데일리, 2025.11.20.)

- 여야가 당론으로 추진해온 이른바 「K-스틸법(철강산업 경쟁력 강화 및 녹색철강 기술 전환을 위한 특별 법안)」이 19일 국회 산업통상자원중소벤처기업위원회(산자위) 법안 소위를 통과했다. 한미 조인트 팩트시트에도 철강 관련 내용이 포함되지 않은 데다 미국의 고율 관세 부과로 업계 불안감이 커진 상황에서 연내 입법은 철강산업계에 숨통을 틔울 전망이다. 여야는 이르면 21일 산자위 전체 회의에서 법안을 의결할 것으로 보인다.
- 이날 산자위 법안 소위는 여야의 '22대 국회 1호 공동 당론 법안'인 「K-스틸법」을 이견 없이 합의 처리했다. 「K-스틸법」은 국내 철강업계가 직면한 글로벌 수요 부진과 저가 철강재 수입 확대, 미국 등의 관세 장벽 강화 및 탄소중립 규제 확대에 대응하기 위한 입법 패키지다.
- 법안에는 △ 대통령 소속 '철강산업경쟁력강화특별위원회' 설치 △ 철강산업의 국가전략산업 지정 △ 녹색철강 전환기술 지원 △ 세제 감면·보조금·정책금융(융자) 지원 △ 불공정 무역 대응 및 시장 보호 조치 △ 철강산업 구조조정 및 전문 인력 양성 등 지원 근거가 담겼다. 기존 개별 부처 사업·지원을 큰 틀로 묶어 일관된 전략 지원 체계를 마련한 것이 핵심이다.
- 소위 심사에서 대부분 원안이 유지됐으나 일부 조항은 '권고'가 아닌 '의무'로 강화됐다. 산업통상부 장관이 저탄소철강기술 연구 개발, 사업화, 사용 확대, 관련 설비

- 도입 촉진 등을 '할 수 있다'에서 '한다'로 바꾸는 식이다. 산자위 소속 김원이 의원은 "철강산업이 워낙에 어려워서 보조금 지원 등 직접 방식으로 하고 싶었으나 통상 문제가 걸려 있다"며 "보조금 지원이라는 직접적 표현은 빼되, '지원한다'라는 강제 조항으로 바꾸게 됐다"고 설명했다.
- 「K-스틸법」은 지난 8월 여야 의원들이 공동 발의했으나, 국회 국정감사와 여야 대치 격화로 심사가 수개월 간 지연됐다. 양당 모두 해당 법안을 당론으로 채택하면서 연내 처리 기대감이 높아졌음에도, 대장동 항소 포기 사태 등 정치 현안 때문에 속도를 내지 못한 바 있다.
- 이번 합의로 철강업계는 당분간 숨을 돌리게 됐다. 미국이 6월 한국산 철강에 관세를 25%에서 50%로 인상한 뒤 수출이 감소한 데다 팩트시트에도 철강 관련 언급이 빠지면서 불확실성이 확대됐기 때문이다. 한국철강협회에 따르면 10월까지 대미 철강 수출은 전년 대비 9% 감소했다. 관세 인상 직후인 7월, 8월에는 전년 대비 각각 21.6%, 29%씩 급감했다.
- 다만 「K-스틸법」이 향후 산자위 전체 회의, 법제사법위원회 심사를 거쳐야 한다. 특히 대장동 항소 포기 논란으로 여야 충돌이 극대화된 만큼 법사위 심사도 늦어질 수 있다는 우려도 나온다. 더불어민주당이 내달 임시국회를 열어 사법개혁 등 쟁점 법안을 처리할 계획인 만큼, 무정쟁 법안인 「K-스틸법」이 후순위로 밀릴 가능성도 배제할 수 없다는 것이다.

철강 ②

‘AI 데이터센터’ 붐에…“고부가 시장 열렸다”

철강업계 분주 (파이낸셜뉴스, 2025.11.17.)

- 경주 APEC(아시아태평양경제협력체) 정상회의를 계기로 엔비디아, AWS(아마존웹서비스) 등 글로벌 AI(인공지능) 거물 기업들과 협력이 구체화하면서 국내에 AI 데이터센터가 대거 들어설 것으로 전망된다. 데이터센터를 건설하는 데 있어 철강은 필수 자재여서 철강업계의 새로운 먹거리로 떠오를 전망이다.
- 16일 관련 업계에 따르면 엔비디아가 APEC을 계기로 우리나라에 최첨단 블랙웰 GPU(그래픽처리장치) 26만 장을 공급하기로 하면서 핵심 인프라인 AI 데이터센터가 늘어날 것으로 예상된다.
- SK그룹과 AWS는 울산에 100MW(메가와트)급 AI 데이터센터를 짓고 인천·경기 일대 신규 AI 데이터센터를 구축할 예정이라고 밝혔다. SK그룹은 오픈AI와도 한국 서남권에 AI 데이터센터를 구축하는 내용의 MOU(업무 협약)을 맺기도 했다. SK텔레콤은 50MW 이하 규모의 데이터센터를 서울 구로에 추진하고 있고 또 다른 통신사인 LG유플러스도 경기도 파주에 대규모 AI 데이터센터를 건설 중이다. 정부 역시 국가AI컴퓨팅센터 사업에 속도를 내고 있다.
- 이러한 데이터센터 건설에는 철강이 핵심 자재로 활용된다. 5천 대 이상의 서버를 운영하고 1만ft²(약 946m²) 이상의 면적을 갖춘 초대형(하이퍼스케일) 데이터센터를 짓는 데는 최대 2만t 이상의 철강이 사용될 수 있는 것으로 알려졌다.
- 데이터센터는 일반 상업용 건물과 달리 서버와 장비의 하중을 견뎌내야 한다. 게다가 건물 프레임은 물론 서버랙(선반), 전력·냉각 장비, 보안 케이지 등에도 많은 철강이 들어간다. 특히 AI 데이터센터는 CPU(중앙처리장치)가 아닌 GPU(그래픽처리장치) 중심으로 더 고도의 전력 밀도, 냉각 방식, 네트워크를 갖춰야 한다는 점에서 더 많은 철강이 요구된다.
- 이에 따라 철강업계에서는 데이터센터를 차세대 먹거리로 보고 큰 관심을 보이고 있다. 특히 데이터센터 사업자들이 탄소 관련 규제에 의해 데이터센터에 저탄소 철강 도입을 우선 검토하면서 철강사들 입장에서는 고부가가치 시장이 새로 열리는 셈이다.
- 현대제철은 아시아·태평양 지역 등에서 진행되는 AWS 글로벌 데이터센터 건설에 현대제철의 탄소 저감 철강재를 적용하는 방안을 추진하는 내용을 담은 ‘전략적 프레임워크 협약(SFA)’을 올해 7월 체결했다. 현대제철은 국내 첫 AWS 데이터센터 건설에 저탄소제품 인증을 획득한 자사 H형강을 안정적으로 공급해 데이터센터 건설 시 배출되는 탄소량 감축에 기여하고 있다.
- US스틸을 인수한 일본제철은 우선 US스틸 아칸소주 제철소에 생산 설비를 신설해 미국 내 데이터센터 등에 사용되는 고급 강재를 2028년 이후 양산할 방침이라고 「니혼게이지아이신문(닛케이)」이 전했다. 이와

자동차 ①

GM 이어 테슬라도 부품 ‘脫중국’

(서울경제, 2025.11.17.)

관련한 투자액은 수조 원에 이를 것으로 알려졌다.

- 국내 철강 업계 대표주자인 포스코도 데이터센터 건설이 본격화될 경우를 대비해 상황을 예의주시하고 있다.
- 포스코 관계자는 “AI 데이터센터는 고성능 서버와 네트워크 장비를 수용하는 대규모 인프라로, 전력용 강재·ESS(에너지저장장치)용 강재·차폐 강판·구조용 강재 등 고부가가치 철강재 수요 확대가 기대된다”며 “현재 전체 철강 수요에서 데이터센터 비중은 제한적이거나, 정부의 AI 인프라 확충 계획에 따라 향후 시장성이 커질 것으로 전망되며 포스코는 중장기적으로 관련 시장 대응을 검토할 예정”이라고 밝혔다.

- 일론 머스크가 이끄는 미국의 전기차 기업 테슬라가 미·중 무역 갈등 속에 2년 내로 모든 부품을 비(非)중국산으로 전환할 방침이다. GM(제너럴모터스)도 최근 협력 업체들에 중국산 부품의 비중을 줄이라고 전달하는 등 글로벌 완성차 업체들의 탈(脫)중국이 가속화하는 가운데 한국 2차전지, 전기차 부품 업계가 반사 효과를 누릴 수 있다는 관측이 나온다.
- 15일 「월스트리트저널(WSJ)」에 따르면 테슬라는 미국 내 전기차 공장에 부품을 대는 주요 공급 업체에 중국산을 완전히 배제할 것을 요구하고 있다. WSJ는 “테슬라가 올해 초 향후 1~2년 안에 미국에서 생산하는 차량에 중국 공급 업체를 사용하지 않기로 결정했다”며 “일부는 이미 멕시코 등의 제품으로 대체됐다”고 보도했다. 미국이 중국산 제품에 고율 관세를 부과하면서 테슬라를 비롯한 글로벌 완성차 업체들의 중국산 부품 배제 전략이 가속화하는 것으로 풀이된다.
- 한편 테슬라의 ‘탈중국’ 전략에서 가장 큰 변수는 배터리다. 테슬라가 가장 많이 사용하는 LFP(리튬·인산·철) 배터리는 중국 CATL 의존도가 압도적으로 높다. 미국 생산 차량에서 CATL을 제외할 경우 기존 협력사인 LG에너지솔루션과 파나소닉 등이 수혜를 볼 가능성이 크다는 분석이 나온다.

자동차 ②

기아, 4조 투입 ‘미래차’ 허브 구축… “PBV 年 25만대 생산” (이투데이, 2025.11.17.)

- 기아가 경기 화성에 미래형 PBV(목적기반차) 전용 생산기지를 완성하며 전동화 상용차 시장 공략에 나섰다. 연 25만 대 규모 PBV 전용 생산 허브의 확보는 현대차그룹에서도 처음이다.
- 기아는 화성 오토랜드에서 ‘EVO Plant East’ 준공식과 ‘EVO Plant West’ 기공식을 동시에 개최했다. 행사에는 김민석 국무총리, 문신학 산업통상부 1차관, 정명근 화성시장 등 정부와 지자체 관계자와 정의선 현대자동차그룹 회장, 송호성 기아 사장, 송창현 현대차그룹 AVP본부장 사장을 비롯한 현대차그룹 관계자 등 200여 명이 참석했다.
- 기아는 화성 EVO Plant East와 2027년 가동 예정인 West 및 PBV 컨버전센터 구축을 위해 약 30만m²의 부지를 확보했다. 투자비는 시설과 연구 개발 비용 포함 약 4조 원이다.
- EVO 플랜트는 연간 25만 대 생산 능력을 갖추게 된다. East에서는 PV5를 연 10만 대 생산하며, 2027년 가동하는 West에서는 PV7 등 대형 PBV를 연 15만 대 생산한다. 완성차뿐 아니라 국내외 PBV 공급 확대를 통해 제조업 경쟁력 강화와 수출 기반 확장도 기대된다.
- 김민석 국무총리는 축사를 통해 “전기차와 자율주행, 인공지능(AI) 등 또 다른 도전을 준비하고 있는 자동차 산업과 함께 미래 모빌리티 혁신의 새 시대를 열겠다”고 말했다. 송호성 사장은 “경상용차 시장의 전동화 전환을

PBV 성장 기회로 삼았다”며 “2030년까지 글로벌 전기차 451만 대 중 263만 대를 국내 생산해 국가 경쟁력을 강화하겠다”고 했다.

- ‘EVO(Evolution) Plant’는 자동화·친환경·작업자 친화 공정을 중심으로 미래형 제조 기술이 집약된 스마트팩토리다. 차체 공정에는 AGV(무인운반차)를 도입했고 도장 공정은 건식 부스를 적용해 탄소 배출량을 약 20% 줄이도록 설계했다. 조립 공정은 기존 컨베이어 방식과 다양한 모빌리티를 동시 생산 가능한 ‘셀(Cell) 생산 방식’을 병행해 생산 유연성을 높였다.
- 현대차·기아의 스마트팩토리 브랜드 ‘E-FOREST’를 적용해 실시간 공장 운영·품질 관리를 가능하게 한 것도 특징이다. 기아는 PBV 전용 라인뿐 아니라 특수 목적 모델을 개발하는 ‘PBV 컨버전센터’도 함께 구축했다. 약 6만m² 규모의 컨버전센터에서는 PV5 기반의 오픈베드, 탑차, 캠핑차 등 특화 모델을 제작하며, 추후 PV7 기반 후속 모델도 개발할 예정이다.
- 기아는 컨버전센터를 PBV 사업을 위한 전초기지로 삼고 파트너사 협업을 확대해 품질 향상과 시장 대응력을 높일 계획이다. 기아 관계자는 “국내 PBV 생태계를 구축하여 제조업 활성화와 글로벌 경쟁력 확보에 기여할 것”이라고 했다. 기아는 오토랜드 화성 내 유휴 국유지를 활용해 50MW급 태양광 발전 설비도 도입한다. 이를 통해 RE100(재생에너지 100%) 전환 속도를 높일 계획이다.

방산

李 “HBM 역량 갖춘 한국, UAE의 파트너 될 것” (동아일보, 2025.11.20.)

- UAE(아랍에미리트)를 국빈 방문한 이재명 대통령은 19일 한-UAE 비즈니스 라운드 테이블에서 “AI(인공지능) 중심의 첨단 산업 협력을 통해 미래 성장 동력을 함께 창출하자”고 밝혔다. 투자, 국방, 원전, 에너지 등 4대 핵심 분야에 AI와 방산·청정에너지, 문화 등으로 한국과 UAE의 파트너십을 확장하자고 제안한 것이다.
- 이 대통령은 이날 기조연설에서 “이번 방문을 계기로 AI 데이터센터와 바이오테크까지 첨단 산업 협력을 가속화할 수 있도록 첨단 기술 전략적 파트너십을 업그레이드하겠다”며 이같이 말했다. 이 대통령은 “한국은 HBM(고대역폭메모리) 등 반도체 기술과 EPC(설계, 조달, 시공) 설비 역량을 바탕으로 UAE의 2031년 AI 허브 도약을 위한 가장 신뢰 있는 파트너가 될 것”이라고 강조했다. 전날 양국은 ‘전략적 AI 협력 프레임워크’ MOU(양해각서)를 체결했다.
- 또 이 대통령은 “청정에너지와 방산 협력을 고도화해 세계 최강국으로 함께 성장할 모멘텀을 확보해 가자”고 제안했다. 이어 “UAE의 태양광 발전 잠재량과 한국의 첨단 배터리 기술력을 결합한 에너지 전환 협력은 2050년 탄소중립 공동 달성, 친환경 신산업 육성에 크게 기여할 것이 분명하다”고 했다. 특히 방산 분야에 대해선 “공동 개발 기술 협력, 현지 생산까지 협력의 수준을 제고해 양국 방위산업 발전에 기여하게 되길 바란다”고 했다.
- 칼리드 빈 무함마드 알 나하얀 UAE 왕세자는 “AI, 청정 재생에너지, 지속 가능 발전은 양국 모두 깊이 중시하는 목표”라며 “한국과 UAE의 관계는 45년 외교 관계를 넘어선다”고 말했다. 사니 빈 아흐마드 알 제유디 UAE 대외무역장관은 “양국 관계가 새 협력의 장을 열었다”고 했다.
- 이날 행사에는 이재용 삼성전자 회장, 정의선 현대자동차그룹 회장, 김동관 한화그룹 부회장, 류진 한국경제인협회 회장(풍산그룹 회장) 등이 참석했다. 이 대통령은 이날 2박 3일간 UAE 국빈 방문 일정을 마치고 수교 30주년을 맞는 이집트로 출국했다.

소재

고려아연, 연·은·인듐 ‘세계일류상품’ 선정

(아시아투데이, 2025.11.19.)

- 고려아연이 생산하는 연(납)과 은, 인듐이 정부로부터 ‘세계일류상품’에 선정됐다. 방위산업 필수 소재인 전략 광물 안티모니는 ‘차세대 세계일류상품’에 올랐다.
- 18일 산업통상부와 KOTRA(대한무역투자진흥공사)가 서울 잠실 롯데호텔월드에서 개최한 ‘2025년 세계일류상품 인증서 수여식’에서 고려아연은 연과 은, 인듐에 대해 세계일류상품 인증서를 받았다고 밝혔다. 최근 전 세계적으로 주목받는 전략 광물 안티모니는 차세대 세계일류상품으로 지정됐다.
- 산업통상부와 대한무역투자진흥공사는 매년 세계 시장 점유율 5위 이내로 세계 시장 점유율 5% 이상인 국내 기업 상품을 대상으로 세계 시장 규모가 연간 5천만 달러 이상이며, 국내 시장 규모의 2배 이상이거나 수출 규모가 연간 500만 달러 이상인 상품을 세계일류상품에 선정하고 각종 지원을 제공하고 있다.
- 차세대 세계일류상품에는 최근 3개년 연평균 수출 증가율이 같은 기간 국가 전체 연평균 수출 증가율보다 높은 국내 기업 제품 가운데 앞으로 7년 안에 세계일류상품으로 인정받을 가능성이 큰 제품을 선정한다.
- 고려아연이 생산하는 아연은 2022년 세계일류상품에 선정됐다. 산업통상부와 대한무역투자진흥공사는 매년 심사를 통해 세계일류상품 자격 유지 여부를 판단한다. 고려아연의 아연은 20년 넘게 세계일류상품 자격을 유지하고 있다. 이번 추가 선정으로 고려아연이 보유한 세계일류상품과 차세대 세계일류상품은 아연, 연, 은, 인듐, 안티모니 등 총 5개로 늘어났다.
- 에너지 컨설팅업체 우드매켄지에 따르면, 2024년 기준 고려아연 온산제련소는 아연과 연 생산량에서 모두 전 세계 1위를 자랑한다. 고려아연은 매년 2천 톤가량의 은을 생산한다. 올해 전 세계 은 시장은 약 3만 6천 톤으로 추산된다. 고려아연의 세계 은 시장 점유율은 5% 이상이며, 고려아연의 은 제품은 제련 부산물에서 회수한 ‘100% 친환경 제품’이다.
- 전략 광물 인듐은 고려아연이 지난해 92톤 생산했다. 미국 지질조사국에 따르면 지난해 전 세계 인듐 생산량은 1,080톤으로, 고려아연의 점유율은 약 9%에 이른다. 중국을 제외하면 세계 1위 인듐 생산 기업이다.
- 방위산업 필수 소재인 안티모니는 고려아연이 현재 회수율을 극대화하고 있는 전략 광물이다. 세계일류상품에 선정된 아연과 연, 은, 인듐처럼 세계 시장 점유율이 높지는 않지만, 올해 6월 미국에 직접 수출하는 등 생산량 확대에 발맞춰 수출량도 늘려가고 있다.

배터리

배터리 투자 중심축 국내 선회… 산업 공동화 우려 재운다 (이투데이, 2025.11.18.)

- K배터리의 투자 축이 국내로 옮겨오고 있다.
글로벌 신증설 투자가 마무리 국면에 접어든 가운데 리튬인산철(LFP)·전고체 배터리 등 새로운 성장 동력을 중심으로 국내 투자가 가속화되는 분위기다. 해외 투자 과정에서 제기된 ‘산업 공동화’ 우려의 불식 효과도 기대된다.
- 17일 LG에너지솔루션은 충북 오창 에너지플랜트에서 ESS(에너지저장장치)용 LFP 배터리 생산 라인을 구축한다고 밝혔다. 2027년부터 본격 가동을 시작해 1GWh(기가와트시) 규모의 생산 능력을 확보하고, 향후 시장 수요에 따라 단계적 증설도 검토할 계획이다.
- 비(非)중국계 기업 가운데 유일하게 ESS용 LFP 배터리 양산 체계를 갖춘 LG에너지솔루션은 지난해 중국 남경에 이어 올 6월부터 미시간 공장에서 생산을 시작했다. 글로벌 생산 거점에서 쌓은 노하우를 기반으로 국내 ESS 산업 생태계 강화에 기여한다는 방침이다.
- 삼성SDI는 울산에 ‘꿈의 배터리’로 불리는 전고체 배터리 등 차세대 배터리의 생산 거점을 마련하는 방안을 검토한다. 이는 삼성그룹이 전날 발표한 450조 원 규모의 국내 투자 계획의 일환이다. SK온은 충남 서산에 14GWh의 생산 능력을 갖춘 3공장 증설 투자를 진행 중이며, 내년부터 순차 가동 예정이다.
- 배터리 업계가 국내 투자에 나서는 건 수십조 원을 투입한 해외 공장 신증설이 올해와 내년을 기점으로 대부분 마무리되기 때문이다. 이에 따라 기업들의 시설투자(CAPEX) 부담도 올해부터 눈에 띄게 줄고 있다. LG에너지솔루션은 지난해 12조 5,470억 원을 집행했지만, 올해는 투자액을 약 3조 원 감축하기로 했다. SK온도 올해 설비투자액을 지난해 대비 절반 수준으로 줄이겠다는 계획을 밝혔다.
- 한미 관세 협상 타결로 불확실성이 상당 부분 해소된 점도 국내 투자 확대의 배경으로 꼽힌다. 대규모 대미 투자에 따라 국내 투자가 감소할 수 있다는 시장의 우려를 불식시키려는 전략적 계산이 깔려 있다는 분석도 나온다.
- 국내 생산 기반의 중요성도 커지고 있다. 정부가 추진하는 대규모 ESS 사업이 대표적이다. 연말 예정된 ‘제2차 ESS 중앙계약시장’ 입찰에서는 산업·경제 기여도와 안전성 등 비가격 평가 지표의 비중이 1차보다 더욱 확대된다. 가격·기술 경쟁력뿐만 아니라 국내 생산 능력을 갖춘 기업들에 유리한 환경이 조성될 것으로 예상된다.
- 업계 관계자는 “미국 「인플레이션감축법(IRA)」 시행 이후 북미 투자를 확대했는데, 트럼프 행정부 출범 이후 불확실성에 따른 리스크가 반복되고 있다”며 “국내 기반을 강화하여 산업 공동화 우려를 줄이고 글로벌 공급망 재편 가운데에서도 경쟁력을 지킬 수 있다”고 말했다.

조선 ①

‘넘사벽’ 납기·기술, K조선 신뢰 높였다

(머니투데이, 2025.11.17.)

- 국내 주요 조선사들이 글로벌 해군 함정 MRO(유지·보수·정비) 시장에서 경쟁력을 입증해 나가고 있다. 빠른 납기와 축적된 기술력을 앞세워 성장세가 가파른 전 세계 함정 MRO 시장을 공략한다는 계획이다.
- 조선업계에 따르면 한화오션이 미 해군 MRO 사업 수주에 이어 영국 해군 호위함 ‘HMS 리치먼드(HMS Richmond)’과 캐나다 해군 초계함 ‘HMCS 맥스 버네이스(HMCS Max Bernays)’의 연이은 MRO 사업 수주 배경엔 빠른 납기와 검증된 정비 솔루션이 주효했다.
- 한화오션은 지난해 8월 미 해군 군수지원함 ‘윌리 쉬라함’을 시작으로 같은 해 11월 ‘유콘함’, 올해 7월 ‘찰스 드류함’까지 국내 조선소 중 최초이자 최대로 미 해군 MRO 실적을 확보하고 있다. 윌리 쉬라함과 유콘함은 정비를 마치고 미 해군에 이미 인도됐으며, 찰스 드류함은 내년 1월 인도를 목표로 막바지 정비 작업이 진행 중이다.
- 특히 윌리 쉬라함이 추가 정비를 받기 위해 이달 5일 다시 마산가포신항에 입항한 것을 두고서는 한화오션이 미 해군으로부터 높은 신뢰를 확보했다는 분석도 나온다. 실제로 초기 정비 과정에서 미 해군이 파악하지 못한 결함을 한화오션이 선제적으로 발견해 역설계를 통해 보수했고, 이 과정에서 추가 계약까지 체결된 것으로 알려졌다.
- 한화오션의 글로벌 MRO 실적은 향후 미 해군 MRO 사업 수주 경쟁에서도 우위를 점하는 요인이 될 전망이다. 업계 관계자는 “군함 MRO 시장에서 트랙 레코드는 정비 품질과 일정 준수, 정부 절차를 충족했다는 인증과 같다”며 “실적이 많고 신뢰도가 높은 업체일수록 입찰 경쟁력은 높아진다”고 말했다.
- HD현대중공업도 지난 8월 미 해군 군수지원함 ‘USNS 앨런 셰퍼드’의 MRO 사업을 수주했으며, 삼성중공업 역시 미국 군함 MRO 전문기업 ‘비거 마린 그룹’과 전략적 파트너십을 맺고 미 해군 MRO 시장 진출을 선언했다.
- 전 세계 각국 해군이 함대 현대화에 나서며 글로벌 해양 방산시장은 빠르게 성장 중이다. 시장조사기관 모더 인텔리전스에 따르면, 전 세계 해군 함정 MRO 시장 규모는 지난해 약 578억 달러에서 2029년 636억 달러까지 커질 전망이다.
- 국내 조선사들은 MRO 실적을 기반으로 글로벌 함정 신조 시장까지 사업 영역을 넓혀 나간다는 목표다. 또 다른 업계 관계자는 “과거 함정 MRO는 수익성이 낮은 것으로 평가됐으나, 수요가 늘며 일본과 싱가포르 등 경쟁국들도 뛰어들고 있다”며 “특히 함정 건조로까지 이어질 수 있다는 점에서 전략적 중요성이 커지고 있다”고 했다.

조선 ②

K조선 순풍에 온실가스 역풍, 친환경·고효율 기술 확보 총력 (전자신문, 2025.11.18.)

- 국내 조선업계가 업황 개선으로 호실적을 이어가는 가운데 부담 요인인 온실가스 배출량도 증가하고 있다. 더욱이 새로운 NDC(국가온실가스목표)가 확정되어 감축 기술 역량이 향후 조선업의 필수 경쟁력이 될 전망이다.
- 조선업계에 따르면 HD현대중공업, 삼성중공업, 한화오션의 온실가스 배출량이 최근 3년 새 지속적으로 증가한 것으로 나타났다. HD현대중공업은 배출량이 2022년 549,552(tCO₂e, 이산화탄소상당량톤)에서 2024년 671,156로 증가했다. 삼성중공업은 같은 기간 296,698에서 528,327로 급증했다. 한화오션 역시 317,725에서 455,320로 늘었다.
- 주요 조선사의 온실가스 배출량 증가 배경에는 호황이 자리하고 있다. 최근 몇 년간 쌓였던 수주 잔고가 실적으로 전환되면서 생산량이 크게 늘었다. 선박 건조 과정에서 철강재 용접 및 도장 작업이 많아 온실가스가 다량 배출된다. 실제로 지난해 HD현대중공업의 조선 부문 공장 가동률은 107.6%였으며 삼성중공업과 한화오션도 각각 116%, 101.2%를 기록했다.
- 타 부문 공장 가동률도 영향을 줬다. HD현대중공업의 경우 엔진, 기계 등 공장 가동률이 100%를 웃돌고 있다. 삼성중공업은 해양사업 부문이 조선 부문보다 가동률이 높으며, 2018년부터 미인도된 드릴십 4척을 지난해 인도한 영향도 반영됐다. 한화오션은 한화 건설 부문의 해상풍력사업, 글로벌 부문의 플랜트사업을 인도받으며 온실가스 배출량이 확대됐다.
- 이러한 상황에서 정부의 NDC 확정이 조선업계에 부담을 더하고 있다. 정부는 2035년 NDC를 2018년 대비 53~61%로 확정했다. 이에 따라 우리나라는 온실가스 배출량을 2035년까지 최소 3억 4,890만 톤에서 최대 2억 8,950만 톤으로 감축해야 한다.
- 조선사들은 온실가스 감축에 속도를 내고 있다. HD현대중공업은 통합에너지관리시스템(Hi에너지) 고도화, 공기압축기 효율 개선, 선박 후행 도장 건조용 가스 열풍기 도입, 도장공장 설비 최적화, 크레인 제어 시스템 개선 등 에너지 효율화와 저탄소 연료 전환 활동을 추진 중이다. 또 올해 울산공장에서 약 2MW의 태양광 재생에너지 조달을 시작으로 사외 전력구매계약(PPA), 재생에너지 공급인증서(REC) 구매 등으로 재생에너지 사용을 확대할 계획이다.
- 삼성중공업은 거제조선소 냉동기의 전기 100% 전환, 국내 업무용 차량의 무공해 차량 전환 등을 추진 중이다. 태양광 설비 투자 확대 등으로 100% 재생에너지 사용도 목표로 설정했다. 또 저탄소 기자재 인증제 도입 및 탄소 저감 조선·해양 제품과 기술을 개발할 예정이다.
- 한화오션은 탄소 저감 에너지원 중장비 확대, 에너지 대량 소비 설비의 절감형 전환, 기후변화 대응 체계 정비, 전 과정 평가(LCA) 분석·산정, 녹색구매 정책 등을 전개하고 있다.

바이오 ①

사업 확장성 큰 플랫폼 집중...ADC·이중항체

등 라인업 다변화도 (서울경제, 2025.11.17.)

- 국내 제약·바이오 산업이 질적 도약을 이뤘다는 증거는 단순 기술 수출뿐만 아니다. 글로벌 빅파마들과의 기술 이전 계약으로 계약 규모가 커졌을 뿐 아니라 미국 식품의약국(FDA) 허가를 받은 상업화 성공 사례가 속속 나오고 최근에는 국내 기업에 지분 투자를 하는 빅파마까지 등장했다. 신약 개발 플랫폼으로 대표되는 지속 가능한 사업 모델을 구축하는 한편, 각 기업이 경쟁력을 가진 특정 기술에 집중한 전략이 주요했다는 분석이다.
- 국내 제약·바이오 기업의 기술 수출 계약 규모는 2017년 약 1.5억 달러에서 올해 8.4억 달러로 5.6배 증가했다. 올해 초 단위 계약 대부분이 글로벌 빅파마 집중됐다는 것도 특징이다. 일라이릴리가 올릭스·알지노믹스·에이비엘바이오와 계약했고, 아스트라제네카(알테오젠), 글락소스미스클라인(에이비엘바이오), 베링거인겔하임(에임드바이오) 등도 계약 대상이다.
- 기존에 체결했던 기술 이전 계약들이 올해 실질적인 결실을 맺은 데도 주목할 만하다. 지난해 유한양행이 개발한 '렉라자'에 이어 올해 알테오젠의 피하주사 제형 변경 플랫폼 기술이 적용된 '키트루다 큐렉스'가 미 FDA 허가를 받았다. 키트루다 큐렉스가 시장에 성공적으로 안착하면 알테오젠의 로열티 수입은 1조 원에 달할 것이라는 전망이 나온다. 렉라자와

J&J(존슨앤드존슨)의 '리브리반트' 병용 요법은 이달 7일 NCCN(미국종합암네트워크) 가이드라인에 1차 치료 선호 요법으로 등재되기도 했다. NCCN이 최신 임상 자료 등을 토대로 발표하는 이 가이드라인은 미국 내 항암제 처방의 지침으로 처방 수에 결정적인 영향을 미친다.

- 국내 기업의 신약을 도입한 글로벌 기업들의 몸값이 상승하는 현상도 나타나고 있다. 디앤디파마텍으로부터 비만약 후보 물질 6종을 도입한 뒤에 화이자에 인수된 멧세라의 사례가 대표적이다. 화이자가 100억 달러를 들여 멧세라 인수를 결정한 뒤 멧세라 주가는 인수 발표 이전(33.32달러) 대비 2배가 넘는 수준이다. 국내 기업 에이프릴바이오로부터 자가면역질환 신약 후보 물질 'EVO301(APB-R3)'을 최대 4억 7,500만 달러에 도입한 에보문은 최근 나스닥 상장에 성공한 직후 공모가 대비 26.44%의 주가 상승률을 보이기도 했다.
- 신약 개발 플랫폼 기술은 올해 최대 규모 기술 이전 성과의 주된 배경이다. 올해 계약의 약 70%는 플랫폼 기반 계약이라는 공통점이 있다. 에이비엘바이오는 GSK(글락소스미스클라인) 및 일라이릴리와 각각 '그랩바디-B' 플랫폼 기반 기술 이전 계약을 체결했다. 그랩바디-B는 약물이 BBB(뇌혈관장벽)을 쉽게 통과하도록 해준다. 알테오젠도 정맥주사(IV) 약물을

피하주사(SC)로 바꿔주는 ‘ALT-B4’ 플랫폼 기반으로
메디이문과 기술 이전 계약을 체결했다.

- 이러한 플랫폼 기술은 ‘로 리스크, 하이 리턴’이라는
장점을 갖는다. 특정 약물이나 질환에 국한되지 않고
다양한 분야에 적용할 수 있어 사업 확장성이 높은 데다
신약과 비교하면 연구개발(R&D) 비용이 상대적으로
낮기 때문이다. 기술 수출 기업 입장에서는 개발 초기
단계부터 기술 이전 계약을 통해 현금 흐름을 확보할 수
있어 한층 유리하다.
- 일회성 계약에 그치는 신약 물질 계약과 달리 계약을
체결할수록 가치가 높아진다는 것도 신약 플랫폼
기술의 특징이다. 글로벌 시장에서는 그만큼 플랫폼의
가치가 검증된 것으로 평가하기 때문이다. 알테오젠,
리가캠바이오사이언스, 에이비엘바이오 등도 초기
낮은 금액의 기술 이전 계약을 한 뒤 임상에서 기술력을
증명해가며 플랫폼의 가치를 높였다. 바이오업계 한
관계자는 “플랫폼 기술을 한 번만 인정받으면 신약을
업그레이드하거나 특허 방어를 위한 빅파마들의
관심이 커진다”며 “에이비엘바이오가 릴리의 지분
투자를 받은 데에는 릴리의 신약 물질과 접목해
고부가가치를 낼 수 있다는 판단이 깔려 있다”고
설명했다.
- 그 밖에 ADC(항체약물접합체), RNA(리보핵산) 유전자
치료제 등 하나의 기술에 집중했다는 점도 국내 기업의

경쟁력 비결이다. 구영권 스마일게이트인베스트먼트
대표는 “중국 바이오 벤처들은 항암제·면역치료제
등 모든 분야에 막대한 자금을 투입하지만, 독창성은
없고 비슷비슷하다”며 “독창적인 기술 하나에
집중해 투자한 올릭스와 알지노믹스(RNA),
에임드바이오(ADC) 등이 성과를 낸 사례”라고
말했다.

바이오 ②

“韓·美 생산 시설 확대 위해 5.4조 투입, 차세대 비만 치료제 개발도 본격화”

(조선일보, 2025.11.20.)

- 서정진 셀트리온그룹 회장이 미국과 한국 생산 시설을 동시에 증설하고, 차세대 비만 치료제 개발도 본격화한다고 밝혔다.
- 서 회장은 “뉴저지에 위치한 일라이릴리 바이오 의약품 생산 시설 인수는 올해 마무리된다”며 이곳 유희 부지에 생산 시설을 추가하겠다고 밝혔다. 총 2차례에 걸쳐 11,000L 배양기 6개를 증설할 계획이다. 이에 따라 일라이릴리 공장 인수와 초기 운영에 7천억 원, 생산 시설 증설에 7천억 원 등이 투입된다. 서 회장은 “미국 시장에 공급되는 의약품에 대한 관세 리스크가 해소됐다”면서 “이를 통해 글로벌 의약품 수요 확대에 적극 대응하겠다”고 했다.
- 총 4조 원을 투입해 국내 신규 생산 시설 확보에도 속도를 낸다. 송도국제도시에 건설 중인 액상 완제의약품 공장에 더해 원료 의약품 공장을 새로 짓고, 완제 의약품 공장(충남 예산)과 사전 충전형 주사기 생산 공장(충북 오창) 등을 신설한다는 계획이다.
- 셀트리온은 차세대 비만 치료제 개발에도 속도를 높일 전망이다. 서 회장은 “현재까지 개발 중인 비만 치료제는 시중에 판매되고 있는 GLP-1을 포함한 2중, 3중 작용제가 주류인데 이를 넘어 4중 타겟에 동시 작용하는 경구형(먹는 약) 모델로 개발 중”이라면서 “4중 작용제 체중 감소율은 약 25%가

될 것이며, 근육 감소 같은 부작용을 줄일 것”이라고 했다. 셀트리온의 4분기 매출이 3분기 대비 30% 성장하고 영업이익률은 40% 상회할 전망이다.

산업/기술 동향

-
- 1 AI 제조안전 국내외 기술 및 정책 동향
 - 2 제조 현장 적용 AI 융합 기술 동향
 - 3 AI 기반 모듈형 드론의 핵심 부품 및 체계 개발 동향
 - 4 함정 MRO 산업과 AI·자율제조
-

AI 제조안전 국내외 기술 및 정책 동향

1

김도현 혁신도전 PD | KEIT 도전혁신실

김형식 대표 | 그리니치컨설팅

요약

- AI 제조안전은 인공지능 기술을 활용하여 제조 현장에서 발생 가능한 위험 요인을 실시간으로 인지하고, 사고를 사전에 예측 및 대응하는 지능형 안전 관리 기술이다. 과거의 수동적 감시 체계에서 벗어나 다양한 센서·영상·음성 데이터를 통합 및 분석하는 멀티모달 AI와 가상공간 시뮬레이션을 통한 디지털트윈 기술이 결합되면서 AI 제조안전은 자율적 위험 예방이 가능한 시스템으로 진화하고 있다.
- 특히 인간과 로봇 협업 환경에서 AI가 작업자의 행동과 위치를 예측해 사고를 방지하는 기술, 설명가능 인공지능(XAI)을 통한 판단의 투명성 확보와 데이터 품질 향상으로 인한 모델의 신뢰성 강화 등이 주요 기술적 흐름으로 자리 잡고 있다.
- 정책 측면에서 주요 선진국은 AI 제조안전을 산업 경쟁력과 사회 안전의 교차 지점으로 인식하고 제도화를 추진하고 있다. 미국은 NIST에서 발행한 *AI Risk Management Framework*를 통해 산업용 AI의 위험 평가 기준을 마련했고, 유럽연합은 「EU AI Act」를 제정하여 제조안전 AI를 고위험 시스템으로 분류하고 인증 절차를 의무화했다. 일본은 인간-로봇 협업 환경에서의 안전 기술을 실증하고 있으며, 중국은 중앙정부 주도의 “AI+제조업 심층 융합 가이드라인”을 통해 국가 단위의 자율제어 플랫폼을 구축하고 있다.
- 국내에서는 산업통상자원부가 “제조안전고도화기술개발사업”을 중심으로 예측형 안전 관리 R&D를 추진하고, 중소벤처기업부와 고용노동부가 중소 제조 현장 중심의 AI 안전 솔루션 보급을 확대하고 있다.
- 이처럼 AI 제조안전은 기술혁신과 정책 제도화가 병행되는 융합적 영역으로, 향후 산업안전의 새로운 표준이자 국가 전략 기술로 자리매김할 것으로 전망된다.

- AI 제조안전은 인공지능(AI) 기술을 제조 현장의 안전 관리에 적용하여 작업자 보호와 설비의 안정적 운영 및 사고 예방을 지능적으로 수행하는 기술 체계를 의미한다. 이 기술은 단순히 사고 이후에 대응하는 수동적 관리에서 벗어나 위험을 사전에 인지하고 예측하며, 필요시 즉각적으로 대응하는 능동형 안전 관리 체계를 구축하는 것을 목표로 한다.
- AI 제조안전의 핵심은 인공지능이 방대한 데이터를 분석하여 **위험을 인지**하고 미래의 **이상 상황을 예측**하며, 실시간으로 **제어와 경고**를 수행하는 전 과정에 있다. 이를 위해 센서, 카메라, IoT 기기 등에서 수집된 제조 공정과 작업환경 데이터를 통합적으로 분석함으로써 작업자의 위험 행동이나 설비의 이상 징후, 환경 변화 등을 조기에 감지할 수 있다.
 - ① **인지 단계**: 영상과 센서 데이터를 활용하여 작업자의 부주의, 보호구 미착용, 설비의 진동·온도 이상 등을 실시간으로 탐지한다.
 - ② **예측 단계**: 머신러닝과 딥러닝 모델이 과거 사고 이력과 실시간 데이터를 학습하여 설비의 고장 가능성과 작업환경의 위험도를 예측한다.
 - ③ **대응 단계**: 분석 결과를 기반으로 관리자나 작업자에게 경보를 제공하고, 필요시 설비를 자동으로 정지시키거나 안전장치를 작동시켜 즉각적인 조치를 수행한다.
- 이처럼 AI 제조안전 기술은 인지-예측-대응으로 이어지는 순환 구조를 통해 제조 현장의 안전 관리를 지능화하고 있다. 최근에는 디지털트윈, 멀티모달 AI, 설명가능한 인공지능(XAI) 등과 결합되면서 실제 공정을 가상공간에서 시뮬레이션하고 위험 상황을 예측·판단할 수 있는 지능형 의사결정 지원 체계로 발전하고 있다. 따라서 AI 제조안전은 단순한 기술적 시스템을 넘어 데이터 기반의 능동적 안전 문화를 구축하고 작업자의 인지 부담을 줄이며, 공정의 신뢰성과 생산성을 함께 향상시키는 차세대 안전 관리 패러다임으로 자리매김하고 있다.

그림 1

AI 제조안전의 개념

출처: 저자 작성



기술의 범위

- AI 제조안전 기술은 제조 현장에서 발생 가능한 위험을 데이터 기반으로 감지·예측·대응하는 전 과정의 기술 체계를 의미한다. 이는 센서·카메라 등 데이터 수집 장치, 분석을 담당하는 AI 알고리즘 및 플랫폼, 그리고 결과를 실행하는 제어·대응 시스템으로 구성되는데, 단순 장비 수준을 넘어 지능형 안전 관리 생태계(Intelligent Safety Ecosystem)로 발전하고 있다.
- 이 기술은 다섯 가지 주요 영역으로 구분된다.
 - ① **데이터 수집 및 감지 단계:** 영상·음성·진동·온도 등 물리·환경 데이터를 실시간으로 확보하며, 멀티 센서·웨어러블·산업용 비전 카메라를 통해 작업자와 설비 상태를 감지한다.
 - ② **데이터 처리 및 학습 단계:** 수집된 대용량 데이터를 AI가 실시간 분석·학습하며, 머신러닝·딥러닝·강화 학습과 멀티모달 AI를 통해 복합 위험 상황과 작업자의 부주의를 정밀하게 인식한다.
 - ③ **위험 예측 및 의사결정 단계:** 사고 이력과 설비 데이터를 기반으로 시계열 예측·이상 탐지·예지보전 알고리즘을 적용하고, 설명가능 AI(XAI)로 위험 원인을 해석해 신뢰성 있는 판단을 지원한다.
 - ④ **대응 및 제어 단계:** AI가 위험 신호를 감지하면 IoT 제어장치·로봇 모듈을 통해 설비를 정지시키거나 경보를 발령하며, AI 안전성 인증을 통해 오작동으로 인한 2차 피해를 방지한다.

⑤ **지속 학습 및 피드백 단계:** 로그 데이터를 활용해 모델을 주기적으로

업데이트하고, 디지털트윈 시뮬레이션을 통해 다양한 사고 시나리오를 재현하면서 대응 전략을 최적화한다.

- 결과적으로 AI 제조안전 기술은 데이터 수집 → 분석·학습 → 예측 → 대응 → 피드백으로 이어지는 순환 구조를 형성하며, 제조 현장의 자율안전(Self-Safety) 체계 구축과 산업재해 예방 패러다임의 전환을 가능하게 하는 핵심 기술로 평가된다.

그림 2

AI 제조안전 기술의 범위

출처: 저자 작성



기술의 등장 배경

- AI 제조안전 기술은 산업구조의 고도화와 디지털 전환 가속화 속에서 등장한 지능형 산업안전 관리체계이다. 복잡해진 제조공정과 자동화 설비의 위험요소는 기존의 수동적·사후적 안전 관리로는 대응이 어려워졌으며, 이에 따라 데이터 기반의 예측형·지능형 안전 관리 기술의 필요성이 급격히 확대되었다.
- 첫째, **제조공정의 복잡화와 자동화 확대**가 기술 발전의 주요 배경이다. 스마트팩토리와 자율제조 시스템의 확산으로 설비 간 연계성이 강화되면서 단일 센서나 관리자의 판단만으로는 파악하기 어려운 복합적 위험이 증가했다. 이러한 환경에서는 인공지능이 데이터를 분석해 설비 이상 신호를 사전에 감지하고 위험 수준을 예측하는 기능이 핵심 역할을 담당한다.
- 둘째, **법적·제도적 강화와 사회적 요구**가 기술 발전을 촉진했다. 「중대재해처벌법」 시행 이후 기업의 안전 책임이 대폭 강화되면서 정부는

“제조안전고도화기술개발사업”을 통해 AI 기반 예측형 안전 관리 기술 개발 및 실증을 추진하고 있다. 이는 인공지능·디지털트윈·빅데이터 기술을 융합해 사고를 사전에 인지하고 자동 대응하는 시스템으로, 산업안전이 규정 준수 중심에서 지능형 예방 중심 체계로 전환되고 있음을 보여준다.

- 셋째, **데이터 인프라와 AI 알고리즘의 발전**이 기술 확산의 기반이 되었다. IoT 센서, 에지 컴퓨팅(edge computing), 클라우드 플랫폼의 확산으로 대규모 현장 데이터를 실시간 수집·처리할 수 있게 되었으며, 이를 통해 딥러닝과 강화학습 기술이 고도화되면서 위험 상황 자동 감지와 능동형 제어가 가능해졌다.
- 넷째, **국제 정책 및 산업 트렌드 변화**가 기술의 신뢰성 확보를 이끌었다. 미국은 AI 기술의 안전성·투명성 확보를 위한 「AI 위험 관리 프레임워크(AI Risk Management Framework)」를 제시했고, 유럽연합(EU)은 인공지능 규제법인 「EU AI Act」를 통해 제조공정용 AI 안전 관리 시스템을 ‘고위험 AI’로 분류하며 인증 절차를 의무화했다. 이러한 흐름은 AI가 산업 현장에 적용되기 위해서는 표준화·검증 체계를 통과해야 한다는 원칙을 확립시켰다.
- 다섯째, **ESG 및 탄소중립 달성을 위한 산업 정책의 변화**가 기술 확산을 가속화했다. AI 제조안전 기술은 에너지 낭비와 생산 손실을 최소화해 환경 부담을 줄이고, 근로자 보호와 사회적 신뢰도를 높여 지속 가능한 제조 생태계를 구현한다. 이에 따라 산업안전은 ESG 경영의 핵심 영역으로 부상하고 있다.
- 결론적으로 AI 제조안전 기술은 ▲ 스마트제조 확산, ▲ 법·제도 강화, ▲ 데이터 인프라 발전, ▲ 국제 표준화, ▲ ESG 중심의 산업 가치 확산이라는 다섯 가지 요인이 결합되어 등장한 산업 디지털 전환의 핵심 기술이다. 이 기술은 단순한 안전 관리 도구를 넘어 자율안전(Self-Safety) 체계 구축과 지속 가능한 제조 생태계 형성을 이끄는 전략적 기반으로 평가된다.

그림 3

AI 제조안전 기술의 등장 배경

출처: 저자 작성



2. 국내외 기술 동향

해외 동향

- 해외에서는 AI 제조안전 기술이 산업 디지털화와 밀접히 연계된 핵심 기술 영역으로 자리 잡고 있다. 미국, 유럽, 일본, 중국 등 주요국은 모두 AI를 산업안전 관리 체계의 중심 기술로 통합하고 있으며, 특히 디지털트윈 기반 예측형 안전 관리와 멀티모달 AI 분석 기술이 주요 연구·산업화 분야로 부상하고 있다.
- 미국은 산업안전과 AI 기술의 융합을 제도적으로 뒷받침하고 있다. 미국 국립표준기술연구소(NIST)는 2023년 『AI 위험 관리 프레임워크』를 발표하여 AI의 신뢰성·안전성·투명성을 평가하기 위한 기준을 마련했으며, 이를 통해 산업용 AI의 위험 예측 모델의 검증과 인증 체계의 기초를 구축했다. 또 미국 제조업협회(NAM)의 보고서에 따르면 제조기업의 절반 이상이 이미 AI 기반 안전 관리 시스템을 도입하고 있으며, AI가 안전성과 생산성 향상을 동시에 달성하는 핵심 도구로 인식되고 있다.
- 유럽연합(EU)은 기술의 표준화와 규제 체계 강화를 중심으로 정책을 추진하고 있다. 2024년 제정된 「EU AI Act」는 제조공정에 적용되는 AI 안전 시스템을 ‘고위험(High-Risk)’ 기술로 분류하고, 도입 과정에서 위험 평가, 데이터 투명성, 인간 감독(human oversight) 등을 의무화했다. 특히 독일과 프랑스는 Bosch, Siemens, Schneider Electric 등 글로벌 기업을 중심으로 AI 기반의 예지보전과 안전 제어 통합 플랫폼을 상용화하며, 산업 현장에 적용 범위를 확대하고 있다.
- 일본은 경제산업성(METI)을 중심으로 “AI Smart Manufacturing Safety Project”를 추진하며, 협동 로봇과 인간 작업자가 함께 일하는 환경에서 위험을 인식·예측·대응할 수 있는 AI-HRI(Human-Robot Interaction) 기반 안전 기술을 개발하고 있다. 이 기술은 2024년부터 조선, 기계, 건설 분야에서 실증이 진행되고 있으며, 작업자의 행동 분석과 자동 경보 시스템을 결합해 인간-로봇 협업형 안전 관리 모델을 실현하고 있다.
- 중국은 국가 전략 차원에서 산업안전 AI를 육성하고 있다. “AI+제조업 심층 융합 가속 가이드라인(2023~2026)”을 통해 AI 산업안전을 10대 핵심 전략기술로 지정하였으며, 공업정보화부(MIIT)는 전국 주요 산업단지에 AI 영상 감시·위험 예지·자율제어 기술을 적용하고 있다. 또한 중앙정부는 “디지털 산업안전 감독 플랫폼(数字安全监管系统)”을 구축하여 산업 전반의 안전 데이터를 통합 관리하는 체계를 운영 중이다.

표 1

AI 제조안전 관련
국가별 기술 개발 개요

구분	기술 개발 방향	주요 특징
미국	산업 실증 중심	‘신뢰 가능한 AI’ 기반 산업 실증 강화
유럽연합(EU)	규제·표준화 중심	AI 안전성 인증 및 제도 기반 우선
일본	인간-로봇 협업 중심	인간-로봇 공존형 안전 기술 강화
중국	정부 주도·정책 중심	국가 주도형 대규모 인프라 모델
국제기구	글로벌 협력·표준화	국제 표준 선도 및 데이터 공유 협력

○ 종합적으로 볼 때 해외의 AI 제조안전 기술은 ① 디지털트윈 기반 예측형 안전 관리, ② 복합 데이터 처리와 멀티모달 AI 분석, ③ AI 신뢰성 검증 및 인증 체계 확립, ④ 인간-로봇 협업형 안전 시스템 구축의 네 가지 방향으로 발전하고 있다.

○ 특히 유럽은 규제와 표준화 중심, 미국은 산업 실증 중심, 일본은 인간-로봇 협업 중심, 중국은 정책·인프라 중심의 발전 전략을 취하고 있으며, 이들 모두 AI를 지능형·자율형 산업안전 체계의 핵심 인프라 기술로 인식하고 있다는 공통점을 보인다.

그림 4

AI 제조안전에 대한
해외 기술 개발 방향
출처: 저자 작성



국내 동향

○ 국내에서는 AI 제조안전 기술이 정책적 지원과 산업 실증 중심의 R&D 사업을 통해 빠르게 발전하고 있다. 산업통상자원부는 2025년부터 “제조안전고도화기술개발사업”을 추진하며, AI·빅데이터·디지털트윈 기반의 지능형 안전 관리 기술 개발 및 실증을 지원하고 있다. 이 사업은 철강, 석유화학, 배터리 등 고위험 산업을 대상으로 실시간 위험 탐지와 AI 자율제어형 안전 관리 체계 구축을 목표로 한다.

- 한국전자통신연구원(ETRI)은 2024년 보고서를 통해 거대언어모델(LLM)을 활용한 산업안전 평가·예측·설명가능 AI 기술을 제시했는데, 이는 제조 현장의 복합 데이터를 분석하여 AI 자율판단형 안전 평가 체계로 발전할 수 있음을 보여준다.
- 산업 현장에서도 AI 기술의 적용이 빠르게 확대되고 있다. 포스코와 현대제철은 AI 비전 기반 감시 시스템을 통해 고온 작업·보호구 미착용 등 위험 상황을 실시간 감지하고 있으며, LG디스플레이는 OLED 생산공정 데이터를 활용하여 작업자 동선 위험 분석과 설비 이상 감시 시스템을 운영하고 있다. 이러한 시스템은 안전성과 생산 효율을 동시에 개선하는 성과를 보여준다.

그림 5

포스코의 AI 기반 안전 관리 기술인
전기실 인공지능 시스템(左)과
안전 장비 착용 현황 분석 예시(右)
출처: 연합뉴스 (2021.12)



- 또한 중소기업을 중심으로 AIoT 기반 스마트 안전 장비 보급이 확산되고 있다. 중소벤처기업부와 고용노동부는 공동으로 AI 센서·경고 시스템을 중소 제조 현장에 보급하고, 웨어러블 센서와 IoT 게이트웨이를 결합해 작업자 상태 감시 및 위험 접근 경고 기능을 구현하고 있다.

그림 6

나우시스템의
스마트 안전 장비 솔루션
출처: 나우시스템 (2025.02)



그림 7

딥러닝 기반 어로 작업 시

안전 관리 기술

출처: KISTI (2024.10)

- 학술 연구 측면에서도 예지보전·이상 탐지·설명가능 AI·디지털트윈 기반의 안전 모니터링 연구가 활발하다. AI의 지속학습(Continuous Learning) 구조를 적용해 자율형·예측형 안전 관리 플랫폼의 기초를 마련하는 연구가 이어지고 있다.



- 종합하면 국내 AI 제조안전 기술은 ① 정책 기반 R&D 사업 활성화, ② 산업 대기업의 실증 중심 확산, ③ 중소기업 대상 보급형 안전 장비 확대, ④ AI 안전성 검증 및 디지털트윈 응용 강화라는 특징을 보인다. 특히 정부와 민간의 연계가 강화되면서 국내 기술은 정책 주도형 → 실증 확산형 → 자율 운영형 단계로 진화하고 있다.

3. 국내외 정책 동향

해외 동향

- 해외 주요국은 AI 제조안전을 국가 경쟁력과 사회적 안전의 핵심축으로 인식하며, 법제화·표준화·투자 확대를 중심으로 정책을 강화하고 있다. 미국, 유럽, 일본, 중국은 각각의 산업 구조에 맞춘 정책 모델을 구축하면서도 AI의 신뢰성 확보·안전성 검증·데이터 투명성 보장·인간 감독 강화를 공통 목표로 추진하고 있다.
- 미국은 '신뢰 가능한 AI(Trustworthy AI)' 정책을 바탕으로 산업용 AI 안전 관리 체계를 제도화하고 있다. 미국 NIST는 2023년 AI Risk Management Framework를 발표하여 AI의 위험 식별·평가·완화 절차를 공식화하고, 제조공정에서 AI가 수행하는 안전 관련 의사결정의 투명성·설명 가능성·검증

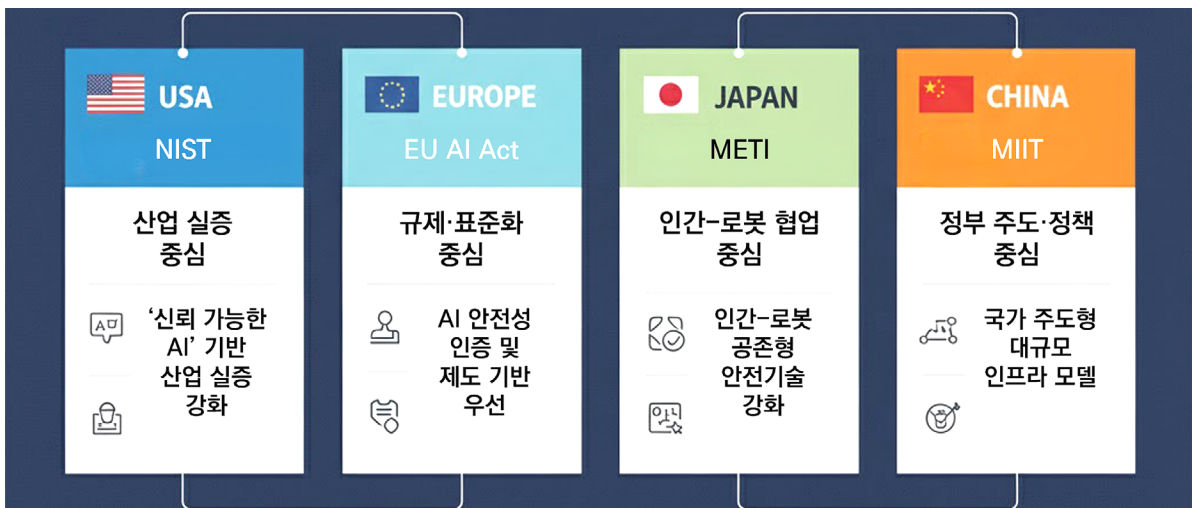
가능성을 명시했다. 이를 토대로 산업계는 산업용 AI 안전 인증 체계(Industrial AI Safety Assurance) 구축을 추진 중이며, 적용 분야도 로봇·물류·화학 등으로 확산하고 있다.

- 유럽연합은 규제 중심의 제도화를 통해 AI 제조안전의 법적 기반을 확립했다.
2024년 제정된 「EU AI Act」는 산업용 AI 안전 관리 시스템을 ‘고위험’ 범주로 규정하고, 데이터 품질 보증·알고리즘 투명성·인간 감독 절차를 의무화했다. 또한 유럽표준화기구(CEN/CENELEC)는 로봇·협동 로봇의 AI 제어 항목을 국제표준(EN ISO 13849, 10218)에 반영하여 “기술혁신보다 안전성 인증을 우선하는” 예방 중심 정책 체계를 구축했다.
- 일본은 인간-로봇 협업 환경(Human-Robot Collaboration)에서의 AI 안전 기술 검증에 주력하고 있다. 경제산업성은 “AI Smart Manufacturing Safety Project”를 통해 협동 로봇 작업 구역에서의 충돌 방지, 행동 예측, 자동 정지 시스템을 실증하고 있으며, “Society 5.0” 정책 내에서 산업용 AI의 윤리·안전 가이드라인을 마련했다. 이를 통해 인간과 인공지능이 상호 신뢰할 수 있는 협업형 안전 프로토콜 구축을 목표로 하고 있다.
- 중국은 “AI+제조업 심층 융합 가속 가이드라인(2023~2026)”을 통해 산업안전을 국가 전략 기술 분야로 격상시켰다. 공업정보화부(MIIT)는 전국 주요 산업단지에 AI 기반 감시·자율제어 시스템을 구축하고, “디지털 산업안전 감독 플랫폼”을 운영하며 중앙정부 주도의 통합 안전 관리 인프라를 확립하고 있다. 또한 주요 제조기업을 대상으로 대규모 국가 실증 프로젝트를 추진해 산업단지 단위의 AI 안전 생태계를 조성 중이다.

그림 8

AI 제조안전의 해외 정책 동향

출처 : 저자 작성



- 국제기구 차원에서도 AI 제조안전의 제도화가 본격화되고 있다. OECD는 2024년 보고서를 통해 국가 간 협력 및 데이터 공유 표준화 체계를 제안했으며, ISO/IEC JTC1 (정보기술 분야 국제표준화회의) 산하 SC42 위원회(인공지능 분야)는 AI 신뢰성·안전성 평가 기준(ISO/IEC 42001, 5259 등)을 산업안전 분야의 우선 적용 표준으로 개발하고 있다.
- 종합하면 해외는 국가별 접근 방식에서 차이는 있으나 모두 AI 안전성·투명성·인간 감독의 제도적 확보를 최우선 과제로 삼고 있으며, 이를 통해 산업안전이 단순한 보호 수단이 아니라 산업 경쟁력의 핵심 인프라로 자리매김하고 있다.

국내 동향

- 국내에서는 AI 제조안전이 산업안전 혁신과 디지털 전환의 핵심축으로 자리 잡고 있다. 정부는 여러 부처가 협력하여 연구 개발, 실증, 보급, 법제 개선을 동시에 추진하고 있다.
- 산업통상자원부는 2025년부터 “제조안전고도화기술개발사업”을 통해 AI·빅데이터·디지털트윈을 결합한 예측형 안전 관리 기술을 개발하고 있다. 이 사업은 철강, 석유화학, 배터리 등 고위험 산업군을 중심으로 실증이 진행되고 있으며, AI 분석 결과를 활용한 설비 제어 및 경보 자동화 시스템 구축을 목표로 한다. 또한 산업부는 2030년까지 AI 제조안전 기술을 스마트제조 인프라의 필수 구성 요소로 통합한다는 중장기 로드맵을 제시하고 있다.
- 중소벤처기업부와 고용노동부는 현장 중심의 보급형 정책을 추진하고 있다. 중기부는 “AI와 디지털트윈으로 스마트제조 선도모델 구축” 사업을 통해 중소 제조 현장에 AI 안전 장비 보급을 확대하고 있다. 또 고용노동부는 “스마트 안전 장비 지원 사업”을 통해 근로자의 상태를 실시간 감시하고 위험을 경고하는 시스템의 도입을 지원하고 있다. 이러한 정책은 대기업 중심의 기술 개발이 중소기업으로 확산되는 구조적 선순환을 형성하고 있다.
- 법·제도 측면에서는 2024년 개정된 「산업안전보건법 시행령」에 ‘스마트 안전 관리 기술’이 반영되어 AI 기반 시스템의 법적 근거가 마련되었다. 또한 「중대재해처벌법」 시행 이후 AI 안전 시스템은 사고 발생 시 기업의 안전 관리 노력을 입증하는 수단으로 활용될 수 있는 기반이 조성되고 있다. 종합하면 국내 AI 제조안전 정책은 기술 개발 -

실증-보급-법제화가 유기적으로 연결된 구조 속에서 자율안전(Self-Safety) 산업 생태계를 구축하는 방향으로 발전하고 있다.

표 2

AI 제조안전의 국내 정책 동향

구분	주관 부처	주요 정책 방향	특징
기술 개발 중심 R&D 정책	산업통상자원부	국가 R&D 중심 기술 개발	고위험 산업 중심 실증, 스마트제조 인프라와 연계
현장 보급형 안전 관리 정책	중소벤처기업부 / 고용노동부	중소·현장 중심 보급형 안전 관리	대기업 기술개발 ⇨ 중소기업 확산의 선순환 구조
표준화 및 인증 체계 구축	산업기술표준원 (KATS), KEIT	국가 표준 체계 확립	데이터 품질·알고리즘 투명성·신뢰성 검증 중심
법·제도 기반 강화	고용노동부 / 국무조정실 협력	법제화 및 제도 반영	AI 시스템의 법적 근거 및 「중대재해처벌법」 대응 수단
향후 정책 방향	관계 부처 합동	검증 체계 법제화 및 국제표준 선점	기술 개발 - 정책 - 표준 - 법제화 연계 거버넌스 구축

4. 시사점

- AI 제조안전은 제조산업의 경쟁력과 근로자의 생명을 동시에 보호하는 새로운 산업안전 패러다임으로 자리 잡고 있다. 복잡한 제조공정과 고위험 환경에서는 기존의 사후 대응 중심 안전 관리로는 한계가 있으며, 데이터와 인공지능을 기반으로 한 사전 예측-실시간 대응-지속 개선형·지능형 안전 체계로의 전환이 필수적이다. 이러한 흐름 속에서 AI 제조안전은 다음과 같은 방향으로 발전하고 있다.
 - 첫째, 산업 정책과 기술혁신이 융합된 산업안전 거버넌스 구축이 중요하다. 산업안전은 단순 규제를 넘어 국가 산업 경쟁력의 핵심 인프라로 확장되고 있으며, AI 안전 표준화와 인증 체계가 산업 신뢰성의 기반이 되고 있다. 「중대재해처벌법」 시행 이후 AI 기술은 법적 리스크 관리와 생산 안정성 확보의 도구로 활용되고 있다.
 - 둘째, 데이터 품질과 해석 가능성 확보가 핵심 과제다. 산업별 데이터 표준화와 고품질 학습 데이터 구축이 필요하며, 설명가능 인공지능(XAI)을 통해 AI의 판단 근거를 명확히 제시해야 한다.
 - 셋째, 디지털트윈과 AI의 융합이 미래 제조안전의 중심축으로 부상하고 있다. 가상공간에서 공정을 복제하고 사고를 시뮬레이션함으로써 사전 예측 및 자동 대응이 가능한 AI-디지털트윈 기반 안전 관리 플랫폼이 주목받고 있다.
 - 넷째, 인간 중심의 공존형 기술로 발전해야 한다. AI는 인간의 감각과 판단을 보완하며, 협동 로봇 및 자율제조 환경에서는 작업자 행동과 피로 상태를 실시간

분석해 안전을 확보한다.

- 다섯째, AI 제조안전은 ESG 경영과 지속가능한 산업 전략의 핵심 기술이다. AI 기반 안전 관리는 근로자 보호와 에너지 절감, 생산 효율 향상을 동시에 실현하며, ESG 공시 의무화 확대에 따라 기업 경쟁력의 새로운 지표가 되고 있다.
- 여섯째, 중소기업으로의 확산과 국제표준 연계가 필수적이다. 정부는 공공 클라우드 기반 AI 안전 관리 플랫폼을 구축하여 중소기업이 저비용 솔루션을 활용할 수 있도록 지원해야 하며, 국제표준과의 정합성을 확보해 표준-인증-산업화-수출로 이어지는 선순환 구조를 구축해야 한다.
- 결론적으로 AI 제조안전은 산업 디지털 전환의 핵심축이자 지속가능한 산업 생태계의 전략기술로, 기술 고도화뿐 아니라 신뢰·제도·표준·사회적 수용성 확보를 통해 산업의 자율안전(Self-Safety) 시대를 여는 국가 전략기술로 발전하고 있다.

구분	주요 쟁점
산업 정책·기술혁신 융합	- 산업 정책과 기술혁신 결합 - 법적 리스크 관리 및 생산 안정성 확보
데이터 품질·해석 가능성 확보	- 데이터 품질관리 강화 - 설명가능 AI(XAI) 적용
디지털트윈 융합형 안전 관리	- 예측·예방 중심 안전 관리 - 디지털트윈 기반 실증 확대
인간 중심 공존형 기술	- 작업자 행동·피로도 분석 - Human-Robot Interaction 기반
ESG·지속가능 산업 전략 연계	- 근로자 보호 + 에너지 절감 - ESG 공시 확대 대응
중소기업으로 확산·국제표준 연계	- 저비용 AI 안전 솔루션 보급 - 표준-인증-산업화-수출 연계

1. 김남규 외, “이미지/영상 처리 인공지능 기술 활용의 현황과 전망”, KISTI Issue Brief 제73호, 2024.10.02.
2. 김도현 외, “디지털 트윈 기반의 지능형 제조공정 통합 모니터링 시스템 개발을 통한 AI 기술 적용방안 연구”, 「한국재난정보학회 논문집」 Vol. 20. no. 4, pp. 786-796. 2024.12.
3. 이용규 외, “발전설비제조공장의 작업 안전 유스케이스 분석을 통한 영상기반 안전 관리기술 개발”, 전자공학회논문지 Vol. 59. no. 12, pp. 75-83, ETRI KSP, 2022.12.
4. 정도윤 외, “AIoT 기반의 영상처리를 통한 근로자 스마트 안전 관리 플랫폼”, 「정보기술융합공학논문지」 Vol. 13. no. 3, pp. 1-9, 2023-12-29.
5. Khurram, M., et al., “Artificial Intelligence in Manufacturing Industry Worker Safety: A New Paradigm for Hazard Prevention and Mitigation,” *Processes* 13(5), 1312, 2025.04.25.
6. Lane M., et al., “The impact of AI on the workplace: Main findings from the OECD AI surveys of employers and workers”, *OECD Social, Employment and Migration Working Papers* No. 288, 2023.03.22.
7. “Artificial Intelligence Risk Management Framework (AI RMF 1.0)”, NIST(U.S Department of Commerce), 2023.01.26.
8. “Artificial Intelligence Risk Management Framework: Generative Artificial Intelligence Profile (NIST AI 600-1)”, NIST(U.S Department of Commerce), 2024.07.
9. “AI Act (Regulation (EU) 2024/1689) - Shaping Europe’s digital future,” European Commission, 2024.
10. “Compilation of the Smart Manufacturing Development Guideline (SMD Guideline)”, METI(Japan) Press Release, 2024.06.28.
11. “National Status Report on AI Safety in Japan 2024”, Japan AI Safety Institute(J-AISI), 2025.02.05.
12. “Using AI in the Workplace: Opportunities, risks and policy responses”, *OECD Artificial Intelligence Papers* No. 11, OECD publishing, 2024.03.15.
13. “2024년 스마트제조혁신실태조사 결과 발표”, 중소벤처기업부 보도자료, 2025.04.28.
14. “인공지능(AI)으로 제조업 안전사고 예방한다”, 산업통상자원부 보도자료, 2025.01.24.
15. 손대성, “보호구 없으면 문 안 열어줘...포스코 AI 시스템으로 안전 강화”, 연합뉴스, 2021.12.21.
16. “스마트 안전장비 지원 사업”, 나우시스템 카탈로그, 2025.02.28.

제조 현장 적용 AI 융합 기술 동향

2

김도현 혁신도전 PD | KEIT 도전혁신실

송병준 교수 | 한국공학대학교

요약

- 제조 현장에 적용되는 ‘AI 융합 기술’이란 인공지능(AI)을 중심으로 사물인터넷(IoT), 빅데이터 분석, 클라우드/에지 컴퓨팅, 로봇틱스, 디지털트윈, 제어 시스템 등이 유기적으로 결합되어 제조 공정을 지능화·자율화하는 기술군을 의미한다. 이 기술은 단순 자동화를 넘어 환경 변화에 대응하고 스스로 판단하는 자율제조 수준까지 확대된다.
- 즉 전통 제조업의 한계인 비효율, 불량, 예측 불확실성 등을 극복하고 경쟁력을 강화하기 위한 전략으로 AI 융합 기술이 혁신적 가능성을 보여주고 있다. 예를 들어, 반도체 분야에서는 이상 탐지, 설비 예지보전, 공정변수 최적화, 클린룸 환경 제어 등이 주요 AI 융합 기술의 적용 분야이며, 특히 AI 기반 공정 모델링 및 시뮬레이션 기술이 각광 받고 있다.
- 반도체 설비 업체들도 AI/데이터 분석 솔루션 모듈을 통합 제공하는 방향으로 전환 중이다. 자동차 분야에서는 AI 기반 품질 검사, 결함 검출, 로봇 협업, 자율 조립 공정 등이 활발히 진행 중이며, 예지보전, 공급망 예측, 디지털트윈 기반 시뮬레이션 기술이 확산되고 있다. 디자인 검사 자동화 영역에서는 AI 로봇+CAD 통합 기술도 적용 중이다. 이차전지 분야에서는 이차전지 품질, 수명 예측, 재활용 부품 해체 등을 자동화하고 최적화하는 데 기여하고 있다.
- 이처럼 제조 현장에 AI 융합 기술을 적용하는 것은 미래 제조 경쟁력 확보를 위한 핵심 전략이다. 다만 AI 융합 기술은 매우 복잡적이고 시스템적이므로 단순한 현장 자동화 수준을 넘어 전체 제조 시스템의 지능화 및 자율화를 목표로 해야 한다. 국내에서는 현재 도입 초기 수준이지만, AI 융합 기술의 성공적 도입을 위한 전략적 단계 접근, 생태계 조성, 보안과 신뢰 확보, 인재 및 문화 변화, 지속적인 정부 지원 정책 등으로 AI 융합 기술 중심 제조 강국으로 도약할 것으로 기대된다.

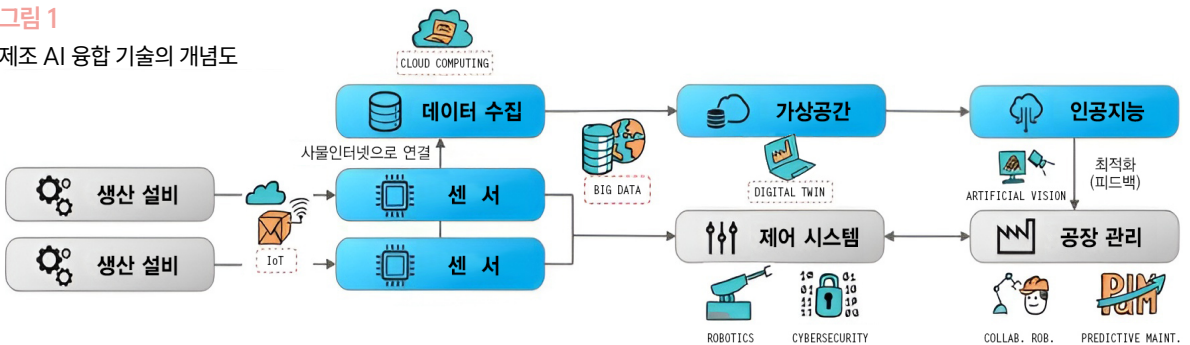
1. 개요

기술의 개념

- 우리나라 제조업은 국가 경쟁력의 핵심 동력이자 산업 구조 변화의 중심에 있다.
제조업은 4차 산업혁명과 디지털 전환(DX, Digital Transformation)이라는 흐름 속에서 경쟁의 무대가 단순한 규모나 자본력에서 지능화 역량으로 이동하고 있으며, 그 흐름과 맞물려 AI 기술 융합의 대상이 되고 있다. 즉 전통적 제조업의 한계인 비효율, 불량, 예측 불확실성 등을 극복하고 경쟁력을 강화하기 위한 전략으로 AI 융합 기술이 중요해졌다. 특히 반도체, 자동차, 배터리 산업은 기술 집약형이자 경쟁이 치열해 AI 적용이 빠르게 진행 중이다.
- 제조 현장에 적용되는 ‘AI 융합 기술’이란 인공지능(AI)을 중심으로 사물인터넷(IoT), 빅데이터 분석, 클라우드/에지 컴퓨팅(edge computing), 로봇틱스, 디지털트윈, 제어 시스템 등이 유기적으로 결합되어 제조 공정을 지능화·자율화하는 기술군을 의미한다. 이 기술은 단순 자동화(Automation)를 넘어 환경 변화에 대응하고 스스로 판단하는 자율제조(Autonomous Manufacturing) 수준까지 확대되어야 한다.

그림 1

제조 AI 융합 기술의 개념도



- 제조 AI 융합 기술을 적용한 주요 모듈 및 시스템으로는 예측 유지보수(Predictive Maintenance), 이상 감지 및 품질 검출(Anomaly Detection, Defect Detection), 공정 최적화, 스케줄링 및 자원 배치 최적화, 디지털트윈 기반 시뮬레이션 및 시나리오 분석, 협업 로봇 및 자율 이동 로봇(AMR, AGV 등), 에지 AI/경량화 모델/AI 프레임워크 및 플랫폼, 인간-기계 인터페이스(예: 자연어 명령, AI 보조 제어) 등이 있다.

기술의 범위

- AI 융합 기술의 범위 중 제조 지능화에 주요하게 적용되는 기술을 살펴보면 다음과 같다.

① **빅데이터/AI**는 제조 전 주기(입고, 생산, 재고, 납기 등)에서 발생하는 대량의 데이터를 수집하고, 인공지능을 활용한 정보 분석(데이터 수집 분산처리, 원인 분석, 예지 분석, 처방 분석, 인지 분석 등)을 통해 최적의 의사결정을 지원한다. 제조 현장에 가장 많이 적용되는 인공지능의 한 분야인 머신러닝(기계 학습)은 경험을 통해 자동으로 개선하는 컴퓨터 알고리즘으로, 방대한 데이터를 분석해 미래를 예측하는 기술이다. 머신러닝 알고리즘 유형은 크게 지도학습(Supervised Learning)과 비지도학습(Unsupervised Learning)으로 구분된다.

- **지도학습**은 문제와 답(label)을 주고 모델을 학습시킨 후 문제에 대한 답을 예측하는 방식이다. 분류(classification) 알고리즘과 회귀(regression) 알고리즘이 여기에 해당한다.

A 분류 알고리즘은 주어진 데이터들을 사전에 학습한 후 새로운 데이터 개체의 특징(feature)을 바탕으로 그 개체가 속할 클래스(class)를 예측하는 작업이다. 분류 알고리즘의 제조 적용 분야로는 반도체 웨이퍼 이미지에 따라서 불량인지 아닌지, 나아가 어떤 형태의 불량인지 판별하는 불량 검출(Defect Detection), 설비 상태에 따라서 설비 고장이 조만간 발생할지 아닌지를 예측하는 설비 고장 감지(Fault Detection and Classification) 등이 있다.

B 회귀 알고리즘은 주어진 데이터들을 사전에 학습한 후 새로운 데이터 개체의 특징을 바탕으로 그 개체의 목표값을 예측하는 것이다. 회귀 알고리즘의 제조 적용 분야로는 가까운 미래에 지역별·연령별로 판매될 제품별 수량을 예측하는 수요예측, 현재의 설비 세팅으로 작업 수행 시 하나의 로트(lot)에서 발생하는 불량품의 비율을 예측하는 불량률 예측, 설비 상태를 관찰하여 부품이나 설비의 남은 수명을 예측하는 잔존 수명(RUL: Remaining Useful Life) 예측 등이 있다.

- **비지도학습**은 답(label)을 사전에 지정하지 않은 데이터로부터 특정 패턴을 찾아내는 방식이다. 군집화(clustering) 알고리즘과 이상치 탐지(novelty detection) 알고리즘이 여기에 해당한다.

A 군집화 알고리즘은 주어진 데이터 세트에 대하여 유사한 데이터끼리 같은 클러스터로 모이고 다른 데이터끼리는 서로 다른 클러스터에 속하도록 데이터들을 그룹화하는 작업이다. 군집화 알고리즘의 제조 적용 분야로는 마케팅 프로세스 중 타깃 고객을 설정하기 위하여 고객들을 유사한 고객군으로 클러스터링한 후 각 고객군별로 차별화된 마케팅 전략을 수립하는 시장 세분화(Market Segmentation)와 과거 특정 기간에 관찰된 설비의 상태들을 군집화한 후 각 설비 상태 클러스터별로 설비 고장이나 제품 불량률의 특징이 있는지

확인하는 설비 상태 분류 등이 있다.

- B** 이상치 탐지 알고리즘은 데이터가 주어졌을 때 일반적인 데이터와 달리 특이하거나 이상한 행태를 보이는 이상치(anomaly) 또는 아웃라이어(outlier) 데이터를 검출하는 것으로, 'Outlier Detection' 또는 'Deviation Detection'이라고도 부른다. 이상치 탐지 알고리즘의 제조 적용 분야로는 설비의 운영 데이터를 분석하여 일반적인 운영 상태와 다른 상태가 발생하면 원인을 분석하여 고장 및 불량 등을 방지하는 설비 이상 상태 감지 등이 있다.

- ② 머신비전은 기계에 인간이 가지고 있는 시각과 판단 기능을 부여한 것으로, 사람이 인지하고 판단하는 기능을 하드웨어와 소프트웨어 시스템이 대신 처리하는 기술이다. 산업용 장비가 수행하는 작업을 확인하고 확인된 내용에 따라 빠른 결정을 내릴 수 있도록 하여 시각 검사와 결함 감지, 부품의 위치 지정 및 측정, 제품 식별 정렬 및 추적 등이 가능하다.
- ③ 로봇은 근로자들과 협력하여 업무를 수행하도록 설계된 협동 로봇(Cobot 또는 Co-robot)과 생산공정에서 인간을 대신하여 작업 현장에서 업무를 수행하는 산업용 로봇(industrial robot)이 있다. 'Industry 5.0'에서는 인간과 로봇이 협업하는 코봇(Cobot)을 'Industry 4.0'과의 차이점으로 강조한다. 현재 제조 현장에서도 지속적인 노동인구 감소와 자본 투입 비용의 증가로 인해 로봇 도입이 본격적으로 진행되고 있다. 이전의 공장 로봇이 높은 설비투자가 필요한 산업용 로봇에 한정되어 있었다면 AI, Mobile, 자율주행, 다관절 기술의 발달로 사전 프로그래밍된 고정형 로봇에서 자유자재로 움직이며 능동적으로 협업하고 스스로 생각하여 자율적으로 작업하는 휴머노이드형 로봇으로 진화해 가고 있다. 이러한 휴머노이드형 로봇의 발전은 궁극적으로 제조업에서의 인간 노동을 대체하게 될 것으로 예측되며, 공장 설비 자동화를 넘어 '인간 자동화' 단계로까지 확대될 전망이다.
- ④ 클라우드는 HW, SW 등의 시스템을 직접 구축·운영하지 않고 클라우드 사업자의 시스템에 네트워크로 접속해 이용하는 기술이다. 제조 관리(생산과정, 자원 관리, 공급망 관리 등)를 인터넷 접속을 통해 언제든지 사용할 수 있고 데이터를 손쉽게 공유하는 등 유연하고 효율적인 사용 환경을 제공한다.
- ⑤ AR/VR/MR은 제조기업의 교육 및 훈련, 설계 및 프로토타입 제작, 공정관리·운영, 유지 보수 등의 다양한 서비스를 제작하는 데 가상현실(AR), 증강현실(VR), 혼합현실(MR: AR+VR)을 활용할 수 있게 지원하는 기술이다.

⑥ 사물인터넷(IoT, Internet of Things) 기술은 설비와 작업자 간 또는 설비와 설비 간 통신 기술로 사용되며, 데이터 수집, 데이터 교환, 데이터 분석의 근간이 되는 기술이다. 공장에서 사용되는 IoT는 산업용 IoT로 데이터 응답속도가 일반 소비자 IoT보다 상대적으로 빠르고 안정적이어야 한다. 최근에는 공장 내부뿐만 아니라 공장과 공장 간 데이터 공유와 분석에도 사용되고 있다. IoT 환경은 크게 생성(센서), 전달(네트워크), 통합 분석 및 제어(플랫폼) 기술로 나뉜다.

- IoT 센서는 사물인터넷에서 사물을 담당하는 물리적인 측정 기기다. 생산 환경의 변화, 제품과 재고 현황, 생산과 관련된 상태 등을 센서를 통해 감지하며, 측정된 데이터를 중앙 서버나 컴퓨터로 전송한다. 최근에는 에지 컴퓨팅 기술을 적용하여 센서 단계에서 분석과 제어 등의 기능을 직접 수행하기도 한다.
- IoT 네트워크는 각 센서를 유무선 통신 기술을 통해 연결하는 인프라로, 각 센서에서 수집된 데이터를 플랫폼으로 전송하는 역할을 한다. 최근에는 5G 기술을 적용하여 초저지연, 초고속, 초연결, 초저전력의 특징을 나타낸다.
- IoT 플랫폼은 수집된 데이터를 통합-분석-처리-시각화하며, 다양한 공장 내 서비스 애플리케이션과 연동하고 디바이스와 작업자를 유기적으로 연결하는 역할을 한다.

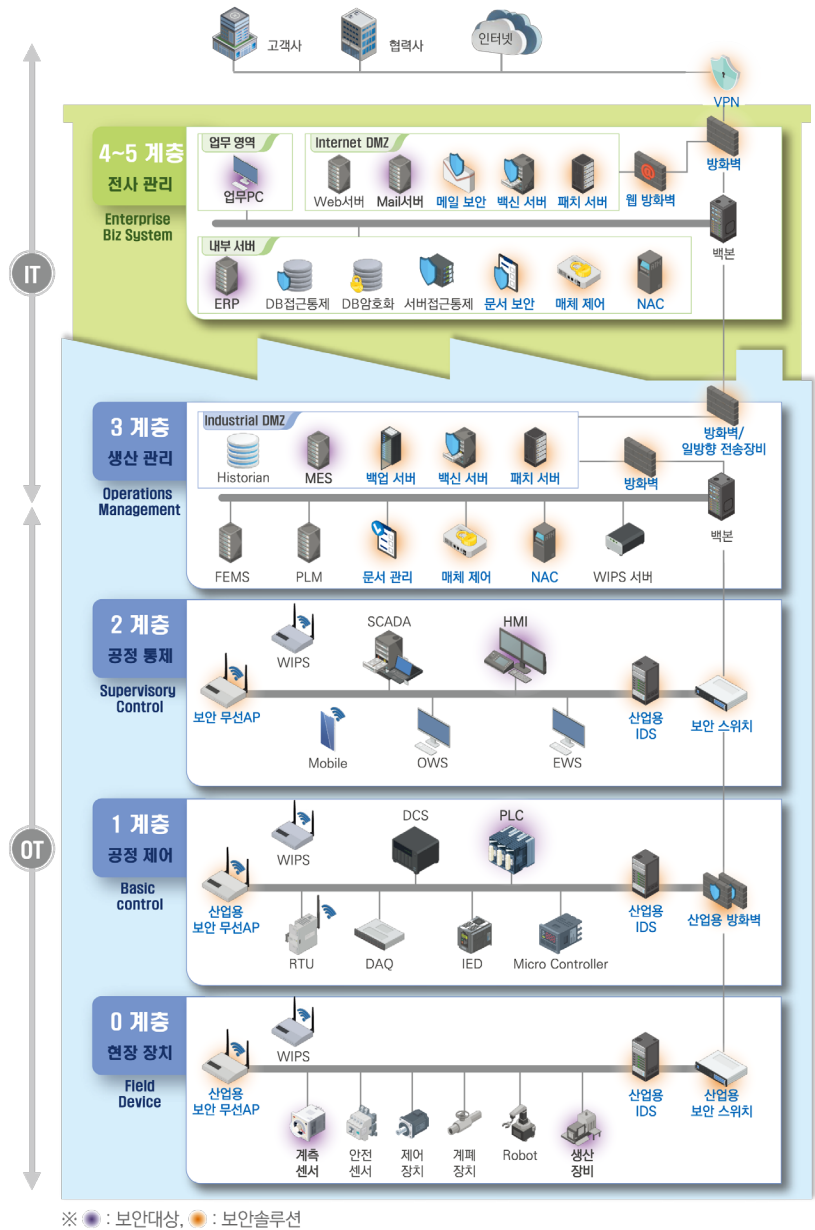
⑦ CPS(Cyber-Physical Systems, 가상 물리 시스템)/디지털트윈(Digital Twin)은 제조 환경의 다양한 물리적·화학적·기계공학적 시스템 및 설비를 디지털 복제 모델화(디지털트윈)하여 실제 공장과 사이버 공장을 실시간 통합하는 기술로, 제조 환경을 가상의 환경에서 모니터링하고 제어하는 기술이다.

⑧ 보안 기술은 제조 공정과 연관된 시스템을 외부 침입으로부터 방어하거나 내외부의 다양한 위협으로부터 제조 데이터의 유출/위변조 방지, 개인 정보 보호, 접근 제어, 데이터 암호화 등을 제공하는 기술이다. 스마트팩토리 도입이 확대되면서 IT 영역 보안을 넘어 OT 보안(Operation Technology Security)에 대한 중요성이 부각되고 있다. 랜섬웨어의 경우 제조 공장에 대한 공격이 크게 증가하고 있다. 스마트팩토리의 보안 아키텍처는 총 5단계로 구분할 수 있으며, OT 보안은 각 계층의 솔루션과 애플리케이션에 적용되어 데이터의 유출이나 불법적인 침입을 방지하는 기능을 한다. 스마트팩토리의 보안 아키텍처는 현장 장치, 공정제어, 공정 통제, 생산 관리, 전사 관리의 구조로 구분할 수 있다.

그림 2

스마트팩토리의 보안 아키텍처

출처: 한국인터넷진흥원



⑨ APS(Advanced Planning and Scheduling, 자동생산계획) 시스템은 설비, 자재, 인원 등 제반 자원의 가용성과 생산 현장의 다양한 제약 사항을 동시에 고려하여 원자재와 생산능력을 최적 배분하는 제조 관리 시스템 기술이다.

⑩ HMI(Human and Machine Interface, 인간-기계 인터페이스) 기술은 공정 데이터를 작업자가 컴퓨터 화면으로 이해하기 쉽게 표현하여 원활하게 관리할 수 있게 해 주는 소프트웨어 및 터치 패널 장치류(디바이스)를 제공하는 기술이다.

⑪ SCADA(Supervisory Control And Data Acquisition, 집중원격감시제어)

시스템은 산업 자동화와 모니터링을 위한 시스템으로 중앙 제어 시스템이 원격지에 위치한 시설·장치의 각종 상태와 정보를 중앙 집중식으로 감시·제어한다.

⑫ DCS(Distributed Control System, 분산제어시스템)은 지리적으로 분산된

복잡한 공정을 효율적으로 제어하기 위한 디지털 자동화 산업 제어 시스템으로, 여러 개의 자동제어용 컴퓨터를 기능별로 분산시켜 문제 발생 시 공정 전체가 제어 불능 상태로 되는 위험을 최소화하고, 중앙에서 집중 감시 및 제어한다.

⑬ PLC(Programmable Logic Controller, 자동화제어장비) 기술은 특정 작업을

수행하기 위해 프로그래밍할 수 있는 컨트롤러로 다양한 공정의 자동제어를 통해 조립라인이나 로봇 장치를 신뢰성 있게 사용할 수 있다.

⑭ Motion Controller는 자동화 시스템에서 기계의 움직임과 위치를 정밀하게

제어하는 기술로, 각종 생산 장비와 시스템을 위한 가장 기초적인 정밀 구동 기기 제어 기술이다.

⑮ CNC(Computerized Numerical Control, 컴퓨터 수치제어) 기술은 컴퓨터를

조합해서 기본적인 기능의 일부 또는 전부를 실행하는 수치제어 기술로, 컴퓨터의 명령에 따라 재료를 절삭, 조각, 밀링하는 등의 가공을 자동으로 수행하는 기술이다.

⑯ 스마트센서는 기능이 단순하고 정밀도가 낮으며 사용이 불편한

이전의 센서에 비해 센싱 소자와 신호처리가 결합하여 데이터 처리, 자동 보정 자가 진단, 의사결정 기능을 수행한다. 스마트센서는 소형·경량·고성능·다기능·고편의성·고부가가치 센서로서 소자 부품과 이미지센서 활용 및 영상처리 기술과 접목하여 스마트 제조 환경을 구축한다.

○ 제조 현장에 적용하는 AI 융합 기술의 적용 범위를 나누면 다음과 같다.

표 1

제조 AI 융합 기술의 적용 범위

범위	주요 'AI 융합 기술' 요소	'AI 융합 기술'의 적용
1. 센서 및 데이터 계층	IoT 센서, 에지 노드, 통신 네트워크	온도·압력·진동 등 실시간 데이터 수집
2. 데이터 인프라 및 저장	클라우드, 에지 저장소, 데이터 레이크	대용량 제조 데이터 저장 및 처리
3. 분석 및 AI 계층	머신러닝/딥러닝 모델, 이상치 탐지, 강화학습 등	예측, 최적화, 고장 감지 등 기능 수행
4. 시뮬레이션 및 디지털트윈 계층	가상 모델, 시뮬레이터	현실 시스템 복제 및 시뮬레이션 기반 의사결정
5. 제어 및 실행 계층	PLC, 제어 시스템, 로봇 제어기, AMR/AGV 제어	AI의 명령을 실제 장비 동작으로 연결
6. 보안 및 통합 계층	OT-IT 통합, 사이버 보안, 통신 보안	제조 시스템의 보안성과 안정성 유지
7. 응용 및 인터페이스 계층	사용자 대시보드, 대시보드, 알림 시스템, 자연어 제어	관리자/운영자와의 상호작용, 시각화 등

○ 센서 계층 → 데이터 인프라 계층 → 분석/AI 계층 → 시뮬레이션 계층 → 제어/실행 계층 → 보안/통합 계층 → 응용/인터페이스 계층 순으로 AI 융합 기술의 적용 범위가 연계되고 통합된다. 이처럼 제조 AI 융합 기술은 단일 기술이나 솔루션이 아니라 여러 계층이 유기적으로 결합된 시스템 관점의 접근이 필요하다.

기술의 등장 배경

○ AI 융합 기술이 제조 현장에서 주목받기 시작한 배경은 다음과 같다.

- 전통 제조업의 한계인 고비용과 인건비 부담의 증가, 불량률과 설비 고장 등의 예측 어려움, 빠르게 변화하는 고객 수요 패턴 및 제품 다양화에 대한 신속한 대응이다.
- 센서/IoT 및 5G 통신 기술의 보급, 클라우드/에지 컴퓨팅의 보편화, AI/머신러닝/딥러닝 알고리즘의 성능 향상, 데이터 스토리지 및 처리 비용 감소 등 ICT 기술의 급속한 발전이다.
- 정부나 국가 차원의 스마트 제조, 인더스트리 4.0/5.0 추진, 제조업 경쟁력 확보를 위한 디지털 혁신 압박, COVID-19 이후 제조 복원력과 유연함의 필요성 증대 등 디지털 전환 정책 및 산업 전략에 대한 정부 지원이다.
- 탈공급망 전략·제조업의 복귀(reshoring)·공급망 재구축, 제조업 경쟁이 기술 중심으로 이동, AI 중심 제조 강국 전략 등 공급망 리스크 및 글로벌 변화에 대한 대응이다.
- 선도 국가나 기업에서의 스마트팩토리 및 자율제조 도입 성과에 따른 비용 절감, 품질 개선, 다운타임 최소화, 생산성 향상 등 스마트제조 성공 사례의 확산이다.

표 2

스마트공장 수준의 정의

출처: 산업통상자원부

○ 이상의 요인으로 인해 국내에서는 현재 스마트공장 Level 3 이상 수준으로 AI 융합 기술이 적용된 제조기업이 확산되고 있다.

수준	표준	IOT 대상	특성	조건(구축 수준)	주요 도구
Level 5 (고도화)	자율 운영	작업자, 설비, 자재, 운전 조건 + 환경	맞춤 및 완전 자율제어 (Customized)	모니터링부터 제어, 최적화까지 자율로 진행	인공지능, AR/VR, CPS 등
Level 4 (중간 2)	최적화	작업자, 설비, 자재, 운전 조건	부분 제어, 최적화 (Optimized)	공정 운영 시뮬레이션을 통해 사전 대응 가능	센서 제어기 최적화 도 구
Level 3 (중간 1)	제어	작업자, 설비, 자재	분석 (Analysed)	수집된 정보를 분석하여 작업자가 제어 가능	센서 + 분석 도구
Level 2 (기초)	모니터링	작업자, 설비, 자재	자동 측정 (Measured)	생산 정보의 모니터링이 실시간 가능	센서, RFID
Level 1 (기초)	점검	자재(LOT 관리)	식별 (Identified)	부분적 표준화 및 데이터 관리	바코드, QR

- Level 1~2단계는 기초적인 기술 수준으로, 공장 내 생산 정보가 디지털화된 단계다. 바코드, RFID 등을 통해 생산 정보를 수집하고, 제품 생산 단위(Lot Number: LOT)별로 생산과정을 실시간으로 모니터링할 수 있다.
- Level 3단계는 생산 설비, 공정, 자재와 제품 정보를 실시간으로 수집·분석하고 제어할 수 있는 단계를 의미하며, 생산 정보를 통해 품질 분석이 가능하고 분석된 정보를 기반으로 생산계획을 세울 수 있다. 기업은 분석된 정보를 기반으로 생산 관련 주요 의사결정이 가능하다.
- Level 4단계는 시스템을 통한 생산공정 제어와 사전 대응이 가능한 단계로, 수집·분석된 생산 정보를 기준으로 원인과 해결을 시스템이 스스로 판단하고 제어하여 생산이 최적화되는 단계다. 이 단계에서는 분야별 관리 시스템이 상호 실시간으로 연동될 뿐만 아니라 협력 업체까지도 유기적인 정보 공유가 가능하다.
- Level 5단계는 IoT, CPS를 기반으로 한 완성된 지능형 공장 수준이다. 모든 공정이 최적화되어 자율적으로 운영되며, 고객의 요구에 즉시 생산·배송되는 맞춤형 제조가 가능한 단계다. 현재 AI 융합 기술은 Level 5단계의 자율생산체계를 목표로 기존 정보 기반의 설비, 도면, 매뉴얼, 자재 등의 정보를 디지털화하고, IoT 기반의 데이터를 연결하여 지능화되어 가고 있다.

2. 국내외 시장 동향

국내 시장 동향

- AI 융합 기술이 국내 제조 현장에 적용된 것은 2015년부터 정부 정책으로 추진한 중소·중견기업 대상 스마트공장 보급/확산 사업에서 본격적으로 시작되었다.

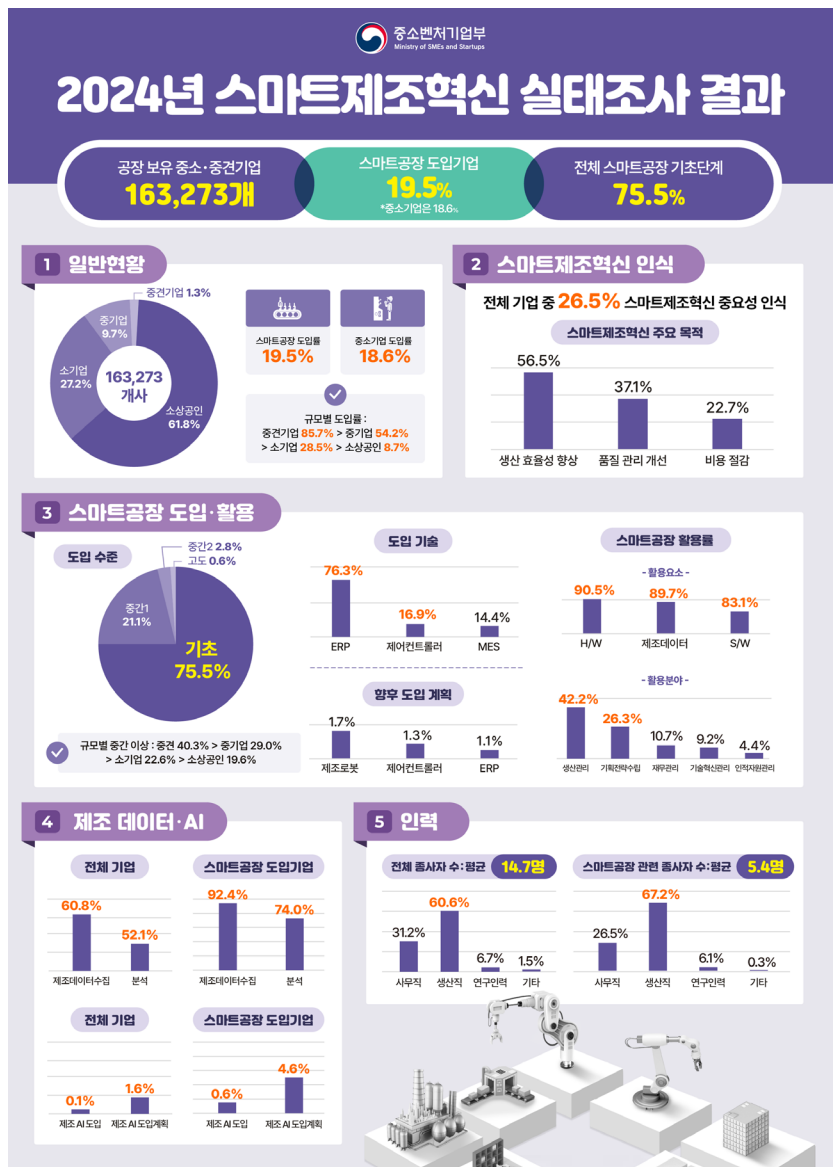
그러나 다음의 '2024년 스마트제조혁신 실태조사 결과'와 같이 공장을 보유한 중소·중견기업 163,273개 사 중 스마트공장을 도입한 기업은 전체 중 19.5%(중소기업은 18.6%)이다. 이 중 75.5%가 기초 수준의 스마트공장 단계이며, 스마트공장 활용률은 80%를 상회하고 제조 SI의 도입률은 0.1% 수준을 나타내고 있다. 좀 더 세부적으로 살펴보면, 주요 도입 기술은 ERP(76.3%), 제어 컨트롤러(16.9%), MES(Manufacturing Execution System, 생산관리시스템, 14.4%)이며, 향후 도입을 계획하고 있는 기술은 제조 로봇(1.7%), 제어 컨트롤러(1.3%), ERP(1.1%) 순이다.

그림 3

2024년 스마트제조혁신

실태조사 결과

출처: 중소벤처기업부 (25.04)



- 제조 데이터를 수집하고 있는 기업은 전체의 60.8%로, 이 중 52.1%가 실제 분석을 수행하고 있는 것으로 나타났다. 스마트공장을 도입한 기업의 92.4%가 제조 데이터를 수집하며, 이 중 74.0%는 분석을 진행하고 있다. 제조 AI를 도입한 기업은 전체의 0.1%, 도입 계획이 있는 기업은 전체의 1.6%로 확인됐으며, 스마트공장 도입 기업의 경우 5.2%가 제조 AI를 도입했거나 도입 계획이 있는 것으로 조사되었다. 제조 데이터·AI 관련 전담 부서 및 인력을 보유한 기업은 0.8%로 나타났다.
- 본 조사가 나타내는 시사점은 중소 제조 현장의 디지털 전환을 촉진하고, 제조 디지털 전환의 기반 위에서 제조 AI가 확산되도록 지역 특화 제조 AI 센터를 구축하고 제조 AI 전문 기업을 육성하는 등 제조 디지털 전환과 동시에 인공지능 전환(AI) 생태계 조성이 필요하다는 것이다. 따라서 국내에서는 지금부터가 인공지능을 중심으로 사물인터넷, 빅데이터 분석, 클라우드/에지 컴퓨팅, 로봇틱스, 디지털트윈, 제어 시스템 등이 유기적으로 결합되어 제조 공정을 지능화·자율화하는 AI 융합 기술이 중소·중견 제조 현장에 적용·확산될 수 있는 시기다. 나아가 AI 융합 기술 기반의 자율제조 구현의 성패는 그동안 축적된 제조 현장 숙련공의 암묵적 지식(암묵지, 暗黙知)을 어떻게 데이터화(형식지, 形式知)할 것인지에 달려 있다 할 것이다.
- 우리나라 제조 AI 융합 기술의 시장 현황은 대기업과 중소기업 간 기술 도입 수준의 격차가 뚜렷하다. 대기업을 중심으로 생성형·에이전트 AI 도입은 비교적 활발하다. 삼성전자 등 대기업은 반도체·전자 제조 공정의 설계-생산-품질관리 전 과정에서 AI 분석 기술을 도입하고 있으며, 일부 파일럿 단계에서는 생성형 AI 기반 제어·피드백 시스템을 시험 운영 중이다. 또한 디지털트윈, 물류 AI, 피지컬 AI, 휴머노이드 로봇 개발을 위한 전담 조직인 '이노엑스 랩(InnoX Lab)'을 설립하여 운영 중이다. 반면에 중소기업은 스마트센서와 머신비전 기반의 정형적인 자동화 수준에 머물러 있고, 데이터 부족, 전문 인력 미비, 기술 접근 장벽, 자금 부족 등으로 본격적인 AI 융합 기술 도입에 제약이 있다.

해외 시장 동향

- 글로벌 제조 AI 시장 규모는 2024년 약 341.8억 달러에서 2030년 약 1,550.4억 달러로 연평균성장률(CAGR)이 약 35.3%에 달할 전망이다*. AI 기반 예측 유지보수, 품질 검사 시스템, 생산 최적화 솔루션 등이 주요 수요 분야이며, 미국, 독일, 일본, 중국 등 주요국에서는 정부 주도 및 산업계를 중심으로 스마트제조 생태계 강화를 추진 중이다. 그리고 자동화 기업, 로봇틱스 기업, 소프트웨어 기업이 솔루션

출처: MarketsandMarkets

제공자로 부상하고 있으며, 제조 데이터 플랫폼, AI 서비스형 모델(SaaS/MaaS) 등의 플랫폼 중심 전략이 확산되고 있다.

- 미국은 대기업을 중심으로 생성형 AI 도입을 본격화하고 중견 제조업체들도 AWS 기반 솔루션을 통해 AI 기반 공정 최적화와 품질관리에 적극 대응하는 등 수요자 측 기술 수용성이 매우 높은 편이다.
- 중국은 CATL, BYD 등 대기업이 자체 생성형 AI로 공정 조건을 실시간 최적화하고 있으며, 전국적으로 3만 개 이상의 스마트공장을 가동 중이다.
- EU(독일 제외)는 'Manufacturing-X' 'GAIA-X' 등을 통해 중견 제조업체에 디지털트윈·예지보전·생성형 AI 활용을 유도하여 독일보다 도입 속도는 느리나 EU 정책 연계로 탄탄하게 진행 중이다.
- 독일은 대기업 중심으로 디지털트윈과 생성형 AI를 연계하여 생산성, 품질, 유지보수 영역까지 추진 중이며, 일부는 실시간 최적화까지 적용하고 있다. 중소기업도 프라운호퍼연구협회(Fraunhofer-Gesellschaft) 등과 연계한 공공 프로젝트를 통해 점진적으로 시장이 열리고 있다.
- 일본은 생성형·에이전트/피지컬 AI를 활용한 스마트팩토리 고도화에 대기업이 집중하는 반면, 중소기업은 여전히 기초적인 AI 자동화 수준으로 진행 중이다.

3. 국내외 기술 동향 및 추진 사례

국내 기술 동향

- 국내 연구기관과 기업들이 제조 데이터 AI 학습 통합 기술, AI 모델 관리 모듈 등의 현장 실증 연구를 추진 중이다. 또 AI 기반 예지보전, 품질 검사 시스템 개발 및 실증도 추진하고 있으며, LLM 기반 로봇 제어, 생성형 AI 기반 설비 파라미터 제어 등의 연구 결과가 발표되고 있다. 한편으로는 인력 부족, 비용 부담, 데이터 인프라 제약 등 중소기업의 애로 요인에 따른 AI 융합 기술 활용 역량을 고취하기 위한 정부 주도의 제조 AI 얼라이언스, AX(인공지능 전환) 지원 조직 설립 등 기술 생태계 조성이 진행 중이다.
- 특히 생성형 AI의 등장 이후 제조업의 패러다임이 기술 중심의 디지털 전환에서 인공지능이 현장을 스스로 판단·실행하는 자율 운영체제 중심의 인공지능 전환으로 변화에 대응하고 있다. 그간의 디지털 전환은 생산성과 효율성을 제고하며 제조업 혁신을 촉진했으나 정형화된 기술과 사전 설계된 알고리즘 중심의 접근으로 인해 구조적 한계와 문제점을 드러냈다. 이에 대해 설계, 생산, 물류, 유지보수 등 전 밸류체인에 걸쳐 AI 기술을 적용하고 자율성과 적응성, 물리적 실행력을 확보하는 AX 전략을 추구하는 방향으로 개편 중이다.

- 국내 대기업들은 플랫폼 구축을 넘어 솔루션 공급까지 확대하기 위한 기술을 개발하고 있다. LG CNS는 산업용 엔지니어링과 SW 분야 글로벌 기업인 아비바(Aveva)와 함께 서로의 기술력을 융합하여 AI 융합 기술 기반 시스템을 개발하고 있다. SK AX(前 SK C&C)는 유럽, 북미 등 글로벌 제조기업을 대상으로 디지털트윈 기반 공정 최적화, AI 생산계획 자동화, 에너지 관리 최적화 등 현장 맞춤형 AI 솔루션을 개발하고 있다.
- 현대오트모버는 스마트팩토리, 예지보전, 품질 검사 등 제조 현장에 적용 가능한 AI 솔루션을 개발 중이다. 또한 피지컬 AI의 발전을 위해 AI 반도체, 기반 모델, 로봇 기술 개발이 진행 중이지만 주요국 대비 대규모 투자가 부족하고 연구소·스타트업 중심의 기술 개발 구조 등에 한계가 있다.

국내 추진 사례

1) 반도체 분야

출처: IDC

- 반도체 시장은 AI, 클라우드, 데이터센터 수요 증가로 지속적인 성장이 예상된다. 2025년 반도체 시장은 전년보다 16% 성장한 1,123조 6,900억 원(7,798억 달러) 규모이며, 2030년경에는 시장 규모가 1조 달러를 돌파할 전망이다.*
- 반도체 공정은 초미세 공정, 고품질 수율, 고가 장비 중심으로 비용 구조가 매우 민감한 업종인데, SK하이닉스는 가우스랩스의 센서 데이터 기반으로 공정 결과를 AI가 예측하는 가상 계측(Virtual Metrology) 솔루션인 'Panoptes VM'을 박막 증착 공정에 적용했다. 이를 통해 공정 산포가 평균 21.5% 개선되고 수율 향상을 달성했다. 이 솔루션은 기존 계측 장비를 사용하지 않고, 예측 기반으로 공정 상태를 감지하여 비용과 시간 모두를 절감했다. SK하이닉스는 증착 공정 등 핵심 공정에도 AI를 접목하여 방대한 공정 데이터를 자동 분석하는 스마트팩토리 구축을 추진 중이다.
- 이와 더불어 SK하이닉스는 AI 메모리 생태계, HBM(High Bandwidth Memory) 분야에서의 기술 경쟁력 강화 전략을 병행하면서 AI 중심 반도체 생태계에 자리매김하기 위해 노력 중이다. 또한 내부 업무 혁신을 위해 생산·제조 업무에도 적용 가능한 생성형 AI 플랫폼 '가이아(GaiA)'를 개발하고 있다. 이를 통해 장비 보전, 글로벌 기술 분석, 회의록 작성 등 다양한 부서 업무에 AI 에이전트를 배치하려는 전략이다. 가이아 플랫폼은 부서/업무별 맞춤형 AI 에이전트를 구현 가능하게 하며, 사내 데이터/지식 기반 질의응답 기능도 제공한다.

- SK하이닉스는 또한 2027년 가동 예정인 용인 클러스터 팹에 AI 중심의 자동화 시스템을 도입할 계획이다. 특히 TAQ(추적 자동화 품질) 시스템을 활용해 설비 예방 정비의 정확성 검증을 시가 자동으로 수행하며, AMS(적응형 계측 샘플링) 기술을 적용해 불필요한 계측 과정을 생략하는 방식으로 효율화를 꾀하고 있다. TAQ 시스템 적용 시 기존 대비 판정 시간을 30분 단축하고, 업무 생산성도 75% 향상될 것으로 기대된다.
- 삼성전자는 온양/천안 공장에 세계 최초의 반도체 패키징 무인화 라인을 도입하였으며, 2030년까지 반도체 관련 전 공정을 스마트공장 Level 5 수준의 기계 중심으로 만드는 목표를 세우고 있다. AI 기반 품질 예측 및 불량 감지 시스템 도입으로 제조 현장에서 반복되는 검사, 조립, 이동 작업 등에 AI 기반 자율 이동 로봇(AMR; Autonomous Mobile Robot), 비전 AI 등을 활용하고 있다. 또한 공정 데이터 기반 품질 예측 모델을 적용해 불량 가능성이 있는 칩이나 웨이퍼를 사전에 식별하고 개입함으로써 불량률을 줄이고 있다. 나아가 디지털트윈 기술을 활용해 생산라인 병목, 공정 지연 가능성 등을 가상 시뮬레이션하고 사전에 보정하는 효과도 창출하고 있다. 삼성SDS로부터 AI+RPA+IoT 융합 ‘하이퍼오토메이션’ 시스템을 도입해 AI 기반 의사결정, 자동 업무 처리, 통합 플랫폼 중심의 제조 운영 자동화 등 다층적 자동화 전략을 꾀하고 있다.
- 반도체 공정에서는 이상 탐지, 설비 예지보전, 공정 변수 최적화, 클린룸 환경 제어 등이 주요 AI 융합 기술 적용 분야이며, 특히 AI 기반 공정 모델링 및 시뮬레이션 기술이 각광을 받고 있다. 반도체 설비 업체들도 AI/데이터 분석 솔루션 모듈을 통합 제공하는 방향으로 전환 중이다.
- 자동차 산업은 복합 부품, 조립 공정, 공급망 연계가 복잡하여 AI 융합 기술의 적용 가능성이 높은 산업이다. 설계, 품질 검사, 공정 제어, 유지보수, 공급망 최적화 등 전 과정에서 활용된다.

2) 자동차 분야

- 현대자동차는 글레오 AI와 HMGICS AIR 센터(현대차그룹 싱가포르글로벌혁신센터 내 AI 연구센터)의 AI 기술을 도입해 제조업 AI의 새로운 표준을 제시하고 있다. 초거대언어모델을 기반으로 한 이 시스템은 실시간으로 공장과 차량 운영 상황을 인식하고 자동화 로봇을 제어하며, 음성 명령을 통한 차량 기능 제어까지 지원한다. 도입 결과, 자동화율과 생산효율이 크게 향상되었으며, 현장에서 발생하는 문제의 해결 시간이 대폭 단축되었다. 특히 스마트팩토리 내에서 협업 시너지가 창출되어 전체적인 생산성 향상을 이끌어 내고 있다.

- 자동차 업종에서의 AI 융합 기술은 AI 기반 품질 검사(비전 AI), 결함 검출, 로봇 협업, 자율 조립 공정 등이 활발히 연구 중이며, 예지보전, 공급망 예측, 디지털트윈 기반 시뮬레이션 기술이 확산되고 있다. 일부 업체는 생성형 AI를 설계 단계나 파라미터 제안에 활용하려는 움직임도 있다. 디자인 검사 자동화 영역에서는 AI 로봇 + CAD 통합 기술도 적용 중이다.

3) 이차전지 분야

- 전기차 확산과 함께 이차전지 생산과 재활용 산업의 중요성이 커지고 있다. 이차전지의 품질, 수명 예측, 재활용 부품 해체 등을 자동화하고 최적화해야 할 필요가 생긴 것이다. AI와 다중 센서를 활용한 자율 배터리 해체 로봇 시스템은 볼트 해체, 구조 식별, 계획 실행 등을 AI가 제어하는 방식으로 성공률이 약 98.78% 수준이다. 이 시스템은 로봇 제어, 시각 인식, 경로 계획 등을 통합적으로 수행하는 AI 융합 기술의 좋은 사례다. 전기차를 비롯한 ESS(에너지 저장 장치) 시장의 확장과 함께 BMS(배터리 관리 시스템)와 AI의 통합이 이루어지고 있으며, 배터리의 상태를 실시간으로 모니터링하고 수명 예측, 충/방전 제어 최적화를 수행하는 솔루션이 제품화되어 있다. 배터리와 전기차 폐부품의 재활용 공정에서는 구조 식별, 해체 순서 결정, 분리 자동화 등의 기능이 요구되며, AI+로봇 융합 기술을 적용하고 있다.

해외 기술 동향

- 선도국에서는 현재 현실 시스템의 가상 복제 모델에 실시간 데이터를 연동하여 예측하고 최적화하는 디지털트윈 기반 AI 통합 기술이 개발 중이다. 또 자율로봇/AMR/AGV(Automated Guided Vehicle, 무인 운반차)와 관련하여 강화학습, 협업 로봇, 자율 이동 로봇 기술의 융합이 진행 중이다. 이 외에도 현장 제약(지연, 네트워크) 대응을 위한 에지 경량화 AI 모델과 생성형 AI 및 LLM을 활용한 자연어 명령 기반 제어, AI 보조 설계, 파라미터 추천 등의 AI 융합 기술이 개발되고 있다. 제조 시스템 보안 관련하여 OT-IT 통합과 보안 기술이 강화되고 있으며, 제조업체가 필요 기능만을 구독하여 사용할 수 있는 MaaS(Manufacturing as a Service) 기반 AI 플랫폼 기술도 개발 중이다.
- 미국은 AI 가속기 기업(NVIDIA, AMD, Intel 등)들이 고성능 연산 인프라인 AI 반도체(GPU 등)를 기반으로 하드웨어 기술 개발을 주도하고 있으며, 전통 제조 SW 기업과 클라우드·플랫폼 기업들은 생성형 AI 기반 생산계획 최적화, 멀티 에이전트 공정 운영, 피지컬 AI 로봇 솔루션 개발을 선도하고 있다.

- 중국은 AI 칩·서버 등 하드웨어와 비전 AI 중심 솔루션을 제조 현장에 확대 적용하는 동시에 자국산 AI 솔루션 기업 중 일부는 피지컬 AI 부문 진출을 본격화 중이다. 화웨이(Huawei Technologies)는 ‘Ascend AI’ 칩을 탑재한 공장용 AI 서버(CloudMatrix 등)를 개발해 제조 현장에 고성능 연산 인프라를 공급하고 있으며, 메그비(Megvii Technology)는 안면 인식 기반 기술을 바탕으로 제조업에 적용하고 딥러닝 기반 비전 AI 솔루션을 통해 품질 검사, 물류 자동화, 안전 관리 등을 지원하고 있다. 중국은 전 세계 로봇 특허의 약 3분의 2를 보유하고 있으며, 국제 경쟁사 대비 절반 이하의 가격으로 로봇을 생산할 수 있는 가격 경쟁력을 확보 중이다.
- 독일은 디지털트윈, 비전 AI, 센서 융합 기술을 기반으로 제조 현장의 자율화를 실현하고 있으며, 이를 토대로 스마트팩토리(‘Industrie 4.0’) 관련 기술과 솔루션의 글로벌 수출을 확대하는 전략을 추진 중이다. 지멘스(Siemens)는 AI 기반 디지털트윈 솔루션과 연계된 스마트 자동화 장비를 개발하여 동남아·중국·중동 등지에 수출하고 있다. 보쉬(Bosch)는 생산관리, 모니터링 및 제어를 더욱 개선하기 위해 생성형 AI를 활용한 기술 개발과 로봇·설비 등 하드웨어 내에 AI가 내재된 온디바이스 AI 시제품(BHI380 등)을 개발하고 있다.
- EU(독일 제외)는 민간 기술 기반보다 공공 중심의 R&D 및 산업 정책을 통해 제조 AI 공급 기술을 확대하고 있으며, 중견 솔루션 기업과 스타트업 중심의 특화 기술이 활발히 개발 중이다. 프랑스의 다쏘시스템(Dassault Systèmes)은 디지털트윈 및 공정 설계용 AI SW(CATIA, DELMIA 등)를 글로벌 제조업체에 공급하기 위한 기술을 개발 중이다. 스웨덴의 ABB는 AI 기반 공정 제어 솔루션을 개발·제공하고 있으며, 헥사곤(Hexagon AB)은 AI 기반 정밀 계측·품질관리 솔루션을 개발하여 제조 공정의 데이터 기반 최적화와 자율화를 지원하고 있다. 스위스의 Hexagon AB가 산업용 휴머노이드 ‘AEON’을, 프랑스의 완더크래프트(Wandercraft)는 르노 그룹과의 전략적 파트너십을 통해 역시 휴머노이드인 ‘Calvin-40’을 개발하여 피지컬 AI 시장에 진출 계획이다.
- 일본은 AI 기능을 제조 장비와 부품에 내재화하는 기술을 개발하는 중이다. 생성형 AI 모듈의 내부 적용과 수직계열화된 제조업 산업 구조를 바탕으로 통제 가능한 범위 내에서 기술의 고도화와 안정성 확보에 집중하고 있다. 오므론(Omron, オムロン)은 AI 기반 적응형 로봇 팔의 양산을 위해 개발 중이며, 후지츠(Fujitsu, 富士通)는 제조 현장에 에이전트 AI를 개발하여 품질 검사, 생산 관리, 안전 모니터링 등 현장 운영을 지능형으로 자동화하고 있다. 최근 AI 기술의 발전에 따라 피지컬 AI 분야로 전환하는

흐름에서 미국·중국 대비 경쟁력이 약화되자 AI 내재형 로봇을 중심으로 기술 개발을 진행 중이다.

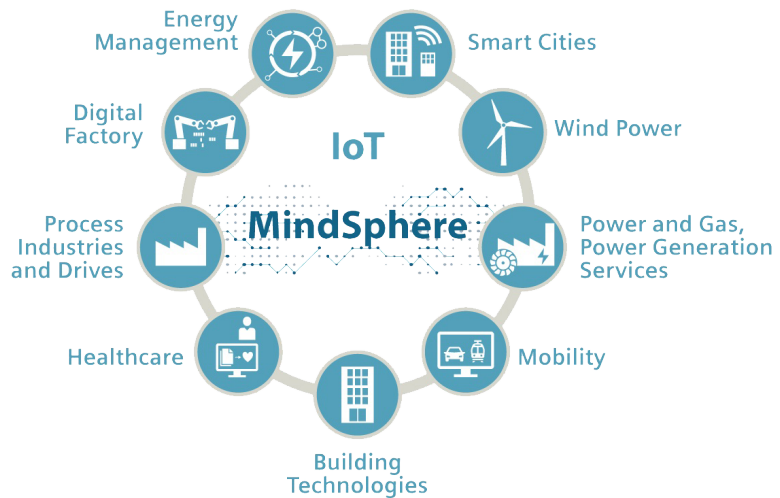
해외 추진 사례

1) 독일의 Siemens

- 독일의 Siemens는 원천에 본사를 둔 다국적 기업으로, IoT를 기반으로 ‘생각하는(스마트) 공장’을 제공하고 있다. 인터넷과 연결된 공장의 생산 라인과 클라우드에 집약된 데이터를 인공지능이 분석하여 효과적이고 유연한 생산을 실현하면서 마치 살아 있는 것과 같은 공장으로 운영하고 있다. 맞춤 제작품을 저렴한 비용으로 양산할 수 있을 뿐 아니라 클라우드에 데이터가 집약되기 때문에 공급 체인 전체를 지원할 수 있으며, 설계, 물류, 판매까지 최적화되어 있어 비용과 시간을 아낄 수 있다. Siemens는 서비스 형태로 제공되는 지능형 소프트웨어 제조 플랫폼인 ‘마인드스피어(MindSphere)’를 출시했으며, MindSphere는 클라우드 기반의 개방형 IoT 운영 시스템으로서 지멘스 디지털 솔루션의 핵심 플랫폼이다.

그림 4

지멘스의 클라우드 기반
개방형 IoT 운영 시스템인
MindSphere
출처: SIEMENS



- MindSphere의 핵심은 개방성과 범용성이다. MindSphere는 구체적으로 MindApps(지멘스와 협력사에서 만든 앱으로, 데이터 처리 및 분석 툴 제공), MindSphere(Operating System with SAP, AtoS, Microsoft Azure), MindConnect(plug – and – play connection을 지멘스와 협력사에 제공)의 3가지로 구분하며, 전 공정의 데이터를 아마존 웹 서비스(AWS)와 연계하여 수집하고 분석하여 지능화한다. MindSphere의 AI 융합 서비스는 다음과 같은 서비스를 제공한다.

- 플랫폼 자체를 제공하여 공장 데이터를 MindSphere에 저장해서 관리할 수 있도록
공장과 MindSphere를 연결한다.
- 공장의 공정에서 발생한 데이터를 분석해서 새로운 정보를 제공한다.
- 고객이 원할 경우 분석된 데이터를 기반으로 컨설팅 서비스를 제공한다.

○ 기대 효과로는 설비의 다운타임 감소, 품질과 수율 향상, 공정 실패나 품질 이슈를
감소시킨다.

2) 일본의 Fujitsu

○ Fujitsu는 고객의 제품 제조를 지원하기 위해 설계 및 생산 현장에 AI 기술을
활용하는 전문 컨설팅 서비스로 자사의 제조 AI 프레임워크인 ‘Human Centric
AI Zinrai’를 도입했다. 이 Fujitsu의 AI 기술은 스마트한 제조를 실현하기 위한
플랫폼을 제공하며, 설계 및 생산 현장의 업무 프로세스를 지속적으로 학습하여
고객의 니즈와 제품 특성에 대한 데이터를 수집·선별하고 정밀도를 향상하기 위해
자체 튜닝을 지속적으로 실행한다. 이를 통해 생산성이 비약적으로 향상되었는데,
예를 들어 공장에서 생산된 나사의 3D 모델을 검색할 때 AI를 활용해 검색 정밀도가
기존에 비해 1.5배 증가한 96%라는 높은 정밀도를 기록했다. 또한 AI는 사용률수록
성장하기 때문에 상품 설계를 검토하는 시간을 단축하고 생산 라인의 효율성도
증가시킨다.

4. 시사점

- AI 융합 기술이 제조 현장에 성공적으로 적용되기 위해서는 개별 기술 단위보다
시스템적·계층적 통합 관점에서 전략적 접근이 요구되며, 우선적으로 반도체, 자동차,
배터리 등 각 산업별 특성을 반영한 AI 융합 기술 특화 모델의 정립이 필요하다. 또
데이터 표준, 인터페이스 표준, 개방형 API 등 AI 융합 기술의 표준화 및 개방성
확보가 필요하며, AI 융합 기술의 적용 시 OT(운영 기술)–IT(정보기술) 통합 환경에서
사이버 보안 위협에 대응할 수 있는 보안 및 신뢰 확보 인프라도 조성되어야 한다.
- 다만 자원 부담, 전문 인력 부족, 데이터 인프라 부족 문제에 직면하고 있는 중소기업에
대한 제도적 지원을 강화해야 하며, AI 솔루션 기업, 플랫폼 기업, 제조기업, 연구기관
간 협업 생태계의 기반이 지속적으로 조성되어야만 한다. 인적 요소로는 AI 융합 기술
역량을 보유한 인재의 양성, 조직 내 데이터 중심 문화의 제고 등 AI 융합 인재 양성과
조직 문화에 대한 관리가 필요하다.

- AI 융합 기술의 제조 현장에 대한 적용 시 전면적 도입보다는 파일럿 중심으로 적용·확대하는 방식의 리스크 관리도 필요하다. 나아가 도입 후 성과 중심 평가 및 피드백 체계를 구축하여 지속적인 관리 개선을 해야 한다.
- 제조업의 AI 융합 기술 적용은 특정 산업 사례를 통해 성과를 보여주고 있다. 반도체는 정밀 제어 및 수율 향상, 자동차의 복합 공정 자동화 및 품질 개선, 배터리 산업의 자율 해체 및 수명 관리에 AI 융합 기술이 핵심 역할을 수행하고 있다. 즉 제조 현장에 AI 융합 기술을 적용하는 것은 미래 제조 경쟁력 확보를 위한 핵심 전략이 되었다.
- AI 융합 기술은 매우 복잡적이고 시스템적이므로 단순한 현장 자동화 수준을 넘어 전체 제조 시스템의 지능화와 자율화를 목표로 해야 한다. 국내에서는 현재 도입 초기 수준이지만, AI 융합 기술의 성공적 도입을 위한 전략적 단계 접근, 생태계 조성, 보안과 신뢰 확보, 인재 및 문화 변화, 지속적인 정부 지원 정책 등으로 AI 융합 기술 중심의 제조 강국으로 도약하길 기대한다.

1. 김호겸 외, “주력산업 지능화를 위한 제조 혁신 기술 동향”, 「전자통신동향분석」 통권 205호 Vol. 38. No. 6., pp. 75-83, 2023.12.01.
2. Peng. Y., et al., “Revolutionizing Battery Disassembly: The Design and Implementation of a Battery Disassembly Autonomous Mobile Manipulator Robot(BEAM-1)”, 2024 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems(IROS), IEEE, 2024.10.
3. Rober X. Gao, et al., “Artificial Intelligence in manufacturing: State of the art, perspectives, and future directions”, *CIRP Annals* Vol. 73 Issue 2, pp. 723-749, 2024.07.22.
4. 문희수·정휘상, 「글로벌 제조업 AX 동향 및 국내 정책 대응 방향: 글로벌 이슈 특집 2025-01」, 한국산업기술진흥원, 2025.09.
5. IRS Global 편집부, 「다양한 산업 분야에 활용될 맞춤형 인공지능·설명 가능한 인공지능(XAI) 혁신 기술 트렌드 및 향후 전망」, IRS Global, 2022.05.18.
6. 강승희, “제조 분야 인공지능 활용 동향과 도입 고려사항”, 「월간 SW 중심사회」 5월호 동향 1, SPRI 소프트웨어정책연구소, 2021.05.20.
7. 김준호, “Industry 5.0: 스마트 팩토리 주요 기술 동향”, 「ITFIND 주간기술동향」 2128호, 정보통신기획평가원, 2024.04.03.
8. 이정민, “기업 내 AI 활용 현황 및 애로사항 분석: 제조업을 중심으로”, IT & FUTURE STRATEGY 2025-2, NIA, 2025.05.29.
9. 장영재, “AI 시대 제조업의 패러다임 변화: ‘자율제조’와 ‘산업 혁신’”, 「Tech Focus」 Vol. 12. 한국산업기술기획평가원, 2024.10.07.
10. Anushka Dixit, “How AI is transforming automotive manufacturing: A deep dive into key technologies, optimisations and efficiency gains”, ams, 2025.01.10.
11. Mykyta Fomenko, “Generative AI in Automotive: Why are Industry Leaders Integrating AI-Driven Solutions?”, Master of Code Global, 2025.09.24.
12. “가상 스마트공장 사례로 살펴본 보안 아키텍처 활용 절차”, CISO 뉴스, 한국CISO협의회, 2021.02.19.
13. “국내 제조업 AI 적용 사례 완벽 분석 2025: 스마트팩토리부터 품질관리까지”, DARVIS, 2025.09.02.
14. “SK하이닉스, 웨이퍼 제조 공정 결과 예측하는 AI 솔루션 ‘Panoptes VM’ 도입, 양산 적용”, SK하이닉스 뉴스룸, 2023.01.10.
15. “AI in the automotive industry: Trends, benefits & use cases (2025)”, S&P Global, 2025.07.25.
16. “MindSphereVisão geral”, Siemens Industry Online Support, SIEMENS, 2019.05.
17. 이호길, ““세계 최고 자동화 팹 만든다”...SK하이닉스, 용인 클러스터에 AI 도입”, 「전자신문」, 2025.07.15.
18. 정서영, “[AI팩토리가 온다②] 삼성, 2030년 반도체 100% 기계가 만든다”, 「인사이트코리아」, 2025.06.25.
19. “2024년 스마트제조혁신실태조사 결과 발표”, 중소벤처기업부 보도자료, 2025.04.29.
20. 「Artificial Intelligence in Manufacturing Market Size, Share & Trends」, MarketsandMarkets, 2025.08.

AI 기반 모듈형 드론의 핵심 부품 및 체계 개발 동향

정진휘 방산 PD | KEIT 조선방산항공실

김두형 기술이사 | 첨단민군산업협회

요약

- 미-중 글로벌 기술 패권 경쟁과 지정학적 공급망 불안정 속에서 AI 기반 모듈형 드론의 핵심 부품 및 체계 기술 개발은 단순한 군사적 과제를 넘어 국가 전략산업의 핵심축으로 부상하고 있다. 그러나 국내 소형 드론 시장에서 중국산 부품 의존도 심화, 보안 취약성 및 수출 통제 리스크는 국내 드론 산업의 지속 가능성을 위협하는 구조적 문제로 나타나고 있다.
- 이에 따라 한국군의 작전 환경에 최적화된 AI 기반 감시·정찰·공격용 모듈형 소형 드론의 핵심 부품 국산화 전략을 중심으로 기술적·정책적 접근 방안을 제시한다. 구체적으로는 ① 공급망 다변화 및 국산화 추진 체계 구축, ② AI 자율 비행·군집 제어 알고리즘 고도화, ③ 통신·항법·보안·기술 내재화, ④ 표준화된 모듈형 플랫폼 개발을 주요 축으로 설정했다.
- 이러한 국산화 전략은 단순한 부품 대체 수준의 기술 개발이 아니라 국내 산업 생태계 자립과 국방·민수 융합형 시장 창출을 병행하는 산업 전략 모델로서 의미를 갖는다. 핵심 부품의 자립화는 향후 드론 제조와 운용 전반의 신뢰성·보안성·지속성을 높이는 동시에 글로벌 조달 시장에서 국가 경쟁력과 기술 주권을 확보하는 결정적 요소로 작용할 것이다.
- 단기적으로는 안정적 부품 공급망 체계와 기술 표준 확립, 중장기적으로는 AI 중심의 자율·군집 드론 체계 국산화를 통해 한국군이 미래 전장에서 정보 우위와 작전 지속성을 확보하게 되는 실질적 기반을 마련할 수 있다. 이는 곧 국가 안보와 산업 경쟁력 강화가 결합된 국가 전략적 국산화 로드맵을 제시하는 것이다.

1. 개요

기술의 개념

1) AI 기반 모듈형 드론의 기술 개념

- AI 기반 모듈형 드론 기술은 기존의 단순 원격조종형 무인 항공체에서 진화하여 ‘자율적 판단 임무 수행과 군집 협업이 가능한 지능형 항공 시스템(Intelligent Aerial System)’을 지향한다. 이 기술은 AI를 중심으로 센서 융합(Sensor Fusion), 통신 네트워크(5G/MANET), 자율제어 알고리즘, 모듈형 플랫폼 구조가 통합된 복합체로 정의된다.

그림 1

AI 기반 모듈형·지능형
드론 시스템의 운용 개념
출처 : 첨단민군산업협회



2) AI 기반 모듈형 드론의 특징

- 핵심적으로 AI 기반 모듈형 드론은 다음 세 가지 기술적 특성을 갖는다.
- 첫째, 인공지능 기반 자율·협업 운용(AI Autonomy & Swarm Collaboration)의 특성을 갖는다. 기존 드론이 조종자의 명령에 종속되어 운용되었다면 AI 기반 드론은 탐지-처리-결심-행동(Perception-Processing-Decision-Action)의 전 과정을 알고리즘이 자동 수행한다. 딥러닝 기반 영상 인식, 강화 학습 기반 경로 탐색, 군집 자율제어(Swarm Intelligence) 등의 기술을 통해 다수의 드론이 자율적으로 임무를 분담하고 협업 수행이 가능하다. 이는 단일 기체 중심 운용의 한계를 넘어 자율·분산형 무인 체계로의 전환을 의미한다.
- 둘째, 모듈형 구조(Modular Architecture)와 체계 통합성(System Integration)의 특징을 갖는다. 모듈형 드론은 추진계, 전원계, 항법·제어, 통신, 페이로드, 보안 SW 등 6대 핵심 부품군을 표준화된 인터페이스로 결합한 플랫폼이다. 각 부품은 Plug & Play 방식으로 교체·확장이 가능하며, 다양한 임무 환경(정찰·공격·전자전·물류 등)에

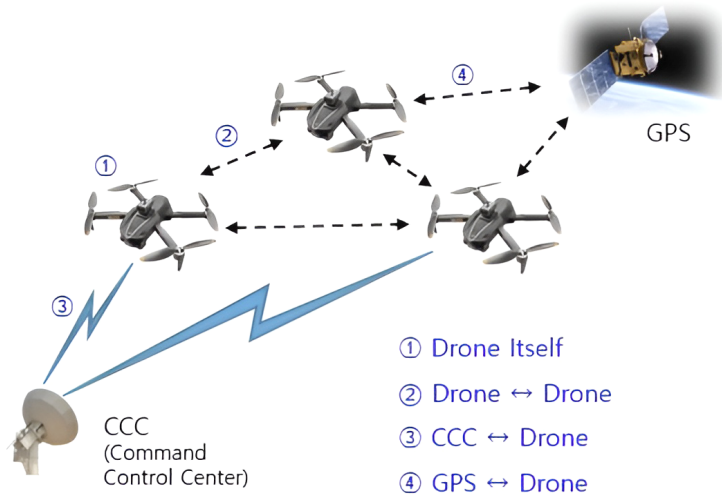
맞게 모듈 전환성(Mission Modularity)을 확보한다. 이러한 구조는 부품의 국산화 개발, 유지 보수 효율성, 수출형 파생 모델 전환 등에 유리하며, 국내 산업 생태계의 기술 분업화·표준화의 기반을 제공한다.

- 셋째, 통신·보안·항법 기술의 융합형(Networked & Secured Integration) 체계의 구성이다. AI 기반 드론은 단순한 하드웨어 집합체가 아니라 5G 특화망·MANET(Mobile Ad-hoc Network)·위성 링크 등 다중 네트워크를 이용한 실시간 데이터 공유·임무 제어 체계로 구성된다. 특히 군사·공공용에서는 제밍·스푸핑·정보 유출 대응을 위한 보안 내재화가 필수적이다. GNSS(Global Navigation Satellite System, 위성 항법 시스템) 장애 환경에서도 관성·비전·지형 정보를 융합하여 항법 성능을 유지하는 탄력적 항법(Resilient Navigation) 기술이 포함된다.

그림 2

드론 운용 네트워크의 보안 요소

출처: 첨단민군산업협회



- 이처럼 AI 기반 드론 체계의 산업적 정의는 단순 비행체가 아닌, AI·네트워크·센서·보안 기술이 집약된 융복합 산업 플랫폼이라 할 수 있다. 이는 단순한 드론 개발이 아니라 국가 전략 기술·산업 자립·공급망 혁신을 동시에 달성할 수 있는 핵심 분야다.
- AI 기반 모듈형 기술은 단일 비행체의 기능 향상에 국한되지 않고, 국방·산업·공공 분야 전반에서 운용 가능한 통합 기술 생태계로 확장되고 있다. 따라서 기술의 범위는 단순한 부품 차원이 아니라 체계(System)－플랫폼(Platform)－운용 환경(Operation) 전 단계를 포괄한다.

기술의 범위

○ 기술의 범위는 다음과 같이 세 가지 관점으로 구분하여 정의한다.

① 기술적 범위(Technical Scope)는 AI 기반 모듈형 드론의 기술적 구성을 크게 6대 핵심 기술군으로 구분하며, 각각의 세부 기술은 상호 연동되어 하나의 통합 체계로 작동한다. 각 기술군은 독립적으로 발전하지만, AI 자율제어-네트워크-보안의 3대 축이 결합될 때 전체 시스템의 신뢰성과 전장 운용성이 확보된다.

표 1
AI 기반 모듈형 드론의
6대 핵심 기술군

구분	주요 구성 요소	기술적 역할	개발 목표
① 추진계 (Propulsion)	BLDC 모터, ESC, 프로펠러	비행 추진력 및 효율 확보	고출력·저소음·경량화·국산화
② 전원계(Power System)	배터리, BMS, 연료전지	장시간 체공·안전성 유지	고에너지 밀도·안정형 팩 기술
③ 항법·제어 (Avionics)	IMU, GNSS/RTK, FC, 센서 융합	위치·자세·자율제어	재밍/스푸핑 대응, AI 기반 제어
④ 통신·네트워크 (Comms)	5G, MANET, LOS/UHF, 위성 링크	BVLOS 운용, 군집 데이터 공유	네트워크 회복탄력성·보안 통신
⑤ 페이로드 (Payload)	EO/IR 짐벌, LRF, LiDAR, SAR	임무 수행 (정찰·탐색·공격)	모듈형·SWaP-C 최적화
⑥ 보안·SW (Cyber & AI)	Secure Boot, OTA, 암호화 모듈	데이터 무결성·AI 자율제어	전 주기 보안 설계, 자율 협업 SW

② 응용 및 운용 범위(Operation Scope) 측면에서는 AI 기반 모듈형 드론 기술이 군사·산업·공공의 다영역(Multi-Domain) 환경에서 활용 가능하다. 특히 국방 영역에서는 AI 기반 자율제어 및 보안 내재화가 필수이며, 민간 및 공공 영역에서는 상용 통신망 기반의 효율성·경제성이 중시된다. 따라서 기술 개발 초기부터 민군 겸용(Dual-Use)을 고려한 플랫폼 설계가 핵심이다.

표 2
AI 기반 모듈형 드론 기술의
응용 및 운용 범위

운용 영역	주요 응용 분야	기술 요구사항
국방 분야	정찰, 표적 획득, 공격, 전자전, 통신 중계	고보안 통신, 자율 군집, 대재밍, 실시간 데이터 링크
산업 분야	농업 방제, 건설·측량, 에너지 인프라 점검, 물류 배송	장시간 체공, 환경 인식, 충돌 회피, 데이터 분석
공공·안전 분야	재난 감시, 인명 구조, 교통 감시, 환경 모니터링	신속 전개, AI 기반 상황 인식, 안전성 인증
UAM 연계 분야	K-UAM, 도심 물류, 응급 수송	BVLOS 운항, 5G 기반 UTM 연동, 자동 항법 복원

③ 산업적·시스템 범위(Industrial & Systemic Scope) 측면에서는 AI 기반 모듈형 드론 기술이 국가 전략산업 구조와 연계된 산업 생태계 전반을 포괄한다. 이는 단일 제품 개발을 넘어 국방 R&D-민간 상용화-표준화-수출로 이어지는 산업 가치사슬(Value Chain)을 구성한다.

표 3
AI 기반 모듈형 드론 기술의
산업적 시스템 범위

구 분	내 용
산업 생태계 구성 요소	핵심 부품 기업(모터·센서·통신·AI·SW) 플랫폼 통합 기업(시스템 설계·시험 평가) 인프라 기업(통신망·UTM·데이터센터) 인증·정책 기관(국방 기술품 지원, 항공·안전기술원 등)
시스템적 범위	HW+SW+네트워크+보안+데이터 → 전 주기 통합 관리 체계 실시간 운용 관제, 데이터 연동, 정비·업데이트, 보안 인증까지 포함
산업적 의미	드론 산업은 기존 항공 산업의 하위 기술이 아니라 AI·ICT·소재·통신·방산을 융합한 첨단 복합 산업으로 전환되고 있음. 따라서 기술 개발의 범위는 단순한 부품 생산이 아니라 지속 가능한 자립형 공급망 구축과 산업 인프라 확장까지 포함

기술의 등장 배경

○ AI 기반 모듈형 드론 기술은 국제 안보 환경 변화, 기술 패권 경쟁, 공급망 위기, 산업 구조 전환이 맞물리며 등장했으며, 전략적으로 반드시 필요한 기술이다. 그 배경은 아래와 같이 세 가지로 살펴볼 수 있다.

1) 글로벌 지정학적 안보 환경의 변화

○ 먼저 글로벌 지정학적 안보 환경의 변화로 2020년대 들어 미·중 기술 패권 경쟁이 AI, 반도체, 드론 등 첨단 산업으로 확산되었고, 드론이 군사적·산업적 주도권의 상징으로 부상했다. 미국은 Replicator Initiative(ADA2, All-Domain Attributable Autonomous Systems)를 통해 AI 기반 자율·군집 드론의 대량생산 전략을 추진 중이다. 이는 기존 무기 체계보다 저비용으로 빠르게 대규모 전력을 구성하려는 전쟁 패러다임의 전환점으로 평가된다. 글로벌 드론 시장의 70%를 차지하는 중국 DJI 중심의 공급망은 군사적 보안 우려 및 기술 종속 문제를 초래하고, 유사시 공급망 리스크를 확대시키고 있다. 미국, 유럽, 일본 등은 이미 중국산 부품·SW 사용 금지를 법제화했으며, 자국 중심의 독립적 공급망(Secure Supply Chain) 구축에 나서고 있다. 특히 드론의 핵심 부품(ESC, GNSS, IMU, 통신 모듈, EO/IR 센서 등)은 정보 유출·스푸핑(spoofing)·해킹 가능성이 존재하여 전략적으로 보안 내재화와 국산화가 요구된다.

2) 기술 및 산업 패러다임의 전환

- 전쟁의 패러다임이 변화하고 있다. 우크라이나 전쟁은 저가·대량의 소형 드론이 정규군 전력을 압도할 수 있음을 입증했다. 전장의 패러다임은 AI+자율 체계+실시간 데이터 네트워크로 이동 중이며, 드론은 ‘센서’와 ‘슈터’를 연결하는 AI 전장 네트워크의 핵심 노드(node)로 자리 잡았다.
- 드론 산업은 기존의 항공공학 중심에서 벗어나 AI·데이터·네트워크 융합 산업 등 AI 중심의 디지털 산업으로 재편되고 있다. 자율비행, 실시간 데이터 분석, 상황 인지 기반 임무 결정 등 AI 내재화(Intelligence Integration) 기술이 경쟁력의 핵심으로 부상했으며, 모듈화·표준화의 중요성도 확대되고 있다. 부품별 비표준 구조는 개발 비용 증가·호환성 저하·수출 한계를 초래한다. 이에 각국은 NATO(북대서양조약기구)의 STANAG(표준화 협정), ASTM(미국재료시험협회), ICAO(국제민간항공기구)의 UTM(저고도 교통관리) 등 국제 표준 규격을 중심으로 드론 시스템의 모듈화·규격화를 가속화하고 있다.
- 한국 역시 K-UAM, K-드론시스템 실증을 통해 저고도 교통관리 표준화를 추진 중이며, 민·군 겸용 기술의 수요가 확대되고 있다. 첨단 드론 기술은 군사뿐만 아니라 물류, 재난 대응, 인프라 점검, UAM 등 민간 분야로도 빠르게 확산 중이다. 정부는 이러한 흐름에 대응하여 민·군 겸용 기술 R&D 체계를 강화하고 있으며, 국방 R&D 성과의 민간 이전(Spin-off)과 민간 기술의 군사 적용(Spin-on)을 촉진하고 있다.

3) 국내 정책 및 전략적 배경

- 국방부는 AI·자율·무인 네트워크 기반의 첨단 과학기술 강군을 목표로 유무인 복합전투체계(Manned-Unmanned Teaming, MUM-T) 구축을 추진하고 있다. 주요 핵심 내용은 AI 기반 소형 드론 중심의 지휘 통제·정찰·타격 체계를 통합하는 것이다.
- 정부 차원의 드론 산업 육성 정책으로 산업통상부와 국토교통부는 드론을 국가 전략 기술 분야로 지정하고, 드론 산업 생태계 종합 발전 계획을 추진 중이다. K-드론시스템(K-UTM), K-UAM 실증사업 등을 통해 교통·안전·통신 인프라 실증을 병행하고 있는데, 이는 AI 기반 드론 시스템의 실질적 운용 환경 조성 단계라 할 수 있다.
- 국내 드론 산업은 중소·스타트업 중심으로 구성되어 있으며, 여전히 핵심 부품(ESC, IMU, GNSS, BMS 등)의 해외 의존도가 높다. 이로 인해 기술 주권 상실, 수출 통제 리스크, 안보 불안이 동시에 발생하고 있으며, 산업 생태계의 자립화와 공급망

국산화가 시급한 과제로 부상했다. 따라서 AI 기반 모듈형 드론 기술의 등장은 글로벌 공급망 재편과 기술 패권 경쟁에 대응하는 산업 전략적 필요성, AI 중심 전장 환경 변화에 대응하는 국방 전략적 요구, 민군 융합을 통한 산업 성장과 안보 동시 달성이라는 국가적 과제가 결합된 결과다.

2. 국내외 시장 동향

글로벌 시장 동향

- AI 기반 모듈형 드론 시장은 2020년대 들어 군사·산업·공공 영역의 경계가 빠르게 허물어지는 융합형 산업군으로 발전하고 있다. 특히 AI 자율비행, 군집 운용, 저고도 교통관리(UTM: Unmanned Aircraft Systems Traffic Management) 등의 기술이 산업 성장을 견인하면서 글로벌 시장은 연평균 14~15% 이상 성장할 것으로 예측된다. 글로벌 시장 규모는 2024년 기준 약 730억 달러(한화 약 100조 원), 2030년에는 1,600억 달러(한화 약 219조 원) 규모로 성장할 전망이다(CAGR 14.3%). 이중 AI 기반 드론 및 자율 운용 부문은 전체 시장의 약 45%를 차지하며, 군수 부문이 절반 이상을 점유할 것으로 전망된다.
- 시장 구조는 과거 영상 촬영과 취미용에서 감시·정찰·물류·UAM 중심의 B2B·B2G 시장으로 급속히 이동 중이다. 자율비행·AI·보안·통신 기술이 상용화의 핵심 경쟁 요소로 부상하고 있다. 국가별로 드론은 단순한 산업이 아니라 안보·정보·물류 인프라의 자산으로 재정의되고 있다.
- 세부 산업별 성장 분야는 다음과 같다.

표 4
AI 기반 모듈형 드론 시장의
세부 산업별 성장 분야

산업 분야	주요 활용 영역	시장 비중 (2030년 예상)	성장 요인
국방·안보	감시·정찰·공격, 전술 지원	40%	AI 자율 체계, 군집 운용 확산
물류·운송	도심 배송, 응급 물류	25%	UAM·K-UAM 실증, BVLOS 운항
산업·건설	측량, 설비 점검, 인프라 관리	15%	정밀센서, 데이터 플랫폼화
농업·환경	농약 살포, 산불 감시, 환경 모니터링	10%	스마트팜, 기후변화 대응
공공·재난 대응	재난 구조, 교통관리	10%	공공 안전망· 관제 체계 고도화

- [미국] 美 국방부는 2023년 'Replicator Initiative'를 발표하여 AI 기반의 소모성 자율 드론을 대량 양산하는 프로젝트로 비용 대비 전투 효율 극대화를 목표로 하고 있다.

그림 3

미국의 'Replicator Initiative'
프로젝트의 주요 개념
출처 : 첨단민군산업협회

Replicator Initiative 프로젝트

- 중국군의 양적 우위를 상쇄하기 위해 ➡ 작고 스마트한 다수의 무인기 ➡ 드론 폭풍
- 스마트한(똑똑한) 소수의 무기 체계 ➡ 다수의 스마트하고 상호 네트워킹 무인기

※ '리플리케이터 이니셔티브' 제안: 2023.8.28. [美 캐슬린 헉스 차관]

- 2년 내 여러 영역에서 수천 대의 저렴한 자율 시스템 배치
- 우크라이나 교훈으로부터 ➡ 저비용 시스템 대량으로 운용 필요
- 불확실하고 경쟁이 치열한 환경에서 자율성 필요



ADA2 : All Domain Attributable Autonomous



[특징] 미 국방부 '캐슬린 헉스' 신형 기술 차관

- 지상, 공중, 수상, 수중, 우주 다영역 포함
- 저렴하나 소포함 아님 ➡ 복귀하여 재사용 가능



[ADA2] 시스템

- 미국은 Palantir Technologies, Anduril Industries, Skydio 등 AI·SW 중심 기업이 주도하고 있으며, HW보다 AI·데이터 융합 플랫폼이 산업 경쟁력의 핵심으로 부상하고 있다. 또 「국방수권법(NDAA)」을 통해 중국산 부품 사용 금지, 공급망 보안 인증 강화를 추진하고 있다. 한편 연방항공국(FAA)은 UTM(저고도 교통관리) 및 BVLOS(비가시권, Beyond Visual Line of Sight) 비행 규제 완화를 추진하면서 민간 통합적 인프라를 구축 중이다.

- [EU] EU는 'U-space Airspace' 정책(2021년)을 통해 드론·UTM을 통합 관리하는 EU UTM 시스템 표준화를 추진하고 있다. 프랑스·독일·영국 등은 방산 기업들(Airbus, Thales Group, Leonardo)과 협력하여 AI 자율비행, 충돌 회피, UTM 연동 기술을 실증 중이다. 유럽은 기술 규제보다 안전 인증·표준화 중심 접근을 강화해 글로벌 수출 시장에서 경쟁력 확보를 계획하고 있다.

- [중국] 중국은 DJI, Autel Robotics, Xi'an Aircraft Industrial (西安飞机工业) 등 대형 기업들이 드론 시장의 70% 이상을 점유 중이다. 2023년 이후 중국 정부는 열영상·레이저·항법 모듈 수출 규제 강화, 외국 군사 전용 가능 부품의 통제 강화를 시행하고 있다. 이는 역으로 한국·미국·유럽의 대체 공급망 확보

필요성을 촉발했다. 중국은 현재 AI 기반 비행 제어·비전 센서 내재화를 통해 완전 자급형 생태계를 완성해 나가고 있다.

- **[이스라엘]** 이스라엘은 실전 중심의 수출형 생태계를 구축하고 있다. Elbit Systems, IAI(Israel Aerospace Industries), Aeronautics(Aeronautics Defense Systems) 등의 기업들이 전쟁 실전 데이터를 기반으로 드론 플랫폼의 신속 개량과 수출을 주도하고 있다. 민군 융합형 R&D 모델이 정착되어 기술 이전 및 외국 OEM 협력이 활발하게 진행 중이다. 특히 전술급 군집 드론과 EO/IR(가시광 및 적외선 센서)·SAR(합성 개구 레이더) 시스템에서 강세를 나타내고 있다.
- **[러시아]** 러시아는 우크라이나 전쟁 이후 1인칭 시점 비행(FPV: First Person View) 기반 저가 공격용 드론의 전력화를 확대하고 있다. 외국산 부품 의존으로 인해 자체 부품 내재화 정책(Import Substitution)을 가속화하고 있으며, 고급 AI 제어보다는 전술 운용 중심, 대량생산형 플랫폼 전략으로 전환 중이다.

국내 시장 동향

- 국내 드론 시장은 2024년 약 1조 5천억 원 규모에서 2030년 약 5조 원 이상으로 성장할 전망이다. 정부의 공공 수요 창출 정책(국가 실증사업, 조달 시장 확대)이 산업 성장을 견인하고 있다. 시장 구조는 공공·국방 중심에서 산업·물류·재난 대응 중심으로 빠르게 다변화하고 있다. 정부는 K-드론시스템(K-UTM) 사업을 통해 국가 드론 교통관리체계 실증사업으로, 5G 기반 저고도 통합관제망을 구축하고 있다. 또한 K-UAM 사업을 통해 인천·세종·부산 등 5개 권역 실증을 추진 중이며, 2025년에 시범 서비스를 예정 중이다. 산업통상부는 “드론산업발전 기본계획('21~'30)”을 수립하여 민·군 겸용 부품 국산화 지원 및 표준화를 추진하고 있다.
- 그럼에도 국내 드론 산업은 다음과 같은 구조적 특징과 한계가 있다. 국내 드론 산업은 약 90% 이상이 중소기업이며, 대기업은 통신·배터리·센서 중심으로 구성되어 있다. 또한 ESC(Electronic Speed Controller), IMU(Inertial Measurement Unit), GNSS(Global Navigation Satellite System) 등 핵심 부품 대부분을 중국산에 의존한다는 한계가 있다. 표준화 면에서도 보안 규격·인증의 부재로 군수·공공 조달 시장 진입에 제약이 뒤따른다. 이처럼 실증-조달-상용화라는 Value-Chain의 미비로 기술 개발과 시장 적용 간 단절이 발생하고 있다.

- 반면에 K-UAM, 스마트시티, 디지털트윈 인프라 구축과 연계된 신규 수요 확대, 재난 안전·국방 수요 증가로 인한 실증형 프로젝트가 다수 진행되고 있는 점은 시장 기회 요인으로서 긍정적이다. AI 영상 분석, 통신 보안, 항법 알고리즘 등 SW 중심의 기술 고도화로 산업 경쟁력 확보가 가능해지기 때문이다. 따라서 향후 산업 성장은 핵심 부품 국산화, AI 기반 기술 내재화, 글로벌 표준 정합성 확보를 병행할 때 현실화될 것이다.

3. 국내외 기술 동향

- AI 기반 모듈형 드론 기술은 세계적으로 AI, 자율비행, 통신 보안, 항법 회복탄력성, 모듈화·표준화를 중심으로 발전하고 있다. 이러한 기술은 단순한 비행체 개발을 넘어 지능형 항공 플랫폼으로 진화 중이며, 글로벌 방산 기업뿐 아니라 IT·통신·AI 기업까지 참여하는 융합 산업 생태계를 형성하고 있다.

국외 기술 동향

- [미국] 미국은 AI 중심의 자율·군집 체계 기술을 접목하는 ‘Replicator Initiative’ 프로젝트를 추진하고 있다. 이 기술의 특징은 ① AI 기반 임무 결정 알고리즘(Reinforcement Learning)을 활용하는 것, ② 다중 통신 링크를 통해서 MANET, 위성 링크, 5G 병행으로 전장 데이터를 연속적으로 확보하는 것, ③ 자율 군집(Swarm Autonomy)를 통해 다수 기체의 센서 데이터를 AI가 통합·분배하는 것, ④ 보안 내재화(Security-by-Design)를 통해 美 국방부의 보안 프레임워크를 준수하고 있다는 것이다. 산업적 의미에서 군수 부품의 표준화와 상용 기술의 민·군 겸용화로 민·군 겸용 드론 기술 생태계를 형성하고 있다.
- [EU] EU는 U-space(드론 교통관리시스템) 및 SESAR(항공교통관리 시스템의 현대화와 디지털 전환) 프로젝트를 통해 표준화하고 안전 중심의 기술 프레임워크를 발전시키고 있다. 주요 기술 내용은 센서 융합 기반 자율비행(EO/IR, LiDAR, Radar), GNSS 재밍 대응용 비전·지형 매칭 기반 항법, 사이버 보안 인증 체계 적용, 드론 인증을 항공기 수준으로 강화하는 등의 내용이다. 주요 참여 기업으로는 자율비행 SW와 안전 인증 병행 개발 분야에 Airbus, Volocopter, Leonardo, Thales Group 등이 있으며, 5G 기반 BVLOS 통신망 실증 분야에 Nokia, Ericsson 등이 있다.

- **[중국]** 중국은 드론 부품의 내재화 및 AI-비전 융합을 강화하고 있다. DJI, Autel Robotics, Xi'an Aircraft Industrial 등의 기업들은 자체 생산 체계를 갖춘 전 주기 자급형 생태계를 구축하고 있다. 추진 중인 기술의 특징으로는 AI 영상 인식, 자율 경로 탐색, 딥러닝 기반 장애물 회피 상용화와 'AirSense' 통합 관제망 구축, GNSS+IMU+비전 기반 복합 항법 기술 실용화 등이 있다. 또한 AI 기반 이미지 처리 칩세트·비전 모듈을 국산화했으며, 기술 내재화로 가격 경쟁력과 대량생산 역량이 세계 최고 수준이다. 다만 군사용·보안용 시장에서는 정보 보안·데이터 무결성 부족으로 글로벌 신뢰성이 낮은 편이다.
- **[이스라엘]** 이스라엘은 실전 데이터 기반 자율 전술 시스템을 구축하고 있다. Elbit Systems, IAI, Rafael(Rafael Advanced Defense Systems) 등의 방산 기업은 실전 피드백 기반 기술 개량을 통해 드론의 전술적 자율성과 데이터 융합 기술을 고도화하고 있다. 핵심 기술 분야로는 AI 기반 실시간 타격 판단 SW(Fire Weaver™, Iron Drone® System), 군집 비행·다기체 협업 임무 수행, EO/IR·SAR 복합센서 데이터 실시간 AI 융합 분석 등이 있다. 또한 실전 중심의 개발로 AI-센서 융합·임무 제어·데이터 링크 기술이 통합된 통합 체계형 드론을 보유하고 있다.
- **[러시아]** 러시아는 우크라이나와 전쟁에서의 실전 경험을 통해 FPV(First-Person View, 1인칭 시점) 드론, 자폭 드론 중심의 저가형·소모성 전술 드론 기술을 발전시키고 있다. 기술 전략으로는 상용 부품을 활용한 저비용·대량생산 중심, GNSS 방해 환경 대응용 비전 기반 항법 시범 적용 등이나 데이터 링크 보안성 취약, 통신 교란 대응 한계 등을 드러냈다. 러시아의 전략적 추진 방향은 기술의 완성도 향상보다 전술 효율성과 대량 운용성에 초점을 맞추고 있다.

국내 기술 동향

- 국내 드론 산업의 기술 개발은 정부 주도 R&D 및 민간 실증 중심으로 산업-국방 연계형 구조를 형성하고 있다. 산업통상부는 “드론산업발전 기본계획('21~'30)”을 통해 핵심 부품 자립화, AI·보안 내재화를 추진하고 있다. 국토교통부는 K-드론시스템(K-UTM) 실증사업으로 저고도 통합 교통통제 및 BVLOS 비행 기술 검증사업을 진행 중이다. 국방부 및 ADD(국방과학연구소)는 드론봇 전투단, MUM-T 실증 및 AI 기반 전술 시험을 수행하고 있다. 국내 기술은 전반적으로 개별 부품 기술 분야는 중상위권 수준이며, 통합 체계 기술·데이터 융합/AI 제어·보안 설계 면에서는 선도국 대비 2~3년의 격차가 존재한다.

그림 4

항공핵심기술
로드맵('21~'30)
출처: 산업통상부
(2021.02)

『항공핵심기술로드맵 2021-2030』 발표 (2021.03, 산업통상부)

항공산업 육성을 위한 중장기 기술개발 방향 제시, 25대 부문 100대 핵심기술(UAM 핵심기술 29개)



표 5

AI 기반 모듈형 드론의 국내 주요 기업
및 연구기관의 기술 개발 사례

구분	기관/기업	주요 연구 분야
국방과학연구소 (ADD)	자율 군집 알고리즘, 안티 제밍 통신, 전술용 AI 영상 인식	군집 전투 실증 중심
한화시스템	AI 표적 식별, EO/IR 센서 통합, 데이터 링크	방산-민수 통합 플랫폼
LIG넥스원	GNSS 대체 항법, Secure Boot, 자폭 드론 체계	군용 AI 자율 기체
KT / LG유플러스	5G 특화망, BVLOS 통신 실증	UTM 연계망 구축
KAIST, ETRI, 항우연	AI 비전 처리, 드론 협업 알고리즘, 네트워크 보안	산학연 융합형 R&D 모델

표 6

AI 기반 모듈형 드론의
국내 기술 수준과 한계

구분	기술 현황	주요 한계
AI 자율비행	영상 인식·경로 탐색 등 알고리즘 개발 활발(한화시스템, LIG넥스원 등)	데이터셋 부족, AI 학습 실증 환경 제한
항법 기술	GNSS/RTK 기반 위치 결정 상용화	대체 항법(Nav Resilience) 미비
통신·네트워크	5G 기반 BVLOS 실증 (KT, LG U+)	군용 특화망·보안 채널 부재
보안 기술	일부 암호화 통신, Secure Boot 시범 적용	하드웨어-SW 연동형 보안 내재화 부족
모듈화·표준화	추진계·전원계 중심의 표준 설계 시작	센서·페이로드·SW 표준 미흡, 수출 표준화 부재

○ 국내 AI 기반 드론 기술은 다음과 같이 5대 기술 축을 중심으로 융합 발전 중이다.

표 7

AI 기반 모듈형 드론의
기술 발전 방향과 트렌드

기술	주요 내용	발전 방향
① AI 자율비행 및 군집 제어	강화 학습 기반 자율 비행, 임무 분산 제어	다기체 협업 자율(Swarm Intelligence) 고도화
② 항법 회복 탄력성	GNSS 제밍 대응, 대체항법	비전·지형 매칭 기반 통합 항법 실용화
③ 통신·네트워크 융합	5G+MANET 하이브리드 링크	BVLOS 운용 안정성 확보, QoS 자동 관리
④ 보안 내재화	Secure Boot, 암호화 통신, OTA 업데이트	HW-SW 연계형 전 주기 보안 체계
⑤ 모듈화·표준화	Plug & Play 구조, 페이로드 표준화	국제 규격(STANAG·ICAO) 부합형 플랫폼 설계

- AI 기반 드론 기술은 전 세계적으로 자율비행-보안-항법-AI 융합을 중심으로 발전하고 있다. 한국은 기술 개발 역량을 확보했으나, 통합·자율·보안 내재화에 대한 체계적 발전이 요구된다. 향후 경쟁력 확보를 위해서는 AI·데이터 중심 R&D와 국산화 공급망 연동이 핵심 과제가 될 것이다.

4. 시사점

- AI 기반 모듈형 드론 산업은 국방과 민간, 기술과 안보, 산업과 공급망이 맞물리는 복합 전략 산업이다. 이는 단순한 기술 발전이 아니라 국가 경쟁력의 축을 형성하는 산업 체계적 전환점에 놓여 있다.

표 8

AI 기반 모듈형 드론에 대한
전략적 종합 시사점

구분	핵심 방향	기대 효과
정책적 측면	국가 전략 기술 지정, 표준화·인증 제도 정착	산업-안보 연계 강화, 조달 시장 진입 촉진
기술적 측면	AI 자율·보안 내재화·모듈화 추진	기술 주권 확보, 신뢰성 향상
산업적 측면	핵심 부품 국산화, 민·군 융합 생태계	공급망 자립, 산업 자생력 강화
시장적 측면	국제 표준 대응, 글로벌 수출 모델 구축	수출 확대, 지속 가능한 성장 구조

정책적 측면

- 정책적 측면에서 제도·표준·인프라 중심의 국가 전략화가 추진되어야 한다. 드론 산업 기술은 반도체·AI 반도체·양자 통신과 함께 국가 핵심 전략 기술로 지정될 필요가 있다. 이는 단순한 산업 진흥의 차원을 넘어 공급망 안정화·안보 자립·기술 주권 확보를 위한 거시적 정책 의제다. 표준화·보안 인증 제도의 조기 정착은 국제 표준(STANAG, ICAO, ASTM)과 호환 가능한 국가 표준 체계(K-MIL·K-UAM) 구축이 필요하다. 또한 드론 부품과 SW는 표준화-보안 내재화-검증/인증 등 3단계 체계로 관리되어야 한다. 나아가 민·군 통합 인증제(Fast-Track Certification)를 통해 R&D-실증-조달-운용이 연속된 Value Chain으로 진행되도록 해야 한다.
- 정부의 정책·투자 인프라에서는 패러다임 전환이 필요하다. 정부의 R&D 지원을 부품·소재에 대한 단위 과제 중심에서 AI·통신·항법·보안 통합 플랫폼형 과제로 개편해야 한다. 산업부·국방부·과기정통부 등 부처 간 R&D를 연계하여 민·군 공동 개발 체계를 제도화할 필요가 있다. 또한 K-UAM, K-UTM 인프라 실증 결과를 국방 드론 운용 환경과 공유함으로써 공공·군수 표준 정합성을 확보해야 한다.

기술적 측면

- 기술적 측면에서 AI 자율성·보안·모듈화 중심 기술 내재화가 필요하다. AI 자율비행·군집 제어 기술의 고도화를 위해 강화 학습, 분산 자율제어, 임무 결정 AI 알고리즘의 내재화도 필수다. 이를 위해 실증 환경 기반의 데이터세트 확보 및 AI 학습 인프라 구축이 선행되어야 한다.
- 보안 내재화 구축을 위해서는 통신 링크, 항법 모듈, 제어 SW, 무선 업데이트(OTA: Over-The-Air)까지 보안 설계가 내재화된 구조로의 전환이 필요하다. 또한 서명 부팅(Secure Boot), 데이터 무결성 검증, 암호화 통신, 사이버 위협 감시 체계가 드론 플랫폼 설계의 기본 요건으로 포함되어야 한다. 이에 더해 모듈화·표준화 기술의 산업적 적용이 필요한데, Plug & Play 구조를 가진 모듈형 드론 플랫폼을 통해 유지보수 비용 절감과 수출형 파생 모델 확대가 가능하기 때문이다.
- 핵심 부품 단위의 공동 인터페이스 규격 개발을 추진해 국산 부품 생태계의 상호 호환성을 확보해야 한다. 또 항법 회복탄력성을 확보하기 위해 GNSS 재밍·스푸핑 등 전자전 환경에서의 생존성이 보장되어야 한다. 이를 위해 관성·비전·지형 매칭 기반 대체 항법 기술을 고도화할 필요가 있다. 항법 복원력은 전술 운용뿐만 아니라 산업용 장거리 BVLOS 운항에서도 핵심 경쟁 요소다.

산업적 측면

- 산업적 측면에서 공급망 자립과 민·군 겸용 생태계 구축이 필요하다. 핵심 부품(ESC, IMU, GNSS, 배터리, EO/IR 센서 등)의 중국산 의존율이 70~80%인데, 이를 해소하기 위해 핵심 부품 국산화와 공급망 자립화가 시급하다. 정부는 핵심 부품 R&D를 공공 조달 연계형으로 운영하여 연구 성과가 실제 제품화와 시장 진입으로 연결되도록 추진해야 한다. 더하여 ‘국산화 기술 로드맵’ 수립과 단계별 자립 목표 설정도 필요하다.
- 또 민·군 기술 융합 구조 고도화가 필요한데, 민간의 5G·AI 기술과 국방의 자율제어·보안 기술을 상호 융합하는 Spin-on, Spin-off 생태계를 구축해야 한다. 즉 국방 R&D 성과를 민간 산업으로 이전하고, 민간 기업의 AI·센서 기술을 군용으로 신속하게 전환시키는 구조화된 협력 체계를 갖출 필요가 있다. 또 산업 생태계의 구조적 고도화를 위해 핵심 부품은 중소기업, 통합 체계는 중견기업,

인프라는 대기업이 담당하는 기능별 분업 구조의 확립도 요구된다. 이 구조를 통해 중소기업은 부품 전문화, 대기업은 통합·수출 중심 역할을 담당할 수 있기 때문이다. 나아가 산·학·연 클러스터를 조성하여 기술 개발-실증-생산-수출 전 단계를 연계해야 한다.

시장적 측면

- 시장적 측면에서는 글로벌 표준 대응과 전략적 수출 기반 확보가 필요한데, NATO의 STANAG, ICAO의 UTM, ASTM 등 국제 규격에 부합하는 표준화 모델 개발을 통해 국제 표준 정합성을 갖춰야 한다. 반면에 한국형 표준(K-MIL, K-UTM)을 국제 규격과 상호 인증 체계로 확장하여 수출형 드론 시스템의 기술·보안 검증 기반을 마련해야 한다.
- 수출을 위해서는 전략적 시장 포지셔닝이 요구된다. 국산화·AI 내재화 기술을 기반으로 국방·공공·민수 3대 시장 구조를 통합하고, 국방용 高보안형, 공공 안정형, 민수 상용형 등 세그먼트별 파생 모델 전략으로 수출 경쟁력을 확보해야 한다. 특히 ASEAN·중동·동유럽 등 중위 기술 수요 시장을 목표로 ‘K-Defence 패키지 수출 모델’의 개발을 추진할 필요가 있다. UAM 및 재난 안전 산업과 연계 측면에서 K-UAM·스마트시티·재난 안전 체계와 드론 산업을 통합함으로써 공공 인프라와 민간 물류·항공 산업 간 Value Chain 확장 효과도 기대할 수 있다.
- AI 기반 드론 핵심 부품 및 체계의 자립화는 한국 산업의 디지털 안보 기반을 강화하는 핵심 동력이다. 국산화는 단순히 기술 대체가 아니라 ① 공급망 리스크 대응, ② 기술 주권 확보, ③ 국가 안보와 산업 경쟁력 동시 강화를 가능하게 하는 전략적 투자 영역이다. 따라서 향후 정부·산업계·군이 협력하여 ‘AI-보안-표준화가 결합된 K-드론 생태계’를 구축하는 것이 한국이 글로벌 드론 패권 경쟁에서 기술 자립 강국으로 도약하기 위한 핵심 과제라 할 수 있다.

1. 이세훈·이승훈, “미국의 제3차 상쇄전략을 고려한 국방 인공지능 정책 발전방안”, 『산업진흥연구』 Vol. 8. no. 1., pp. 35-45, 산업진흥원, 2023.01.
2. 이주경 외, “다영역작전(MDO)의 혁신을 위한 AI기반 미래전장 대응 기술”, 『국방과 기술』 제553호, pp. 78-87, 2025.3.
3. 장원준·박혜지, “글로벌 트렌드 변화에 따른 한국형 무기획득 프레임워크 정립 방안”, 『KIET 산업경제』 202407, pp. 21-36, 2024.7.31.
4. 황보상욱 외, “2024년 육군 전투실험을 통해 본 Army TIGER 유·무인 복합전투체계 가능성 고찰”, 『국방과 기술』 제550호, pp. 52-65, 2024.12.
5. 양현모, 『한국형 도심항공교통(K-UAM) 기술로드맵: 국가R&D연구보고서』, 국토교통과학기술진흥원, 2021.06.
6. 『'25~'39 국방기술기획서』, 국방기술진흥연구소, 2025.05.19.
7. 최현호, “소모율 높은 소부대용 드론 생산 보장할 소부장(소재·부품·장비) 국산화 시급하다”, 『국방과 기술』, 2025.6.20.
8. “한국의 소재·부품·장비 산업 현황과 주요 이슈”, 『현안과 과제』 23-06, 현대경제연구원, 2023.05.02.
9. “한국형 MOSA 국방정책 추진방향 소개”, 국방부, 2024.03.
10. “AI 기반 유·무인 복합전투체계 구축 추진계획”, 국방부, 2023.6.

합정 MRO 산업과 AI·자율제조

4

정진휘 방산 PD | KEIT 조선방산항공실

권용원 수석 | 중소조선연구원 민군협력본부

신일식 수석 | 중소조선연구원 민군협력본부

요약

- 합정 MRO는 정비(Maintenance), 수리(Repair), 재생 정비(Overhaul)로 합정의 안정적인 운용과 성능 유지를 위한 모든 정비 및 유지 활동을 포함하며, 합정에 탑재되는 장비와 설비가 고장 없이 운영되도록 보장하고, 예방 유지와 효과적인 수리를 통해 합정의 사용 수명을 늘려 운영 효율성을 높이는 활동이다.
- 「군수품관리법 시행규칙」에 따르면, 군수품의 정비 단계는 사용 부대 또는 기관에서 하는 부대 정비, 사용 부대 또는 기관을 지원하는 야전 정비, 그리고 정비 개념 중 완전 복구와 재생 정비가 목표이자 최상위 정비 단계로서 군수사령부에서 하는 창정비(廠整備)로 구분된다.
- 합정 MRO는 장비 손상, 긴급 수리 등 계획 변동성이 강하며, 무기 체계와 여러 장비가 탑재되는 플랫폼이므로 공정별 협업이 중요한 요소다. 따라서 자동화 생산 라인의 정형화된 완제품보다는 유연하게 대응할 수 있는 맞춤형 생산공정으로 합정 MRO 생산 환경에 적합한 AI·자율제조 기술의 활용이 필요하다.
- 합정 MRO 분야에 AI 기반의 공정관리, 협동 로봇, 검사 로봇 등을 활용한 자동화와 지능화 등 첨단 기술의 활용을 통해 합정의 정비 능력을 향상시킬 수 있다.
- 최근 해양 유무인 복합 무기 체계의 도입 확대와 함께 합정 무기 체계는 지능화되고 있으며, 데이터, 통신, 정보를 활용함에 따라 AI·자율제조 기술은 합정 MRO 환경에 많은 변화를 가져올 것이다. 합정 MRO 공정 간 연결을 통한 효율적인 통합 관제와 외주 기업과의 협력을 위한 협업 관리, 공정별 AI 활용, 데이터에 기반한 최적의 공정관리, VR/AR/MR 등 가상화 기술을 활용한 표준 정비 매뉴얼 등 디지털 기술 활용을 통해 합정의 운영 유지 능력 향상과 MRO 분야의 기술 혁신이 가능하다.

1. 개요

기술의 개념

- 함정 MRO의 생산 환경은 수리와 정비에 대한 계획 변동성이 강하며, 단순한 자동화 생산 라인이 아닌 변화 대응과 공정별 협업이 중요한 요소다. 해군군수사령부 정비창 및 수리 조선소는 정형화된 완제품보다 함정의 MRO 수요에 유연하게 대응할 수 있는 맞춤형 생산공정으로 신속하게 고품질의 함정 유지 보수 성능을 향상시키는 것이 경쟁력의 핵심 요소다.
- 함정 MRO 산업은 일반 제조 환경과 달리 경험과 노하우에 대한 의존성이 높으며, 자동화에 한계가 있다. 따라서 함정 MRO 생산 환경에 적합한 AI·자율제조 기반의 스마트 생산기술 확보가 필수적이다.

그림 1

함정 MRO와 제조공장의 개념 비교

출처: 중소조선연구원

(민군스마트팩토리사업단)

함정 MRO와 제조공장의 특성 차이			
함정 정비(Maintenance) : 함정을 수리하는 복합 공간		스마트 공장(Manufacturing) : 자동화된 라인 생산	
"변동적"	"복잡성"	"고정적"	"일관화"
"대형"	"인력"	"소형"	"자동화"
			
· 긴급 수리 등 수요 변동성 강함	공정	· 계획된 공정으로 소품종 대량 생산	
· 소도시 규모에서 평균 500척 이상 함정수리	공간	· 고정적 공장에서 시간단위 라인 생산	
· 경험, 노하우에 의존, 휴먼에러, 자동화 한계	인력	· 업무별 기능 표준화, 자동화 대체	
· 자재 수급 시간 변동적, 재고관리 어려움	자재	· 계획된 자재 및 재고관리	
· 작업환경 변동적, 내부 작업자 동시 작업	작업환경	· 작업 환경 고정적, 사외 협력사 부품공급	
"변화 대응과 공정별 협업 강조"		"표준화된 계획 준수 강조"	

- 함정의 무기 체계는 전투함, 잠수함 등 전통 함정 중심에서 해양 유무인 복합 무기 체계 중심으로 크게 변화하고 있다. 최근 방위 산업에서 여러 혁신이 이루어져 드론, 무인수상정, 무인잠수정 등 새로운 해양 무기 체계의 발전을 가져왔으며, 첨단 기술의 활용이 군사 임무 성공의 핵심 요소가 되고 있다. 이는 상황 인식을 향상시키고 인명 피해를 줄이는 데 도움이 될 수 있다. 따라서 전 세계 해양 방위 국가들은 네트워크, 통신 장비, 전기·전자 장비, SW 등으로 구성된 해양 방어 시스템을 확장하는 데 집중하고 있다.
- 해군 함정 및 유무인 복합 무기 체계는 다양한 데이터, 통신, 정보를 활용함에 따라 더 높은 유지 보수 성능을 요구하고 있다. 이러한 정보화 시스템은 위치 정보, 다중 센서, 데이터 융합, 고성능 컴퓨터, 소프트웨어, 무선통신, 네트워크 시스템 등으로 구성되어 함정 MRO 환경에 많은 변화를 가져올 전망이다. 이처럼 복합적인 해양

플랫폼은 정기적 유지 보수와 숙련된 인력이 필요하며, 유지 보수 역량은 시스템 및 하위 시스템에 따라 좌우된다. 이에 따라 해군 함정의 첨단 기술에 대한 활용 증가는 해군 함정의 MRO 환경에 큰 영향을 미칠 것으로 판단된다.

표 1

IoT 센서의 함정 MRO 활용 분야

출처: 중소조선연구원

(민군스마트팩토리사업단)

구분	민수 분야	함정 MRO 분야
IoT 센서	지능형 CCTV, RFID, 온도 센서 등 	지능형 정비 관제, 공정, 안전 관리  
		밀폐 구역 관리  
활용 기술	- 네트워크, 위성 기반 위치 추적 기술 - 지능형 CCTV 관제 및 분석 기술 - 장비 센서 모니터링 기술	작업자 관리  
		장비 관리  
		안전 관리  

- 함정 분야의 기술 혁신은 함정의 생존성 향상과 유지 보수에 대한 효율성을 증대시키며, 사물인터넷(Internet of Things, IoT)과 함정 MRO의 결합을 통해 다양한 부품의 공급 기반과 연계하여 발전할 수 있다. 민수 분야는 제조업을 중심으로 인력 절감 및 생산성 향상을 위해 데이터, 네트워크, 인공지능, 로봇 기술에 대하여 대규모 투자와 스마트화 전환을 확대하고 있다.
- 이에 반해 국방 분야는 과학기술의 적용이 첨단 무기 체계 획득 중심으로 이루어지고 있으며, 전력 지원 체계 분야에 인공지능, 빅데이터, IoT 등 ICT 기술 접목은 저조한 실정이다. 특히 함정 MRO 분야는 노동집약적 업무 특성으로 자동화·정보화 전환에 다소 한계가 있다.
- 따라서 함정 MRO 환경에 적합한 AX, 데이터, IoT 기반의 디지털 기술과 연계하여 정보화·지능화·자동화된 시스템 구축이 필요하다. 정비 현장에 차별화된 로봇 시스템과 디지털 기술 개발을 통해 미래 함정 첨단 무기 체계 도입과 연계한 MRO 지원 체계를 고도화하여 함정 건조와 연계하고 확산할 수 있는 기반 마련이 필요하다.

표 2

함정 MRO 분야의
AI·자율제조 활용 기술
출처: 중소조선연구원
(민군스마트팩토리사업단)

구분	구성 기술	주요 내용
하드웨어 디바이스	스마트 센서	- 정비 현장의 다양한 정보를 감지할 수 있는 센싱 소자와 신호 처리가 결합한 다기능 센서
	산업용 로봇	- 양팔 로봇, 협동 로봇의 도입으로 생산성 향상뿐만 아니라 유연한 생산체계로의 전환
	3D 프린터	- 소재를 적용하여 3차원 물체를 제조하는 기술, 다품종 소량 제조에 적합
플랫폼	IoT	- 공장 내·외부 관리 자원을 연결하고 정비 및 서비스를 최적화하기 위한 기술
	클라우드	- 가상화를 통한 인프라 자원 제공
응용 소프트웨어	빅데이터	- 수집 데이터를 심층 분석하여 수요예측, 고객 맞춤형 설계, 라인 효율 최적화 제공
	인공지능	- 딥러닝, 머신러닝 기반 데이터 학습을 통한 정비창 정비 효율화 제공
	머신 비전	- 정비 현장에서 자동 감시 및 분석을 제공하는 기술
시스템	PLM	- 함정 건조부터 퇴역에 이르는 전체 생명주기의 관리
	SCM	- 구매, 정비, 물류를 하나의 가치 사슬로 구성
	MES	- 정비 공정 관리, 설비관리, 실적 관리, 재고관리 기능 제공

- 함정의 유지 보수에 민간 분야의 스마트 기술 노하우 및 디지털 기술(IoT, AI, Big Data, Cloud 등)을 적용하여 효율적 정비 지원과 스마트 정비 환경 체계를 구축하여 함정 MRO 분야의 생산성을 높일 수 있다.

기술의 범위

- 함정의 MRO는 전투함, 초계함, 구축함, 잠수함 등 다양한 유형의 해군 함정에 대한 유지 보수, 수리, 개조 활동으로서 함정 부품에 대한 MRO, 엔진 수리 및 정비, 정기 유지 보수 검사, 상가 수리(上架, Dry-docking) 등 여러 활동을 포함하고 있다. 함정의 개조는 장비 사용자의 안전, 전투 또는 비전투 시 장비의 능력 향상 등을 목적으로 장비의 설계를 수정 및 개조하는 것을 말한다.
- 성능 개량(PIP; Product Improvement Program)은 운용 중이거나 개발 중인 무기 체계에 대하여 일부 성능 및 기능 변경을 통해 작전 운용 성능을 향상시키는 것이며, 기술 변경 및 품질 개선을 통해 성능과 기능을 향상시키는 것이다. 또한 운용 유지 측면에서의 신뢰성과 가용성을 증가시키기 위한 운용 평가, 전력 운영 분석, 진화적 작전 운용 성능, 진화적 획득에서의 성능 개량을 포함한다.

표 3

함정 MRO와 선박 수리의 비교

출처: 중소조선연구원

(민군스마트팩토리사업단)

	함정 MRO	선박 수리
작업 절차	- 대분류 8단계, 중분류 21단계, 소분류 200단계로 복잡한 정비 업무 필요 (3개월, 해군 정비창 기준)	- 8단계 수리 과정 평균 20~45일 수리 소요 (수리 조선소 기준)
업무 구분	- (계획적) 함정 성능 유지를 위한 부대 정비(수시), 야전 정비(6개월), 창정비(6년) 기준 시행 - (정비 능력 분석) 예방(豫量: 사전 작업량 분석)을 통해 작업량을 분석하고 작업 계획을 수립 - 표준화된 정비 지침서를 통해 정비 수행	- (비계획적) 선박 고장 시 수리 시행 - IMO 기준에 따라 연차, 중간(2.5년), 정기 검사(5년) 시행 - 검사 주기 프로세스에 따라 수리 시행
특징	- 엄격한 함정 정비 계획 지침에 따라 정비와 품질 검사를 시행 - 함정 최소 전력 유지를 위해 최대한 원상태로 복구하는 과정(주요 부품 대체가 어렵고 단종 부품 획득이 어려움) - 수리 부속 확보 유무가 MRO 일정에 큰 영향을 미침	- 선박(장비) 고장 또는 선주가 필요하다고 판단되는 부분만 수리 - 선박 운항에 필요한 성능을 유지하는 과정으로서 대체품 활용이 자유롭게 가능

2. 국내외 시장 동향

국외 시장 동향

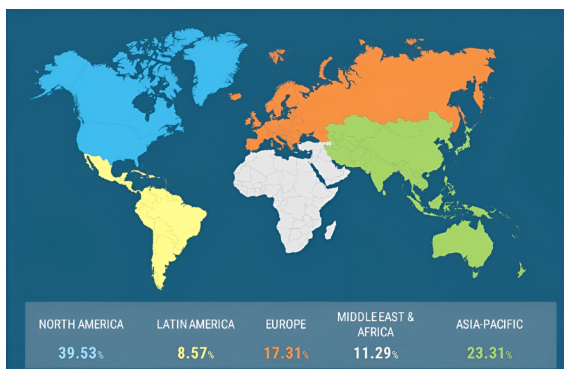
- 세계 함정 MRO 시장은 2025년 123.3억 달러 규모로 2020년 이후 연평균성장률(CAGR) 6.03%를 기록할 것으로 예상된다. 2019년에는 북미가 39.53%의 점유율로 시장을 주도했으며, 아시아 23.31%, 유럽이 17.31% 점유율을 차지하고 있다. 향후 해상 분쟁 증가와 해양 방위력 증강에 대한 투자 확대로 세계 함정 MRO 시장은 증가할 것으로 예상된다.

그림 2

세계 해군 함정 MRO 시장에 대한

지역별 분석

출처: Market Research Future



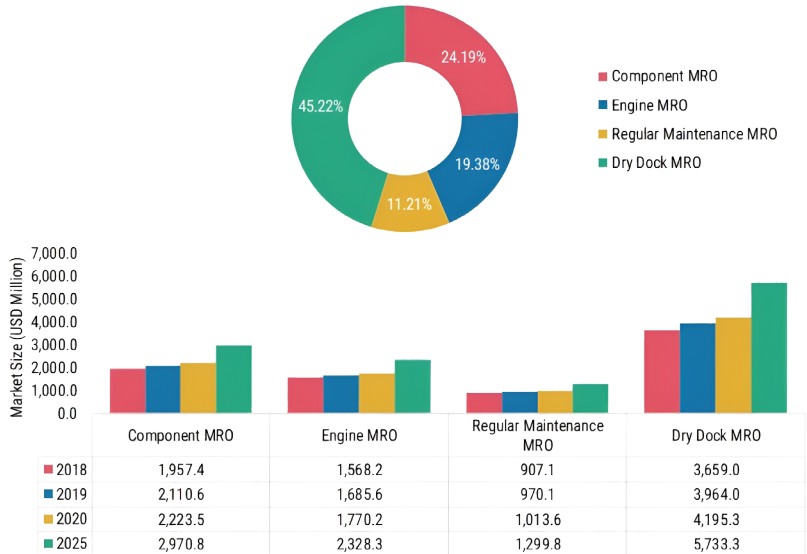
- 일반적으로 함정 MRO 분야별 비중 가운데 상가 수리는 선체, 엔진 및 시스템 업그레이드와 관련된 중점적인 정비로 45%를 차지하며, 부품 정비는 예비 부품을 포함해 24%를 차지한다. 엔진 정비는 19% 비중으로 함정의 운영에 가장 중요한 역할을 하는데, 복잡한 부품과 전기 시스템으로 구성되어 있어 숙련된 인력이 요구된다.

그림 3

MRO 서비스별 세계 해군

함정 MRO 시장 분석

출처: Market Research Future



국내 시장 동향

- 국내 함정 MRO 시장은 2025년 1억 4,260만 달러 규모로, 중국, 인도, 일본 등을 포함한 아시아 시장의 6%를 점유하고 있다. 이 중 중국은 16억 5,160만 달러이며, 55%로 가장 큰 비중을 차지하고 있다.

표 4

아시아 태평양 지역의

해군 함정 MRO

시장 규모

출처: Market

Research

Future

ASIA-PACIFIC: NAVAL VESSELS MRO MARKET, BY COUNTRY, 2018-2025 (USD MILLION)

Country	2018	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	CAGR (2020-2025)
China	1,037.2	1,126.1	1,194.5	1,269.8	1,352.0	1,440.8	1,541.0	1,651.6	6.70%
India	459.1	496.7	525.0	556.2	590.1	626.7	667.9	713.4	6.32%
Japan	214.1	229.7	240.7	252.9	266.0	280.1	296.0	313.5	5.43%
South Korea	117.6	122.8	125.3	128.1	131.2	134.5	138.3	142.6	2.62%
Rest of Asia-Pacific	56.5	59.5	60.9	62.2	63.4	64.4	65.2	65.8	1.57%
Total	1,884.5	2,034.8	2,146.4	2,269.2	2,402.8	2,546.4	2,708.5	2,887.0	6.11%

- 국내 중대형 선박 수리 및 개조 시장 규모는 2017년 기준 5억 337만 달러 수준으로, 세계 선박 수리 시장에서 3.2%의 비중을 차지하고 있다. 조선 산업과 연계하여 국내 선박 MRO 관련 부가가치는 2020년 기준 1.5조 원 규모로 추정된다.

3. 국내외 기술 동향

국외 기술 동향

- 미 해군은 해군 운영 조선소 4개소와 민간 운영 16개 조선소에서 민·군 협력 체계를 구축하여 함정 건조와 수리를 진행하고 있다. 최적화된 OFRP(Optimized Fleet Response Plan)를 통해 함정 MRO를 지원하고 있지만, 공정 지연 등으로 함정 운항 손실이 발생하고 있다.

그림 4

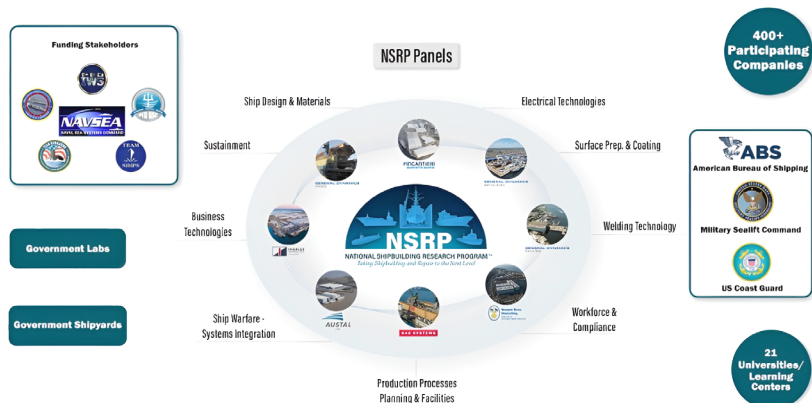
미국 해군 정비창
출처: NAVSEA



- 항공모함 및 핵잠수함 등 전략무기 체계는 해군 정비창에서 직접 정비 유지를 수행하고 그 외 함정의 정비 유지는 NAVSEA(Naval Sea Systems Command, 美 해군해상시스템사령부) 통제 하에 민간에서 수행한다. 미국 해군에서는 함정 건조에 대한 경쟁력과 생산성 향상을 위해 NSRP(National Shipbuilding Research Program, 미국 조선 연구 프로그램)의 ASE(Advanced Shipbuilding Enterprise) 프로젝트를 통해 대형 시뮬레이션 모델링 시스템 향상에 관한 연구와 공정 계획툴(POV Planer) 개발을 위한 연구를 진행하고 있다.

그림 5

National Shipbuilding
Research Program
출처: nsrp.org



- 최근 해외에서 제조용 로봇의 응용 분야는 대량 양산 체계가 필요한 용접, 도장 등 단순 반복 공정에서 인간과 협업을 통한 조립(Assembling) 등의 셀 공정 방식으로 확장되고 있다. 함정의 건조나 해군 정비창, 수리 조선소는 대표적인 셀 공정 방식으로, 숙련된 작업자가 다양한 수리와 정비 업무를 수행해야 하는 복합적인 업무이므로 제조용 로봇과는 차별성이 있다.
- 셀 공정 방식은 로봇의 계획, 목적, 업무 등에 특화된 협업 시스템 구축이 광범위하게 요구된다. 간단한 조작으로 다양한 공정에 재배치가 용이한 협동 로봇과 공정 간 물류에 활용되는 물류 이송 로봇의 연계를 통해 다품종소량생산에 적합한 함정 유지·보수·정비 분야의 효율성 증대가 가능하다.

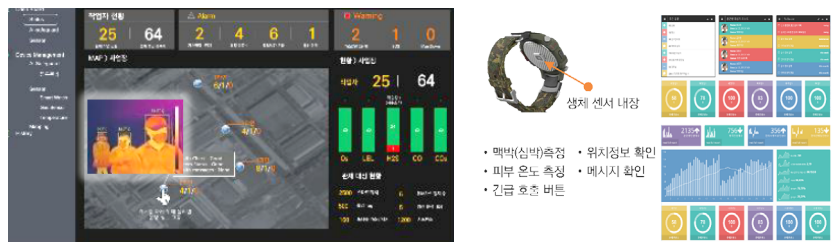
그림 6

함정 MRO에서의
AI·자율제조 활용 사례

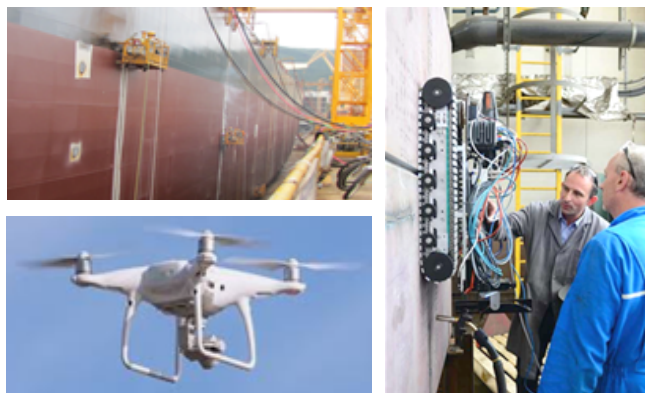
출처: 중소조선연구원
(민군스마트팩토리사업단)



용접 로봇(左)과 도장 로봇(右)



안전 관리



품질관리

- 합정 MRO 분야에 첨단 기술 활용은 용접 로봇, 도장 로봇, IoT 기반 안전 관리 및 품질관리 등 합정 수리와 검사 과정에서 필요한 기술을 중심으로 활용이 가능하다.

그림 7

선체 표면 블라스팅 로봇

출처: BlastONE

(Matthew Rowland)



- 마이크로소프트에서는 혼합현실(MR) 기술을 활용한 토요타 정비 지원 시스템을 도입하여 Azure Object Anchors, Azure Remote Rendering, Dynamics 365 Remote Assist, Dynamics 365 Guides 등을 이용하는 MR 환경을 개발하여 원격 정비 분야에 활용하고 있다.

그림 8

MR을 활용한 정비 지원 사례

출처: 마이크로소프트



국내 기술 동향

- 로봇 기술을 적용하여 단순 반복 작업을 자동화하고, 협동 로봇을 통해 복잡한 작업을 신속하고 정확하게 처리하는 자율화 단계, 스스로 학습하여 다양한 공정에 응용 가능한 지능화 단계로 발전할 수 있다. 협동 로봇은 공정의 '자율화'에서 '지능화'로 넘어가는 과도기적 단계에 위치하여 기존 자동화 공정이 추구한 생산 효율성 향상과 유연성까지 확보 가능한 기술로 발전하고 있다.
- 효율성 측면에서 휴먼 에러가 많은 작업이나 표준화·정형화되지 않아 전통 산업용 로봇으로는 자동화가 불가능했던 작업을 자동화하는 데 협동 로봇을 활용하여 효율성 향상이 가능하다. 유연한 합정 MRO 환경 구축을 위해 정비 대상 부품 등의 이송, 분해, 적재에서부터 분해, 청락(鏽落: 녹 제거), 조립, 용접, 품질 검사 등 다양한 작업을 수행할 수 있으며, 일부 부품 교체 및 SW 운영 체계 개선을 통해 다양한 공정에

유연하게 활용이 가능하다.

- 조선소의 선박 생산공정에서 용접 로봇은 소조립, 중조립, 대조립 공정에 활용되고 있으며, 소조립 공정의 용접 자동화 로봇은 카메라 비전으로 절단된 부재를 인식하여 용접선을 추출하고 센서를 통해 용접선을 추적하여 용접 작업을 수행한다. 선박 중조립과 대조립 공정의 용접 자동화는 협소한 공간에서 용접 작업을 수행할 수 있는 6축 다관절 로봇, 용접선 실시간 추적, 레이저 비전 시스템 등으로 구성되어 사람이 작업하기 어려운 공간에서도 고품질의 용접 작업이 가능하다.

그림 9

조선소 용접 공정에서의
협동 로봇 활용 사례
출처: 삼성중공업



- 함정의 정비 부품이나 수리 부속품의 운송을 위해 기존에 활용되던 지게차, 크레인, 수동 카트 등을 대체하는 자율주행 소형 무인 운송 이동체 기술의 적용이 가능하다. 함정 부품의 경우 부피가 크고 고중량으로 빈번한 운송 작업으로 사고나 부상에 대한 위험성을 감소시킬 수 있으며, 로봇 기술을 적용하여 작업 능력 및 작업 효율을 향상시킬 수 있다. 무인 운송 로봇의 활용을 통해 효율적인 정비 업무 환경이 조성되고, 정비 공장 내 물류비용의 감소와 이송·적재·입고·출고 프로세스 공정 개선으로 공간 활용도 증가 및 신속한 이송 체계 도입이 가능하다.

그림 10

소형 무인 운송 로봇 기술의 적용 사례
출처: CJ대한통운



- 최근 조선 산업에서는 기존 제품 판매 중심에서 선박의 운항 전 주기 단계에서의 유지·보수 서비스 사업 분야로 확장을 통해 선박의 운영 효율성을 높이면서 제품 경쟁력을 강화하고 있다. 원격으로 선박의 운항 상태를 모니터링하여 예지 정비, 고장 진단, 상태 정보를 선주사에게 제공한다. 선박의 원격 정비 시스템의 보급·확산에 따라 운영 환경이 급속하게 변화되고 있으며, 데이터, IoT 센서, 통신, AI, SW 등의 활용을 통해 스마트 선박으로 전환되고 있다.

그림 11

선박 통합 관제 시스템의 활용 사례
출처: HD한국조선해양

하이포스 (Hi4S)

- 24/7 고객 웹서비스
- 선박 기본 정보 (AIS, 기상, 설계, 보증)
- 모니터링, 성능분석 및 종합 진단 서비스



실시간 모니터링

- HiMAX 알고리즘 기반 이상치 탐색
- 맞춤형 데이터 추출 및 건전성 진단 활용
- 원격 진단 및 정비 서비스 제공



- 해군에서는 C4ISR(지휘, 통제, 통신, 컴퓨터, 정보, 감시, 정찰)의 실시간 정보 획득, 통신, 가상 정찰, 다양한 상황 인식을 통해 해양 전투 작전의 효율성과 효과성을 향상시키는 시스템을 운영하고 있다. 이러한 기술은 함정의 통합 관리 및 운영 체계와의 연결을 통해 함정의 상태 정보를 바탕으로 여러 데이터의 공유를 확장하고 있다.

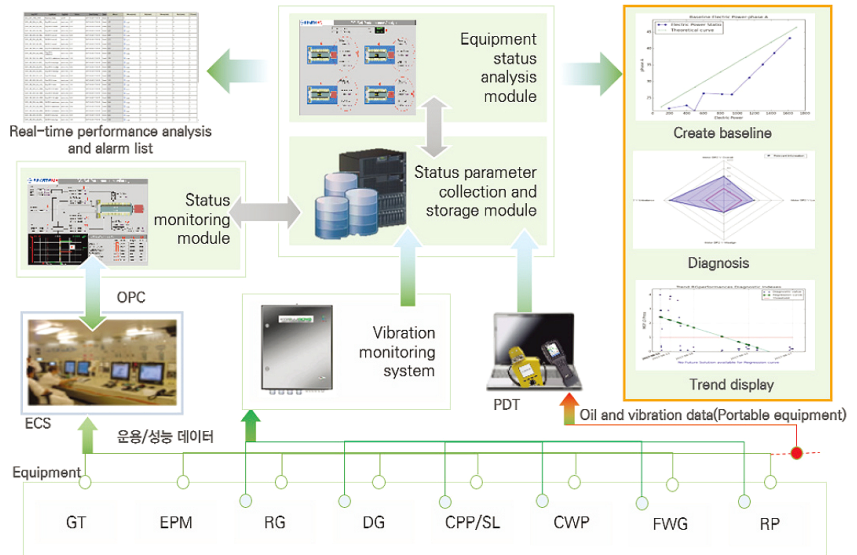
- 함정 탑재 장비의 상태를 실시간으로 진단하고 고장 발생 시 즉각적인 정비 지원을 통해 운용 성능을 유지하기 위한 통합조건평가시스템(ICAS; Integrated Condition Assessment System)을 적용하고 있다. 함정 내 추진, 전기, 통신 등 주요 장비 상태를 실시간으로 모니터링하고 통합기관제어시스템(ECS; Engine Control System)와 상태 기반 정비(CBM; Condition Based Maintenance) 지원을 통해 기존의 시간 기반 정비(TBM; Time Based Maintenance)와 달리 장비의 실제 상태를 기반으로 정비 시기를 결정해 효율성을 높인다.

- 진동감지시스템(VDS; Vibration Detection System)의 데이터를 실시간으로 수신하여 함정 내 추진 계통 장비의 성능을 분석하고, 데이터 통계, 모델 시뮬레이션, 데이터 학습 등을 활용하여 건전성 예측 기능을 제공한다.

그림 12

함정의 통합조건평가시스템(ICAS)

출처: 한화시스템



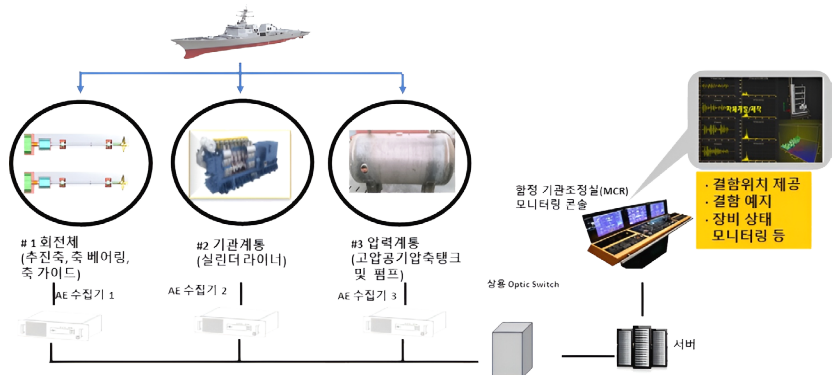
- 음향방출시험(AET; Acoustic Emission Test)은 함정의 탑재 장비 및 선체의 구조 안전성, 손상을 예측할 수 있는 기술로, 응력에 의한 변형이나 손상 발생 시 방출하는 탄성파(Elastic Wave)를 수집·분석하여 결함 등을 판단하는 기술이다. AET 기술은 결함 발생 초기 단계부터 인지가 가능하며, 진단 범위가 넓고 모니터링 대상 장비의 재료와 두께에 제한이 없어 빅데이터 AI 기법, 결함 위치 표시, 무선 데이터 전송 등을 통해 손상 예측, 예지 진단, 실시간 모니터링 및 장비 운영 중에도 진단이 가능하다.

그림 13

AE 센서를 이용한 함정 장비

손상 예지 진단 기술의 사례

출처: 중소조선연구원



- 한화오션에서는 실감형 가상현실(VR)을 기반으로 선박 스프레이 도장 훈련을 위한 ‘VR 도장 교육센터’를 운영하여 가상공간에서 선박 도장 훈련을 지원하고 있다. VR 도장 훈련을 위해 실제 스프레이 분사 인터페이스를 사용하고 데이터 기반 인공지능 학습 알고리즘이 적용되어 단순 시각적 효과의 표현을 넘어 실제 스프레이 공정과 동일한 구현이 가능하다는 것이 특징이다.

그림 14

VR을 활용한 도장 훈련 사례

출처: 한화오션

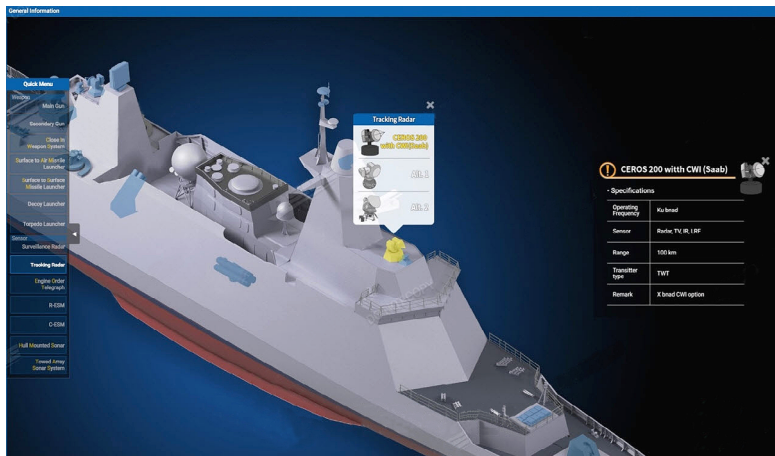


- 함정 분야에서 혼합현실(MR) 기술은 설계, 생산, 유지 보수 및 승조원 교육 훈련까지 함정 건조에 필요한 모든 과정을 실제 함정과 동일한 환경에서 가상 체험이 가능하도록 활용되고 있다. 한화오션의 함정 통합 플랫폼 ‘DW-3000F 수상함 MR 시스템’은 함정 내부 기관실 장비를 태블릿PC에서 가시화가 가능하며, 가상 환경에서 함정에 탑재된 주요 장비에 대한 작동 절차와 정비 절차 등을 쉽게 확인할 수 있다.

그림 15

DW-3000F 수상함 MR 시스템

출처: 한화오션



- 해군 및 해양경찰 정비창의 함정 MRO 지원 체계로서 IoT 기반 함정 정비 통합 관제 플랫폼은 정비창의 운영 효율화와 전투부대 임무 중심의 정비 지원 체계 마련을 위해 정보화·지능화·가시화를 위한 ICT 기반의 협업 환경 구축을 추진하고 있다. 센서 네트워크 실증화 기술, 함정 정비 통합 관제 시스템, 모바일 정비 지원 시스템 기술을 활용하여 최적의 의사 결정과 정비 소요 시간을 단축하고, 정비 효율 향상을 높일 수 있는 정보화 체계를 구축했다.
- 또한 함정의 설비와 장비를 통해 생성되는 데이터의 유형별 암호화·복호화 기술을 적용해 네트워크 보안을 확보하고, 빅데이터를 활용한 정비 리드타임 관리 및 공정 최적화와 정비창 특화 EIP(Enterprise Information Portal) 시스템과 MES(Maintenance Execution System) 시스템, EAI(Enterprise Application Integration) 시스템을 활용하여 정비 공정 통합 관리 체계를 구축했다. 다중

그림 16

함정 정비 통합 관제 플랫폼

출처: 중소조선연구원

(민군스마트팩토리사업단)

프로토콜 지원이 가능한 지능형 통합 미들웨어 기술과 실시간 환경·안전 관제 애플리케이션(Client Program)을 적용하여 실시간 환경·안전 통합 관리가 가능해졌다.



4. 시사점

- 함정 MRO 분야의 정비 인력 부족에 대응하고 생산성 향상과 안전한 근무 환경 조성을 위해서는 해군 정비창 및 수리 조선소의 운영 효율화, 공정 관리 통합, 스마트화 기술을 통해 생산 현장 전반에 대한 디지털 전환이 필수적인 시점이다. 최근 무인선, 무인잠수정 등 새로운 유무인 복합 무기 체계 도입이 확산되고 있으며, 기존 수상 함정, 잠수함에 적용되던 MRO 기술은 한계가 있으므로 새로운 정비 능력 확보가 필요하다.
- 복잡한 함정 MRO 공정 간 연결을 통해 효율적인 통합 관제와 외주사와의 협력을 위한 협업 관리, 공정별 데이터에 기반한 최적의 생산관리, 수리 및 개조 공정 간

표 5

함정 MRO 산업의 경쟁력 강화 방안

출처: 중소조선연구원

(민군스마트팩토리사업단)

오류와 오작동을 방지하기 위한 정비 데이터, 정비 이력 등의 데이터 동기화, VR/AR/MR 등 가상화 기술을 활용한 표준 정비 매뉴얼 등의 디지털 기술 확보를 통해 함정의 운영 유지 능력 향상과 기술 혁신이 가능할 것이다.

〈 함정 MRO 산업의 경쟁력 강화 방안 〉

함정 MRO의 경쟁력 분석			극복 방안	
국 방	첨단 무기	· 유무인 복합 무인체계 등 첨단 무기 도입	⇒	민·군 협력 · 스마트 정비 기술의 집적화를 위한 민·군 협력 구축 · 국방을 테스트베드로 Spin-Up, 순환
	전력 운용	· 함정 정비 플랫폼 등 정보화 체계 확산		
	유지 보수	· 인력 부족, 노령화 등 정비 역량 부족		
과 학 기 술	D.N.A	· DX/AX, 산업 데이터 플랫폼 확산	⇒	핵심기술 활용 원격 정비, 가상화 메타버스, 교육 훈련 디지털 시뮬레이션 데이터, AI 모바일, 예지 정비
	정비 기술	· 첨단 무기에 대한 정비 인력의 기술 역량은 부족		
	스마트	· IoT 센서, 관제, 3D 프린팅, 로봇 등 도입		
산 업 생 태 계	제조	· AI/자율제조 기반으로 제조 환경 진화	⇒	AX 보급·확산 · AX, 디지털, 스마트 기술의 함정 MRO 확대 · 소부장 국산화 연계 함정 부품 성능 개량
	가치사슬	· IoT, 센서, 통신, 전동화 등 공급망 변화		
	AX전환	· VR, XR, AI 등 첨단 기술의 현장 경험 기회 부족		

1. 「해군 해양 유무인 복합체계 종합발전계획」, 해군본부, 2022.09.27.
2. 신승민 외, “IoT 기반 정비 통합관제 플랫폼 개발 방향: 해군 정비창 사례 중심으로”, 「한국해군과학기술학회지」 Vol. 5. no 2., pp. 143-149, 한국해군과학기술학회, 2021.
3. “Global Naval Vessels MRO Market Research Report Forecas to 2025”, Market Research Future, 2020.
4. 「'23-’37 국방기술기획서」, 국방기술진흥연구소, 2023.06.19.
5. 「2023~2037 국방과학기술혁신 기본계획」, 대한민국 국방부, 2023.05.
6. 류재학 외, “미래전 활용을 위한 해양무인체계 발전전략에 관한 연구”, 「Journal of the KNST」 Vol. 6 no. 2., pp. 127-132, 한국해군과학기술학회, 2023.06.
7. 김기태, “해경-해군 유무인 복합체계 공동발전 방안”, 「NAVY Times」 No. 23(2023년 여름), 한국첨단 기술융합학회, 2023.07.20.
8. 김종현·김선영, “무인선 기술 개발 동향 및 산업 현황”, 「KEIT PD Issue Report」 Vol. 15-3, pp. 83-95, 한국산업기술기획평가원, 2015.03.
9. “조선산업 디지털전환(DX) 제조혁신 기술 개발 사업 공청회”, 한국산업기술평가관리원, 2022.08.18.
10. “K-조선 재도약 전략: 세계 일등 조선 강국 실현을 위한”, 산업통상자원부, 2021.09.09.
11. “한국형 스마트 야드(K-Yard) 개발 사업 설명회”, 한국산업기술기획평가원, 2019.11.15.
12. 「제1차 친환경선박 개발·보급 기본계획(’21~’30)」, 산업통상자원부·해양수산부, 2020.12.23.
13. 김동진, 심재순, 김민곤, “함정 디젤발전기 데이터기반 건전성 예측모델에 관한 연구”, 「한국추진공학회지」 Vol. 23. no. 4, pp. 98-103, 한국추진공학회, 2019.
14. 오경원, “해군 무기 체계 한국형 상태진단시스템 발전방향 연구”, 「항공우주시스템공학회지」 제10권 제4호, pp. 67-74, 2016.12.
15. “Global Naval Vessels MRO Market Research Report Forecast to 2025 ”, Market Research Future.

김도현 혁신도전실 PD 소개

1997.1~ LG산전 중앙연구소 주임연구원 2000.3~ 한국전자통신연구원 책임연구원
2022.10~ KEIT 스마트제조 PD 2025.10~ KEIT 혁신도전 PD



스마트제조 PD로 재직하시다가 혁신도전 PD로
임용되었는데, 어떤 업무를 하는지 소개 부탁드립니다.

안녕하십니까? 저는 KEIT 혁신도전 PD 김도현입니다. 미래
산업의 게임체인저가 될 가능성이 있으나 실패 가능성이 높은
도전혁신형 연구 개발('산업기술 알키미스트 프로젝트' '미래
판기술 프로젝트') 관련 현안 전반에 대한 산업통상부 업무를
지원하고 있습니다.

올해 혁신도전 분야에서
가장 주목해야 할 이슈는 무엇인가요?

선도국들은 글로벌 하이테크 분야 산업구조 등 패러다임 변화에
대응하기 위해 신산업 창출을 비롯한 경제적 변혁을 이끌
국가 주도 혁신 R&D를 선제적으로 확대 중입니다. 이에 저성장
지속, 주력 산업 정체 등 불확실한 경제 환경 속에서 경제성장
전인 및 글로벌 · 시장 창출을 위해 개별 기업 자체 기술력으로
핵심 기술 확보가 어려운 첨단 기술 분야에 대해 국내외 협력
연구를 통해 유망 기술 개발이 가능하도록 선제적 지원이 필요한
상황입니다.

올해 12월 또는 내년 상반기 신규 사업/과제 기획이나
선정 공고, 행사 등 계획이 있을까요?

'미래 판기술 프로젝트'는 테마별로 최장 8년간 약 250억 원
내외를 경쟁형 R&D 방식으로 지원하는 중장기 대형 프로젝트로
미래 신시장 창출이 가능한 10개(2026년 3개, 2027년 3개,
2028년 4개) 테마를 공고하여 연구자들이 테마별 기술 개발을
수행할 수 있도록 지원할 예정입니다.

마지막으로 연구 수행자들에게
하고 싶은 말씀이 있다면?

산업부 혁신도전 R&D는 연구자들이 자유롭게 테마별 기술
개발 과제들을 기획하고 연구자들의 창의성 · 혁신성을 최대한
보장하면서 원천 기술 및 상용화를 목표로 사업화 기술
개발(실증 · 시제품, 생산공정 등)까지 지원합니다. 급변하는
기술 환경에 대응하여 도전적 혁신을 통한 압도적 기술력 확보
및 미래 시장 선점을 위해 각계의 적극적인 참여와 협조가
필요합니다.

정진휘 방산 PD 소개

1998.3~ 육군(포병, 예비역 대령) 2006.3~ 방위사업청 무기체계/기술 기획 PM

2022.10~ 국방과학연구소 무기체계 사전 개념 연구

2023.8~ 한국자동차연구원 첨단기동체계사업부 2024.12~ KEIT 방산 PD



「이슈픽」을 보시는 연구자들을 위해
자기소개 부탁드립니다.

안녕하십니까? 저는 KEIT 방산 PD 정진휘입니다. 방위산업 연구 개발 관련 현안 전반에 대한 산업통상부 업무를 지원하고 있습니다. 특히 방위산업 분야 연구 개발 로드맵 및 경쟁력 강화 전략을 수립하고, 관련 전략을 기반으로 신규 사업 및 과제를 발굴·기획하는 업무를 담당하고 있습니다.

올해 방산 분야에서

가장 주목해야 할 이슈는 무엇인가요?

그동안 방위산업은 군의 국내 수요 기반의 무기체계 개발 중심으로 발전해 왔으며, 체계 중심의 해외 수출로 K-방산의 위상은 높아지고 있습니다. 이러한 성장과 발전을 산업의 한 축으로 발전시켜 국가 전략 산업으로서의 방위산업 육성을 위해서는 산업부 중심으로 AI를 활용한 민간의 첨단 기술을 방산에 접목시키는 노력과 지원이 필요한 시기입니다.

올해 12월 또는 내년 상반기 신규 사업/과제 기획이나
선정 공고, 행사 등 계획이 있을까요?

내년 상반기에는 국한 환경과 차세대 미래 전장 대응을 목표로 '민군융합핵심소재자립화기술개발' 4개 과제에 대한 선정 공고가 예정되어 있으며, AI 드론을 포함한 Physical AI 개념의 방산 신규 사업을 기획하고 있습니다.

마지막으로 연구 수행자들에게

하고 싶은 말씀이 있다면?

K-방산의 기술력과 위상이 높아지는 시기에 국가 전략 산업으로서 방위산업 육성을 위해서는 우수한 연구 수행자분들과 함께 민군 활용성이 높은 기술 개발 과제 발굴이 지속적으로 필요할 것 같습니다.

KEIT ISSUE PICK

Vol. 2025 - 11

현장 적용 AI 융합 기술 - 스마트제조, 방산

발행인 전윤종

발행일 2025년 11월 30일

발행처 한국산업기술기획평가원(KEIT)

주소 대구본원 (41069) 대구시 동구 첨단로 8길 32

대전본원 (35262) 대전시 서구 문정로 48길 48, 계룡빌딩 3층

서울사무소 (04513) 서울시 중구 세종대로 39, 상공회의소회관 4층

웹사이트 www.keit.re.kr

ISSN 2234-3873

비매품

이 책의 저작권은 한국산업기술기획평가원에 있습니다.

무단전재와 복제를 금합니다.

기획 한국산업기술기획평가원 전략기획본부 산업전략실

(41069) 대구시 동구 첨단로8길 32

Tel. 053-718-8548

편집 · 제작 한국산업기술문화재단 방송본부 미디어제작팀

(03925) 서울시 마포구 월드컵북로 396, 누리꿈스퀘어 비즈니스타워 4F

Tel. 070-5050-9141

인쇄 (주)디앤비크리에이티브

(04623) 서울시 중구 서애로5길 12-9, 한아빌딩 2층

Tel. 070-4446-7363 Web. www.boxnv.co.kr



1 AI 제조안전 국내외 기술 및 정책 동향

김도현 혁신도전 PD | KEIT 도전혁신실

김형식 대표 | 그리니치컨설팅

AI 제조안전은 인공지능을 활용해 제조 현장의 위험 요인을 실시간 인식·예측·대응하는 지능형 안전 관리 기술이다. 멀티모달 AI, 디지털트윈, 설명가능 AI(XAI)가 결합되어 자율적 위험 예방이 가능해지고 있으며, 미국·EU·일본·중국은 제도화와 표준화를 강화하고 있다. 국내도 산업부의 제조안전고도화사업, 중기부·고용부의 스마트 안전장비 보급 등으로 기술·정책 연계를 추진 중이다. AI 제조안전은 산업 경쟁력과 근로자 보호를 아우르는 차세대 국가 전략기술로 부상하고 있다.

AI제조안전 # XAI # 산업안전 # 협동로봇 # 안전기술 # 스마트제조

2 제조 현장 적용 AI 융합 기술 동향

김도현 혁신도전 PD | KEIT 도전혁신실

송병준 교수 | 한국공학대학교

AI 융합기술은 제조 현장에서 생산성 향상과 품질 고도화를 이끄는 핵심 동력으로, 센서·로봇·디지털트윈·빅데이터와 결합해 자율적 공정 운영을 가능케 한다. 특히 예지보전, 품질 검사, 에너지 최적화 등 스마트팩토리 핵심 영역에서 AI 활용이 확대되고 있다. 국내외는 공정 데이터 표준화와 신뢰 가능한 AI 기반 실증에 집중하며, 산업현장의 효율성과 지속가능성을 강화하는 방향으로 발전 중이다.

AI융합기술 # 디지털전환 # 자율제조 # 예측유지보수 # 빅데이터AI # 머신비전

3 AI 기반 모듈형 드론의 핵심 부품 및 체계 개발 동향

정진휘 방산 PD | KEIT 조선방산항공실

김두형 기술이사 | 첨단민군산업협회

AI 기반 모듈형 드론은 임무에 따라 부품을 교체·조합할 수 있는 구조로, 인공지능이 비행 제어·자율항법·대상 인식 등을 수행한다. 경량화·저전력 설계와 AI 칩셋 탑재로 효율성이 향상되며, 군수·물류·재난 대응 등 다분야 활용이 확산 중이다. 국내는 핵심 부품 국산화와 자율비행 SW 개발에 주력하고 있으며, AI 융합을 통한 지능형 드론 생태계 구축이 가속화되고 있다.

모듈형드론 # 부품국산화 # 지능형항공시스템 # 유무인복합전투체계 # 자율비행

4 합정 MRO 산업과 AI·자율제조

정진휘 방산 PD | KEIT 조선방산항공실

권용원 수석 | 중소조선연구원 민군협력본부

신일식 수석 | 중소조선연구원 민군협력본부

합정 MRO는 합정의 유지·보수를 위한 정비·수리·재생 활동으로, AI·자율제조 기술을 통해 효율성과 신뢰성을 높이는 것이 핵심이다. 복잡하고 맞춤형 공정 특성상 AI 기반 공정관리, 협동로봇, 검사로봇, IoT, 빅데이터, VR/MR 기술을 활용한 스마트 정비 체계가 필요하다. 세계 시장은 연평균 6% 성장 중이며, 국내는 디지털 전환과 민·군 협력을 통한 생산성 향상, 정비 자동화, 예지정비 기술 확보가 경쟁력 강화의 핵심 과제다.

합정MRO # 창정비 # 복합무기체계 # 혼합현실 # 지능화 # 디지털 전환

+ Science Fiction - 모든 시스템 정상

전원호 | SF 작가·과학스토리텔러

북극 항로를 향해하던 자동화 화물선 '제일호'가 정체불명의 군함에 공격받는다. 엔지니어 박정호는 원격 관제 중 시스템이 해킹당했음을 발견하고, 수도 제어로 선박을 구한다. 해킹 원인은 일정 압박 속에 승인한 트로이 목마 장치였다. 드론 시스템으로 위기를 극복하지만, 그는 기술과 인간의 신뢰 사이에서 책임을 짊어진다.

SMR # 디지털트윈 # 북극항로 # 합정MRO # 드론스웜 # 지오펜싱