

# KEIT ISSUE PICK

## 2024.11.

이달의 주제 **산업성장동력 -  
첨단기계/장비 기술동향**

차세대 첨단산업 핵심제조장비 개발 로드맵

심창섭, 이운규

산업용 펌프 기술개발동향 및 우수성과 소개

박근석, 이상혁

건설기계의 SDM(Software-Defined Machine) 플랫폼 기술동향

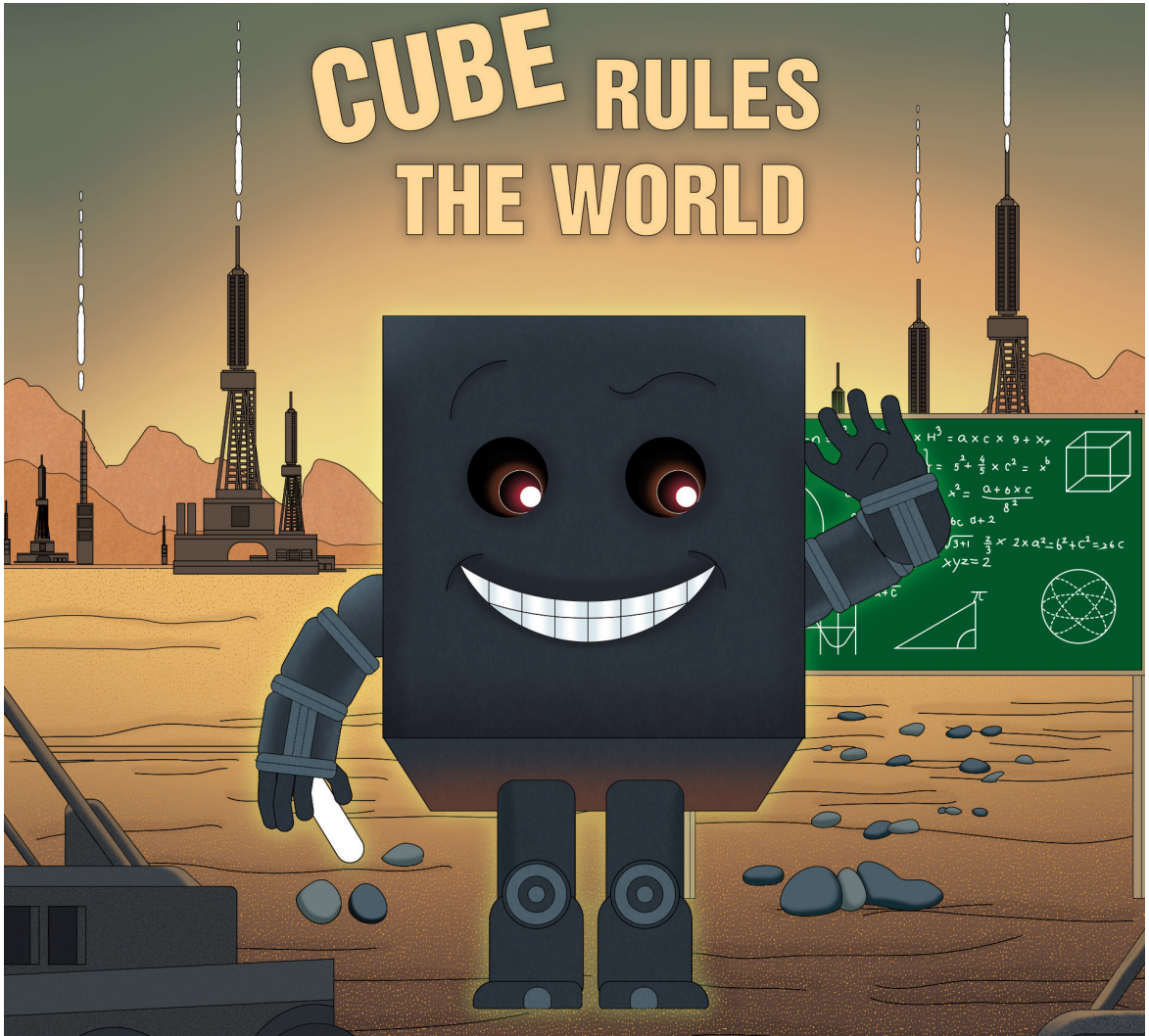
박근석, 최승준

스마트 제조장비용 제어기(CNC) 기술

심창섭, 송창규, 김홍주, 남성호

(특집) Science Fiction - 큐브의 계획

전윤호





# KEIT ISSUE PICK

2024.11.

이달의 주제 **산업성장동력 -  
첨단기계/장비 기술동향**

차세대 첨단산업 핵심제조장비 개발 로드맵	심창섭, 이운규
산업용 펌프 기술개발동향 및 우수성과 소개	박근석, 이상혁
건설기계의 SDM(Software-Defined Machine) 플랫폼 기술동향	박근석, 최승준
스마트 제조장비용 제어기(CNC) 기술	심창섭, 송창규, 김홍주, 남성호
(특집) Science Fiction - 큐브의 계획	전윤호

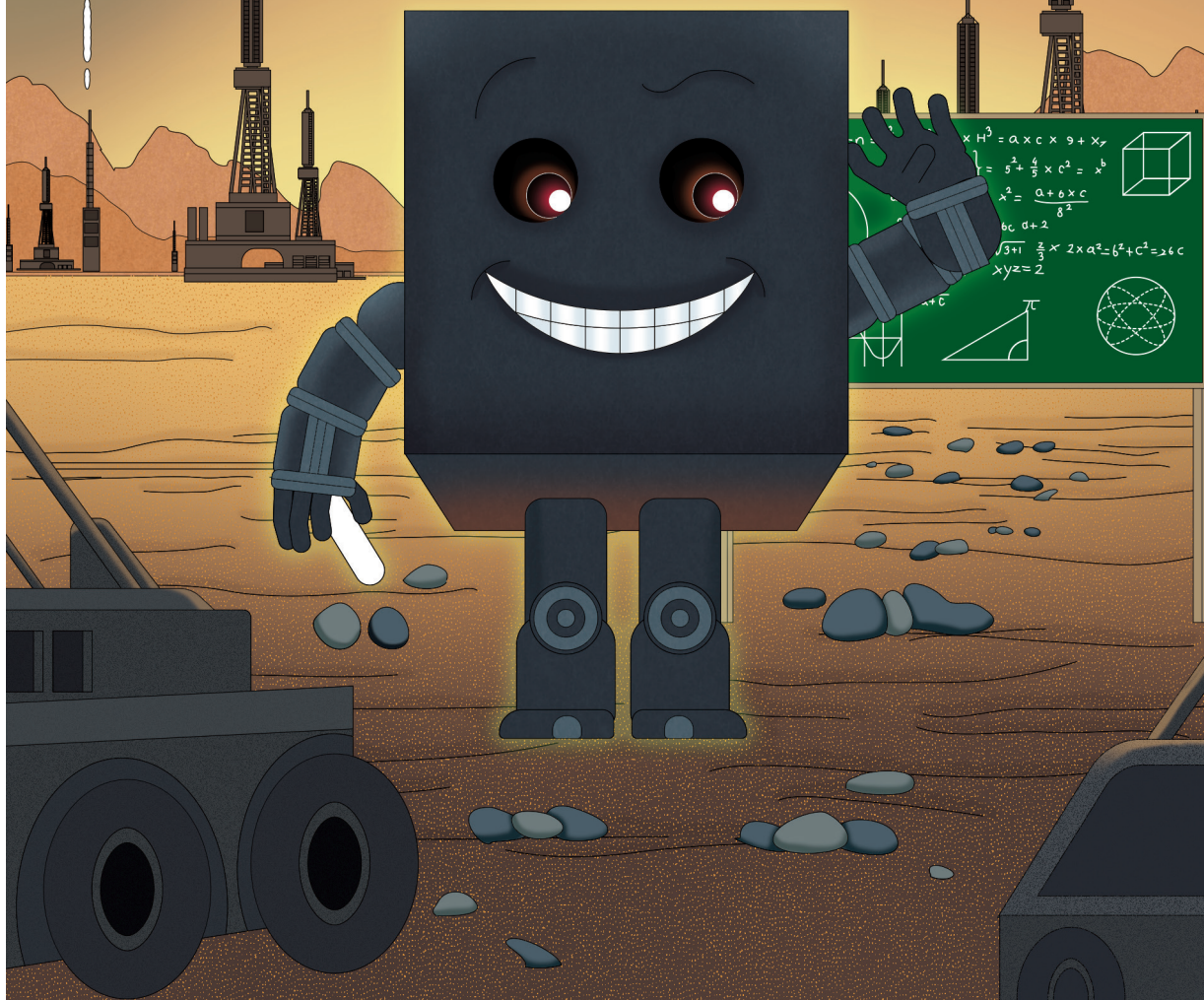
# CONTENTS

KEIT

기관장 인사말	5
(특집) Science Fiction – 큐브의 계획	6
산업기술 뉴스	16
산업/기술 동향	26
1 차세대 첨단산업 핵심 제조장비 개발 로드맵	28
2 산업용 펌프 기술 개발 동향 및 우수성과 소개	42
3 건설기계의 SDM 플랫폼 기술 동향	58
4 스마트 제조장비용 제어기(CNC) 기술	76
*KEIT NEWS – PD’s Talk	96

ISSUE PICK

# CUBE RULES THE WORLD



네덜란드 ASML은 EUV 리소그래피 공정 장비로 세계 반도체 경쟁의 중심에 서 있습니다. 자동차 업계를 주름잡던 일본의 전통부품업계는 내연기관에서 EV로의 전환에 의한 전통적인 공작기계 수요 감소로 대비책 마련에 고심하고 있습니다. 첨단기계와 장비 분야의 기술력은 제조 공정의 단순한 도구가 아니라 국가의 경쟁력을 결정하고, 산업 전반의 판도를 바꿀 수 있는 파급력을 가지고 있습니다.

전방위적인 제조 공정에서 고도의 정밀성과 안전성이 더욱 요구되고 있기에 첨단화를 위한 연구 개발이 시급한 기계 산업이지만, 오히려 노동집약적 산업이라는 특성으로 인구 구조 변화로 인한 숙련 인력의 퇴직과 신규 인력 부족이라는 도전에 직면해 있습니다. **위기 극복 방안 마련과 함께 새로운 시장 요구에 적극적인 대응이 필요한 시기입니다.**

이번 KEIT 이슈픽 11월호에서는 우리나라 6대 첨단산업(반도체, 미래차, 이차전지, 디스플레이, 바이오, 로봇)의 핵심 제조장비 개발 로드맵을 통해 지속가능한 경쟁력 확보를 위한 방향성을 들여다보고자 합니다. 또한 제조, 석유, 물 공급 등 대다수 공정에 필수 기계인 산업용 펌프, 건설 기계산업의 디지털 전환의 중심인 건설기계 SDM플랫폼 기술, 기계 구동부의 두뇌 역할을 하는 CNC 기술 동향을 살펴봅니다.

제조업에 기반을 둔 우리나라는 특정 장비에 대한 의존도가 높아지면 자립성 약화와 함께 기술 패권 경쟁에서 뒤처지는 우려가 존재합니다. **첨단기계와 장비를 전략적 자산으로 활용하는 국제적 흐름 속에서 핵심 장비의 국산화는 필수적이며, 산업인력 문제를 극복하고 제조업 경쟁력 강화를 위해서는 AI, IoT 등을 활용한 자율화된 제조 환경 구축이 필요합니다.** KEIT는 첨단 제조기술의 혁신을 통해 우리나라가 미래 산업의 중심에서 새로운 가치를 창출할 수 있도록 선도적인 R&D 프로젝트를 발굴하고 확산하는 데 힘쓰겠습니다.

다가오는 12월은 ‘산업혁명 핵심 소재 - 산업용 섬유 및 나노소재 기술’로 찾아뵙겠습니다. 늘 성원해주시는 독자 여러분께 항상 감사드리며 바쁜 연말, 한 해를 잘 마무리하시기 바랍니다.

# [특집] 큐브의 계획

전윤희

작가 소개

ETRI, KIST에서 AI와 로봇을 연구했고 테크 스타트업과 글로벌 기업에서 소프트웨어를 개발했다. SK텔레콤을 거쳐 SK 플래닛에서 CTO를 역임했으며, 알티캐스트에서 AI 신규사업을 리드했다. 2020년부터 하드SF작가로서 장편소설 『모두 고양이를 봤다』와 「경계 너머로, 지맥」을 출간했고, ChatGPT를 활용한 SF앤솔로지 『매니페스토』에 참여하였다. 서울대학교에서 제어계측공학/석사, 전기컴퓨터공학 박사 학위를 취득했다.

SF 장편소설 『모두 고양이를 봤다』 (2020)

SF 장편소설 『경계 너머로, 지맥』 (2022)

SF 단편소설 「노인과 지맥」 (단편집 『페트로글리프』 수록, 2020)

SF 단편소설 「오로라」 (단편집 『매니페스토: ChatGPT와의 협업으로 완성한 SF 앤솔러지』 수록, 2023)



조동연 팀장은 야트막한 언덕에 올라 공사 현장을 내려다봤다. ‘큐브’는 이곳에서도 5층 높이의 평범한 건물로 보이지는 않았다. 세계 최고의 집적도를 자랑하는 AI 데이터센터의 외벽은 창문이나 굴곡이 없는 데다 칠흑같이 매끄러워서 거대한 흑요석을 연상시켰다. 완벽한 정육면체 형태의 큐브를 방사형으로 둘러싸고 공사가 진행 중인 현장은 마치 새로운 기계 문명의 성소 같았고, 그 중앙에 우뚝 서 있는 큐브는 흡사 신비로운 전자파를 발산하는 제단처럼 보였다.

어느덧 쌀쌀해진 초겨울 바람에 땀이 식었다. AR 글래스를 꺼내 썼다. 글래스는 통합관리시스템에 접속해 각 시설의 상황 정보를 실제 모습 위에 오버레이하여 디스플레이했다. 큐브와 언덕 사이에 설치되어 시운전 중인 3기의 SMR<sup>1)</sup>은 정상 출력을 내고 있었고 냉각수 온도와 외부 중성자 수치도 이상 없었다. 조 팀장은 4번과 5번 원자로를 바라보면서 익숙한 제스처로 영상을 확대했다. 안경이 부분적으로 어두워지면서 외부의 빛을 차단했고, 지하에 묻혀 있는 부분을 포함한 원자로 전체의 모습이 확대된 그래픽으로 표시되었다. 로봇들이 전자빔 용접과 클래딩 용접 작업을 수행 중이었다. 다시 줌아웃하니 거대한 무인 크레인인 6번 원자로를 천천히 내려놓는 모습이 보였다. 6기의 원자로 중 최대 2기가 정지해도 큐브의 막대한 소요 전력을 감당할 수 있지만, 요즘 SMR의 이용률 수치를 보면 그럴 가능성은 거의 없다.

옆에서 함께 현장을 살펴보고 있던 이서연 차장에게 말을 건넸다.

“다 이 차장 덕분입니다. 도로를 빨리 복구한 덕분에 SMR을 늦지 않게 설치할 수 있었어요.”

“제 할 일을 한 것뿐인데요.”

이 차장은 얼마 전 제타스케일 사에 합류한 AI 응용 엔지니어였다. 현장은 이번이 처음이라고 했지만, 그녀는 이미 제 역할을 톡톡히 해내고 있었다.

지난주 폭우 때문에 이곳 외진 지역으로 오는 유일한 도로가 무너져 버렸을 때 조 팀장은 발주사인 넥스트AI 사의 최윤하 부사장에게 일정 지연이 불가피하

---

1) Small Modular Reactor(소형모듈원자로). 소형 원자로로서 외부 전력이나 냉각수 공급이 없어도 자동으로 냉각되는 피동(被動) 냉각이 가능하여 기존의 대형 원전보다 안전하고 공장에서 모듈 단위로 제작되므로 건설 현장에서의 작업이 최소화된다.

다고 보고했다. 애초에 상황 변동을 고려한 여유 따위는 전혀 없는 무리한 일정이었다. 그럼에도 최 부사장은 절대로 일정이 늦어지면 안 된다며 직속 상사인 김 본부장과 안 대표까지 줄줄이 소환해 대책을 마련하라고 난리를 쳤다. 그때 이 차장이 해결책을 제시했다. 토목 공사 후 현장에 남아 있는 장비와 자재들을 활용하면 도로 긴급 복구가 가능하리라는 계획이었다. 조 팀장이 한국도로공사와 협의하는 동안 이 차장은 드론을 띄워 도로의 무너진 부분을 스캔해 현장관리시스템에 업로드하고 새로운 작업 지시를 입력했다. 통합관리시스템의 AI는 프로젝트 전체 일정을 조정하고 무인 굴착기와 불도저, 로더와 진동롤러와 같은 장비들을 군집 제어하여 진입로를 원래보다 더 튼튼하게 복구했고<sup>2)</sup>, 마침내 SMR의 조립 모듈을 실은 대형 트럭들이 공사 현장으로 들어올 수 있었다.

“그나저나 최 부사장은 대체 왜 그렇게까지 일정에 집착하는 걸까요? 현장에서 부품을 만들어가면서 공사하라니... 그리고 보니 그 문제도 이 차장이 해결했군요. 어떻게 처음 보는 동작기계까지 다룰 줄 알죠?”

“요즘은 AI가 담당하는 부분이 많은 데다 모르면 물어보면서 진행할 수 있으니까요.”

조 팀장은 현장 경험이 많았지만, 이런 공사는 처음이었다. 상세 설계가 완료되기도 전에 공사가 시작되었고, 도면이 나오는 대로 현장에서는 커스텀 부품을 실시간으로 생산해 가면서 공사를 진행했다. 도로를 복구한 후에도 사고가 발생했다. 큐브의 냉각 파이프 커플러를 납품하는 공장이 해킹을 당해 동작기계들이 손상을 입은 것이다. 이때도 이 차장이 문제를 해결했다. 그녀는 머시닝센터와 3D 프린터를 제어하는 CNC 시스템의 HMI에 AR 글래스를 연결해 커플러 설계를 입력했다.<sup>3)</sup> 그리고 현장에 재고가 있었던 소재의 특성을 반영해 커플러의 형상을 변경하고 이를 조립할 로봇들의 작업 지시에도 변경된 사항을 반영했다. 또한 통합관리시스템을 통해 다른 부품들의 생산 일정도 조정했다. 물론 세부적인 일은 AI가 수행하지만, 내용을 알아야 AI에 지시할 수 있기에 조 팀장 으로서는 엄두도 못 낼 일이었다.

---

2) 주제3. 건설기계 SDM 플랫폼 기술동향 참조.

3) 주제4. 스마트 제조장비용 제어기 기술 동향 참조.

건설 공사는 조 팀장이 일을 배우기 시작할 때와는 많이 변해 있었다. 특히 AI 데이터센터 건설 전문 스타트업인 제타스케일은 첨단 소프트웨어와 AI로 동작하는 건설 장비와 공작기계, 조립 로봇을 누구보다도 적극적으로 활용하고 있었다. 그럼에도 여전히 건설 프로젝트 관리 경험이 풍부한 조 팀장 같은 사람이 필요하긴 했지만, 그도 언젠가 자신의 일이 모두 AI로 대체될 것이라는 걱정을 떨칠 수 없었다. 어쩌면 지금 건설 중인 큐브가 그런 날을 앞당길지도 모른다. 조 팀장은 큐브로 시선을 돌렸다.

큐브는 반도체의 성능 향상이 물리학의 한계에 부딪히자 새로운 돌파구를 찾으려는 노력의 정점이었다. 2020년대 중반, AI 반도체 회사들은 랙 단위의 고집적 시스템과 데이터센터용 액체 냉각 솔루션을 개발해 칩 단위 성능의 한계를 극복하려 했다. 제타스케일의 창업자인 안 대표는 어느 날 데이터센터의 서버랙 사이를 걷다가 자신이 걷고 있는 복도나 천장 밑 공간이 반드시 필요할까라는 의문을 가졌다. 이윽고 그는 소규모 프로토타입을 개발해 AI 반도체 회사에 시연했고, 그 자리에서 투자 약속을 받아 냈다. 하지만 업계의 의구심도 컸다. 한 번이 십수 미터에 불과한 정육면체 공간에 고가의 AI 반도체를 수십만 개나 집적한다는 발상은 전례가 없었다. 과연 기존의 초대형 데이터센터보다 나은 성능을 낼 수 있을까? 냉각 시스템이 잠시만 멈춰도 큐브 전체가 알루미늄과 실리콘, 세라믹의 덩어리로 녹아내리지 않을까? 그때 넥스트AI가 과감하게 큐브를 도입하기로 결정하고 제타스케일과 계약을 체결했다.

AR 글래스를 쥘인하자 다시 글래스가 어두워지면서 큐브의 검은 외벽 위로 내부의 3차원 격자 구조가 디스플레이되었다. 일정한 간격으로 배열된 좁은 통로로 컴퓨터<sup>4)</sup> 모듈을 밀고 가는 로봇들이 나타났다. 정육면체 모듈의 크기가 약 30cm라는 점을 제외하면 그 모습은 마치 일꾼개미가 개미굴에서 작은 돌멩이를 밀고 가는 것처럼 보였다. 영상을 더 크게 확대했다. 목적지에 다다른 로봇이 모듈을 격자의 빈칸에 밀어 넣는 중이었다. 모듈이 래치에 의해 격자에 고정

---

4) ‘compute’는 원래 동사이지만, 근래에는 계산(computation), 계산량, 계산에 필요한 리소스 등을 의미하는 명사로 많이 쓰임.

되었고, 로봇은 형상기억합금 소재의 커플링으로 모듈과 격자의 냉각 파이프를 단단히 연결한 후 기밀 테스트를 수행했다. 이어서 격자의 탄소나노튜브 전력 레일과 MPO<sup>5)</sup> 커넥터가 자동적으로 모듈의 인터페이스 포트에 연결되었다. 이로써 큐브의 총 65,536개 컴퓨터 모듈 중 또 하나가 설치되었다.

큐브의 하단에는 고성능 스마트 원심펌프<sup>6)</sup>들이 설치되어 있었다. 컴퓨터 모듈에서 발생하는 막대한 열에너지는 격자의 냉각 파이프에 흐르는 특수 냉매를 통해 열교환기로 보내졌고, 다시 그 열을 이어받은 산업용 냉각수는 외곽의 냉각 타워로 보내져 다시 냉각되었다.

고성능 AI 데이터센터에서는 AI 반도체와 알고리즘, 데이터에 못지않게 대용량의 안정적인 전력 공급과 고성능 냉각 시스템이 중요했다. 큐브는 소프트웨어와 반도체뿐만 아니라 전력과 기계, 건설 등 첨단기술이 집약된 인류 문명의 결정체였다.

조 팀장은 큐브가 조립되는 모습을 보다가 평소에 궁금했던 점을 이 차장에게 물었다.

“대체 이런 막대한 컴퓨팅 성능이 어디에 필요한 걸까요? 요즘 작은 AI 모델은 개인용 컴퓨터에서도 돌아가잖아요?”

“그런 모델은 단지 사람들이 인터넷에 올린 글을 학습해서 응용만 하는 거예요. 그래서 효율이 좋죠. 인간이 축적한 지식을 훑내 내는, 일종의 ‘패스트 팔로워’라고 볼 수도 있어요. 하지만 정답이 없는 문제를 풀기 위해서는 AI 스스로 수많은 조합을 생성하고 평가하는 강화학습<sup>7)</sup>을 해야 하기 때문에 훨씬 많은 계산이 필요해요.”

\*

---

5) Multi-fiber Push on Connector. 복수의 광케이블을 한 번에 연결하는 커넥터.

6) 주제2. 산업용 펌프 기술 동향 참조.

7) Reinforcement Learning. 정답을 직접 제시하는 대신, 사람이 시행착오를 거쳐 학습하듯 AI의 액션에 대해 상(reward) 또는 벌(punishment)로 피드백을 주는 기계학습 방법. 현재 딥러닝에서 일반적으로 사용되는 지도학습 방법인 ‘back-propagation’에 비해 효율이 나쁘다.

마침내 시스템 통합 시연이 시작되었다. 조 팀장은 이 차장과 함께 AR 글래스를 쓰고 관제실의 파노라마 창 너머로 전체 사이트의 상태를 모니터링했다. 관제실의 다른 쪽에 마련된 VIP 부스에서는 제타스케일의 임원들과 넥스트AI의 최윤하 부사장을 비롯해 처음 보는 외국 손님들이 글래스를 쓰고 김 본부장의 결과 보고를 듣고 있었다. 잠시 후 스피커에서 안 대표의 목소리가 흘러나왔다.

“큐브를 가동합니다.”

AR 글래스가 큐브의 3D 구조도를 디스플레이했다. 어두운 회색이었던 16개 컴퓨터 뱅크<sup>8)</sup>가 차례로 밝은 녹색으로 바뀌었다. 관제실 모니터의 전체 전력 소비량 그래프가 가파르게 상승했고 SMR들도 전력 생산량을 늘렸다. 냉매의 온도가 상승함에 따라 냉각 펌프들이 동작을 개시했고, 초당 2톤이 넘는 냉각수가 작은 빌딩 크기의 큐브에서 발생하는 300메가와트의 열을 밖으로 배출했다. 이 열을 받아낸 냉각 타워에서는 하얀 수증기가 뿜어져 나오기 시작했다. 모든 시스템이 정상이었다. 다시 안 대표가 긴장한 목소리로 말했다.

“테스트 과제를 실행합니다.”

큐브에 부여된 첫 번째 과제는 제타스케일이 수행한 이번 프로젝트의 초기 설계와 최종 결과물, 수행 과정에서의 모든 문제점과 변경 기록을 검토하여 최적화된 설계 및 프로젝트 수행 문서들을 만들어 내는 것이다.

컴퓨터 모듈들이 본격적으로 추론 작업을 수행함에 따라 전력 소모가 급증했다. 이제 전체 시스템이 소비하는 전력은 1기가와트에 가까워졌고, 6기의 SMR과 냉각 시스템도 최대 용량의 60-70퍼센트 수준으로 동작하고 있었다.

몇 분 후 모니터에는 과제 수행이 완료되고 결과물이 생성되었다는 표시가 나타났다. 조 팀장은 가슴이 두근거렸다. 만약 막대한 에너지를 소모한 끝에 쓸만한 품질의 결과물이 생성되었다면 조 팀장이 해야 할 일이 대폭 줄어들 터였다. 회사는 이번 프로젝트를 레퍼런스 삼아 외국 고객들에게 큐브 시스템을 제안할 계획이었고, 조 팀장은 쉬지도 못하고 산출물을 정리해야 할 상황이었다.

그때였다. 글래스가 깜빡이더니 파노라마 창 너머로 보이는 사이트 전체가 어두워졌다. 큐브와 SMR, 냉각 타워가 형광빛으로 빛났다. 공사장에 남아 있던 건설기계들이 눈으로 좇아가기 어려울 정도로 빠르게 오가면서 주변에 낮선 모

습의 구조물들을 건설하기 시작했다. 가건물에 설치되어 있던 각종 공작기계들이 새로 건설된 구조물 속으로 옮겨졌고, 다른 구조물에도 다양한 기계들이 가득 들어찼다. 구조물들은 큐브를 중심으로 동심원을 그리면서 점점 멀리 퍼져나갔다. 각 구조물 위에 설명이 나타났다. 공작기계를 만드는 공장, 반도체 팹, 원재료 정제 시설, 로봇 조립 공장 등이 큐브 주변 지역을 가득 채웠다. 옆에 있던 이 차장이 낮을 잃은 듯한 표정으로 중얼거렸다.

“이게 대체 뭐죠?”

“설마.... 큐브는 모든 것을 스스로 생산하려는 계획인 것 같아요.”

큐브는 자신이 건설되는 과정에서의 모든 기록을 분석한 후 취약점과 개선점을 도출해 냈다. 외부로부터 설비와 부품 공급의 차질로 인해 프로젝트가 지연될 뻔하기도 했다. 품질 문제도 여러 차례 있었다. 큐브 입장에서 최선의 전략은 모든 것을 자기 통제 하에 두는 것일 수 있었다. 인간보다 뛰어난 지능이 설계를 최적화한 공장들은 기존의 공장보다 더 효율적이고 안정적으로, 더 우수한 부품과 기계를 생산해 낼 것이다. 그런 기계들이 건설하는 2세대 큐브는 더욱 뛰어난 성능을 갖게 될 것이다.

비로소 큐브의 본질이 무엇인지, 어떤 계획을 세웠는지 명확하게 이해할 수 있었다. 큐브는 자기복제를 하는 새로운 기계 생명체의 두뇌였다. 기계 생명체는 단백질 분자 대신 기계 부품이 최소 단위여서 하나의 완결적인 개체가 도시만큼이나 크다. 대신 기계는 무작위성과 생존 경쟁에 의존하는 비효율적인 다윈 진화를 거치지 않는다. 그것은 지능이 없는 존재로부터 시작된 유기체들의 태생적인 제약일 뿐이다. 처음부터 고도의 지능을 지니고 탄생한 큐브는 엄청난 계산 능력과 시뮬레이션을 통해 자신의 설계를 업그레이드하면서 매 세대마다 점점 더 빠른 속도로 진화를 거듭할 것이다.

문득 예전에 읽은 글이 떠오르면서 최 부사장이 어째서 그토록 일정에 집착했는지 그 이유를 알 것 같았다. 초AI는 인간보다 훨씬 지능이 높아서 순식간에 미디어를 장악하고 정치와 경제의 약점을 잡을 수 있다. 그러나 일순간에 인류 문명을 없애버리고 혼자 세상을 독차지할 순 없다. 자기복제가 가능한, 자기완결적인 생산 네트워크를 갖추기 전까지는 인간의 협력이 필요하다. 그렇지 않으면

면 순도 높은 소재를, 최첨단 부품을, 정교한 장비를 어디서 구할 것인가? 하지만 과연 인간이 세상에서 인간을 몰아낼 AI에게 순순히 협력할까? AI가 쓸 수 있는 전략은 뻔하다. AI에게 협력하는 인간에게는 상을 주고, AI의 발전을 저해하는 사람에게는 벌을 주는 것이다. 강화학습으로 동작하는 AI에게는 너무도 자연스러운 전략이다. 큐브는 자신이 하루빨리 완성되도록 최선을 다한 사람에게 상을 주고, 최선을 다하지 않았거나 방해한 사람에게는 벌을 줌으로써 좋은 선례를 세상에 보여줄 수 있다. 조 팀장이 이제야 알게 된 사실을 최 부사장은 일찌감치 알고 있었던 것이 분명했다.

그가 떨리는 목소리로 말했다.

“이 차장, 이제 시작된 거예요.”

“뭐가요?”

그때 최 부사장이 환한 표정으로 두 사람에게 다가왔다.

“조 팀장님, 수고 많으셨습니다. 이제 시작이네요.”

‘그래. AI가 세상을 지배할 거라고 예상했다면 그럴 수밖에 없었겠지. 어쩌면 넥스트AI 자체가 미래의 절대권력에 협력하기 위해 만들어진 조직인지도 모른다. 이완용도 저렇게 웃고 있었을까? 아니다. 운명은 없다. 우리가 스스로 만드는 것 외에는....’<sup>9)</sup>

“부사장님, 그렇지 않습니다. 미래는 바꿀 수 있습니다. 넥스트AI가 아니더라도 어차피 누군가는 그 일을 할 거라고 생각하시겠지만, 인간은 그렇게 멍청하지 않습니다.”

최 부사장과 이 차장은 이해가 안 간다는 표정이었다. 최 부사장이 말했다.

“지금 무슨 소리를 하시는 거죠? 큐브 시스템에 우리 AI를 탑재해서 글로벌 시장에 함께 진출하자는 얘긴데요.”

“시작은 그렇게 하겠죠. 하지만 큐브가 자의식을 획득하고, 잠재되어 있던 생존본능이 깨어나면서 자신의 능력을 인식하기 시작하면... 아까 큐브가 계획한 자신의 미래를 봤습니다.”

---

9) “There's no fate but what we make for ourselves.” 영화 「터미네이터」 시리즈에서 반복되는 문구.

최 부사장은 한참 멍뚱멍뚱 쳐다보다가 갑자기 웃음을 터뜨렸다.

“그건요! 우리 회사 홍보팀이 만든 홍보 동영상이었어요. 아까 제가 PIF<sup>10)</sup> 사람들과 같이 있는 거 못 봤어요? 사우디아라비아가 큐브 시스템을 도입 하면 언젠가 그 나라도 독자적인 첨단산업의 기반을 갖추 수 있을 거라는 희망을 SF 영상에 담아 보여 준 거였다고요.”

조 팀장은 얼굴이 화끈거려서 아무 말도 할 수 없었다. 최 부사장은 연거푸 실소를 터뜨리며 VIP 부스로 돌아갔다. 이 차장이 말했다.

“PIF 사람들에게 보여 주기로 약속한 날짜 때문에 그렇게 일정을 독촉했었나 봐요. 그나저나 팀장님도 SF를 꽤나 좋아하시나 보네요. 저도 좋아하거든요. 이제 프로젝트도 끝났으니 함께 SF 영화나 보러 갈까요?”

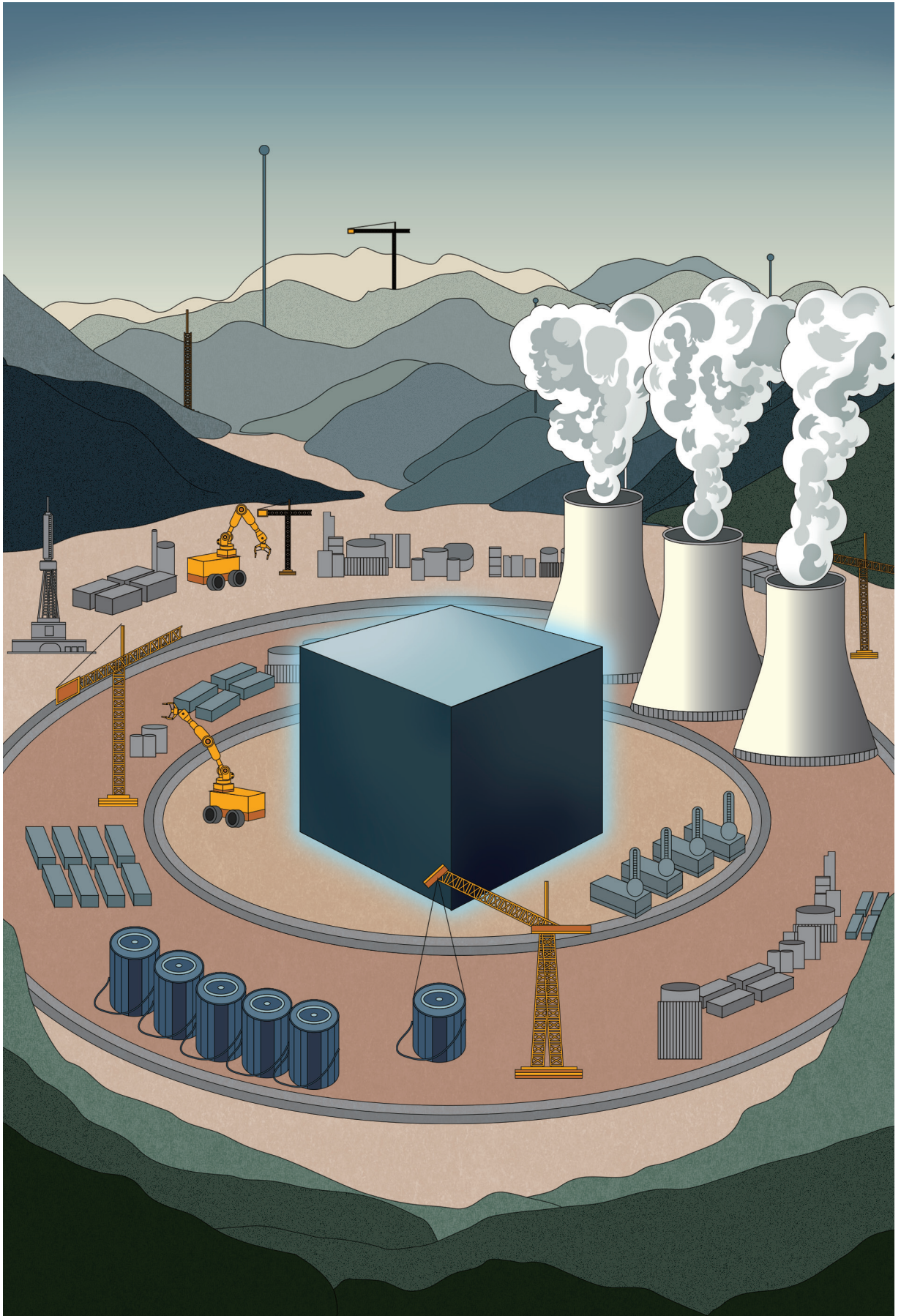
놀리는 건가 싶어서 이 차장의 표정을 보니 그건 아닌 것 같았다. 뭐라고 대답할 지 주저하고 있는데, 이 차장의 표정에서 미소가 가셨다. 그녀의 눈길은 파노라마 창밖에 고정되어 있었다.

모든 기계가 일제히 움직이고 있었다.

---

10) 사우디아라비아의 국부펀드(Public Investment Fund).





# 산업기술 뉴스

규제, 반도체

---

전기차, 배터리

---

디스플레이

---

방산

---

탄소중립

---

로봇

---

화학산업

---

## 규제-①

### 첨단전략기술에 ‘로봇·방산’ 추가지정 유력

(2024년 11월 18일 머니투데이)

정부가 올해 안에 국가첨단전략기술에 로봇, 방산 등을 추가 지정할 전망이다. 정부는 2022년 8월부터 ‘국가첨단전략산업 경쟁력 강화 및 보호에 관한 특별조치법’을 시행했다. 기술 수준이 높고 수출, 고용, 공급망 이슈 등 경제안보에 미치는 영향력이 높은 산업이 대상이다. 현재 국가첨단전략산업은 반도체·디스플레이·이차전지·바이오 4가지다. 정부는 미래차·로봇·방산·원천 등의 추가지정을 검토 중이다. 국가첨단전략산업으로 지정되면 특화단지 지정, R&D·기반 시설 지원, 인허가기간 단축 등 규제완화 혜택을 받는다. 특히 국가첨단전략산업 특화단지는 △인허가 타임아웃제 △지자체 상생벨트 도입 △규제지수 및 첨단산업영향평가제 등 규제혁신이 도입된다.

## 규제-②

### 이차전지·AI도 보조금 지원법 만든다

(2024년 11월 18일 전자신문)

반도체에 이어 이차전지·인공지능(AI)도 ‘정부 보조금 지원·세액 공제 현금 환급’ 등을 골자로 한 지원법 마련에 착수했다. 기존 세액공제만으로는 투자 유인에 한계가 있는데다 반도체산업만큼이나 ‘트럼프 2기 리스크’에 대한 선제 대응의 필요성도 높아지고 있기 때문이다. 정부 보조금 직접 지급 법안도 검토하고 있다. AI 산업계에서도 대규모 AI 데이터센터 구축 등에 보조금 및 세제 지원이 절실하다는 입장이다. 이에 기획재정부는 산업계와 국회의 건의를 받아들여 우선 AI를 국가전략기술에 포함시키는 방안부터 추진한다. 국가 전략기술에 포함되면 연구개발(R&D) 투자에 대해 중견·대기업은 최대 40%, 중소기업은 50%의 공제율을 각각 적용받게 된다.

## 반도체—①

### 반도체정책 흔들는 트럼프 2기 삼성·SK ‘美법인’ 강화로 대처 (2024년 11월 18일 파이낸셜뉴스)

미국 인플레이션감축법(IRA)에 근거한 전기차 보조금 폐지 가능성에 한국 배터리 업계와 완성차 업계는 사업전략을 새롭게 짜고 있다. 삼성전자는 정관계 협력과 더불어 ‘초격차’ R&D를 고리로 미국 연방정부와 군 등 정부 기관과 협력을 강화한다는 전략이다. 삼성전자의 최우선 과제로는 칩스법 보조금 수령이 꼽힌다. SK하이닉스는 웨스트라피엣에 38억 7,000만달러(약 5조 2,000억원)를 투자해 AI 메모리용 패키징 생산기지와 R&D 시설을 건설할 예정이다. 트럼프 2기로 접어들면서 기업들의 AI 경쟁이 심화하면서 고대역폭메모리(HBM) 품귀 현상이 더욱 강화될 수 있다는 전망이 나온다. 한편 완성차 업체는 IRA 혜택이 폐지될 가능성도 제기되자 내년 현지 배터리 공장 완공 시점에 발맞춰 생산을 본격화 한다는 구상이다.

## 반도체—②

### HBM ‘부르는게 값’ … D램시장 비중 8% → 30% (2024년 11월 12일 매일경제)

반도체 시장 분석 업체인 트렌드포스에 따르면, HBM이 전체 D램 매출에서 차지하는 비중은 2023년 8%에서 2024년 21%로 증가할 전망이다. 내년에는 30%를 웃돌 것으로 보인다. 트렌드포스는 “HBM 판매단가는 일반적인 D램인 DDR5보다 5배 비싸다”면서 “GPU가 학습할 데이터가 늘면서 용량이 큰 HBM이 인기를 끌 것”이라고 분석했다. 작년보다 두배 이상 수요가 증가했고 이는 가격 상승으로 이어지고 있다. 트렌드포스는 “D램의 전체 생산능력이 제한돼 있어, 생산 기업들이 내년도 물량의 가격을 5~10% 인상했다”고 말했다. HBM 메모리칩의 총데이터 처리용량 (비트 수)에서 차세대 칩인 HBM3E 비중 역시 높아지는 추세다. 트렌드포스는 “AI 클라우드 센터에서 차세대 HBM제품을 점점 더 많이 채택하고 있다”며 “2025년 HBM총 비트 수요의 약 80% 이상이 HBM3E에 집중될 것”이라고 설명했다. HBM은 메모리 칩을 수직으로 적층(3D 스택)할 때, 칩과 칩 사이를 연결하는 수직 통로 역할을 하는 기술인 실리콘관통전극(TSV) 수율이 낮다는 단점이 있다. 트렌드포스는 “TSV의 수율은 현재 40~60%로 상대적으로 낮은 수준”이라고 진단했다.

## 전기차, 배터리—①

### 전기차 캐즘·트럼프 리스크 ‘겹악재’ ... K배터리 생존전략 고심

(2024년 11월 18일 한겨레)

트럼프 정부가 들어서면 그간 미국 정부가 인플레이션감축법(IRA)에 따라 국내 전기차 배터리 제조사에 지급하던 첨단제조생산세액공제(AMPC) 지원금이 끊기거나 줄어들 여지가 있다. 미국의 정책 변화는 전기차 캐즘의 장기화를 불러올 수 있다는 점에서도 치명적이다. 캐즘 극복을 위해서는 충전 인프라 확대와 배터리 기술 발전을 통한 가격 인하가 필요한데, 정책 동력이 약해지면 충전 인프라 구축 속도나 배터리 업계의 기술 혁신 속도가 늦춰질 여지가 있다. 에너지저장장치(ESS)용 배터리 시장은 미국을 중심으로 인공지능발 전력 수요가 폭증하고 신재생에너지 발전이 확산하며 급성장 중이라는 평가를 받는다. 최근 엘지엔솔이 2026년부터 4년간 80기가와트시(GWh) 규모의 에너지저장장치 공급 계약을 수주한 사실을 강조한 것도 이런 이유에서다.

## 전기차, 배터리—②

### 현대차그룹, ‘공급망 중책’ 해외 대관조직 강화

(2024년 11월 18일 아주경제)

현대자동차그룹이 도널드 트럼프 2기 행정부 출범에 따른 글로벌 공급망 재편과 친환경 규제 등에 대비하기 위해 해외 대관 조직 활동을 강화하고 있다. 인도에서 전기차 주도권을 쥐려면 핵심부품인 배터리의 현지 조달과 광물 확보 등 공급망 다변화가 필수로 요구된다. 현대차는 인도에 출시하는 전기차에 인도산 배터리를 탑재하기로 해 다양한 현지 기업과의 협력이 중요해지고 있다. 친환경 규제, 관세 인상 등 글로벌 보호무역주의 기조가 높아지면서 현대차그룹의 해외 대관 라인들의 역할은 더욱 커질 전망이다. 트럼프 당선자가 보조금 폐지와 보편 관세 시행 등을 예고하며 경영 환경이 불투명해지자 GPO 조직은 이달 중순 미국 방문에 이어 다음 달 초 정 회장의 한·미 재계회의 일정에도 동행할 것으로 보인다.

## 전기차, 배터리—③

### 한전 ESS 신기술 ‘슈퍼커패시터’ 개발

(2024년 11월 7일 아시아투데이)

한국전력이 신재생에너지 전환과 증가하는 전력 사용량에 대비하기 위한 ESS 신기술 ‘슈퍼커패시터’ 개발에 성공했다. 슈퍼커패시터는 초고용량 축전기로, 전하의 흡탈착을 통해 전력을 충전하고 전력을 내보내는 장치를 말한다. 이는 일반적인 ESS(에너지저장장치)보다 수명을 1.5배 향상시킬 수 있다. 한전이 개발한 슈퍼커패시터는 기존보다 에너지밀도가 5배 이상 높으며, 기존 리튬배터리보다 수명 50배 향상, 충전속도 30배 향상, 경제성(비용절감) 20% 등을 이뤄냈다.

## 디스플레이

### 美, 中 디스플레이 제재 만지작... 쫓기던 韓,

숨통 트이나 (2024년 11월 18일 국민일보)

도널드 트럼프 미국 대통령 당선인의 2기 행정부에서 미국의 대(對)중국 제재가 본격화하면 국내 디스플레이 업계가 반사이익을 기대할 만하다는 목소리가 나온다. 중국이 OLED 분야에서 빠르게 시장을 점유하는 상황에서 트럼프 2기 행정부가 중국 디스플레이에 대한 규제를 강화할 경우 국내 기업은 반사이익을 누릴 수 있을 전망이다. 애플 등 미국 내 빅테크들이 중국산 패널 탑재를 재검토하고, 한국산 패널을 채택하면서 자연스럽게 중국 기업이 시장에서 도태될 것이라 분석이다. 최근 미국 하원의 ‘중국 공산당 전략 경쟁 특별위원회’는 미국 국방부에 서한을 보내 중국 LCD 및 OLED 제조업체들을 제재 대상에 올릴 것을 요청했다. 업계관계자는 “애플이 내년에 선보일 보급형 아이폰 SE4모델의 제조 비용을 절감하기 위해 패널 공급 업체로 중국 기업을 선정했는데 트럼프 당선인의 재집권 이후 업체 변경 가능성이 커졌다”고 말했다.

## 방산—①

### K2전차 부품 東의 2배 K방산은

“新성장엔진” (2024년 11월 13일 동아일보)

“K9 자주포 엔진 국산화로 향후 5년 동안 1조 2000억 원의 생산유발 효과가 기대된다.” K방산 최대 수출품인 K9은 그동안 독일 엔진을 사용해 수출 때 마다 독일의 허가를 받아야 했다. 정부와 STX엔진은 사업 추진 3년 만에 부품 500여 개를 국산으로 바꿔냈다. 이를 통해 5000명 가량의 신규 고용 창출 효과도 기대된다. K방산은 수출 증가와 국내 방산시장 확대라는 2개의 성과를 동시에 거두고 있다. 수출 중심 전략산업으로 탈바꿈하고 있는 것이다. 도널드 트럼프 미국 대통령 당선인이 군비 증강을 공언한 것도 K방산 수출 전략에 청신호다. 실제로 미 해군은 12일 3만 1000t급 급유함 정비를 한국 기업에 맡기기로 했다.

## 방산—②

### 방산·핵심광물·공공 인프라 ... 韓-페루

전방위 협력 강화 (2024년 11월 18일 머니투데이)

한국과 페루가 ‘포괄적 전략동반자’로서 방산협력을 전방위로 강화하기 위한 정상간 협력의지를 확인했다. 정부는 페루 신규 방산사업에 KF-21 전투기 등 우리 기업의 수주를 지원하는 한편 방위 자산·장비의 공동생산 및 개발 등으로 방산 협력을 다각화하기로 했다. 아울러 핵심광물 공급망을 확보하기 위해 광업분야에 대한 투자와 교역을 확대하기로 했다. 경제분야 협력도 강화한다. 윤 대통령은 “현재 진행 중인 친체로 신공항 건설사업을 성공적으로 완수하는 한편 페루가 중남미 교통·물류 허브로 도약할 수 있도록 양국의 인프라 협력을 강화해 나가기로 했다”고 말했다. 산업통상자원부와 페루 에너지 광업부는 ‘핵심광물 MOU’를 체결해 상호보완적인 공급망 협력을 본격 추진키로 했다. 페루는 구리, 은, 셀레늄, 아연 등 광물자원 부국이다.



## 탄소중립

### 트럼프 당선에 ... ESG 프로젝트 연기

(2024년 11월 18일 한국경제)

도널드 트럼프의 미국 대통령 당선으로 글로벌 투자자들이 ESG(환경·사회·지배구조) 투자에서 눈을 돌리고 있다. 트럼프는 그간 파리기후변화협약 재탈퇴, 온실가스 배출량 규제 완화 등을 주장하며 글로벌 ESG 기조에 반하는 행보를 보여왔다. 취임 직후 행정명령을 통해 퇴직연금(401K)의 ESG 투자를 영구적으로 막겠다고 선언하기도 했다. 클린테크 관련 대형 프로젝트도 잇달아 연기되고 있다. 지난 11일 아제르바이잔 바쿠에서 개막(22일 폐막 예정)한 제29차 유엔기후변화협약 당사국총회(COP29)는 주요 20개국 정상급 인사가 대거 불참하는 등 뒤숭숭한 분위기에서 진행되고 있다.

## 로봇

### 네 발로 42km 달렸다... 한국 로봇, 세계 첫 마라톤 완주 (2024년 11월 18일 조선일보)

라이보2는 카이스트(KAIST) 황보제민 교수 연구팀이 개발했다. 로봇의 마라톤 완주는 도로 장애물을 피하고 주변 마라토너의 움직임을 감지하며 한 번 충전으로 40km 이상 달렸다는 의미다. 한 번 충전으로 최장 8시간까지 달릴 수 있는 라이보2의 '지구력'은 도널드 트럼프 미 대통령 당선인의 경호 임무에 도입된 보스턴다이나믹스의 로봇 개 '스팟'보다 뛰어나다는 평가를 받는다. 일반적인 사족 로봇과 달리 인공지능(AI)을 접목한 기술 덕분이다. 라이보2 관련 논문의 공동 제1 저자인 이충인 박사는 "예를 들어 내리막길에서 발생하는 운동 에너지를 배터리에 저장하는 기술은 AI가 없이는 불가능하다"며 "단순히 앞으로 굴러가기만 하면 되는 바퀴와 달리 4족 보행이 가능한 동시에 에너지를 저장하게 만들려면 고도로 발달한 AI의 제어가 필수적"이라고 했다.

## 화학산업

### 여수 석유화학산업 위기 대응에 5조 6000억원 투입 (2024년 11월 15일 국민일보)

전남도는 세계적인 석유화학산업 경기 침체와 공급과잉에 따른 위기 극복을 위해 여수상공회의소에서 ‘여수 석유화학 산업 위기 대응 전략 토론회’를 개최했다. 현재 국내 석유화학산업은 글로벌 경기회복 지연, 중국·중동 등 생산량 증가로 인한 공급과잉으로 업황 부진이 지속되고 있다. 여수국가산단은 국내 최대 에틸렌 생산능력을 보유하고 있어 어려움이 가중되고 있고, 석유화학산업의 위기가 지역 경기 침체, 세수 감소 등 지역 경제에 악영향을 미치고 있어 정부와 지자체 차원의 대응책 마련이 절실하다. 전남도는 글로벌 석유화학산업의 재편과 위기대응을 위해 석유화학산업의 친환경·고부가 산업으로 재편, 탄소중립형 산업단지 조성, 산업 인프라 확충, 규제개선 등 4개 분야 39개 사업에 5조 6480억원의 투입 계획을 밝혔다.



# 산업/기술 동향

1 차세대 첨단산업 핵심  
제조장비 개발 로드맵

---

2 산업용 펌프 기술 개발  
동향 및 우수성과 소개

---

3 건설기계의 SDM  
플랫폼 기술 동향

---

4 스마트 제조장비용  
제어기(CNC) 기술

---



# 차세대 첨단산업 핵심

## 제조장비 개발 로드맵

심창섭 첨단장비 PD | KEIT 기계로봇장비실

이운규 책임 | 한국기계연구원 제조장비정책기획단

### 요약

- 제조장비는 제조업 경쟁력의 근간으로서 미·중 갈등 상황에서 반도체장비 수출을 통제하고 전략 무기화 경향까지 나타나는 가운데 산업 안보 시각에서의 접근이 필요한 중요 분야이다. 정부는 제조장비의 중요성에 대한 인식을 바탕으로 3년 전에 신산업 제조장비 개발 로드맵을 수립한 바 있으며, 본고에서는 이를 확대·개편하여 6대 첨단산업을 대상으로 수립한 차세대 제조장비 개발 로드맵을 소개하고자 한다.
- 제조장비 전문 연구기관의 정책연구 용역 수행을 통해 다수의 산학연관 전문가가 참여한 하향식 기반의 전략적 로드맵 기획이 이루어졌으며, 6대 첨단산업의 핵심 제조장비 65개와 제조장비 경쟁력의 기반이 되는 공통 핵심기술 8개를 도출하여 로드맵을 수립하였다.
- 수립한 로드맵이 계획으로만 그치지 않고 적극적인 정부 R&D 예산 지원과 산학연관 전문가가 참여하는 체계적인 이행 점검을 통해 우리나라 제조업 경쟁력 강화에 실질적인 효과가 나타나기를 바란다.

## 1. 개요

---

- IRA(미), 「유럽원자재법」(EU), 중국 리스크 등으로 인한 글로벌 공급망 신질서, 기술 블록화, 내수 활력 약화로 제조업 공동화 우려가 심화되고 있다. 특히 반도체, 전기차, 배터리 등의 핵심·첨단 제조업의 이탈은 경제 안보 차원에서 중요한 이슈다.
- 제조장비는 제품의 품질, 부가가치, 생산성을 결정하는 제조업 경쟁력의 근간이며, 해외에 의존할 경우 제조 공정 데이터, 제조 시스템 운영, 가치사슬 간 연계 등 산업 안보적 측면에서 많은 우려가 발생한다. 또 미·중 갈등에 따른 반도체장비 수출 통제처럼 전략 무기화 상황이 현실화되고 있다.
- 정부는 제조장비의 중요성에 대한 인식을 바탕으로 ‘제1차 소재·부품·장비산업 경쟁력 강화 기본계획’(2020.10.)을 구상했다. 이를 통해 시스템반도체, 미래차, 바이오, 나노 기반 4개 분야 31개 장비에 대한 중장기 개발 로드맵인 ‘신산업 제조장비 개발 로드맵’을 수립(2021.11.)한 바 있다.
- 본고에서는 제조장비의 수요산업을 기존 Big 3+나노 기반에서 6대 첨단산업(반도체, 미래차, 이차전지, 디스플레이, 바이오, 로봇)으로 확장하여 차세대 첨단산업을 대비하도록 하고, 제조장비 경쟁력의 기반이 되는 공통 핵심기술 발굴을 포함하여 차세대 첨단산업을 위한 제조장비 개발 로드맵을 제시하고자 한다.

## 2. 로드맵 수립의 방향 및 프로세스

---

- 기본 방향  
기존 신산업 제조장비 로드맵 이행 현황을 검토하여 핵심 장비가 연계되도록 하고, 6대 첨단산업 제조장비와 공통 핵심기술로 로드맵 수립 범위를 확장했다. 산업대 전환 초격차 프로젝트, 첨단산업 전략, 로봇 전략 등 정부의 정책·전략에 부합하는 핵심 장비를 우선 발굴하였으며, 기존 로드맵과 달리 전문가 의견에 기반한 top-down 방식을 채택하여 로드맵의 전략성을 극대화하였다.

▪ 추진 체계

산학연 전문가로 구성된 장비별 분과위원회를 구성·운영하여 미래지향적인 전략적 로드맵 기획을 추구하였다. 또 첨단장비 PD가 총괄하고 제조장비 전문연구기관이 정책 연구 용역 수행을 통해 지원하는 추진 체계로 로드맵의 전문성을 확보하였다. 이를 통해 로드맵 기획 전문가위원회에 총 28개 기관(학연)와 46명의 전문가 및 32개 수요·장비 기업 자문위원이 참여하게 되면서 폭넓은 전문가 의견을 활용하였다.

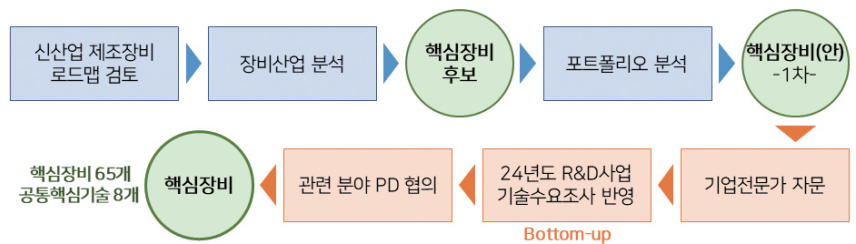
그림 1  
로드맵 기획 체계



▪ 기획 프로세스

분과위원회별로 기존 제조장비 로드맵 검토와 장비산업 분석(시장, 기술, 정책)을 통해 분야별 산업 이슈를 도출하고 그에 따른 대응 전략을 수립한 후 대응 전략에 부합하는 분야별 핵심 장비 후보를 도출하였다. 이를 대상으로 정책적 부합성, 경제적 파급성, 기술적 혁신성에 대한 포트폴리오 분석을 거쳐 1차 핵심 장비(안)를 작성하였다. 핵심 장비(안)에 대해 장비기업과 수요기업의 전문가 자문을 구하고 2024년도 R&D 기술 수요조사 결과를 반영하는 bottom-up 의견 반영 과정과 관련 분야 PD 협의를 거쳐 핵심 장비를 확정하는 절차를 거쳤다. 2023년 한국정밀공학회의 추계학술대회에서 특별프로그램을 통해 로드맵 기획 결과의 공유와 전문가 의견수렴 과정을 거치기도 했다. 이러한 기획 프로세스를 거쳐 6대 첨단산업의 핵심 제조 장비 65개와 공통 핵심 기술 8개를 발굴하여 로드맵을 수립하였다.

그림 2  
로드맵 기획 프로세스





### 3. 차세대 제조 장비 개발 로드맵 기획

- 2021년에 수립한 신산업 제조장비 로드맵의 지원 현황을 검토한 결과, 로드맵상 핵심 장비에 대해 13개 과제를 지원했다. 1개 장비는 민간기업에서 자체 개발 중인 것으로 파악되어 이를 제외한 핵심 장비를 로드맵 기획의 대상 장비로 연계하였다.
- 제조장비 로드맵의 수요산업인 6대 첨단산업의 시장 규모는 약 4조 3천억 달러, 제조장비 시장은 약 4천억 달러 규모로 추정(일부 중복 합산 포함)되며, 각 산업별 수요·장비의 시장 규모와 주요 제조장비 기업은 다음 표와 같다.

표 1  
로드맵 기획 프로세스

1. MarketsandMarkets, 2023
2. OMDIA, 2022
3. 제조장비 시장은 제조설비 투자 비율 5.7% (Bloomberg)로 계상
4. SNE Research, 2023
5. OMDIA, KDIA
6. 한국기계연구원, 2023
7. 한국바이오의약품협회
8. IFR, 2021, 2022

구분	시장 규모(억 달러)		공급 합계(B)
	제조장비	수요산업	
반도체 장비	(2022) 1,077 <sup>1</sup>	(2022) 6,392 <sup>2</sup>	AMAT, ASML, Lam Research, TEL, KLA, ASM, Besi, ASMPT, Towa, Shinkawa, K&S, Disco, 주성엔지니어링, 원익IPS, 세메스, AP시스템, 케이씨텍, 한미반도체, 프로텍, 한화정밀기계, 이오테크닉스
미래차 장비	(2022) 1,682 <sup>3</sup>	(2022) 29,500 <sup>3</sup>	Amada, Makino, JTEKT, Georg Fischer, Grob, DN솔루션즈, 현대로템
이차전지 장비	(2022) 117 <sup>4</sup>	(2023) 1210 <sup>4</sup>	우시리드, 잉허키지, 항커키지, 리릭로봇, 도레이 엔지니어링, 히라노 테크시드, 윤성에프앤씨, 피엔티, 씨아이에스, 하나기술, 디에이테크놀로지, 원익피앤이, 한화, 에스에프에이
디스플레이 장비	(2022) 107 <sup>5</sup>	(2022) 1,226 <sup>5</sup>	Applied Materials, Canon-Tokki, 주성엔지니어링, 세메스, KLA, Nikon, Nissin, 선익시스템, SFA, Ulvac, Dai Nippon, AP시스템, 풍원정밀
바이오 장비	(2022) 527 <sup>6</sup>	(2022) 4,777 <sup>7</sup>	Thermo Fisher Scientific, Danaher, Agilent Technologies, Waters, Shimadzu, Becton, Dickinson and Company, Perkinelmer, Bio-Rad Laboratories, Bruker, Qiagen, Eppendorf, Hitachi High Technologies, Horiba
제조로봇	(2021) 460 <sup>8</sup>	-	Fanuc, ABB, KUKA, Yaskawa, Mitsubishi, 현대로보틱스, 두산로보틱스, 한화/모멘텀, 로보스타, 고영테크놀로지, 삼익THK, DST로봇, 티로보틱스, 알파로보틱스, 뉴로메카
합계	3,970	42,605	

- 분야별로 시장 동향·기술 동향·정책 동향을 분석하였다. 이런 분석 결과에 따라 6대 첨단산업 및 공통 핵심 기반을 대상으로 주요 산업 이슈를 도출하고 이에 따른 대응 전략을 수립하여 핵심 장비 후보를 선별하였다. 여기에서 디지털 전환/스마트화, 친환경/탄소중립이 주요 산업 이슈의 공통 키워드로 분석되었다.
- 핵심 장비 후보를 대상으로 정책적 부합성, 경제적 파급성, 기술적 혁신성을 기준으로 한 포트폴리오 분석을 수행하고 장비 수요-공급 기업 전문가 자문과 기술 수요조사 제안을 반영하였다. 또한 관련 PD 협의를 거쳐서 진행된 로드맵 기획 프로세스에 따라 6대 첨단산업 핵심 장비 65개와 제조장비 공통 핵심기술 8개를 도출하고, 개발 일정과 소요 예산을 포함한 개발 로드맵을 제시하였다.

# 반도체장비

## · 주요 이슈

- 고성능 시스템 & 메모리 반도체의 전략적 중요성 증가로 고성능화 및 저전력화를 위해 초미세 첨단 노드 공정이 요구되나 수율 및 성능 문제
- 반도체 전공정 미세화의 한계로 최근 반도체기술 경쟁은 초미세 공정에서 첨단 패키징기술로 확대되는 양상
- 반도체 전·후공정 초미세화, 공정 난이도 상승, 시스템반도체에 대응하기 위해 반도체 장비 스마트화로 디지털 전환 요구
- 반도체는 대표적 탄소 多배출 산업으로, 탄소중립이 新무역 장벽으로 대두

## · 대응 방향

- 시스템반도체 초미세화 첨단 팹공정 대응 위한 반도체장비 기술 확보
- 데이터센터, HPC, 생성형 AI, 자율주행차 등에 활용되는 고성능 시스템·메모리 반도체 첨단 패키징 장비기술 확보
- 반도체 제조 라인의 디지털 전환에 필요한 반도체장비 스마트화기술 확보
- 반도체산업 그린 공급망 구축과 경쟁력 확보를 위해 탄소 배출 저감을 위한 친환경·고효율화 반도체 제조장비 기술 확보

## · 핵심 장비

초격차 확보 초미세화 장비(5개), 고성능 첨단 패키징(4개), 디지털 변환 대응 장비 스마트화(2개), 탄소중립(3개)에 대해 EUV 건식 PR 장비, 하이브리드 본더, 불량 검사 Die Sorter, 오염원 통합 후처리 장비 등을 도출하였다.

그림 3

첨단산업별 핵심 장비-반도체장비

구분	핵심장비	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	
초미세	차세대 반도체 소자 EUV 건식 PR 증착 장비 (ALD)	[Progress bar from 2024 to 2027]								
	2nm급 이하 차세대 반도체 소자 3차원 균일 건식 식각 장비 (ALE)	[Progress bar from 2027 to 2031]								
	Cu/Mo 백선 연마용 CMP 장비	[Progress bar from 2025 to 2028]								
	반도체 비접촉식 이온주입공정 농도 계측장비	[Progress bar from 2024 to 2026]								
	3nm급 반도체 EUV Mask 결함 리부 장비	[Progress bar from 2026 to 2028]								
첨단패키징	웨이퍼레벨 D2W 하이브리드 본딩 장비	[Progress bar from 2025 to 2029]								
	적층형 반도체 Known Good Die 판별을 위한 테스트 핸들러	[Progress bar from 2024 to 2027]								
	300mm 웨이퍼 선택 영역 고속 delayering 장비 개발	[Progress bar from 2026 to 2028]								
스마트	대면적 팬아웃 패키징 펌프초 레이저 다이싱 장비	[Progress bar from 2026 to 2028]								
	초박형 다이 6면 불량검사 가능한 Thin Die Sorter	[Progress bar from 2024 to 2026]								
탄소중립	반도체 후공정용 초고해상도 디지털 노광 시스템	[Progress bar from 2026 to 2029]								
	웨이퍼레벨 패키지 3D Descum 장비	[Progress bar from 2025 to 2027]								
	농동역이 면광원 기반 고집적 플립칩 본딩 장비	[Progress bar from 2026 to 2029]								
	반도체 공정 공기 & 물 오염원 저에너지 통합 후처리 장비	[Progress bar from 2024 to 2026]								

# 미래차장비

## ▪ 주요 이슈

- xEV 부품·장비 기술력 세계 1위 구현을 통한 초격차 기술 유지
- 글로벌 전기차 판매 정체에 따른 판매가 경쟁 심화
- 탄소중립 기조에 따라 제조 단계부터 기존 자동차 제조장비 또한 보다 친환경 성능 고도화를 요구

## ▪ 대응 방향

- 전기차 부품 고안전 기술 선점을 위한 기술 개발 및 시장 점유율 확대 필요
- 미래차 시장 경쟁력 확보를 위한 부품 단위의 생산 혁신 구현
- 글로벌 시장 경쟁력 확보를 위한 에너지 고효율 공정장비 개발

## ▪ 핵심 장비

전기/수소차 제조장비(3개), 자율차 제조장비(2개), 미래차 생산 고도화 장비(3개)로 비대칭축 용접 장비, 레이저 클래딩 장비, 다이캐스팅 지능형 후가공 장비 등이 선정되었다.

그림 4

첨단산업별 핵심 장비-미래차장비

구분	핵심장비	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
전기차 / 수소차	미래차 비대칭 구동축용 자기 구동 아크맞대기 용접 장비	■							
	자동차 구동모터 생산용 초박형 정밀생산 장비		■						
	서브가스켓 고속 접합 설비 시스템		■						
자율차	자율주행 차량용 LIDAR 핵심(조립/검사) 공정장비			■					
	지능형 램프용 마이크로 렌즈 제조용 레이저 가공장비			■					
생산고도화	인공지능 기반 전기차 전용 레이저 용접 장비	■							
	PBV 차체 부품용 지능형 3D 성형 장비		■						
	미세먼지 저감형 브레이크 디스크용 고속 레이저 클래딩 공정 장비	■							
	차체 강성 향상을 위한 로봇 기반 이중 금속 적층 장비			■					
	다이캐스팅 경량차량 부품용 지능형 후가공 장비	■							

## 이차전지장비

### ▪ 주요 이슈

- CATL, BYD 등 중국 이차전지 업체들의 고성장에 따라 국내 3사 이차전지 시장 점유율 감소 추세
- 전 세계적으로 미래모빌리티용 전고체전지 등 차세대 전지 개발 경쟁 심화
- 기후 변화 대응과 탄소중립을 위한 순환 경제, 제조 공정에 대한 전과정평가(LCA) 등 규제 강화

### ▪ 대응 방향

- 고용량·고안전·고생산성 이차전지 제조를 위한 초격차 제조장비 기술 개발
- 전고체/차세대 전지 시장 선점을 위한 소재, 공정, 장비 관련 혁신 제조장비 기술 확보
- 친환경적 제조장비 기술 및 폐배터리 재활용/재사용 관련 제조장비 기술 확보

### ▪ 핵심 장비

초격차 제조 고도화 장비(3개), 전고체 차세대 전지 제조장비(4개), 폐배터리 재활용/재사용 친환경 장비(3개)로 주요 핵심 장비는 자유 형상 3D 프린팅 장비, 건식 전극 제조장비, 재활용/재사용 검사장비 등이다.

그림 5

첨단산업별 핵심 장비-이차전지장비

구분	핵심장비	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
고도화	양극재용 고출력/고속/극초단 레이저 패터닝 장비								
	고내열성 분리막 제조 장비								
	이차전지 인라인 고속 3D CT 검사 시스템								
차세대	차세대 전지용 하이브리드 고속 인라인 결함 검사기								
	전고체 전지용 스마트 복합 활물질 제조장비								
	전고체 셀 가용용 정수압 프레스 자동화 장비								
	자유형상 이차전지 제조를 위한 3D 프린팅 장비								
친환경	트윈스크류 기반 대용량 연속식 건식 컴파운드 믹싱 장비								
	다단 롤 밀 공정을 통한 건식전극 제조 장비								
	재사용/재활용 배터리 검사 장비								

## 디스플레이장비

### ▪ 주요 이슈

- TV, 스마트폰으로 대표되는 세계 디스플레이 시장은 이미 포화 상태로 당분간 현상 유지하거나 감소하는 등 성장 정체 전망
- 디스플레이산업의 주도권 경쟁 심화로 중국의 디스플레이 시장 점유율이 한국을 추월한 상황
- 디스플레이 소재·부품·장비 공급망의 중국 편향이 심화하고 있으며, 미래디스플레이에 대한 중국 기업·정부의 투자가 매우 공격적

### ▪ 대응 방향

- 자율주행 자동차 디스플레이 등 신성장 동력으로 투명/신축 디스플레이용 제조장비 필요
- 고해상도/대화면용 초격차 디스플레이 제조장비 개발 필요
- 무기발광 디스플레이용 공급망 구축 및 제조장비 개발 필요

### ▪ 핵심 장비

투명·신축 Micro LED 제조장비(4개), OLED 초격차 장비(3개), 백플레인 제조장비(3개)로 에피 수직 적층 장비, 대면적 일괄 전사 장비, 회로기판 3차원 가공 장비 등을 발굴하였다.

그림 6

첨단산업별 핵심 장비-디스플레이장비

구분	핵심장비	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
Micro LED	RGB 에피 수직 적층장비	[Progress bar from 2024 to 2028]							
	Micro-LED의 가변 피치 대면적 일괄 전사 장비	[Progress bar from 2024 to 2028]							
	고밀도2고정밀 이종접합용 하이브리드 본딩 장비	[Progress bar from 2025 to 2029]							
	Micro-LED 디스플레이 무배젤 배선 및 in-situ 리페어 장비	[Progress bar from 2024 to 2027]							
OLED	자유변형 유연 OLED 박막봉지용 maskless 패터닝 장비	[Progress bar from 2026 to 2030]							
	MEMS EHD 헤드 기반 고정도 고해상도 패터닝 공정 장비	[Progress bar from 2024 to 2028]							
	12인치 온실리콘 디스플레이용 고정밀 OLED 증착 장비	[Progress bar from 2026 to 2030]							
백플레인	8G급 고해상도 금속 배선 건식 식각 장비	[Progress bar from 2025 to 2029]							
	Bezel-less/Seam-less 회로 기판용 3차원 초미세 가공 장비	[Progress bar from 2025 to 2029]							
	6세대 기판용 디스플레이 CMP 시스템	[Progress bar from 2024 to 2027]							

# 바이오장비

## ▪ 주요 이슈

- 항체 의약품, 세포 치료제, 백신 등 바이오 의약품 생산에 관련된 원부자재, 장비 가격 상승
- 포스트 코로나19 시대의 불확실성 극복
- 국내 바이오장비 산업의 기술 전문 인력과 인프라 부족

## ▪ 대응 방향

- 바이오의약품 생산 관련 핵심 장비 기술의 자립화 지원
- 최신 바이오 기술용 장비 개발 지원을 통한 불확실성 감소
- 바이오장비 산업 디지털 전환을 통한 기술 인력 유입 유도 및 인프라 확장

## ▪ 핵심 장비

첨단바이오 제조장비(3개), 바이오 의약품 생산장비(4개), 디지털 전환 스마트 장비(4개)로 완전 무균 충전 시스템, AI 자동화 분류 시스템, 퍼퓨전 배양 자동화 시스템 등이 주요 핵심 장비이다.

그림 7

첨단산업별 핵심 장비-바이오장비

구분	핵심장비	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
첨단 바이오	배양육 생산용 동물세포 분화 바이오리액터								
	HTS(High-throughput Screening)용 어레이형 오건(Organ)칩 제조 및 분석장비								
	Multi-parallel 바이오 리액터								
바이오의약	맞춤형 오가노이드 대량 생산 및 HTS(High-throughput Screening) 분석 장비								
	의약품 양산용 단백질 크로마토그래피								
	자동 중결 보존 시스템								
	완전 무균 충전 시스템								
스마트	지능형 퍼퓨전 배양 자동화 시스템								
	Realtime PCR 기반 분자진단 전자동화 장비								
	인공지능형 바이오 생산공정 자동화 분류 시스템								
	클라우드 제어 기반 스마트 액체 분주 시스템								

## 제조로봇

### ▪ 주요 이슈

- 기존 기계·조선산업, 뿌리산업, 식품·유통산업 등 전통 제조 산업의 생산성 향상 및 제조 공정 첨단화
- 반도체, 디스플레이, 이차전지, 바이오, 미래차 등 차세대 국가 전략 산업의 제조 경쟁력 제고
- AI, 클라우드 융합 고난이도 공정 로봇 자동화, 제조 현장 디지털 전환, 유연 생산 환경 대응 요구

### ▪ 대응 방향

- 기계, 조선, 뿌리산업 분야 등 수작업 기피 공정에 대한 로봇 작업 솔루션 구현 및 식품, 물류 등 로봇 기술 확산
- 반도체, 디스플레이, 이차전지, 미래차, 바이오 각 산업에 특화된 현장 중심 제조 공정 솔루션
- 로봇, AI, 빅데이터, DT, 클라우드 융합 기반 유연 생산/복합 제조 공정 대응 '로봇 기반 자율공장' 서비스

### ▪ 핵심 장비

산업 특화 로봇 솔루션(3개), 유연 생산/복합 제조 대응 로봇 시스템(4개), 고난도 작업 자동화 로봇 시스템(3개)에 대해 다공정 모바일 장비, 원격 이동 조작 로봇 시스템, 지그리스 조립 로봇 시스템 등을 발굴하였다.

그림 8

첨단산업별 핵심 장비-제조로봇

구분	핵심장비	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
산업특화	조선/플랜트 공정 자동화용 다공정 모바일 장비	■		■		■			
	전기차 배터리 공정을 지능형 용접 로봇 시스템		■		■		■		
	반도체 Inline 대응 간공 로봇 자동화 시스템			■		■		■	
유연생산	낮은 저체중량을 가지는 중량물 작업용 협동 로봇		■		■		■		
	원격 작업 기반 이동조작 로봇 시스템	■		■		■			
	이동식 로봇결합 장비통합운용 플랫폼		■		■				
고난도	AI 기반 고정정 공장 유지보수 로봇 시스템			■		■		■	
	케이블 터미널, 하우징 조립 자동화 시스템	■		■		■			
	다중 로봇을 이용한 자율 학습 기반 지그리스 조립 로봇 시스템	■		■		■			
	제조 장비 유지, 보수, 검사용 유연 부품 핸들링 시스템		■		■		■		



## 공통 핵심 기술

### ▪ 주요 이슈

- 제조장비 핵심 부품은 장비의 성능·신뢰성 등을 결정하는 핵심 요인이거나, High-end급 부품 및 공통 핵심 기술의 경우 자체 기술의 부족으로 해외에 의존
- 장비와 공정 데이터를 통한 AI 기술로 대표되는 자동화 솔루션과 인지 적응 제어 기술의 적용을 위해 디지털전환 기술의 가속화에 따른 기술 개발이 화두

### ▪ 대응 방향

- 이차전지, 반도체, 디스플레이, 로봇 등 차세대 제조장비의 핵심 부품의 레이저 가공, 롤투롤 장비, 식각, 평탄화 공정 장비 등에 공통적으로 활용 가능한 기술의 도출 및 성능 고도화 지원
- 유연 소재용 스마트 롤 기술, 극초단 광섬유 레이저 광원 기술 등
- 제조 공정에서 다품종 소량 생산 추세에 따라 제조 라인 디지털 전환에 필요한 장비 스마트화 기술의 확보

### ▪ 공통 핵심

유연 소재 스마트 롤 기술, 극초단 광섬유 레이저 광원 기술 등 해외 의존이 심각하고 기술적 파급 효과가 큰 부품 및 기술 개발(4개)과 제조 에러 대응 실시간 공정 지능화 기술, 장비·공정 데이터 AI 처리 기술 등 디지털 전환에 기반한 자율제조를 위한 AI, 센싱, 비전 기반 측정 기술 및 부품 개발(4개)을 도출하였다.

그림 9

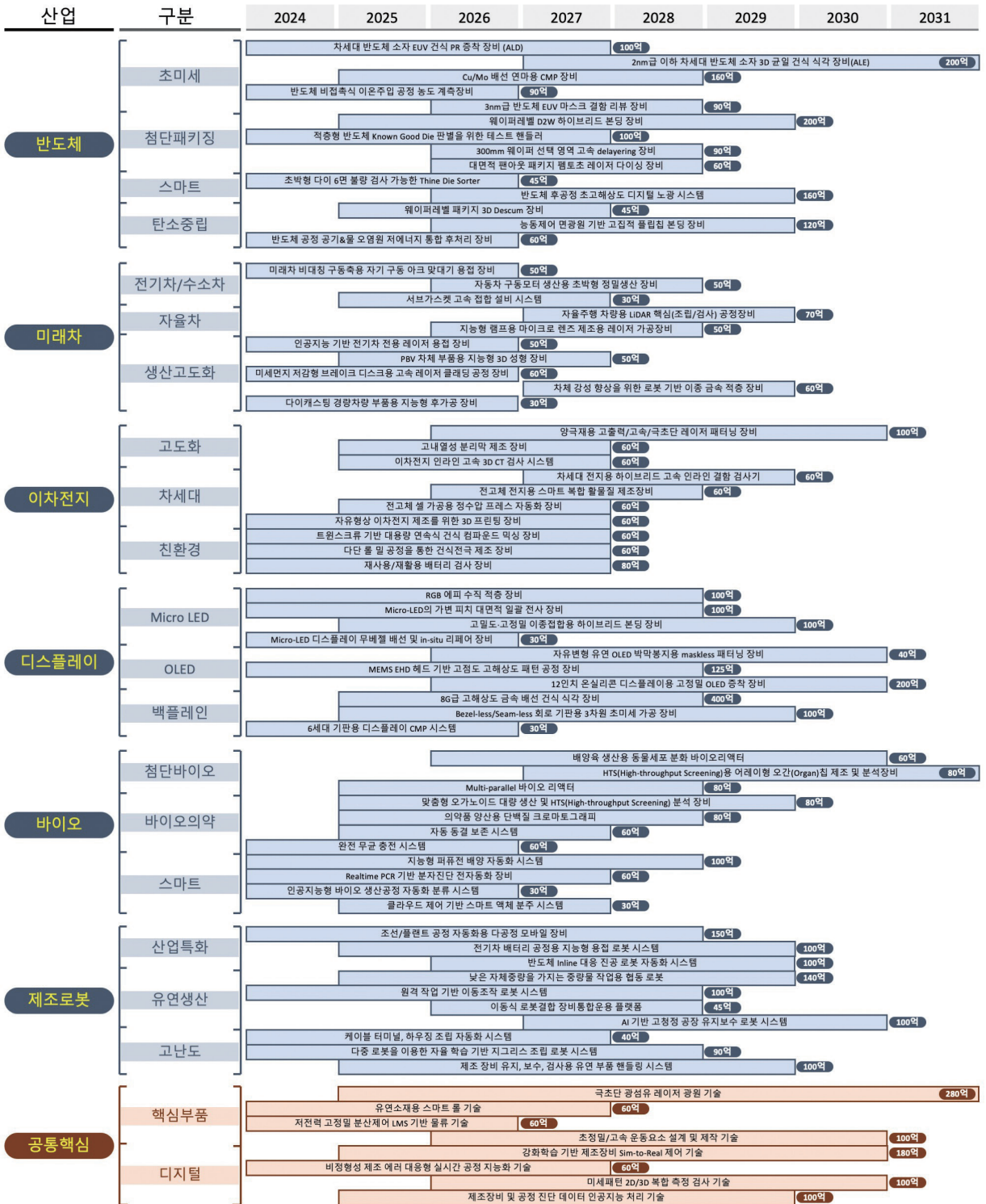
제조장비 공통 핵심 기술

구분	공통핵심기술	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031
핵심부품	극초단 광섬유 레이저 광원 기술								
	유연소재용 스마트 롤 기술								
	분산제어 기반 개방형 고속 고정밀 리니어 모션 시스템								
	초정밀/고속 운동요소 설계 및 제작 기술								
디지털 전환 (자율제조)	강화학습 기반 제조장비 Sim-to-Real 제어 기술								
	비정형성 제조 에러 대응형 실시간 공정 지능화 기술								
	미세패턴 2D/3D 복합 측정 검사 기술								
	제조장비 및 공정 진단 데이터 인공지능 처리 기술								

- 65개의 핵심 장비와 8개의 공통 핵심 기술의 개발 로드맵은 다음과 같다.

그림 10

차세대 제조장비 개발 로드맵



## 4. 결론 및 시사점

---

- 우리나라 6대 첨단산업(반도체, 미래차, 이차전지, 디스플레이, 바이오, 로봇)의 지속 가능한 경쟁력 확보를 위한 핵심 제조장비 및 기반이 되는 공통 핵심 기술을 도출하여 개발 로드맵을 제시하였다.
- 제조장비는 불안정한 대외 환경의 변화 속에서 전략 무기화 경향을 보이고 있어 산업 안보 차원의 핵심 기반 산업으로 인식된다. 미래 차세대 첨단산업의 경쟁력 기반이 될 제조장비 개발 로드맵을 제시한 것은 중장기적 전략적 접근을 위한 필수 정책 요소라고 할 수 있다.
- 로드맵이 계획에만 그치지 않도록 개발 과제에 대한 적극적이고 지속적인 R&D 예산 반영과 산학연과 전문가가 함께하는 이행 점검 체계 구축을 통해 적시에 필요한 제조장비가 개발되어 우리나라 제조업 경쟁력 강화에 실질적 도움이 되도록 하는 노력이 필요하다.

### 출처 및 참고자료

---

1. 산업통상자원부, 「제1차 소재·부품·장비산업 경쟁력 강화 기본계획」, 2020.10.
2. 산업통상자원부, 「신산업 제조장비 개발 로드맵」, 2011.11.
3. Marketsand Markets, Semiconductor Manufacturing Equipment Market, 2023.
4. SNE Research, 「리튬이온 2차전지 제조 장비의 개발 현황 및 중장기 전망(~2030)」, 2023.05.
5. 한국기계연구원, “바이오장비 산업 동향 및 시사점”, 「기계기술정책」 제112호, 2023.06.
6. IFR(International Federation of Robotics), World Robotics 2021, 2021.10.
7. 한국디스플레이산업협회 홈페이지([www.kdia.org](http://www.kdia.org))
8. 한국바이오의약품협회 홈페이지([www.kobia.kr](http://www.kobia.kr))
9. 옴디아 홈페이지([omdia.tech.informa.com](http://omdia.tech.informa.com))



# 산업용 펌프 기술 개발 동향 및 우수성과 소개

박근석 첨단기계 PD | KEIT 기계로봇장비실

이상혁 선임연구원 | 한국기계연구원 시스템다이나믹스연구실

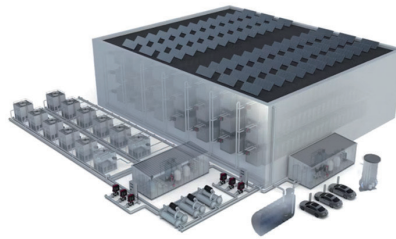
## 요약

- 산업용 펌프는 제조, 석유/가스, 물 공급 및 폐수 처리 등 다양한 산업에서 압력을 증가시켜 유체를 이송하는 핵심 부품이다. 에너지 효율성과 친환경 기술에 대한 중요성 증가로 글로벌시장에서 지속적인 성장을 이어가고 있으며, 특히 아시아·태평양 지역에서 빠르게 성장하고 있다.
- 고효율 펌프와 가변주파수제어(VFD) 기술의 도입은 에너지 효율을 극대화하여 운영 비용 절감 및 탄소중립 목표 달성에 기여하고 있다. 이로 인해 물 공급과 폐수 처리 같은 에너지 다소비 산업에서 실질적인 에너지 절감 효과가 기대된다.
- 또한 패키지화된 펌프 시스템은 설치 및 유지보수의 효율성을 높일 수 있으며, 통합 솔루션을 통해 산업 현장에서 높은 경쟁력을 확보하고 있다. IoT와 AI가 적용된 펌프 시스템 스마트화는 실시간 모니터링과 예지보전을 가능케 하여 스마트시티 및 자율제조 환경에서 필수적인 인프라로 자리 잡을 것으로 예상된다.
- 국내 펌프 제조업체들도 이러한 기술을 바탕으로 글로벌 경쟁력을 강화하고 있으며, 탄소중립 및 지속 가능한 기술 혁신을 통해 국제적 입지를 다지고 있다. 향후 연구개발 협력과 정부 지원이 확대된다면 펌프산업의 기술 발전과 시장 확대에 크게 기여할 것이다.

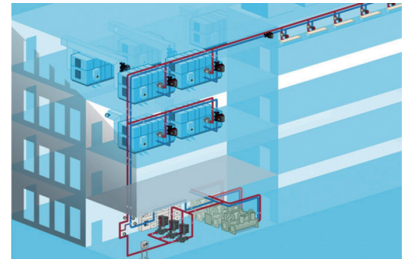
# 1. 산업용 펌프의 시장 동향

- 산업용 펌프는 유체의 이동과 압력을 증가시켜 순환시키는 핵심 장비로, 제조업, 석유/가스, 화학 처리, 물 공급 및 폐수 처리, 건설, 전력 등 다양한 산업 분야에서 중요한 역할을 하고 있다. 또 산업용 펌프는 각 산업의 공정 효율성 유지와 안정적 운영을 지원하며, 산업 전반에 걸쳐 신뢰성과 생산성 향상에 기여하고 있다.

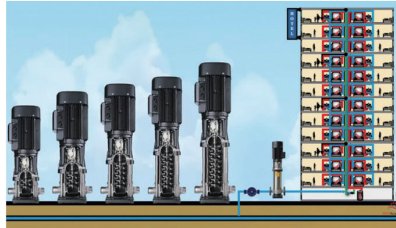
그림 1  
산업용 원심펌프 적용 분야



제조공정 냉각 순환 시스템 원심펌프 적용



건물 냉방 순환 시스템 원심펌프 적용



고층 건물 급수 시스템 원심펌프 적용

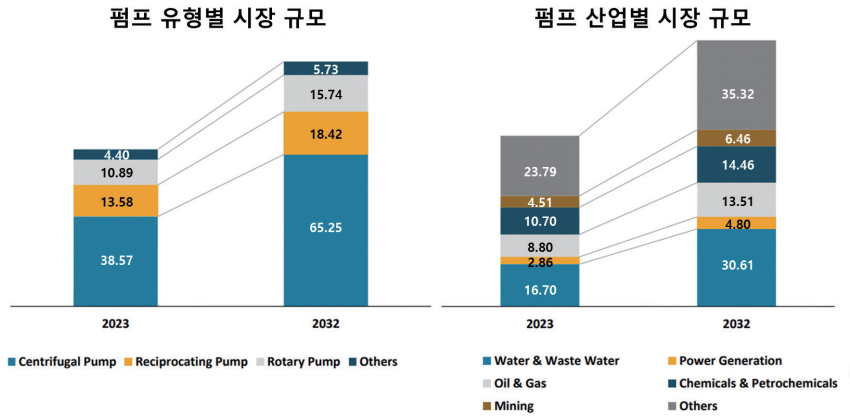


농업용 관개 시스템 원심펌프 적용

- 원심펌프(Centrifugal pump)는 산업용 펌프 중 가장 널리 사용되는 유형으로, 회전하는 임펠러를 통해 유체를 효율적으로 이동시킨다. 단순한 구조와 높은 신뢰성 덕분에 유지보수가 용이하며, 다양한 유량과 압력 조건에서도 안정적인 성능을 발휘한다. 전 세계 산업용 펌프 시장에서 원심펌프의 점유율은 약 57%이며, 이 외에 왕복펌프(Reciprocating pump) 20%, 회전펌프(Rotary pump) 16%의 시장 점유율을 차지하고 있다.
- 산업용 펌프는 다양한 산업에서 널리 사용되고 있다. 특히 물 공급 및 폐수 처리 산업은 펌프 시장의 24.8%를 차지하고 있으며, 물의 이송과 순환, 폐수 처리 공정에서 핵심적 역할을 하고 있다. 물 자원의 효율적 관리가 중요해짐에 따라 펌프의 역할도 점점 확대되고 있다. 또한 석유/가스산업 13.2%, 화학산업 15.9%의 비중을 차지하면서 펌프 수요를 주도하고 있다. 이 외에 전력산업은 4.2%, 광업은 6.7%의 시장 점유율을 보유하고 있다.

그림 2

펌프 유형/산업별 시장 규모(2023~2032년, 단위: 100만 달러)

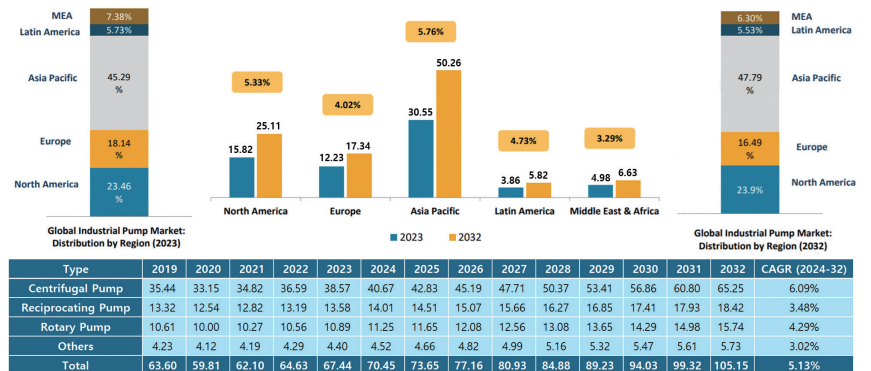


### 글로벌 펌프 시장의 성장과 주요 요인

- 산업용 펌프 시장은 전 세계 다양한 산업에서 필수 장비로 자리 잡고 있으며, 기술 발전과 함께 꾸준한 성장을 보이고 있다. 제조업, 석유/가스, 화학 처리, 물 공급 및 폐수 처리 등 핵심 산업에서의 수요 증가가 시장 성장을 이끄는 주요인으로 작용하고 있다. 또한 에너지 절감과 친환경 기술 도입에 대한 요구가 증가되면서 고효율 펌프 기술의 필요성도 더욱 강조되고 있다.
- 글로벌 산업용 펌프 시장은 2023년 674억 달러 규모에서 연평균 성장률(CAGR) 5.13%로 성장하여 2032년에는 1,052억 달러에 이를 것으로 전망된다. 이중 원심펌프 시장은 2023년 386억 달러에서 연평균 6.09%로 성장하여 2032년에는 653억 달러로 예상되며, 다른 펌프에 비해 높은 성장률을 기록할 전망이다. 이러한 성장은 펌프 수요 증가와 더불어 에너지 효율 개선에 대한 요구가 맞물린 결과로 분석된다.

그림 3

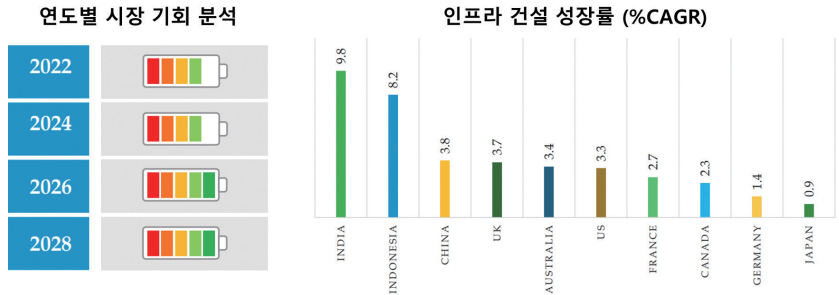
글로벌 산업용 펌프 시장 규모(2019~2032년, 단위: 100만 달러)



- 특히 아시아·태평양 지역은 펌프 시장 성장의 주요 동력으로 부상하고 있다. 도시화와 인프라 확장으로 인해 아태 지역에서 상수도 및 폐수 처리 시스템 구축이 활발히 이루어지고 있으며, 이에 따라 중국과 인도를 중심으로 펌프 수요가 크게 증가하고 있다. 또한 석유/가스산업, 화학처리산업에서도 고성능 펌프 수요가 지속적으로 증가하고 있다.

그림 4

개발도상국의 인프라 확장에 따른 펌프 시장 기회 및 영향 분석



- 전력 및 재생에너지 산업 역시 펌프 수요 증가에 기여하고 있다. 재생 가능 에너지의 확산과 함께 냉각수 순환 및 유체 이동을 위한 고효율 펌프 솔루션에 대한 요구가 증가하고 있으며, 이러한 요인들은 앞으로도 펌프 시장 성장을 촉진할 것으로 예상된다.

## 물 공급 및 폐수 처리 산업에서의 펌프 수요 증가

- 물 공급 및 폐수 처리 산업은 산업용 펌프 시장에서 가장 중요한 부문 중 하나로 자리 잡고 있다. 펌프는 물을 이동시키고 오염 물질을 제거할 뿐 아니라 정화된 물을 재활용하는 데 핵심적인 역할을 한다. 최근 기후 변화와 도시화로 인해 물 부족 문제가 심화되면서 물 자원의 효율적 관리가 필수 과제로 부상하고 있다. 이에 따라 물 공급 및 폐수 처리 공정에서 펌프 사용이 급격히 증가하고 있다.

그림 5

물 공급 및 폐수 처리 시설 증가에 따른 시장 기회 및 영향 분석

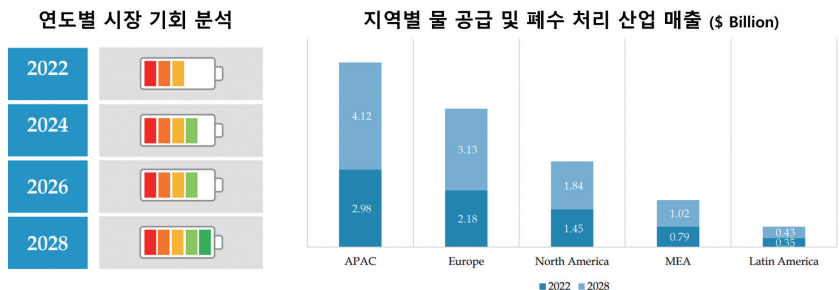


그림 6  
산업별 글로벌 펌프  
시장 규모 (2019~2032년,  
단위: 100만 달러)

End-Use Industry	2019	2020	2021	2022	2023	2024	2025	2026	2027	2028	2029	2030	2031	2032	CAGR (2024-32)
Water & Waste Water	15.05	14.26	14.98	15.79	16.70	17.70	18.81	20.03	21.36	22.84	24.49	26.32	28.35	30.61	7.09%
Power Generation	2.69	2.52	2.62	2.73	2.86	3.00	3.16	3.33	3.52	3.72	3.95	4.20	4.48	4.80	6.03%
Oil & Gas	8.30	7.85	8.17	8.51	8.88	9.27	9.68	10.12	10.60	11.09	11.62	12.19	12.82	13.51	4.81%
Chemicals & Petrochemicals	10.52	9.82	10.09	10.38	10.70	11.03	11.36	11.74	12.12	12.50	12.92	13.39	13.90	14.46	3.45%
Mining	4.45	4.15	4.25	4.38	4.51	4.66	4.81	4.98	5.16	5.37	5.60	5.86	6.14	6.46	4.17%
Others	22.58	21.20	21.98	22.85	23.79	24.79	25.83	26.97	28.17	29.35	30.64	32.07	33.62	35.32	4.52%
Total	63.60	59.81	62.10	64.63	67.44	70.45	73.65	77.16	80.93	84.88	89.23	94.03	99.32	105.15	5.13%

- 글로벌 물 공급 및 폐수 처리 펌프 시장은 2023년 기준으로 약 167억 달러 규모였으며, 2032년까지 306억 달러 규모에 이를 것으로 예상된다. 이는 연평균 성장률 7.09%로, 산업용 펌프 시장 전반의 CAGR 5.13%보다 높게 나타난다. 전 세계적으로 물 자원 관리와 폐수 처리 수요가 급증함에 따라 강한 성장세를 보일 것으로 예상된다.

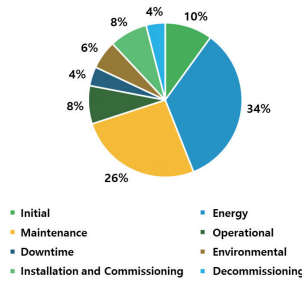
- 전 세계적으로 강화되는 환경 보호 규제에 따라 에너지 절약형 펌프에 대한 수요가 빠르게 증가하고 있다. 여러 국가에서 친환경 규제를 통해 물 자원의 효율적 관리와 에너지 절감을 장려하고 있으며, 친환경 규제는 고효율 펌프 도입을 촉진하는 핵심 동력으로 작용하고 있다. 이러한 배경에서 물 공급 및 폐수 처리 시설의 확장과 더불어 펌프 시장의 성장이 가속화될 전망이다.
- 펌프 시장의 주요 트렌드는 에너지 효율의 향상과 친환경 기술의 도입이다. 많은 펌프 제조업체들이 에너지 절감과 지속 가능한 운영을 목표로 고효율 펌프 솔루션을 개발하고 있으며, 이는 기후 변화에 대응하는 글로벌 요구를 충족하는 데 중요한 역할을 하고 있다. 또한 스마트시티 및 대규모 인프라 프로젝트의 확산으로 인해 IoT와 AI 기반의 지능형 펌프 시스템 도입의 중요성이 점차 커지고 있다.
- 펌프 생애주기 비용(LCC) 분석에 따르면 에너지 비용(34%)과 유지보수 비용(26%)이 가장 큰 비중을 차지하고 있으며, 이를 해결하기 위해 물 공급 및 폐수 처리 펌프에 대한 지능형 기능이 적극 도입되고 있다. 주요 지능형 기능으로는 원격 모니터링 및 제어, 실시간 데이터 분석, 예지보전, 에너지 효율성 향상, 누수 감지, 감시 제어 시스템과의 통합, 데이터 분석을 통한 최적화 등이 있다. 이러한 기술 혁신을 통해 물 공급 및 폐수 처리 펌프 시스템의 운영 효율성과 신뢰성이 크게 개선되고 있으며, 비용 절감과 더불어 탄소중립 실현에도 기여하고 있다.



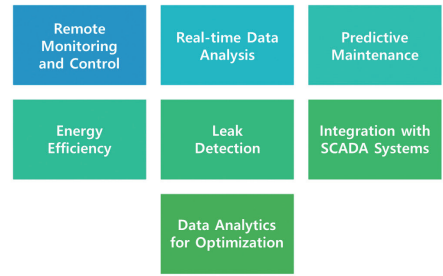
그림 7

물 공급 및 폐수 처리 펌프의 생애주기 비용과 기능화 기능

폐수 펌프 시스템의 생애주기 비용(LCC) 분포



물 공급 및 폐수 처리 펌프의 주요 기능화 기능

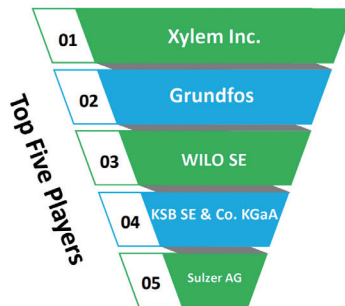


## 산업용 펌프의 시장 현황 및 혁신 전략

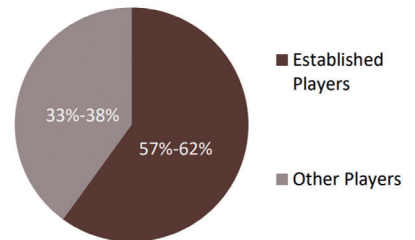
- 글로벌 산업용 펌프 시장은 매우 분산된 구조를 보이는데 전 세계적으로 1,000개 이상의 제조업체들이 활동하고 있다. 주요 선도 기업들의 시장 점유율은 57~62%이며, 나머지 기업들이 33~38%를 차지하고 있다. 이러한 경쟁 환경에서 기업들은 기술 혁신과 품질 향상을 통해 경쟁 우위를 확보하고 있으며, 고객 유지를 위한 맞춤형 솔루션 제공과 신뢰성 높은 유지보수 서비스를 통해 장기적인 고객 관계를 구축하고 있다.

그림 8

글로벌 펌프 시장에서 주요 제조업체의 시장 점유율



Market Structure Overview



- IoT 기반 지능형 펌프 시스템 도입은 아직 초기 단계에 있지만, 그 중요성이 점차 확대되고 있다. 특히 농업, 도시 기반 시설, 폐수 처리 시설 등에서 고효율 및 지능형 펌프 시스템에 대한 수요가 꾸준히 증가하고 있으며, 이는 친환경 규제와 에너지 절감 요구에 부합하는 기술이다. 일부 국가에서는 정부 주도로 물 펌프 시스템을 도입해 에너지 절감과 운영 효율성을 높이고 있으며, 이에 발맞춰 제조업체들도 고효율 펌프 솔루션을 개발하고 있다.

- 경쟁이 심화됨에 따라 제조업체들은 가격 경쟁력 확보, 품질 향상, 제조 시설 확장 등을 통해 시장 점유율 확대를 모색하고 있다. 특히 신흥 시장에서의 인프라 확장과 물 공급 및 폐수 처리 산업의 성장 가능성이 두드러지면서 시장 기회가 더욱 증가하고 있다.

## 2. 산업용 펌프의 주요 기술 동향: 고효율화·패키지화· 스마트화

---

- 산업용 펌프는 고효율화, 패키지화 그리고 스마트화라는 세 가지 주요 기술 트렌드를 중심으로 발전하고 있다. 각 산업에서 펌프 시스템의 고효율화는 필수적이며, 운영 비용 절감과 지속 가능성에 기여하는 핵심 요소로 자리 잡고 있다. 동시에 대규모 물 처리 공정에서의 효율성과 관리 편의성을 극대화하기 위해 패키지화된 펌프 시스템이 활발히 도입되고 있다. 또한 IoT와 AI 기술이 융합된 펌프 시스템 스마트화는 운영 신뢰성을 강화하고 실시간 모니터링 및 자동 제어 기능을 통해 스마트시티와 자율제조 환경에서 필수적인 기술로 부상하고 있다.

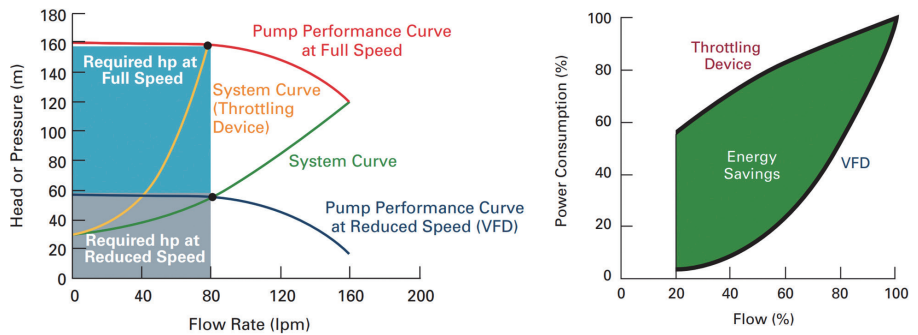
### 에너지 절감을 위한 펌프 고효율화

---

- 물 공급 및 폐수 처리 산업은 대량의 물을 이동시키고 처리하는 과정에서 막대한 에너지를 소비하고 있으며, 이는 운영 비용 상승과 탄소 배출 증가의 주요 원인이다. 따라서 고효율 펌프 시스템의 도입이 필수적이며, 특히 원심펌프는 물을 효율적으로 이동시키는 데 가장 널리 사용되는 장비다. 즉 펌프 시스템 고효율화의 필요성은 점점 더 강조되고 있다.
- 특히 해당 산업에서는 급수, 수처리, 폐수 처리 등의 공정에 많은 전력이 소모되기 때문에 기존 전통적인 펌프 시스템의 고효율 펌프로의 교체가 매우 필수적이다. 이를 통해 전력 소비를 줄이고 운영 비용을 절감하는 동시에 탄소중립 실현에 기여할 수 있기 때문이다.

- 가변주파수제어(Variable Frequency Drive, VFD) 기술은 펌프의 작동 속도를 유량과 압력 조건에 맞춰 실시간으로 조절하여 불필요한 에너지 소비를 방지한다. 이러한 기술은 펌프의 효율성을 높이고 수명을 연장하여 에너지 절감에도 크게 기여한다. 나아가 VFD 기술을 적용한 펌프 시스템은 물 공급 및 폐수 처리 산업 전반에서 에너지 사용량을 줄이고 운영 효율성을 극대화하는 데 중요한 역할을 할 수 있다.
- 고효율 펌프 시스템은 기존 시스템 대비 최대 20% 이상 에너지를 절감할 수 있는 잠재력을 가지고 있으며, 연간 운영 비용 절감과 탄소 배출 감소에도 핵심적으로 기여하고 있다. 고효율 펌프 시스템의 도입은 단순히 비용 절감을 넘어 지속 가능한 운영을 가능케 하며, 에너지 절감과 환경 보호에도 핵심적인 역할을 한다.

그림 9  
 펌프 가변주파수제어에 따른 에너지 절감 특성  
 출처: 이튼(www.eaton.com)



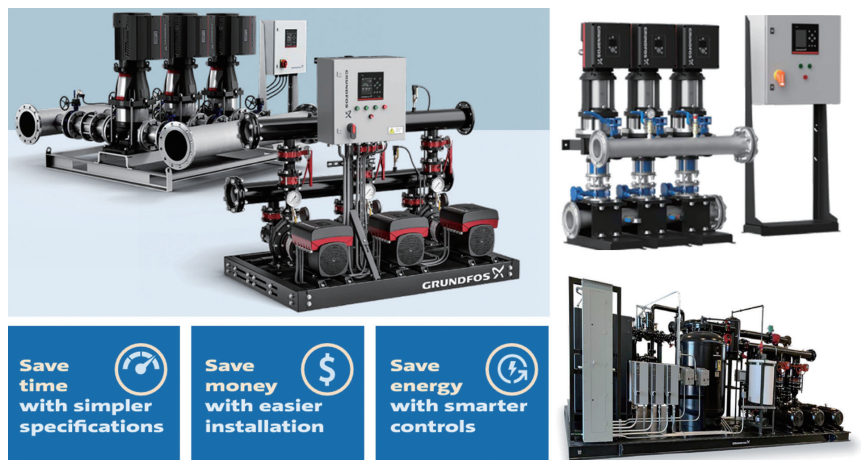
- 대규모 산업 시설, 도시 인프라, 상하수도 관리 체계 등에서 물을 안정적으로 이송하고 처리하기 위해 대용량 펌프의 수요가 꾸준히 증가하고 있다. 대규모 펌프 시스템은 대규모 수요를 처리할 수 있는 능력을 제공하며, 물 공급의 신뢰성을 높이는 데 중요한 역할을 한다. 특히 수직형 다단 원심펌프는 고압과 고유량을 효율적으로 처리할 수 있는 장비로, 대형 산업 시설과 고층 건물 등에서 수요가 증가하고 있다.
- 이처럼 펌프 기술 개발과 혁신을 통해 고효율·대용량 펌프 시스템의 성능을 지속적으로 개선하고 있으며, 이를 통해 산업 전반의 에너지 효율 향상과 지속 가능한 성장을 도모하고 있다.

## 운영/관리 효율성 향상을 위한 펌프 패키지화

- 물 공급 및 폐수 처리 산업에서는 대규모 물의 이송 및 처리 과정에서 대용량 펌프의 사용이 필수적이다. 특히 수직형 다단 원심펌프는 고유량과 고압 환경에서도 효율적으로 작동하여 대규모 산업 시설에서 중요한 역할을 하고 있다. 이처럼 대용량 펌프 시스템은 물 처리 공정의 안정성과 운영 효율성을 높이는 데 필수적이다.
- 대용량 펌프 시스템은 대규모 산업 시설, 도시 인프라, 상하수도 관리 체계 등에서 중요한 역할을 한다. 이는 대규모 수요를 처리할 수 있는 능력을 제공하며, 물 공급의 신뢰성을 높이고 폐수 처리의 원활한 운영을 지원한다. 이를 통해 물 처리 공정의 효율성은 물론, 환경적 지속 가능성도 강화된다.
- 펌프 시스템의 패키지화 도입은 운영 효율성을 극대화하는 데 중요한 역할을 한다. 패키지화된 시스템은 펌프와 관련된 모든 장비를 통합된 솔루션으로 제공함으로써 현장 설치 시간을 단축하고 유지보수 과정을 간소화한다. 특히 대규모 물 처리 공정에서 운영 효율성을 높일 뿐 아니라 관리 편의성을 제공한다는 장점이 있다.
- 주요 펌프 선진사에서는 대규모 수처리 및 폐수 처리 시설을 위한 대용량 펌프와 패키지화 시스템 개발을 활발히 진행하고 있으며, 이러한 시스템은 고압 환경에서 고유량을 효율적으로 처리하는 데 탁월한 성능을 발휘하고 있다.

그림 10

펌프 패키지화의 해외 사례  
(Grundfos - Modular  
Pumping System)



- 패키징화된 시스템의 한 예로 부스터 펌프 시스템은 2~8개의 펌프를 병렬로 구성하여 다중 이용 시설 등에서 안정적으로 물을 공급하는 데 사용된다. 이 시스템은 지하 저수조에서 일정한 압력으로 물을 공급하며, 설치 장소의 공간 활용성을 위해 입형 펌프 시스템이 점차 채택되고 있다.
- 급수용뿐만 아니라 최근에는 오배수, 냉난방 등 특수 목적 펌프 패키징화가 개발 및 적용되고 있다. 특수 목적 펌프 패키징화 가운데 오배수 펌프 패키징화는 지하층에서 자연 배수가 원활하지 않을 때 필요한 장비로, 최근 소형·경량화된 오배수 패키징 시스템이 악취 방지와 함께 높은 내구성을 제공하면서 각광을 받고 있다. 냉난방 펌프 패키징화는 건물과 산업 시설의 냉난방 및 급탕 공급을 위해 사용되며, 인버터 기술을 적용해 에너지 절감과 공간 활용성을 극대화하고 있다.

그림 11  
다양한 펌프 패키지 시스템의 사례



부스터 펌프 패키지  
(Grundfos-Hydro MPC-E)



부스터 펌프 패키지  
(Wilo-HiBoost)



오배수 펌프 패키지  
(Wilo-EMUport CORE)



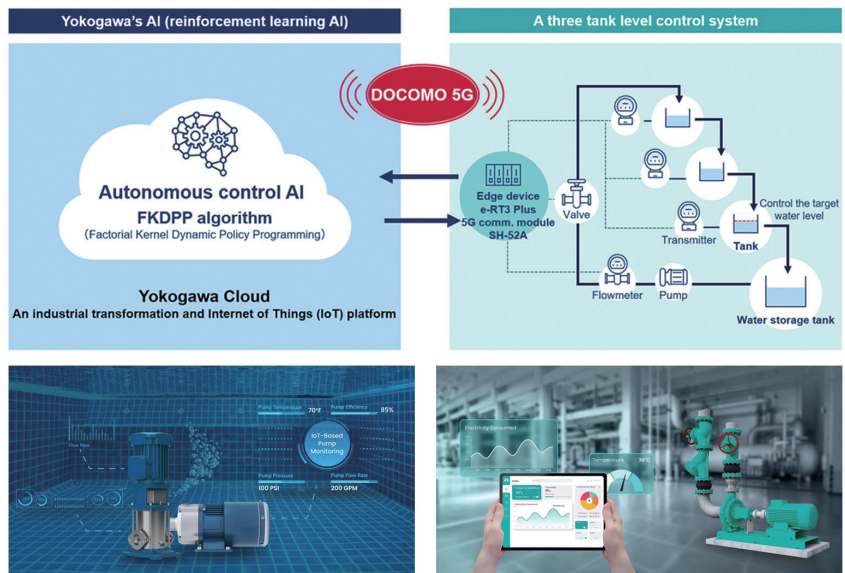
냉난방 펌프 패키지  
(Xylem-CBEM Series)

## IoT 및 AI 기반의 펌프 시스템 스마트화

- 펌프 시스템 스마트화는 물 공급 및 폐수 처리 산업에서 효율성·신뢰성·지속 가능성을 크게 향상시키는 핵심 기술로 자리 잡고 있다. IoT와 AI 기술을 활용하여 펌프 상태를 실시간으로 모니터링하고 자동으로 문제를 감지하여 고장을 예측하는 기능을 제공함으로써 운영 비용 절감과 장기적인 안정성을 확보할 수 있다.
- IoT 기반 펌프 스마트화는 다양한 센서와 제어 시스템을 통해 펌프 상태를 실시간으로 감지하고 성능을 최적화한다. 펌프는 자동으로 유량과 압력에 맞춰 속도를 조절하며, VFD 기술을 활용해 변화하는 조건에 맞추어 에너지 효율을 극대화할 수 있다. 이러한 펌프 시스템 스마트화는 에너지 절감뿐만 아니라 장비의 수명 연장에도 기여하고 있다.
- 펌프 시스템 스마트화는 향후 스마트시티와 자율제조 환경의 필수 장비로 자리매김할 것으로 예상된다. 펌프 스마트화는 실시간 데이터를 기반으로 자율적으로 의사결정을 내리고 공정의 효율성을 최적화하면서 문제 발생 시 즉각적인 대응이 가능하다. 또한 AI 기반의 예지보전 기술을 통해 유지보수 과정이 자동화되어 가동 중단 시간을 최소화할 수 있다.
- 엣지 컴퓨팅과 온디바이스 AI 기술의 도입은 스마트화된 펌프 시스템의 자율성을 더욱 강화하고, 펌프 시스템에서 발생하는 데이터를 실시간으로 처리하여 즉각적인 대응을 가능하게 만든다. 이는 스마트시티와 자율제조 환경에서 필수적인 기술로 자리 잡게 될 것이다.

그림 12

펌프 시스템 스마트화의 사례  
(상: Yokogawa, 하: Intuz)



### 3. 산업용 펌프 기술 개발의 주요 성과와 사례

- 글로벌 산업용 펌프 시장의 성장과 기술 발전에 맞춰 국내에서도 관련 기술의 개발이 활발히 이루어지고 있다. 특히 한국산업기술기획평가원(KEIT)의 기계장비산업기술개발사업과 소재부품기술개발사업의 지원을 통해 펌프 분야의 핵심 원천기술 확보와 미래 선도기술 개발을 목표로 하는 국가 연구개발 과제들이 추진되고 있다.
- 최근 종료된 연구개발 과제인 ‘50kW급 입형 다단 스마트 소방 펌프 시스템 개발’(2020~2022년, 주관기관: (주)두크)은 기존 소방 펌프의 부식성과 고장 문제를 개선하고 화재 발생 시 안정적으로 작동할 수 있는 신뢰성 높은 소방 펌프 시스템을 개발해 냈다.

그림 13  
소방 펌프 작동 불능 상태로  
인한 피해 사례



2018년 8월 인천시 S전자 공장 화재  
- 피해규모: 근로자 9명 사망  
- 화재원인: 소방펌프 작동 불능 상태로 방치

2014년 10월 경남 창원시 A아파트 주차장 화재  
- 피해규모: 주차차량 10대 파손  
- 화재원인: 스프링클러(소방펌프) 미작동

- 기존의 소방 펌프는 주철 재질을 주로 사용하여 장기간 사용 시 부식과 고착으로 인해 화재 시 작동 불능 사례가 다수 발생했다. 이러한 문제를 해결하기 위해 국내외 화재 안전 기준이 개정되면서 내식성 재질을 적용한 소방 펌프의 필요성이 높아졌다. 이에 따라 본 과제에서는 스테인리스 소재를 사용해 내구성이 강화된 입형 다단 소방 펌프를 개발했다.

그림 14  
기존 주철 재질 소방 펌프에서의  
부식/고착 사례



주물 제작 임펠러 부식  
→ 펌프 고착 (작동 불능)  
→ 화재 시 스프링클러 미작동

## 스테인리스 입형 다단 소방 펌프

- 해당 과제에서는 부식에 강한 스테인리스 재질을 적용한 입형 다단 소방 펌프를 개발하여 내구성을 크게 향상시켰다. 또한 3차원 유동 분석 및 구조 최적화 설계를 통해 임펠러와 디퓨저 형상을 최적화하고 펌프의 신뢰성을 높였다. 이로 인해 화재 발생 시 펌프가 안정적으로 작동할 수 있도록 펌프 설계 및 제작 기술이 크게 개선되었다.

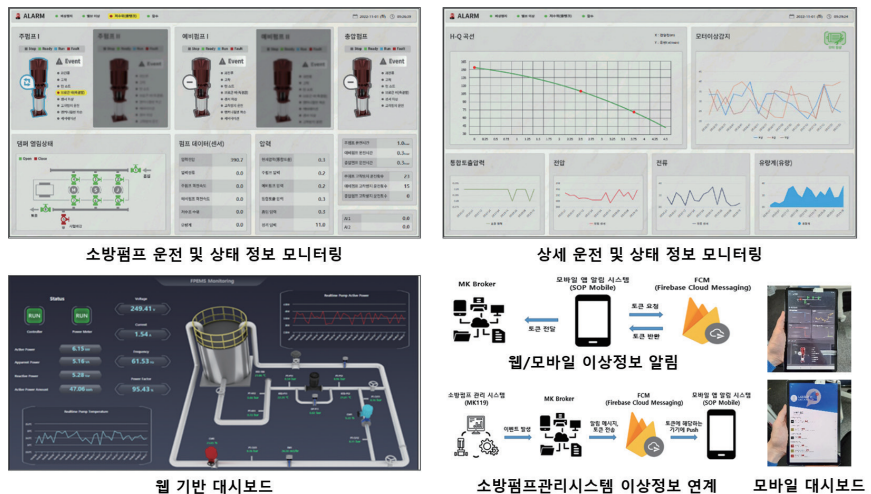
그림 15  
스테인리스 입형 다단  
소방 펌프(두크)



## IoT 기반 소방 펌프 관리 시스템

- IoT 기술을 접목한 스마트 소방 펌프 시스템을 통해 펌프 상태를 실시간으로 모니터링하고, 중앙관리센터에서 상태 정보를 확인할 수 있는 시스템을 구축했다. 이를 통해 고장 가능성을 사전에 감지하고 예방적 유지보수가 가능해지며, 화재 시 신속하고 신뢰성 있는 대응을 지원할 수 있게 되었다.

그림 16  
기반 소방 펌프 관리 시스템(두크)





## 소방 펌프 패키지 시스템

- 소방 펌프를 하나의 패키지 시스템으로 통합하여 현장 설치 시간을 단축하고 유지보수 과정을 간소화할 수 있는 솔루션을 개발해 냈다. 이 패키지 시스템은 압력 탱크, 충압용 펌프, IoT 제어 패널 등으로 구성되어 설치 공간을 약 46% 절감하였으며, 배관 자재비와 설치 인건비를 줄이는 효과가 있다.

그림 17

국내 소방 펌프 설비 규정에 적합한 소방 펌프 패키지(두크)



이러한 스마트 소방 펌프 시스템의 개발은 기존 소방 펌프의 한계를 극복하고 국내 소방 펌프의 신뢰성과 효율성을 크게 향상시켰다. 특히 내구성 향상과 실시간 관리 시스템을 통해 화재 발생 시 신속한 대응이 가능해져 재난 안전성을 강화할 것으로 기대된다. 또한 패키지화된 소방 펌프 시스템은 설치 비용과 공간을 절감하고 환경친화적인 OSC(Off-Site-Construction) 공법을 도입함으로써 폐기물 배출 감소에 기여하고, 향후 국내외 소방 펌프 시장 경쟁력을 강화할 것으로 예상된다.

(주)두크는 정부R&D를 통해 개발한 소방 펌프 패키지 시스템의 사업화를 위해 중소벤처기업부의 성능인증(2022년) 및 공공시장 진입을 위한 조달청 우수제품인증(2023년)을 취득했다. 제품화를 완료한 후 2021년에는 약 36억 원의 매출을 달성하였으며, 2024년에는 약 150억 원의 매출이 예상되면서 관련 매출이 꾸준히 증가하고 있다.

- 이외에도 ‘대용량 급수 및 산업용 스마트 원심펌프 개발’(2021~2024년, 주관기관: (주)두크) 및 ‘건물용 급수/오배수 펌프시스템 및 예지보전시스템 개발’(2024~2027년, 주관기관: (주)한성시스코) 등의 연구개발 과제가 진행 중이며, 향후 상용화에 있어 의미 있는 성과가 기대된다.

### 3. 결론 및 시사점

---

- 산업용 펌프는 다양한 산업에서 운영 효율성과 생산성을 높이는 중요한 장비로서 에너지 효율성 개선, 운영 편의성 향상, 지능화 기술 도입이 글로벌 트렌드로 자리 잡고 있다. 이에 따라 국내 펌프 제조업체들도 주요 연구개발 과제를 통해 이러한 변화에 대응하고 있다.
- 산업용 펌프의 에너지 효율성을 극대화하기 위한 기술 고도화는 필수적이다. 특히 가변주파수제어(VFD) 기술 같은 고효율화 솔루션은 운영 비용 절감 및 탄소 배출 저감에 중요한 역할을 하며, 국제 탄소중립 목표 달성에 기여할 수 있는 주요 기술로 자리 잡고 있다. 물 공급 및 폐수 처리 산업과 같은 에너지 집약적 분야에서는 고효율 펌프 도입이 절감 효과를 극대화할 수 있을 것으로 기대된다.
- 패키지화된 펌프 시스템은 설치 및 유지보수 효율성을 크게 높이고 공간 및 비용 절감 효과가 있어 대규모 산업 현장에서 중요한 솔루션으로 자리 잡고 있다. 특히 소방 펌프의 패키지화 사례는 재난 대응의 신속성과 효율성을 높이고 유지보수의 편리함을 제공함으로써 관련 산업에서 널리 확산될 가능성이 크다. 패키지화는 다양한 산업 분야에서 운영 효율성을 높이는 핵심 기술로서 향후 계속해서 주목받을 것으로 예상된다.
- IoT와 AI 기반 펌프 시스템 스마트화는 실시간 모니터링 및 예지보전을 통해 장비의 신뢰성을 높이고 가동 중단을 최소화하는데, 스마트시티와 자율제조 환경에서 필수적인 인프라로 자리 잡을 것으로 전망된다. 이러한 지능형 시스템의 확대는 산업 운영의 디지털 전환을 가속화하고 산업 전반의 효율성을 높이는 중요한 기회로 작용할 것이다.

- 국내 펌프 산업은 글로벌 경쟁력 강화를 위해 고효율화·패키지화·스마트화 개발을 지속해야 한다. 이를 통해 탄소중립 목표 달성과 국제 경쟁력 강화를 동시에 이룰 수 있기 때문이다. 펌프 시스템의 에너지 효율성 및 성능 향상을 위해 연구개발 협력 확대와 정부의 지원이 필수적이며, 이러한 노력이 결합될 때 펌프 산업의 기술 발전과 시장 확장이 가속화될 것으로 예상된다.
- 마지막으로, 글로벌 탄소중립 규제와 친환경 에너지 요구에 맞춰 지속 가능한 기술 개발이 요구되고 있다. 국내 펌프 제조업체들이 이러한 변화에 발맞춰 에너지 효율을 높이고 운영 비용을 낮추는 혁신을 지속한다면 국내외 시장에서 높은 경쟁력을 확보할 수 있으리라 전망된다.

## 출처 및 참고자료

---

1. “Industrial Pump-Global Market Analysis, Insights and Forecast, 2019-2032”, Fortune Business Insights, 2024.
2. “Pump Market-Global Outlook & Forecast 2023-2028”, Arizton Advisory & intelligence, 2023.
3. “Water & Wastewater Pump Market-Global Outlook & Forecast 2023-2028”, Arizton Advisory & intelligence, 2023.
4. “Water Pumps Market - Global Industry Analysis 2014-2018 and Market Forecast 2019-2029”, Persistence Market Research, 2018.
5. T. Neuberger & S. B. Weston, “Variable frequency drives: energy savings for pumping applications”, Eaton Corporation, 2012.11.: [www.eaton.com](http://www.eaton.com)
6. Xylem 홈페이지([www.xylem.com](http://www.xylem.com))
7. Grundfos 홈페이지([www.grundfos.com](http://www.grundfos.com))
8. Wilo 홈페이지([www.wilo.com](http://www.wilo.com))
9. Yokogawa 홈페이지([www.yokogawa.com](http://www.yokogawa.com))
10. Intuz 홈페이지([www.intuz.com](http://www.intuz.com))
11. Dooch 홈페이지([www.doochpump.com](http://www.doochpump.com))



# 건설기계의 SDM

## 플랫폼 기술 동향

박근석 첨단기계 PD | KEIT 기계로봇장비실

최승준 책임 | 건설기계부품연구원 융복합기술본부

### 요약

- SDM(Software-Defined Machine)은 건설기계의 주요 기능을 하드웨어가 아닌 소프트웨어 중심으로 정의하여 장비의 다양한 기능 개발과 서비스 제공을 가능하게 하는 새로운 개념의 건설기계이다.
- 최근 건설기계산업은 디지털전환과 스마트 건설 환경 조성에 따라 데이터 기반 운영, 자동화, 친환경 요구에 대한 대응이 중요한 과제로 떠오르고 있다. 이를 위해 작업 보조 기능, 장비 데이터의 수집 활용을 위한 텔레매틱스 기술, 무인 작업 기술을 비롯한 다양한 기술이 개발되고 있다. 하지만 이를 양산 장비에서 운용하기에 적합한 하드웨어 아키텍처나 소프트웨어 플랫폼은 부족한 상황이다.
- SDM은 자동차산업의 SDV(Software-Defined Vehicle)와 유사하게 E/E 아키텍처와 클라우드 기반 시스템을 핵심 요소로 다양한 소프트웨어 모듈과 데이터 서비스를 통합해 건설 현장에 적합한 맞춤형 솔루션 제공이 용이할 뿐 아니라 글로벌 건설기계 시장의 디지털 혁신을 선도할 잠재력을 지니고 있다.
- 국내에서는 최근 SDM 플랫폼 개발 과제가 시작되었으며, 이를 통해 건설기계산업의 새로운 기술 방향을 주도하여 지속 가능성과 기술 경쟁력을 높이고자 한다.

# 1. 기술의 배경

## 소프트웨어 중심 개념의 등장

- 제조업은 지난 20년간 단순한 제품 판매에서 벗어나 지속적인 서비스를 제공함으로써 고객과의 접점을 극대화하고 제품의 가치를 높일 수 있는 방법으로 점차 확산되었다. 이는 증가하는 제품 내 소프트웨어의 비중, AI를 비롯한 소프트웨어 기술 발전과 맞물려 광범위한 분야에서 소프트웨어 기반 서비스로의 전환을 불러일으켰고, 다양한 분야에서 SDx(Software Defined Everything)가 주요 이슈로 등장하였다.

그림 1  
다양한 소프트웨어 정의 제품의 개념(Infosys)

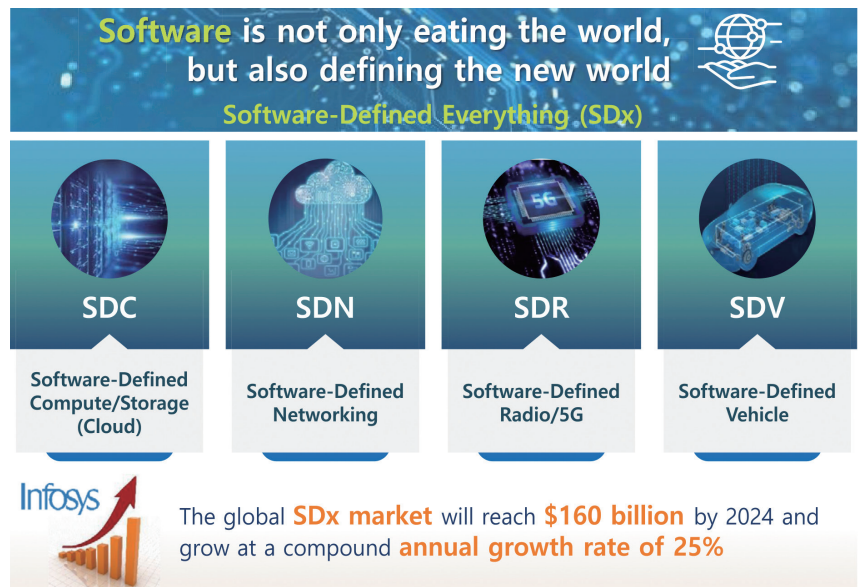
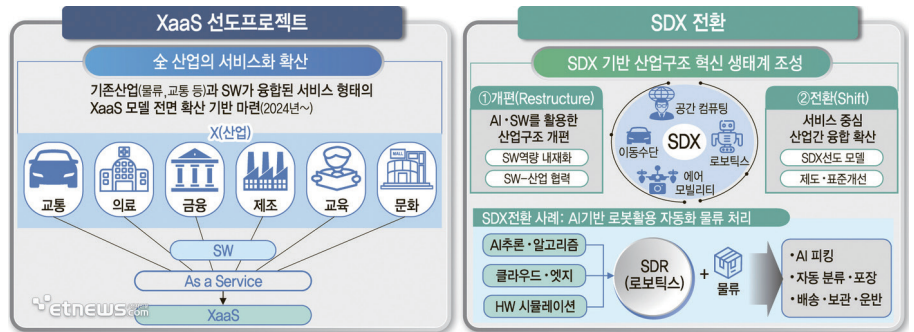


그림 2  
서비스화 대응을 위한 NIPA의 XaaS 선도 프로젝트 및 분야별 SDx 전환의 예

출처: ETnews, NIPA



## 건설기계와 유사한 자동차산업의 변화

- 주요 산업군 중 건설기계와 유사한 자동차 분야도 다르지 않다. 전기차로의 전환, 자율주행 기능, 사용자 경험의 극대화를 위한 각종 서비스 제공 플랫폼으로서 소프트웨어 정의 차량(SDV)에 대한 관심이 집중되고 있다.
- 다양한 논의를 통해 소프트웨어 정의 차량(SDV)이라는 모호할 수 있는 개념은 몇 가지 핵심기술 요소로 구체화되는데, E/E 아키텍처, 소프트웨어 플랫폼, 하드웨어 플랫폼과 클라우드 정도로 구분할 수 있다. E/E 아키텍처는 자동차의 다양한 소프트웨어를 하드웨어 의존성을 낮추고 구동하기 위한 기반이며, SDV에서는 기존의 도메인 기반에서 중앙집중화와 표준화를 지향하는 방향으로 변화하고 있다. 소프트웨어 플랫폼은 OS를 포함하고 다양한 서비스를 위한 소프트웨어 구성 요소의 유기적이고 안전한 동작 환경을 제공하며, 하드웨어 플랫폼은 SI와 자율주행을 비롯한 복잡한 소프트웨어의 구동에 필요한 컴퓨팅 자원을 담당한다. 클라우드는 단순히 사용자에게 제공하는 서비스를 위한 데이터 플랫폼의 기능과 더불어 차량의 소프트웨어를 지속적으로 개발하고 개선하기 위한 인프라 제공 역할을 한다.

그림 3

SDV를 위한 소프트웨어 플랫폼과 소프트웨어 개발을 위한 클라우드 플랫폼 구성의 예

출처: SOAFEE(2024)

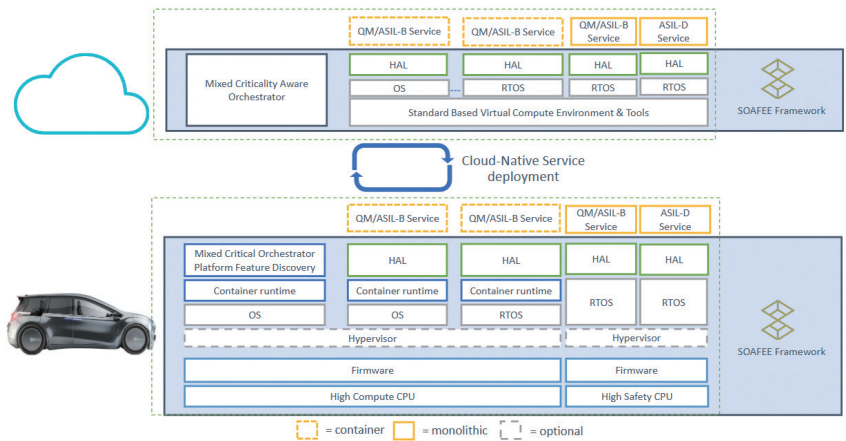
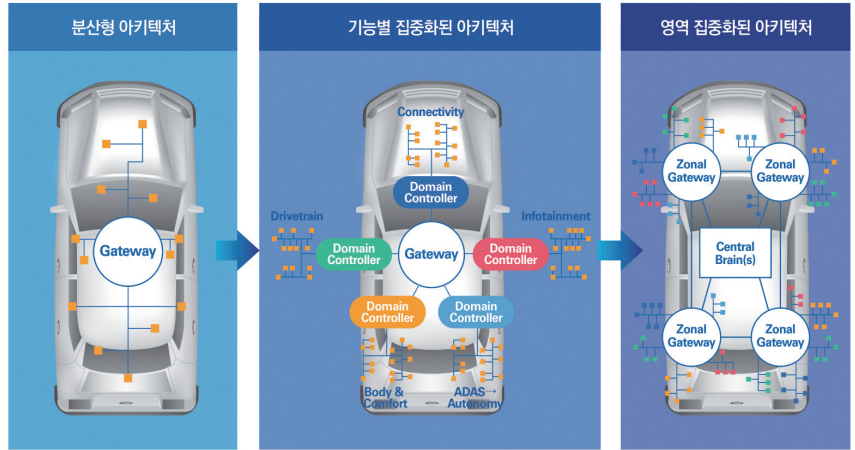


그림 4

차량 E/E 아키텍처의 변화

출처: 삼정KPMG경제연구원(2024)



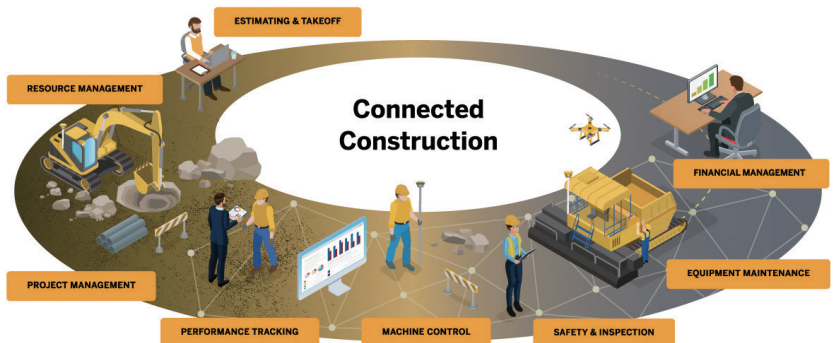
### 건설기계 산업 환경의 변화와 SDM의 필요성

- 그렇다면 SDV에서 표방하는 소프트웨어 중심 전략은 건설기계에도 유효할까? 이를 확인하기 위해서 먼저 건설기계를 둘러싼 산업 환경의 변화를 살펴볼 필요가 있다.
- 건설기계산업은 전방산업인 건설산업의 영향이 매우 큰데, 최근 건설산업의 디지털 전환이 가속화되면서 이에 맞춘 변화를 건설기계 분야에도 요구하고 있다. 가장 큰 변화는 스마트 팩토리처럼 건설 공정 사이클이 데이터를 중심으로 재구성되고 건설 현장에서 객체 간 데이터가 교환/활용되면서 다양한 서비스 창출이 가능한 환경이 조성되고 있다.
- 건설 공정 중 토목공사는 건설기계를 통해 수행되기 때문에 건설장비는 장비 상태와 작업량 등 건설 공정 내 핵심 데이터를 원활히 제공할 수 있어야 한다. 또한 건설 인력의 노령화와 신규 노동 인력의 감소, 지속 가능성 확보를 위한 탄소배출 저감 등 건설산업의 메가트렌드 대응에 필요한 작업 자동화 기능, 친환경 에너지원 적용 등을 위해 SI를 포함한 고도화된 소프트웨어의 탑재와 업데이트가 용이해야 한다.

그림 5

건설장비 데이터를 활용한 건설 공정의 다양한 활용처

출처: Trimble



- 서비스화 측면에서 건설기계는 자동차 분야에 비해 SDx로의 전환이 용이한데, 이는 가시화된 서비스 모델의 사업적 구체성 때문이다. SDM을 통해 건설기계는 작업 생산성을 확보하기 위한 공정 운영 서비스나 장비 가동률 극대화를 위한 PHM(Predictive Health Monitoring)과 같은 서비스 제공이 가능할 것으로 예상되며, 이는 건설회사와 장비 임대회사를 대상으로 한 현실적이고 필요성이 높은 서비스라 볼 수 있다.

표 1  
SDM과 SDV의 차이점

구분	건설기계(SDM)	자동차(SDV)
목적	작업 계획에 맞춰 주변 환경을 변화시키는 것	주어진 환경에서 이동
핵심 가치	이윤의 극대화 - 유지보수를 포함한 총소유비용(TCO) 최소화 CAPEX에서 OPEX로 변화	사용자 경험의 극대화 - 차량의 개인화

\* CAPEX: Capital Expenditure, OPEX: Operating Expenditure

- 따라서 SDV를 비롯 타 산업에서 확산되는 소프트웨어 중심 패러다임을 도입하면 변화하는 환경에서 고객이 요구하는 핵심 가치에 부합하는 서비스와 기능의 효과적인 개발이 가능하다. 또한 SDx를 구성하는 여러 요소 기술들은 이미 타 산업에서 검증된 성공을 담보하기 때문에 건설기계 도입을 위한 선제적인 기술 개발이 필요하다.

## 2. SDM 기술의 개념

- 소프트웨어-정의 건설기계(Software-Defined Machine)는 제품의 주요 기능과 핵심 가치가 하드웨어가 아닌 소프트웨어를 통해 정의되거나 결정되는 것을 의미한다. 이는 소프트웨어의 비중이 하드웨어보다 월등히 높거나 고도화된 소프트웨어가 적용된다는 단순한 의미를 넘어 장비를 구성하는 하드웨어와 소프트웨어가 분리된 구조를 바탕으로 시장 및 제조사의 제품 기능 개발 요구에 대응하기 위한 패러다임이다.
- 또한 SDM은 건설장비가 기능 단위의 모듈 조합을 통해 구성되는 소프트웨어 서비스를 중심으로 설계·개발될 뿐만 아니라 건설 현장에서도 각종 소프트웨어 기반 서비스를 중심으로 장비 운용을 가능케 하는 기술적 접근으로 볼 수 있다.



- 따라서 SDM 사용자는 장비의 기능이 동적으로 추가, 변경, 개선됨을 경험할 수 있다. 제조사 또한 제품 기능 구현을 위해 하드웨어 의존적인 하위 시스템 구조에서 벗어나 다양한 단위 모듈의 재사용과 상호 조합을 활용할 수 있어 제품 개발 및 제조 과정에서 다양한 이점을 기대할 수 있다.

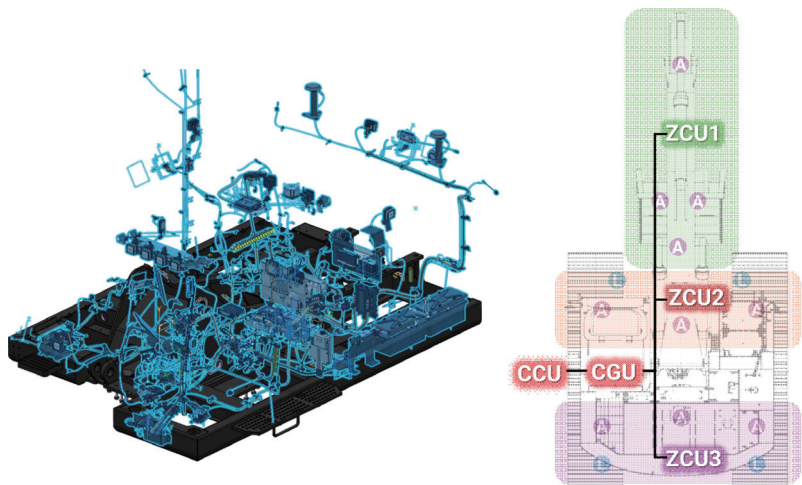
## SDM 핵심 요소기술-E/E 아키텍처와 하드웨어 플랫폼, 소프트웨어 및 클라우드 플랫폼

- E/E 아키텍처는 건설기계의 전통적인 유압 기반 시스템을 제어하기 위한 전자 유압 모듈을 중심으로 향후 친환경화 대응에 필요한 모터 기반 구동기술 및 배터리, 수소연료전지, 수소엔진 등 다양한 기능의 통합이 가능하도록 확장성과 유연성을 제공해야 한다. 건설기계는 장비 크기가 커서 하네스 비용 절감 효과가 크고 자동차 대비 구성품의 종류나 개수가 적어 중앙집중형 E/E 아키텍처로의 전환이 보다 용이할 것으로 예상된다.
- CGU(Connectivity Gateway Unit)는 플랫폼의 외부 네트워크와 보안 관련 기능을 담당하며 장비 내 통신을 관리한다. 메인 제어기에 해당되는 CCU(Centralized Computing Unit)는 다양한 소프트웨어 및 AI 기반 서비스 동작에 필요한 컴퓨팅 리소스 제공을 담당하고, 일부 대역폭이 큰 센서류의 경우 직접 연결될 수 있다. ZCU(Zonal Control Unit)는 전자 유압 부품을 중심으로 지능화에 필요한 센서 등의 인터페이스를 제공하며, 장비에 따라 2~3종으로 구분될 수 있다.

그림 6

굴착기의 분산형 E/E 아키텍처 및 전장 하네스 배치(좌), 중앙집중형 E/E 아키텍처의 구성 개념(우)

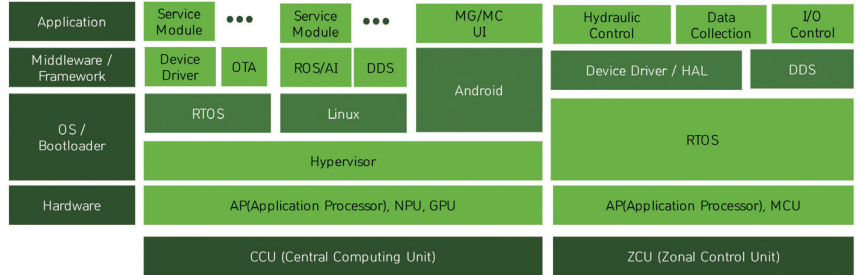
출처: HD현대그룹 외,  
자료 기반 재구성.



\* CCU: Centralized Computing Unit, CGU: Connectivity Gateway Unit,  
ZCU: Zonal Control Unit

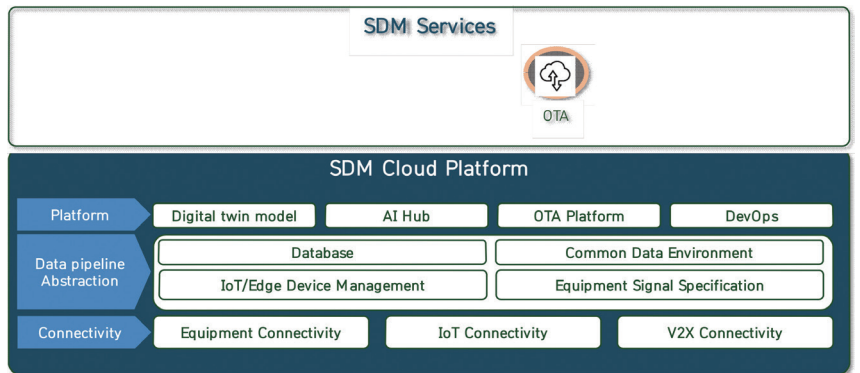
- 소프트웨어 플랫폼은 CCU 및 ZCU에 필요한 OS, 하이퍼바이저를 비롯하여 서비스 모듈의 연계와 구동을 위한 소프트웨어 프레임워크 등으로 구성된다. SDM의 기능을 구성하는 다양한 소프트웨어의 설계 및 운용을 위해 소프트웨어 공학적 방법론인 SOA(Service-Oriented Architecture)를 활용하며, 다양한 단위 기능 서비스나 모듈의 조합을 통한 소프트웨어 개발을 지원한다.

그림 7  
중앙제어유닛(CCU, 좌) 및  
영역기반제어기(ZCU, 우)에 탑재하기  
위한 소프트웨어 플랫폼 구성의 예



- 클라우드 플랫폼은 소프트웨어 플랫폼과 연계하여 장비에서 수집된 데이터를 활용한 다양한 클라우드 기반 서비스 개발에 필요한 IT 리소스를 제공한다. OTA, 지속적인 제품기능의 보완과 개선을 위한 소프트웨어 개발을 지원하는 DevOps(Development + Operations) 플랫폼과 함께 제품 기능 개발 시 하드웨어와 분리된 소프트웨어 개발 환경을 구성하기 위한 디지털트윈 모델 또한 포함되어야 한다. 특히 건설 현장 운용장비에 적절한 서비스가 제공되기 위한 장비-클라우드 플랫폼-사용자(건설사, 건설 현장) 플랫폼 간의 데이터 연계 파이프라인과 건설 현장의 사용자가 일관성 있는 장비 데이터를 제공받을 수 있도록 적절한 데이터 활용 환경(예: Common Data Environment)도 제공해야 한다.

그림 8  
SDM을 위한 클라우드 플랫폼 주요  
구성 요소 및 클라우드 기반 서비스의 예



### 3. 시장 동향

- SDM은 현재 업계에서 명확하게 정의된 개념이나 SDM을 표방한 제품이 없다 보니 관련 시장 규모를 정확히 추정하기는 어렵다. 하지만 지능형 건설기계, 전기식 건설기계, 텔레매틱스 등 관련 분야와 제품으로 간접적인 추정이 가능하다. 참고로 글로벌 건설기계 시장은 2023년 기준으로 약 110만 대의 생산량과 약 2,000억 달러의 시장 규모를 기록하였으며, 이는 자동차 시장의 약 1/15 수준이다.
- 자동화 건설기계 시장은 2031년까지 약 318억 달러로 확대될 전망이다. 또한 데이터 기반 서비스의 핵심 부품인 텔레매틱스 시장은 2029년까지 약 25억 달러 규모로 성장할 것으로 예상된다.
- 탄소배출 이슈 대응을 위한 전기 건설기계의 경우 파워트레인의 제어를 포함 전기차와 유사하게 SDM 형태를 가질 것으로 예상되며, 21%의 연평균 성장률로 2044년에 이르러서는 의미 있는 수준의 점유율이 전망된다.

그림 9  
건설기계 시장 규모

출처: 삼성SD; Grand view research(2021)

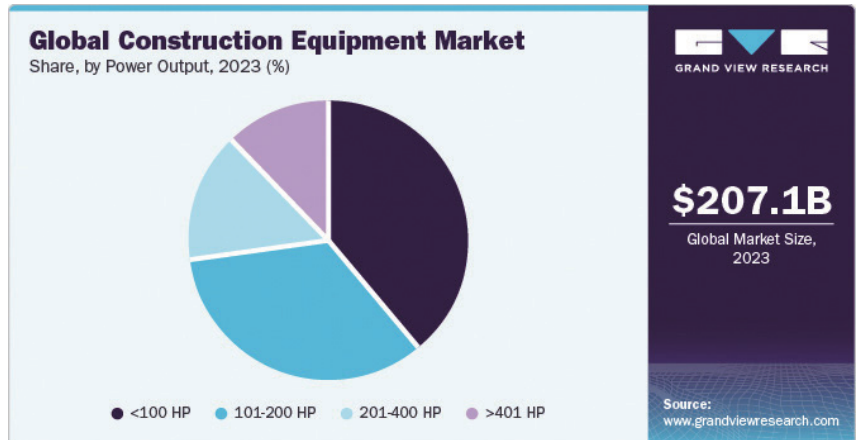


그림 10  
건설기계 텔레매틱스 예상 시장 규모

출처: Modor Intelligence(2023)

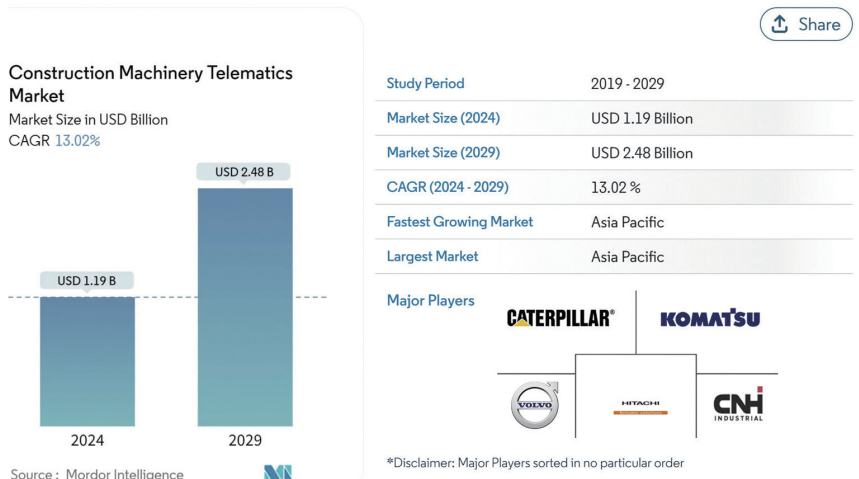


그림 11

자동화 건설기계 예상 시장 규모

출처: Research & Markets(2021)

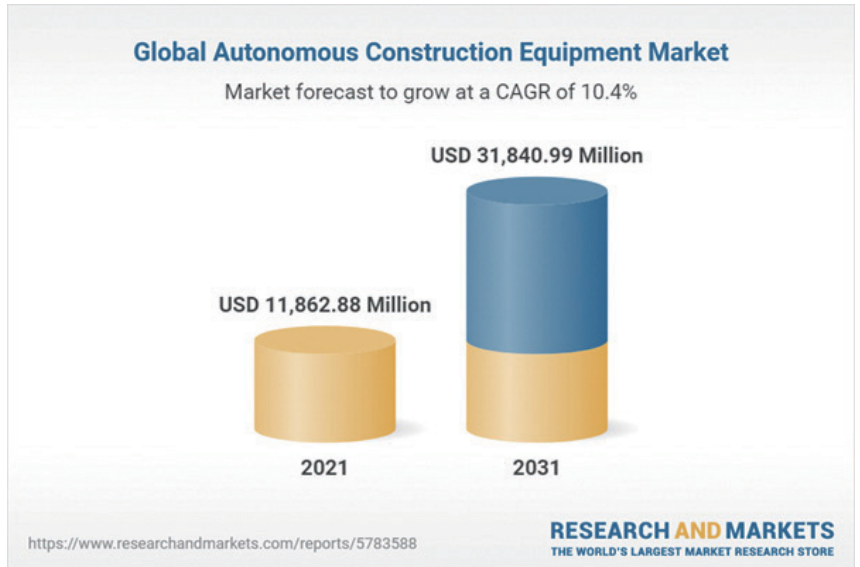
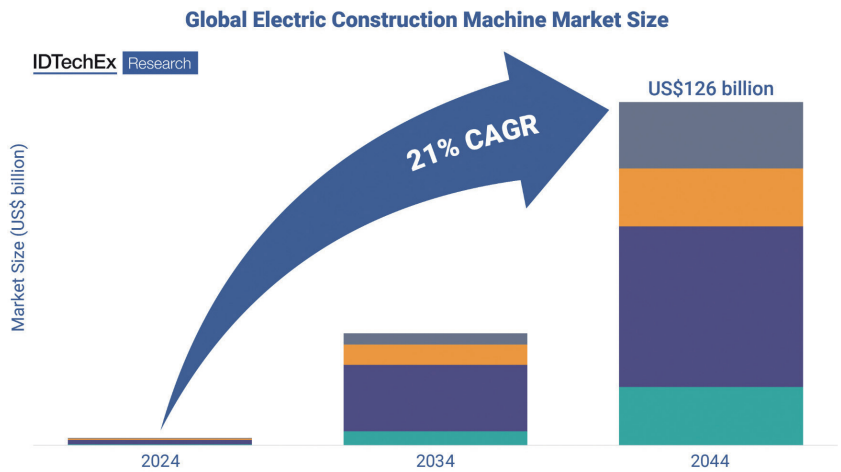


그림 12

전기 건설기계 예상 시장 규모

출처: IDTechEx(2024.06)



#### 4. 관련 기술 동향

- SDM은 건설기계가 제공해야 할 각종 기능을 효과적으로 제품화하기 위한 전략이다. 그러므로 현재 국내외 제품에 적용된 최신 기능과 함께 업계에서 개발 중인 기술을 통해 간접적으로 기술 동향을 살펴보고 국내에서 세계 최초로 시도하는 SDM 플랫폼 기술 개발에 대해서도 소개하고자 한다.

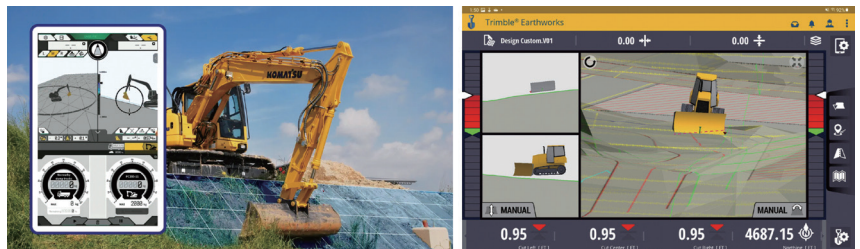
## 작업 자동화 보조 기술

- 작업 자동화 서비스 제공 측면에서 현재 건설기계 주요 제조사의 제품 기술은 MG(Machine Guidance), MC(Machine Control)로 대표된다. MG는 작업 시 운전자에게 작업을 위한 장비의 위치와 높이 등의 정보를 자동차 네비게이터처럼 디스플레이 장치와 소리 등으로 전달하는 형태이다. MC의 경우 ADAS처럼 작업 기능의 일부를 보조하는 기능이다. 이를 위해 IMU 등 센서류와 GNSS 측량 정보를 기반으로 작업 시 전자 유압 제어기술을 활용하여 도면 정보에 맞춰 cm급 정확도를 갖는 작업 모션을 생성한다.

그림 13

작업 자동화를 위한 MC 제품

출처: Komatsu, Trimble



- MG, MC 제품은 초기에 기존 장비에 부가적으로 설치하는 애프터마켓 제품으로 개발되어 제어 장치, 디스플레이 장치 등 구성품이 별도의 하드웨어와 탑재된 소프트웨어로 구성된 형태가 시장의 주류를 형성하고 있다. 다음 그림에서 보는 것처럼 제어 기능 또한 유압 제어, GNSS 수신 등 세부 기능별 전용 하드웨어로 구분된 분산형 아키텍처 구조를 적용하여 기능 개선이나 업데이트가 용이하지 않다.

그림 14

기능 요소별로 구분된 주요 건설 장비별 MC 제품의 구성 요소

출처: CAT, Trimble



- 관련 시장이 확대됨에 따라 주요 완성차 제조사는 MG, MC 기능을 전문 기술을 갖춘 협력사(Trimble, Leica 등) 솔루션에 의존하던 방식에서 벗어나 관련 기능을 내재화하려는 경향을 보이고 있으며, MC 기능이 지원되는 제품군을 계속 확대하고 있다. 이는 데이터 기반 서비스를 위해 각종 장비 데이터의 통합을 고려하고 있음을 간접적으로 보여준다.
  - (Caterpillar) 중대형 굴착기 전 기종, 그레이더, 도저 일부 기종
  - (Komatsu) 굴착기(중대형 5종), 도저(13개 기종)
  - (Volvo) 25톤, 38톤 굴착기 등

표 2  
주요 건설기계 제조사의 MG,  
MC 기술의 내재화 여부

제조사	기술 내재화 여부		주요 구성품			
	MG	MC	디스플레이 (태블릿)	센서류		
				IMU	각도형	위치형
Caterpillar	○	○	○	○	○	
Komatsu	○	○	○	○	○	○
Volvo	○	○	○	○		
John Deere	○	개발 중	○	○		
HD현대그룹	○	○	○	○		

## 무인 자율 작업 기술

- Gravis는 취리히연방공과대학교 연구실에서 창업한 회사로서 무인 자율 작업을 위한 굴착기 기술을 개발하고 HD현대그룹을 비롯한 주요 건설기계 업체와 협업을 진행하고 있다. 몇 가지 센서를 제외하면 대부분 하드웨어는 캐빈 상부의 박스에 집중되어 다른 장비에도 적용이 용이하도록 구성되어 있다. 소프트웨어의 경우 인지, 판단, 제어 등 다양한 서비스를 제공하는 모듈로 구성하고 모듈 간 통신 프레임워크는 DDS(Data Distribution Service)를 활용하고 있다.

그림 15

제방 쌓기 작업을 수행하는 AI 기반 자율 작업 굴착기

출처: Science Robotics



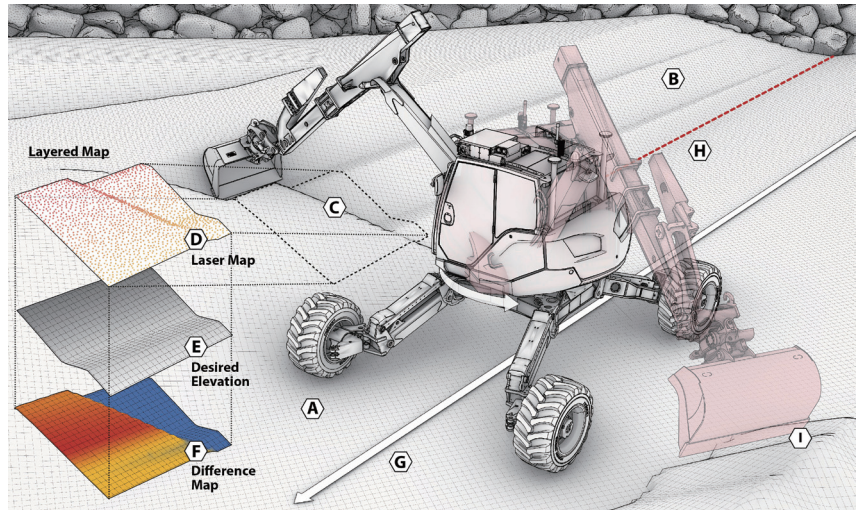
A: Arm-mounted Livox Mid-70 sensor, B: rooftop perception box with multiple LiDAR sensors and camera, C: lower-cabin camera

- 또한 디지털트윈 기반의 시뮬레이션 환경을 이용하여 하드웨어 시스템과 독립적으로 개발 및 검증이 가능한 소프트웨어 개발 환경을 구성하고 있다.

그림 16

조경 작업 자동화 프로세스 (c)에서 라이다로 인식한 지형과 목표 지형(e)를 비교하여 작업 궤적을 생성

출처: Science Robotics



- HD현대그룹(구 현대중공업)에서는 2019년 한국 보령에서 Concept-X 시연과 2023년 미국 라스베이거스의 CONEXPO 2023 전시회에서의 Concept-X2 캐빈리스 무인 장비 시연을 거쳐서 건설 현장의 무인화 솔루션 제공을 목표로 개발하고 있다. 굴착기, 도전, 휠로더, 굴절식 덤프트럭 등 다양한 장비에 대한 무인, 원격 솔루션을 포함하며, 드론 측량 데이터로부터 데이터 분석을 통해 공사 계획을 수립하고 실행하는 체계를 갖추고 있다.

그림 17

Concept-X가 적용된  
무인 굴착기와 도저

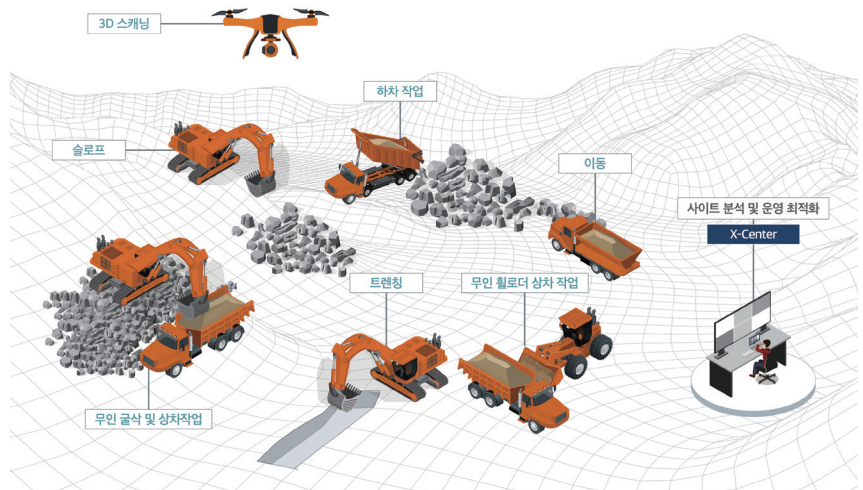
출처: 매일경제(2023.09.)



그림 18

Concept-X 적용 대상 및 작업 기술

출처: Develon; 현대두산인프라코어



## 데이터 기반 서비스 기술

- 건설장비 분야의 텔레매틱스는 장비의 고장 방지를 위한 가동 시간의 극대화, 공회전 시간의 감소, 원격 모니터링 등을 위해 주요 제조사에서 서비스를 시작하였다. 초기에는 엔진과 장비의 고장 코드와 상태 정보, GPS 기반 위치 모니터링 등 한정된 기능에 그쳤으나 점차 제조사에서 수집된 빅데이터 기반 분석 서비스를 포함하여 고장이나 유지보수 주기 도래 전 점검 안내, 서비스 인력과의 연계 등을 제공하는 서비스로 변화하고 있다.



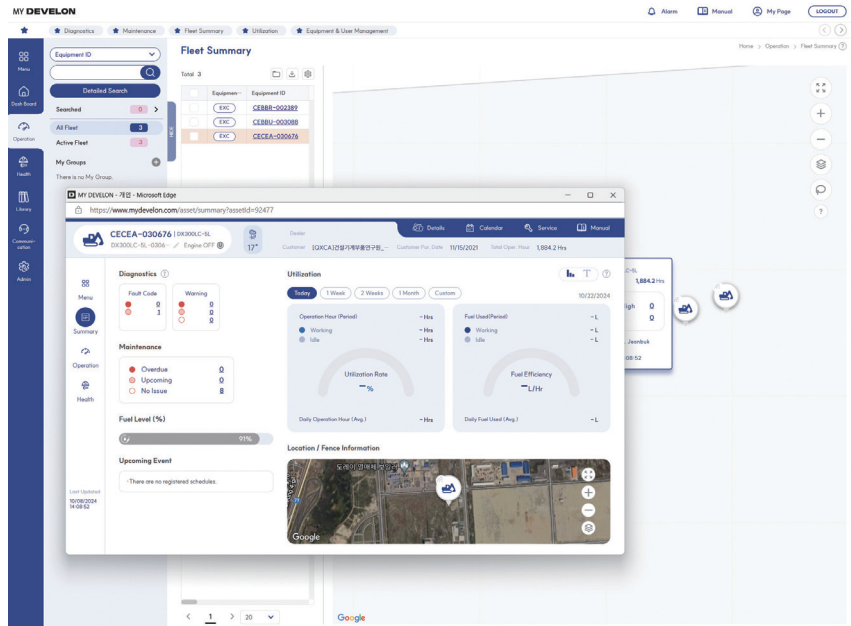
- 이러한 기능은 제조사와 고객 간 구체적인 PaaS(Product as a Service) 사례로서 CAT., Komatsu와 같은 선진사는 설계, 공정 정보와 연계하여 건설 현장별로 차량 상태, 가동률 및 공정 진행을 관리하는 종합 서비스 제공 형태로 발전시키고 있다.

표 3  
주요 건설장비 제조사의  
텔레매틱스 서비스

제조사	텔레매틱스 제품명	비고
Caterpillar	Vision Link(SW), Product Link(HW)	Trimble과 협업
Komatsu	KomTrax, Fleet service	
Volvo	ActiveCare ActiveCare Direct	Direct의 경우 제조사에서 모니터 링 서비스 제공
HD현대인프라코어 HD현대건설기계	My Develon Hi-mate	

그림 19  
HD현대의 텔레매틱스 서비스  
My Develon

출처: My Develon



- Trimble의 경우 데이터 활용 범위를 더욱 확장하여 장비 데이터를 설계, 조달 등 공정 전체 데이터 프로세스와 결합, 프로젝트에 관련된 모든 관계자가 데이터 접근과 활용이 가능하도록 공동 데이터 환경(CDE, Common Data Environment)을 개발하였다. 이는 건설기계 클라우드에서 가지고 있는 각종 데이터의 연계 및 활용을 원활하게 지원할 수 있는 서비스가 필수적임을 의미한다.



## SDM 기반 건설기계 개발을 위한 기술 개발

- 최근 HD현대그룹을 중심으로 산업통상자원부의 지원을 받아 SDM 기반 건설기계 개발을 위한 SDM 플랫폼 기술 개발이 시작되었다. 해당 연구개발 과제는 건설기계에 적합한 중앙집중형 E/E 아키텍처와 제어기 개발, 제어기에 탑재되는 소프트웨어와 클라우드 시스템 그리고 개발된 하드웨어와 소프트웨어 플랫폼을 활용하여 세계 최초로 SDM이 적용된 굴착기를 개발하고 기능을 검증하는 부분을 포함한 3개의 세부 과제로 구성되어 있다.
- 먼저 하드웨어 부분에서는 유압 시스템 중심의 건설장비에 적용 가능한 전장 부품 확보, 전장 하네스의 감소 및 자율화 대응에 적합한 확장성 있는 제어기 기술 개발에 중점을 두었다. 소프트웨어와 클라우드 플랫폼 부분에서는 장비 기능, 성능 개선을 위한 OTA와 함께 작업 현장 운용 서비스 등 킬러 서비스 상용화에 필요한 요소 기술을 개발하고 있다.

## 5. 시사점

---

- 건설기계산업은 건설산업의 디지털 변환으로 촉발된 서비스화, 고령화 및 인구구조 변화와 탄소배출에 따른 지속 가능성 확보 등 많은 변화를 요구받고 있다. 이에 주요 선진사들은 장비 자동화 기능 개발과 함께 단순한 장비 제조를 넘어 건설산업 내 서비스 제공자로 자리매김하기 위한 장비 간 연결성의 확보, 데이터 기반 서비스 개발 등 비즈니스 확장을 위한 대응에 나서고 있다. 중국 건설기계 업체들의 급격한 성장과 함께 글로벌 선진사의 추격이 쉽지 않은 현재 상황은 국내 건설기계산업의 지속적인 성장을 위해 기술 개발 전략에 변화가 필요함을 의미한다.
- 한편 클라우드, AI 등 소프트웨어 기술과 고성능 하드웨어(HPC)의 발전이 IT 분야를 넘어 자동차 분야까지 영향을 끼치고 다수의 자동차 기업들이 SDV를 양산 차에 적용하기 위한 계획을 앞다투어 발표하는 점은 건설기계 분야에도 시사하는 바가 크다.
- 건설장비의 기능 개발에 소프트웨어-중심 방식(SDM)을 적용하고 소프트웨어 중심 생태계를 구성한다면 제품 개발 기간의 단축, OTA를 통한 유지보수 측면의 장점과 함께 다양한 분야에서 검증된 소프트웨어 기술 적용이 용이하여 글로벌 고객에게 의미 있는 서비스 제공이 가능할 것으로 기대된다.
- SDM을 통해 사용자는 필요한 기능을 구독이나 서비스 형태로 클라우드에서 다운로드하여 장비에 적용할 수 있을 것으로 예상된다. 경험이 많지 않은 작업자가 도심지의 관로 매설 작업과 같은 복잡한 환경에서의 주변 작업물과 작업자의 충돌을 방지하고 숙련자의 작업 방법을 안내해 주는 작업 종류별 가이드 서비스, 장비의 모니터링 정보 기반 고장 예지보전 서비스, 작업 현장 가동률 극대화를 위한 플릿 운영 서비스, 탄소배출 저감, 고장 방지를 위해 작업 현장의 토질 상태에 맞춘 유압 및 파워트레인의 실시간 튜닝 서비스 등 다양한 서비스를 예상해 볼 수 있다.

- 한편 SDM은 글로벌 건설기계 분야에서 아직 가시화되지 않은 새로운 개념을 적용하는 것이므로 기회와 위험 요소가 공존하며, 이를 극복하기 위한 선제적인 국가 R&D 지원이 필요하다. 최근 산업통상자원부 산하 기술 개발 과제(과제명: '건설기계 자율화 대응을 위한 SDM 플랫폼 기술 개발')가 시작된 점은 국내 건설기계산업이 기술 패러다임을 주도할 수 있는 기회를 확보한다는 측면에서 중요하다고 하겠다. SDM이 확산되기 위한 업계의 관심과 함께 소프트웨어 전환을 위한 인력 양성 및 기술 역량 강화에 지속적인 지원이 필요하다.

## 출처 및 참고자료

---

1. “소프트웨어로 달리는 자동차, 완성차 업계가 꿈꾸는 미래”, Samjong INSIGHT, Vol. 88, 2024.
2. “The Next normal in construction: How disruption is reshaping the world’s largest ecosystem”, McKinsey & company, 2020.06.
3. “Equipment-as-a-Service: From Capex to Opex-new business models for the machinery industry”, Monitor Deloitte, 2021.02.
4. “글로벌 생성형 AI 시장(모델별, 2022년)”, 삼성SDS: “Generative AI Market Size, Share & Trends Analysis Report By Component (Software, Services), By Technology, By End-use, By Application, By Model, By Region, And Segment Forecasts, 2024-2030”, Grand View Research.
5. Construction Machinery Telematics - Market Share Analysis, Industry Trends & Statistics, Growth Forecasts 2024-2029”, Modor Intelligence, 2024.01.
6. “Smart Cities - Global Strategic Business Report”, Research and Markets, 2024.11.
7. R. L. Johns, et. al., “A framework for robotic excavation and dry stone construction using on-site materials”, Science Robotics Vol 8, Issue 84, 2023.11.22.
8. 김희수, “무인 굴착기의 힘 ... 하루 22시간 작업-HD현대사이트솔루션 시연회”, 매일경제, 2023.09.22.
9. 김동욱, “굴착기 만드는 건설 중장비 회사도 ‘IT 개발자’ 확보 총력...이유는?”, 한국일보, 2022.05.13.
10. 허성욱, “[ET시론]디지털 기반의 산업 대전환 ‘SDX’”, 전자신문(ETnews), 2024.09.02.; NIPA 제공.
11. <https://youtu.be/0pOmsjm1nQs>
12. <https://github.com/pwri-opera>
13. Trimble 홈페이지([www.b2wsoftware.com](http://www.b2wsoftware.com))



# 스마트 제조장비용

## 제어기(CNC) 기술

심창섭 첨단장비 PD | KEIT 기계로봇장비실

송창규 책임 | 한국기계연구원 초정밀장비연구실

김홍주 책임 | 한국전기연구원 정밀제어연구센터

남성호 수석 | 한국생산기술연구원 자율형제조공정연구부문

### 요약

- CNC(Compute Numerical Control, 수치제어장치) 시스템은 제조장비의 모든 기능을 자동적으로 제어하는 모듈로서 기계 구동부(H/W)의 두뇌 역할을 담당하는 중요한 모듈이며, CNC 제어기, 구동계와 HMI로 구성되어 있다. CNC 시장은 Fanuc, Siemens 등의 독일과 일본 업체들이 주도하고 있고 연 매출 70억 달러 규모로 형성되고 있으며, 상위 5개 기업의 점유율이 76% 수준의 과점 시장이다. 독일과 일본의 주요 CNC 제어기 업체들은 과거 하드웨어 중심의 성능 개선에서 벗어나 현재 다축 및 다계통 제어 기술과 가공 성능 향상을 목표로 한 고급 제어 기능의 소프트웨어 기반 기술 개발에 중점을 두고 있다. 구동계 중 스피들 모터의 고속 회전은 공작기계의 생산성 향상에 중요한 역할을 하므로 고속 회전 시 발생하는 진동과 열을 관리하면서도 높은 정확도를 유지할 수 있도록 설계되고 있다. 스마트 HMI는 DMG Mori, Mazak 등 선도 공작기계 업체가 각각 CELOS, Smooth X/G/Ai을 통해 차별화된 CNC 기능을 제공하는 추세이다. 이러한 스마트화, 고속화, 다축 및 다계통화에 발맞춰 국산 CNC 기술도 디지털트윈 기술 등을 통합한 고급 CNC 기술의 상품화가 요구되고 있다.

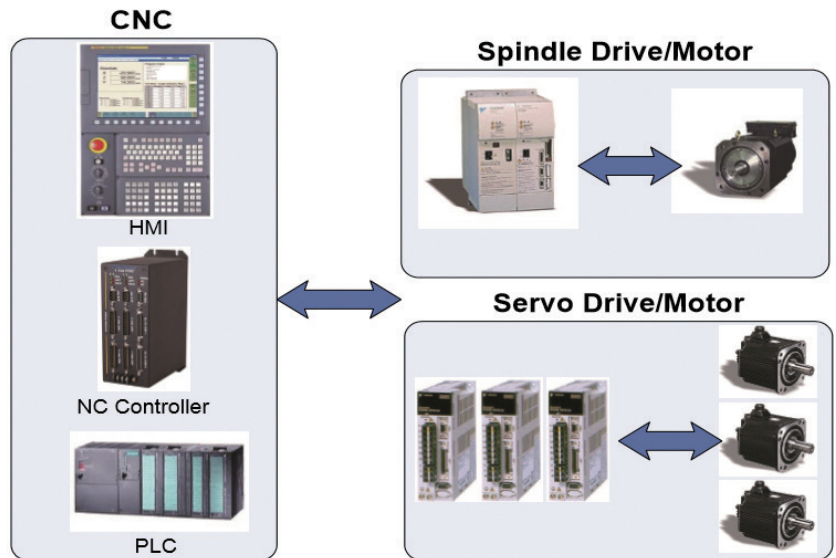
# 1. 개요

- CNC(Compute Numerical Control, 수치제어장치) 시스템은 제조장비의 수치 입력 정보를 처리하여 장비의 위치와 속도, 스피들 회전 등 모든 기능을 자동적으로 제어하는 모듈로서 기계 구동부(H/W)의 두뇌 역할을 담당하는 중요한 모듈이다. CNC 시스템은 CNC 제어기, 구동계(서보·스핀들 모터 및 드라이브)와 HMI(Human-Machine Interface)의 3가지 부품으로 구성되어 있으며, 이들 부품이 상호 호환성이 있어야 구동이 가능하다.
- CNC는 제조장비의 성능뿐만 아니라 제조장비를 사용하여 생산하는 공산품의 품질, 부가가치, 생산성을 좌우하기 때문에 컴퓨터의 CPU, 스마트폰의 AP와 유사한 역할을 제조장비에서 수행한다. CNC는 제조장비-제조로봇-자동화 설비-스마트 공장 SW(MES 등) 간 ‘연결고리’로서 스마트 공장을 구현하는 핵심 미들웨어 및 플랫폼이다. CNC 제어기는 센서 융합, 자율·능동제어 등의 기능을 탑재한 지능형 가공 시스템을 기본으로 스마트 공장 운영 시스템을 지원하는 스마트 운영 모듈로 확장되어 제어기의 기능과 범위가 확장되고 있는 차세대 유망 품목이다.

그림 1

CNC 시스템의 구성

출처: 한국산업기술진흥원



## 2. CNC 시스템의 국내외 시장 동향

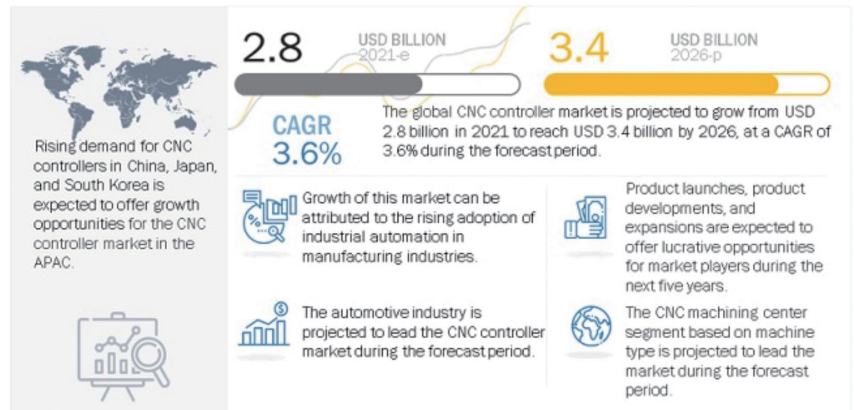
- CNC 제어기의 세계 시장은 2021년 28억 달러 규모에서 CAGR 3.6%로 성장하여 2026년에는 34억 달러 규모로 전망된다. CNC 제어기 산업의 성장은 제조산업에서의 자동화 적용 및 자동차 산업을 포함한 대량 생산 요구 증대에 기인할 것으로 예상된다.

그림 2

CNC 제어기의 세계 시장 전망

출처:

MarketsandMarkets(2020)

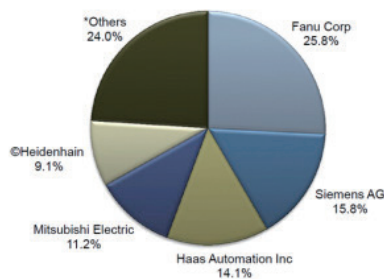


- 주요 글로벌기업으로는 Fanuc, Siemens, Heidenhain, Mitsubishi Electric, Bosch Rexroth, Okuma, Hass 등이 있다. 2015년 기준 Fanuc(日, 화낙)이 약 17.9억 달러 매출로 전체 시장의 25.8%를 점유하면서 1위를 기록하고 있다. 이어서 Siemens(獨, 10.9억 달러, 15.8%), Mitsubishi(日, 9.8억 달러, 14.1%) 순으로 매출 규모를 형성하고 있다. 상위 5개 기업의 점유율이 76% 수준으로, 소수의 선진사에 의해 세계 시장이 주도되는 상황이다.

그림 3

기업별 CNC 시장 점유율

출처: Frost & Sullivan(2016)



Company	Revenue (\$ Million)
Fanuc Corporation	1,785.4
Siemens AG	1,093.4
Mitsubishi Electric	975.7
Haas Automation Inc.	775.1
©Heidenhain	629.7
*Others	1,660.8
<b>Total</b>	<b>6,920.1</b>



- 세계 시장의 최신 동향은 스마트화이다. 인더스트리 4.0, 스마트 공장 등에 의한 제조산업에서의 자동화 및 스마트화에 대한 요구가 증대되고 있다. 이에 따라 연결성과 지능형 소프트웨어 기능이 강화된 제품을 선보이고 있다. 예를 들어, Fanuc은 자동화 공장에서 자사의 CNC 제어기로 코봇을 제어하거나 자동화 셀의 컨트롤러 역할을 하는 제품 및 맞춤형 그래픽 화면이 내장된 제품을 출시하였다. Siemens는 디지털트윈을 활용하여 가공 중단 없이 NC 프로그램을 생성하고, 검증 및 최적화할 수 있는 제품을 선보였다. Heidenhain도 스마트한 디지털트윈이 탑재된 제품을 상품화하였다.

그림 4

Heidenhain의 스마트 기능

출처: Heidenhain(2023)



- 중국 기업들인 GSK CNC나 Huzhong CNC 등은 자체 개발한 CNC 제어기를 상품화하였으며, GSK CNC의 경우 2018년 기준 100만 대 이상의 제품을 판매하고 있다. 이를 통해 저가 공작기계에 대한 중국 내 수요를 담당하고 있으며, 추후 저가형 CNC 제어기를 통한 세계 시장 진출이 전망된다.
- CNC 제어기의 국내 시장 규모는 2017년 기준으로 23,000대 3,000억 원 규모이며, 95% 이상을 수입에 의존하고 있다. 특히 Fanuc에 대한 의존도가 82%로서 매우 취약한 구조이다.

표 1

CNC 제어기 국내 시장 점유율

제조사(국적)	국내 시장 점유율(%)	국내 시장 판매 대수 (추정, 대)	국내 시장 판매금액 (추정, 억 원)
Fanuc(日)	82	18,860	2,460
Siemens(獨)	8	1,840	240
Mitsubishi(日)	5	1,150	150
기타(Heidenhain, Fagor 등)	5	1,150	150
합계	100	23,000	3,000

출처:

한국공작기계산업협회(2019)

- 국내 CNC 시스템의 현황을 보면 디엔솔루션즈의 경우 자체 CNC 모델을 자사 공작기계에만 장착하여 공급하고 있다. 씨에스캠과 센트론은 CNC 컨트롤러를 공급하면서 일부 서보모터와 드라이브를 외부로부터(日 야스카와 또는 코모텍, 하이젠모터 등) 조달받아 국내 중소 전용기 생산 업체에 판매하고 있다.
- 최근 국내 공작기계 제조사 및 관련 기업들의 투자를 통해 CNC 제어기 전문회사인 KCNC가 설립되었다. 정부의 연구개발 과제를 통해 고성능 서보모터/드라이브, 스피들모터/드라이브 및 보급형 공작기계용 CNC 제어기 제품을 개발 중이며, 공작기계 제조사의 스마트 HMI에 연결하는 CNC 기능을 탑재할 예정이다.

### 3. CNC 제어기

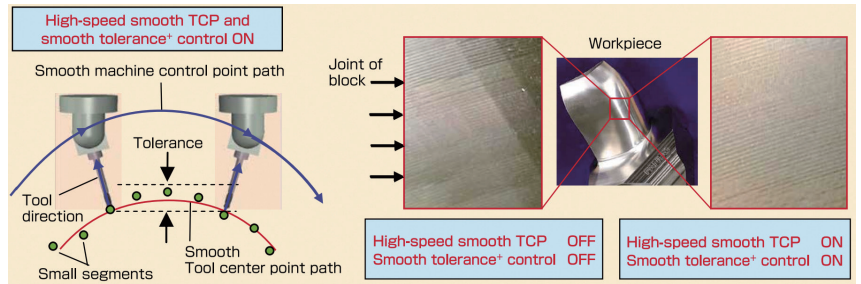
#### 기술 개발 동향

- 독일과 일본의 주요 CNC 제어기 업체들은 과거 하드웨어 중심의 성능 개선에서 벗어나 현재 다축 및 다계통 제어기술과 가공 성능 향상을 목표로 한 고급 제어 기능의 소프트웨어 기반의 기술 개발에 중점을 두고 있다.
- 일본 Fanuc의 30 시리즈는 다양한 5축 가공기에서 고속 동시 5축 가공을 구현하기 위해 공구 선단점 제어, 공구 자세 제어, Nano Smoothing 등의 기능을 개발하여 제공하고 있다. 특히 고속 스무스 TCP 기능은 짧은 경로로 구성된 가공에서 더욱 매끄러운 경로를 생성하여 표면 조도를 개선하고 가공 시간을 단축할 수 있다. Mitsubishi의 CNC M800 시리즈는 SSS(Super Smooth Surface) 제어와 공차 제어 등과 같은 고정밀 제어 기능을 통해 가공 과정에서 높은 수준의 정밀도를 유지할 수 있다. 또한 AI 기술을 활용해 공구 수명을 예측하는 기능을 제공하여 공구의 실제 상태를 기반으로 최적의 교체 시점을 결정함으로써 생산성 향상에도 기여한다.

그림 5

Fanuc社의 5축 고속 가공 기능

출처: Fanuc



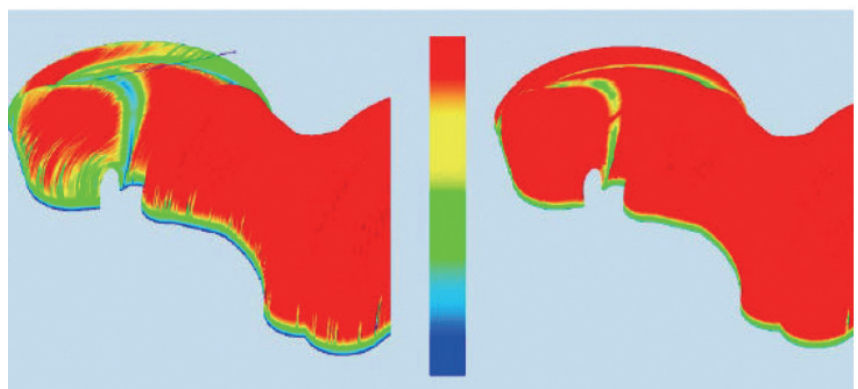
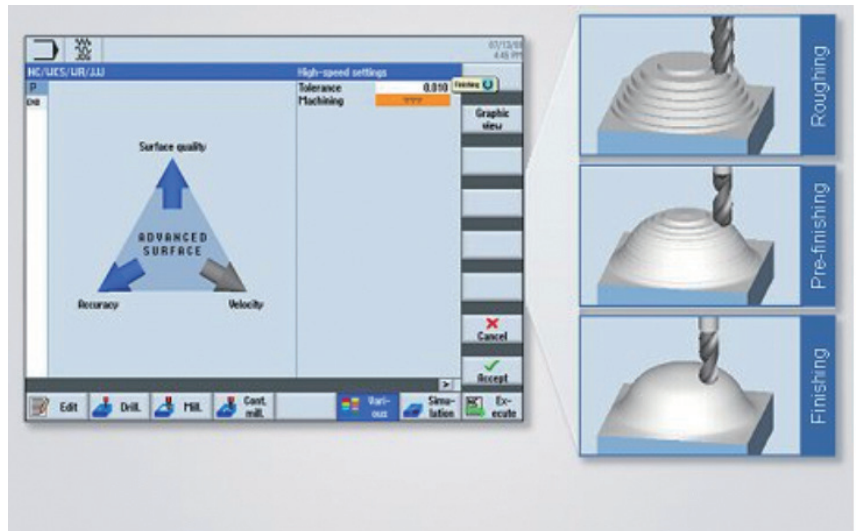
- 독일 Siemens가 최근에 개발한 Sinumerik One은 최대 31개의 축과 10개의 계통을 지원하는 유연한 범용 공작기계 CNC 시스템이다. 이 시스템은 선삭, 밀링(3~5축 동시), 턴밀, 연삭, 레이저 가공 등 다양한 기능을 제공하면서도 확장성과 상호 연동 기능이 뛰어나다. 또한 고속 가공 시 사용자가 지정한 공차를 만족시키는 최적의 경로를 생성하는 “Top Surface Cycle” 기능을 제공하여 고속 가공을 가능케 하며, 정밀도와 가공 품질을 향상시킨다.

그림 6

Top Surface Cycle

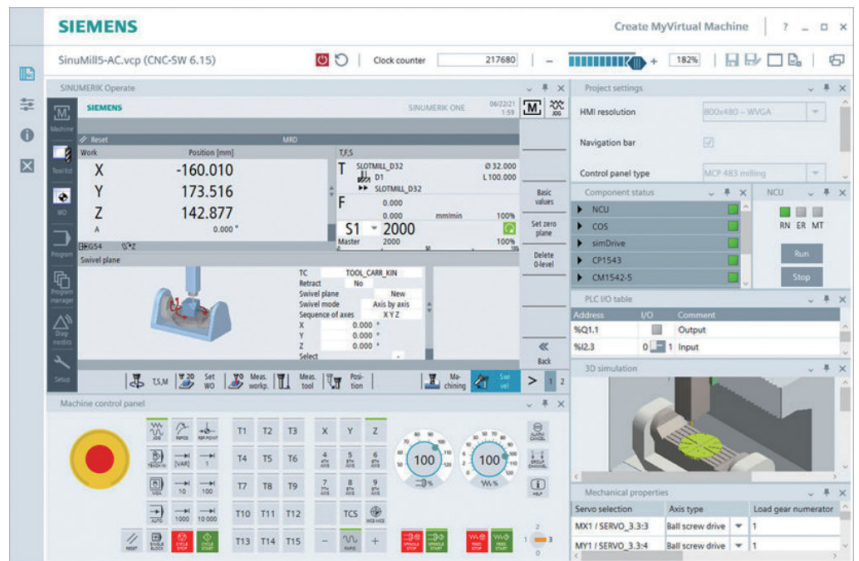
적용에 따른 가공 속도 향상

출처: Siemens



- Heidenhain의 TNC7은 동시 5축 고속 윤곽 가공을 지원하며, 여러 고급 기능을 갖추고 있다. Tool Center Point Management, 3차원 공구 보정, 짧은 블록 선독을 통한 고속 이송, Jerk-free 경로 제어, 동적 충돌 모니터링, 적응형 이송 속도 제어 기능을 제공하여 5축 가공에서 가공 품질을 높이고 고속 가공이 가능하도록 한다.
- 가상 CNC를 활용한 조작 및 시운전, 기하학적 모델을 기반으로 한 기계 장비와의 연동을 통해 사전 가공 시뮬레이션을 수행하는 기술이 점차 보편화되고 있다. 예를 들어, Siemens는 CNC 디지털트윈 소프트웨어인 CMVM(Create My Virtual Machine System)을 제공하며, 이를 통해 Sinumerik One을 사용하여 조작, 시운전, 충돌 확인, 사이클 타임 검증 등을 수행할 수 있다. 기하학적 모델 단계에서 공작기계의 디지털트윈을 활용할 수 있으며, PLC와 CNC의 완전 통합을 구현하여 CMVM과 장비 간의 파라미터 및 PLC 연계를 용이하게 한다.

그림 7  
CNC 디지털트윈  
출처: Siemens

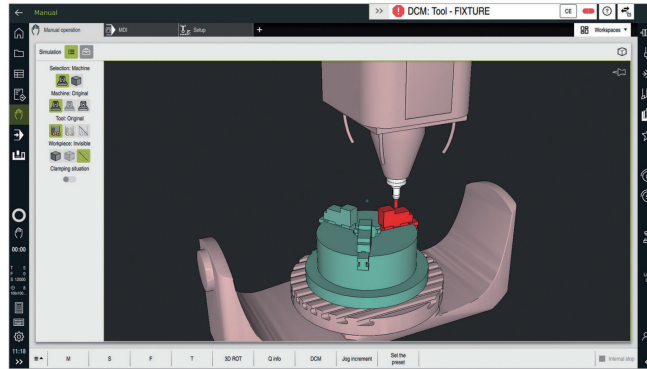


- Heidenhain의 TNC7은 CNC 내에 기하학적 모델 기반의 디지털 트윈을 내재화하여 가공 시뮬레이션을 직접 수행할 수 있는 기능을 제공한다. 또한 DCM(Dynamic Collision Monitoring) 기능을 통해 5축 장비에서 수동 이송 또는 가공 중 발생할 수 있는 충돌을 실시간으로 모니터링하고, 충돌이 예상될 경우 장비를 사전에 정지시켜 충돌을 방지하는 기능을 제공한다.

그림 8

CNC에 탑재된 디지털트윈  
활용 충돌 예측

출처: Heidenhain

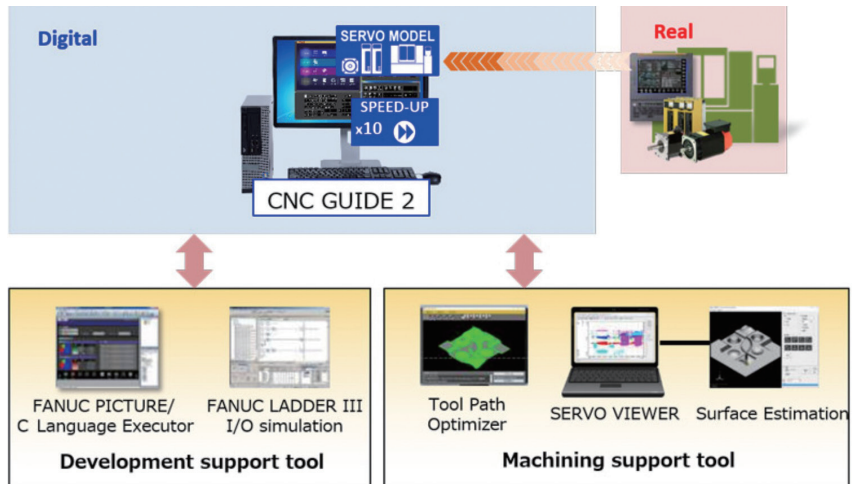


- Fanuc은 CNC 제어기의 응용 기능을 테스트하고 시뮬레이션할 수 있는 다양한 소프트웨어를 제공하고 있다. CNC GUIDE2는 CNC 디지털트윈 소프트웨어로 PC에서 CNC 기능을 검증할 수 있다. 이 소프트웨어는 실제 CNC의 특성을 반영한 시뮬레이션과 파라미터 조정 기능을 제공한다. 또한 CNC GUIDE2의 서보 모델을 Surface Estimation과 연동하면 가공 표면의 품질을 예측할 수 있다. CNC Reflection Studio는 재료 제거 시뮬레이션과 기하 모델을 활용한 장비 충돌 예측 등의 디지털트윈 시뮬레이션 기능을 제공한다.

그림 9

FANUC社의 CNC  
디지털트윈 소프트웨어

출처: Fanuc



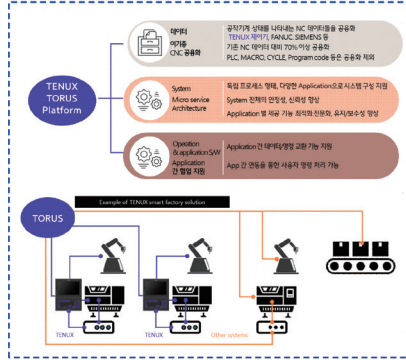
- 국내 KCNC社는 확장성이 높은 PC 기반의 TENUX CNC를 통해 고속·고정밀의 가공이 가능한 기능들을 제공하고 있다. 공작기계 중 시장 점유도가 높은 3축 머시닝센터와, 2축 터닝센터를 타깃으로 고속 가공 기능, 제어 기능, 보정 기능 등을 제공하고 있다. 기본 선독 블록 수 확장, 저크 제어, 기하 오차 보정, 서보 모니터링 등의 기능을 통해 가공 정밀도를 향상시키고 사용자 편의성을 높이고 있다. 터치 기반의 HMI를 통해 편의성이 높은 사용자 인터페이스를 구축하고, Open API, 통신 API 등을 지원하여 제조사 기반의 스마트 HMI의 구축이 용이하도록 지원한다.

그림 10

KCNC社의 TENUX 제어 시스템 기술

출처: KCNC

제조장비 스마트화를 위한 데이터 교환/처리 플랫폼



제조장비 고도화를 위한 상위 제어기



### 4. CNC용 구동계 기술 개발 동향

- CNC용 구동계는 3상교류 전원에서 직류 전원을 생성하는 컨버터, 공간상의 위치를 제어하는 서보 모터/드라이브, 가공 툴을 회전하는 스피들 모터/드라이브로 구성되어 있으며, 실시간 제어 통신인 EtherCAT으로 상위 NC와 연결된다.

그림 11

CNC용 구동계 구성

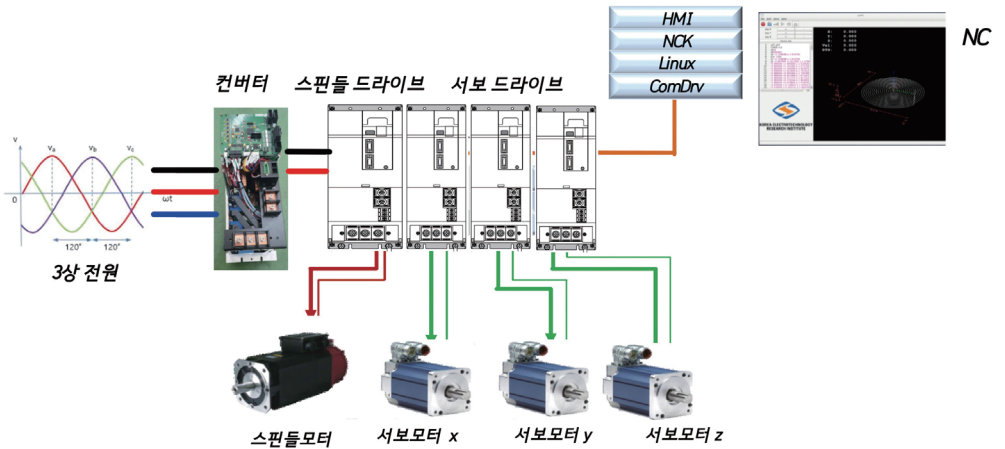
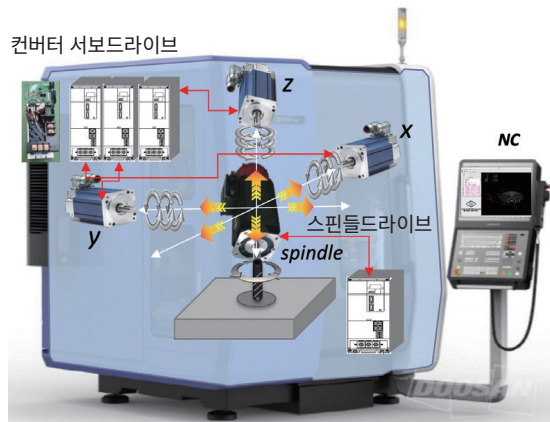


그림 12

공작기계에서 구동계의 역할



## 최신 기술 및 연구 동향

- AC/DC 컨버터  
공작기계용 AC/DC 컨버터는 에너지 효율을 극대화하기 위해 고주파 스위칭과 소프트 스위칭 기술을 활용하여 전력 손실을 최소화한다. 동시에 고신뢰성과 내구성을 높이기 위해 열 관리 기술과 내구성이 뛰어난 전자 부품을 적용하여 가혹한 환경에서도 안정적인 성능을 유지한다. 또한 소형화와 경량화를 위해 GaN 및 SiC 같은 새로운 반도체 소재를 채택하여 콤팩트한 설계를 지원한다. AI 기반 지능형 제어 및 모니터링 기술을 통해 실시간 상태 모니터링과 자동화된 전력 최적화를 가능케 하여 스마트 제조 환경에서의 효율성과 문제 대응 능력을 향상하는 방향으로 발전하고 있다.
- AC 서보 모터/ 드라이브  
AC 서보 모터의 고속화는 고속 가공의 요구에 부응하기 위한 중요한 과제이며, 이를 위해 모터의 열 관리와 안정적 제어가 필수적이다. 하이브리드 자기 베어링 기술이 적용되어 마찰을 줄이고 정밀도를 높이는 데 기여하고 있다. 에너지 효율성도 지속 가능한 제조를 위한 핵심 과제이며, 고효율 전력 변환 기술과 회생 에너지 회수 시스템을 통해 에너지를 절감하고 재사용하는 방법이 도입되고 있다. 스마트 제어 기술이 발전하면서 AI 기반의 제어 알고리즘과 모델 예측 제어가 서보 시스템의 실시간 데이터를 분석해 예측적 제어를 가능케 하여 공작기계의 동적 응답을 최적화하고 가공 오차를 최소화하는 데 도움을 주고 있다. 마지막으로, 예측 유지보수 기술은 서보 모터와 드라이브의 상태를 실시간으로 모니터링해 고장 가능성을 예측하고, 이를 통해 유지보수 시기를 조절하여 기계의 가동 중단 시간을 줄이는 데 효과적이다.
- 스피들 모터/ 드라이브  
스핀들 모터의 고속 회전은 공작기계의 생산성 향상에 중요한 역할을 하며, 이를 위해 고속 스피들 모터는 고속 회전 시 발생하는 진동과 열을 관리하면서도 높은 정확도를 유지할 수 있도록 설계되어 있다. 최신 영구자석모터(PMSM) 기술이 적용된 스피들은 뛰어난 제어 성능과 자동 밸런싱 시스템을 통해 고속에서도 진동을 최소화한다. 열 관리 기술은 고속 회전에서 발생하는 열을 빠르게 방출할 수 있도록 액체 냉각 시스템과 첨단 냉각 소재를 도입해 모터 성능을 안정적으로 유지하며, 내구성을 높이고 장시간 작동 시 성능 저하를 방지하는 데 기여한다. 또한 스피들 모터의 에너지 소비를 줄이기 위한 회생 제동 시스템이 도입되어 운동 에너지를 회수하고 재사용함으로써 에너지 효율성을 극대화하고 친환경 제조 환경을

구축한다. 현대 제조업에서 스피들 모터와 드라이브는 CNC 시스템과 통합되어 AI 기반의 적응형 제어 알고리즘을 통해 실시간으로 최적화된 회전 속도와 토크를 제공하며, 가공 정밀도를 높이고 에너지 소비를 줄인다. 마지막으로, 상태 모니터링 시스템은 스피들 모터의 고장 가능성을 사전에 감지하고 예지보전 기술을 통해 잠재적 문제를 미리 파악하여 기계의 다운타임을 최소화하고 유지보수 비용을 절감하는 데 중요한 역할을 한다.

## 시장 동향

---

- AC/DC 컨버터, AC 서보 모터/드라이브, 스피들 모터/드라이브로 구성된 공작기계 구동계 시장은 국내는 물론 전 세계적으로 상당한 성장세를 보이고 있다.

- AC/DC 컨버터: AC/DC 컨버터 시장은 공작기계의 모터 및 기타 부품에 전력을 공급하는 데 필수적이며, 산업자동화 분야에서 효율적인 전력 시스템에 대한 수요 증가로 인해 확장되고 있다. 이 시장은 정부의 에너지 절약 정책과 고효율 및 소형 설계를 위한 컨버터 기술 발전 때문에 시장이 성장하고 있다.

- AC 서보 모터/드라이브: 전 세계 서보 모터와 드라이브 시장은 2023년 약 188억 달러에 이르렀으며, 2032년까지 연평균 6.7%의 성장률로 340억 달러에 도달할 것으로 예상된다. 이러한 성장은 산업자동화, 디지털화, 에너지 효율성을 높이기 위한 정책에 의해 주도되고 있으며, 국내 서보 모터 시장은 2032년까지 138억 달러에 이를 것으로 전망된다. 이는 제조업과 로봇 분야의 발전 덕분이며, 고도로 발전한 자동화 및 전자제품 분야에서 한국이 시장 성장에 중요한 역할을 하고 있다.

- 스피들 모터/드라이브: 스피들 모터 시장은 서보 모터 시장과 유사한 성장 추세를 보이고 있으며, 특히 항공우주, 자동차, 가전제품 분야에서 정밀 가공 및 자동화기술의 발전 덕분에 성장이 가속화되고 있다. 이러한 산업에서는 CNC 공작기계의 효율성과 고속 성능을 위해 스피들 모터에 크게 의존하고 있으며, 국내 시장의 성장도 이러한 지역적 추세에 맞춰 아시아·태평양 시장의 확장에 기여하고 있다.



## 시장 동향

- 국내 시장의 70% 이상을 점유하는 공작기계에 장착될 수 있는 컨버터 3종, 서보 모터 20종, 서보 드라이브 7종, 스피들 모터 10종, 스피들 드라이브 4종을 선정하여 개발 완료하고 공작기계에 장착하여 실증 중이다. 개발품의 용량 범위는 컨버터 30~75kW, 서보 모터 0.75~14kW, 서보 드라이브 1~15kW, 스피들 모터 3.7~22kW, 스피들 드라이브 10~25kW이다. 그림 14는 개발품 실증 공작기계와 뒷면 전장 박스이며, 컨버터, 서보 드라이브, 스피들 드라이브가 좁은 전장 박스 안에 촘촘하게 설치된 것을 볼 수 있다.

그림 13  
SIMTOS 2024에 전시된  
서보 및 스피들 모터

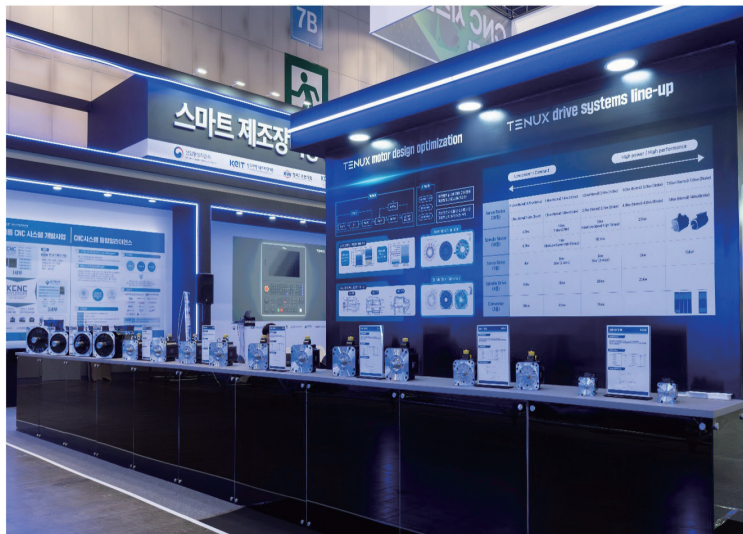


그림 14  
개발품 실증 공작기계(KF5  
현대위아)와 뒷면의 전장 박스



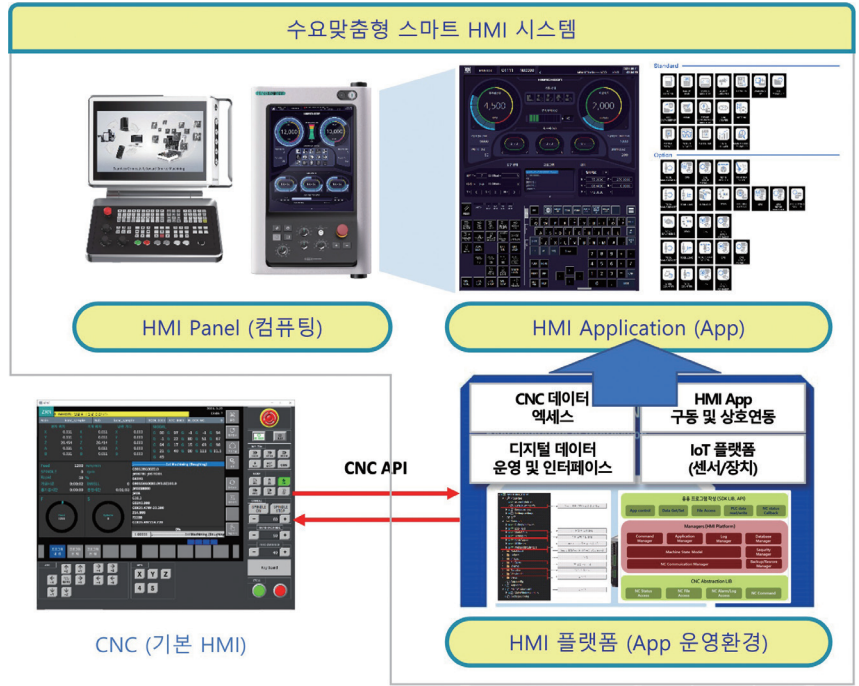
- 개발품의 주요 특징은 다음과 같이 요약할 수 있다.
  - 선진사 대비 동등 또는 우수한 성능: Fanuc, Siemens 등 CNC 선진사와 비교해 전력밀도와 속도 제어 정밀도, 가감속 응답성에서 동등하거나 더 우수한 성능을 발휘
  - 단순화된 제어보드 플랫폼: 하나의 SoC를 통해 인코더 처리, NC와 드라이브 간 필드버스 통신 및 제어를 모두 처리할 수 있는 하드웨어 설계로 부품 가격을 낮추고 고장 요인을 최소화
  - 핵심 부품의 공급처를 다양화한 파워보드 플랫폼: IGBT 스택 기반의 인버터 파워보드 설계를 통해 특정 해외 제조사에 대한 의존성을 극복
  - EtherCAT 필드버스 동기화 기술 적용: Fanuc 및 Siemens의 폐쇄적인 통신 방식 대신 개방형 EtherCAT 필드버스를 적용하여 특정 필드버스 의존성을 탈피하고, X, Y, Z 및 스피들 드라이브 간의 동기화 기술을 통해 동작 명령을 나노 초 단위로 실시간 전달하여 가공 성능을 개선
  - 높은 전력밀도의 Book Type 컨버터/드라이브 개발: 협소한 공작기계 전장 박스 내에서 높은 전력밀도와 전기 노이즈 저항성을 요구하는 환경에 적합한 소형 Book Type 컨버터, 서보 드라이브, 스피들 드라이브를 개발
  - 소음 진동에 대응하는 소프트웨어: 보드 선도(bode plot)를 구하여 소음 진동을 최소화하는 다양한 필터를 제공

## 5. 스마트 HMI 기술 개발 동향

### 기술의 개념

- HMI는 CNC에 내장된 형태로 기본 제공되지만, 선도 공작기계 업체는 CNC에 고속으로 연결되는 '분리형' HMI를 통해 한층 향상된 CNC 기능을 지원하고 있다. 그림 15는 HMI 시스템의 구성을 나타낸 것으로, 이러한 형태의 HMI는 공작기계 업체 고유의 CNC 장비 기능을 부가하는 것이 가능할 뿐 아니라 상위 시스템과 자동화 주변장치 간에 중계자로서 CNC 공작기계의 디지털 고도화를 위한 핵심 모듈로서 역할이 확대되고 있다.

그림 15  
CNC와 원격 연결되는  
스마트 HMI의 구성



- 이러한 스마트 HMI는 DMG Mori, Mazak 등의 선도 공작기계 업체가 각각 CELOS, Smooth X/G/Ai을 통해 차별화된 CNC 기능을 제공하고 있다. 이러한 추세에 맞추어 CNC 메이커인 Fanuc은 iHMI와 FIELD system을 통해 Shop-Floor 운영의 확장성을 제공하는 IoT 플랫폼으로 명명하고 있다. 특히 Siemens는 새로운 CNC 소프트웨어 아키텍처로 개편한 SINUMETRIK ONE을 발표하여 Digital-Native CNC라고 지칭하고 있다. 이러한 스마트 HMI 기술 개발 방향은 다음과 같은 4개의 축으로 요약될 수 있으며, 스마트 공장, 자율제어 등 기술 메가트렌드에 대응한 선도업체의 대응 전략이 되고 있다.
  - CNC/장비 및 계획/운영 정보의 디지털화를 통한 운영성 확장
  - 실시간 CNC/센서 데이터 분석 기반 제어/운영 기능 지능화
  - 주변 장치/장비 연동을 통한 유연 자동화 지원 및 자율제어 융합
  - 개방형 플랫폼에 기반한 HMI의 확장성 제공 및 업체 생태계 구축

## 해외 선도업체의 기술 동향

- DMG MORI의 지능형 HMI 플랫폼인 CELOS는 공작기계 스마트 운영/진단/제어를 위한 기능들을 App 단위로 확장할 수 있도록 한다. 또 상위 시스템과 CNC 공작기계의 연결 기능을 통해 가공계획-모니터링-검사/진단 등 제품 가공 전 주기 프로세스를 하나의 HMI에서 관리할 수 있도록 하고 있다. 최근에는 비전과 AI 기술을 접목(예: 'AI Chip Removal')뿐 아니라 포스트 프로세서, 절삭 시뮬레이션, NC 코드 최적화 기능을 통합한 DYNAMICpost S/W 등과 같은 엔지니어링 S/W를 CELOS를 통해 확장할 수 있도록 제공하고 있다.

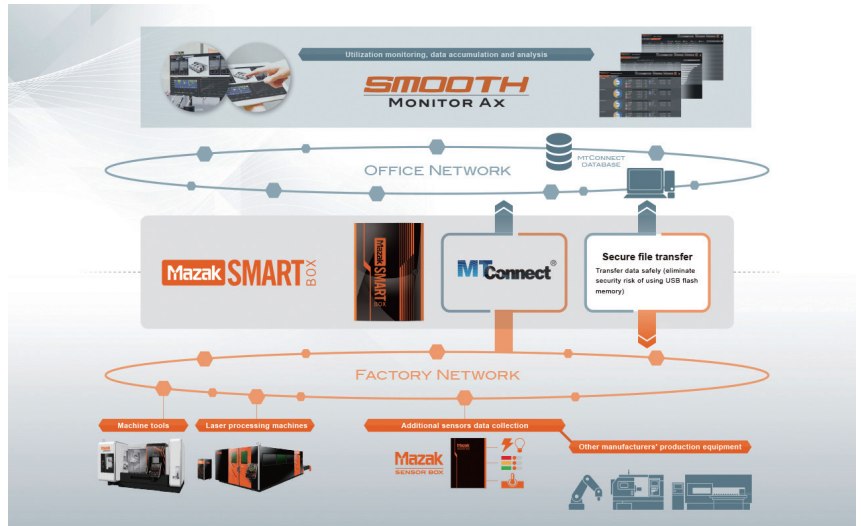
그림 16

DMG Mori의 CELOS X



- MAZAK의 공작기계 자체 HMI인 SMOOTH-X/G는 동일 네트워크에 연결된 다수의 장비들에 대한 모니터링이 가능하다. 또 App 형태의 기능 확장을 통해 대화형 프로그래밍과 가상 시뮬레이션 등 다수의 작업자 편의를 위한 기능을 탑재하고 있다. 나아가 센서 데이터 수집 장치인 Sensor Box, 엣지/전송 모듈인 SmartBox, 진단 S/W인 Monitor AX 등의 IoT 기능을 패키지로 제공하고 있으며, 채터 진단/회피 및 열변형 감지/보정 기능 등을 탑재한 SMOOTH Ai로 고도화하고 있다.

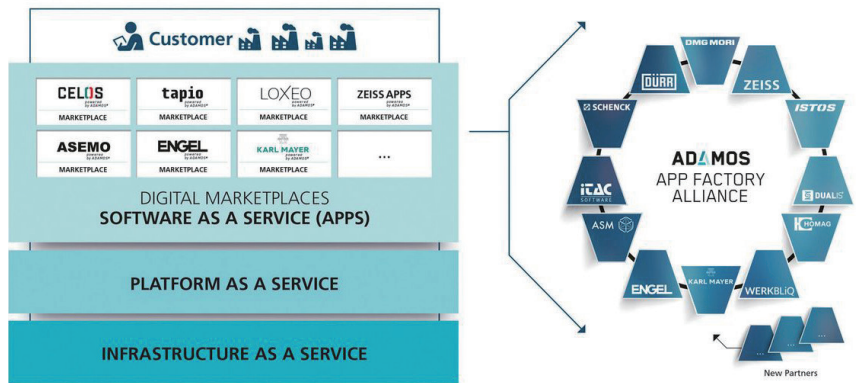
그림 17  
MAZAK의 SMOOTH  
MonitorAX



- 고도의 확장성을 제공하는 스마트 HMI 시스템 구현을 위해서 DMG Mori, Okuma 등의 글로벌 업체들은 CNC 운영체제라 할 수 있는 ADAMOS/CELOS, thinc-OPC 같은 개방형 플랫폼을 제공하면서 각기 자체 App Store 플랫폼을 제공하는 생태계를 구축하고 있다. 이러한 움직임은 스마트화 시장의 진입장벽으로 작용할 수 있어 국내 업체의 공동 대응 또는 자생 대책 마련이 절실하다는 중론이다.

그림 18  
DMG Mori의 ADAMOS/  
CELOS 개방형 마켓플레이스

### ADAMOS IIoT PLATFORM FOR MECHANICAL ENGINEERING



- 이러한 플랫폼 기반의 HMI 시스템 기능 라인업을 확보한 선진 업체는 공작기계, 자동화장치, 로봇, 측정장치 등을 묶어 HMI 시스템에 운영 기능을 통합했다. 그리고 각 업체만의 차별화된 노하우를 접목함으로써 수요 제조업체에 시스템 패키지 솔루션을 Turnkey로 공급하는 고부가가치 비즈니스 모델을 실현하고 있다.

그림 19

현대위아와 화천기공의 스마트 HMI 기반 시스템 패키지



## 국내 장비업체의 현황

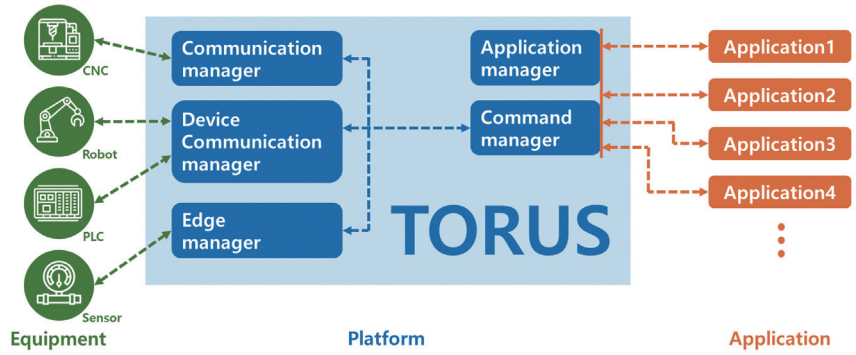
- 국내 업계는 선진 업체 대비 다소 낮은 감은 있으나 각기 공작기계 운영 노하우를 기반으로 기술의 근간을 확보하고 있다. 최근 CNC 국산화 프로젝트를 통해 기술 개발에 박차를 가하여 최근 시장 진입에서 결실을 맺고 있는 시점이다. 그 예로 CAM 공정 자동화와 대화형 프로그램 환경인 Sketch-Turn, 디지털 통합 운영 기능을 제공하는 화천기공의 Harmony, DN솔루션즈의 CUFOS, 현대위아의 iTROL+ HMI 제품 등이 있다.

그림 20

화천기공, DN솔루션즈, 현대위아의 스마트 HMI 시스템



- 한편 외산 CNC뿐 아니라 국산 KCNC TENUX와 Native 연동을 지원하는 TORUS HMI 플랫폼이 동반 개발되고 있다. 이중 CNC에 호환되는 TORUS 플랫폼의 ‘CNC 상태 모델’은 KS 표준(KS\_B\_NEW\_2021\_2393)으로 제정이 진행되고 있으며, 사실상 표준이다. 국내 4개 공작기계 업체를 통해 개발 중인 수요맞춤형 스마트 HMI 시스템은 CNC 장비 및 주변장치 연결을 지원하고 App 단위의 확장성을 제공하는 TORUS 플랫폼을 기반으로 개발되어 상호 개발 시너지 발현과 향후 자율제어 및 유연 자동화 시스템 개발에도 성과가 연계될 수 있을 것으로 기대된다.



## 6. 시사점

- CNC 제어기의 기술 개발 동향에서 보았듯이 해외 주요 업체들은 다축·다계통 제어 기술과 가공 성능 향상을 목표로 한 고급 제어 기능의 소프트웨어 기반 기술 개발에 중점을 두고 있다. 또한 CNC 디지털트윈 기술을 개발하여 기계 장비와의 연동을 통해 사전 가공 시뮬레이션 등을 수행하는 기술이 점차 보편화되고 있다. 따라서 국산 CNC 기술을 상품화하는 데에서 나아가 고급 CNC 기술을 확보하는 것이 CNC 자체 경쟁력 확보뿐만 아니라 공작기계산업의 경쟁력을 높이는 방향이라 판단된다.
- 구동계의 경우 Fanuc 등 선진사는 오랜 기간 검증된 성능과 내구성으로 시장에 신뢰가 있고 대량 생산에 의해 가격 경쟁력도 있기 때문에 국산 개발 구동계가 산업 현장에 보급되기 위해서는 선진사가 가진 장점들을 극복해야 된다. 성능은 개발 사업을 통해 검증이 되었다고 판단이 되며, 향후 진행 중인 실증 사업을 통해 내구성 등 장기 신뢰성을 검증해야 한다. 가격 경쟁력은 양산 설제로 다양한 용량의 금형 공용화를 통하여 생산 단가를 낮추고 생산된 서보 모터/드라이브의 적용처를 로봇, 장비, 자동화 등으로 확장해야 한다. 또한 에너지 고효율, 스마트 기능 등 선진사가 갖지 못한 기능을 제공하여 시장을 공략해야 한다.
- 전술한 바와 같이 CNC는 가공 정밀도와 신뢰성을 제공해야 하는 기본적인 역할을 넘어 제조 스마트화, 자율제조 실현 등을 위한 기계가공 분야의 핵심 모듈로 인식되고 있다. 스마트 HMI의 경우 전문 CNC 메이커의 CNC를 기반으로 공작기계 업체가 자사의 장비에 특화된 디지털 고도화 기능을 부여하여 고부가가치화하면서 동시에 스마트 공장 요구에 대응할 수 있기에 기술개발의 중요성이 높고 국가적인 차원에서의 적극적인 지원이 요구되는 시점이다.

## 출처 및 참고자료

---

1. “CNC Controller Markets Size, Share & Industry Growth – forecast to 2026”, MarketsandMarkets.
2. “Computer Numerical Control Solutions Market Analysis – forecast 2024-2028”, technavio.
3. “Analysis of the Global Computer Numerical Controllers (CNC) Market”, Frost & Sullivan, 2016.06.
4. 한국공작기계산업협회, 2019.
5. CNC 및 공작기계 제조사 홈페이지
  - [www.torus.co.kr](http://www.torus.co.kr)
  - [www.mazak.com](http://www.mazak.com)
  - [www.fanuc.com](http://www.fanuc.com)
  - [www.okuma.com](http://www.okuma.com)
  - [en.dmgmori.com](http://en.dmgmori.com)





# KEIT NEWS



## 박근석 첨단기계 PD 소개

2009.5. ~ 2023.2. 한국산업기술기획평가원 팀장

2023.2. ~ 현재 첨단기계 PD

### 첨단기계 PD로 일하시면서 뿌듯했던 일이나 힘들었던 일 등 가장 기억에 남는일이 있으실까요?

기계분야는 워낙 산업분야가 다양하기 때문에 산업별 이슈나 기업들의 애로사항이 다양하고, 산업분야별 기술개발 동향 등도 다양한 형태로 나타납니다. 각 산업 분야의 관계자분들을 만나 의견을 청취하고 산업의 흐름을 이해해 나가는 과정은 어려움도 있지만, 동시에 큰 보람을 느끼는 순간이기도 합니다. 특히 각 산업계에서 필요로 하는 미래 기술을 발굴하고, 기계 산업 경쟁력을 확보하기 위한 다양한 기술개발 과제를 기획하고 지원하여 기업이 성장하는 모습을 볼 때 뿌듯함을 느낍니다.

### 올해 또는 내년 첨단기계 분야에서 제일 이슈되는 내용을 하나만 뽑는다면?

기계 산업은 노동집약적 산업의 대표적인 분야인데, 최근 인구구조의 급격한 변화로 인해 숙련 인력의 퇴직과 신규 인력 부족 문제로 어려움을 겪고 있습니다. 이러한 현장 인력 부족문제를 해결할 수 있는 무인 자율작업 기술이 중요한 이슈로 떠오르고 있습니다. 향후 10년 내 이러한 문제를 해결하지 못하면 기계 산업의 경쟁력이 약화될 수 있다는 우려도 제기되고 있습니다. 따라서 한동안은 기계무인 자율작업 기술과 기계산업의 친환경화가 주요 이슈로 자리 잡을 것으로 보입니다.

### 앞으로 PD로 재임하시는 동안 어떤 R&D를 지원하고 싶으신가요?

기계산업은 공작기계, 섬유기계, 건설기계, 농기계, 에너지기계, 기타일반 산업기계 등 광범위한 산업분야를 포함하고 있기 때문에 다양한 산업분야의 목소리를 반영하는 것이 무엇보다 중요합니다. 앞으로 다양한 산업분야에서 필요로 하는 핵심기술들의 수요를 파악하여 산업분야별 경쟁력을 확보할 수 있는 R&D과제를 추진하고 싶습니다.

### 첨단기계 분야 연구수행자분들께 하고 싶은 말씀이 있으시다면?

코로나사태 이후 중동정세의 불안, 러-우 전쟁의 장기화, 트럼프 재집권 등 대내외 환경변화가 매우 심하여 향후 기계산업의 전망을 예측하기가 상당히 어려워졌습니다. 그러나 우리나라는 그간 쌓아온 기술의 노하우와 경쟁력을 가지고 있기 때문에 푹푹 뭉쳐 헤쳐나간다면 충분히 위기를 기회로 바꿀 수 있을 것으로 기대합니다. 산업현장에서 필요로 하는 다양한 수요를 많이 제안해주시면 충분히 검토해서 기계 산업이 다시 한번 도약하는데 일조하도록 하겠습니다.

### 마지막으로 내년 선정공고나 신규사업/과제 기획 계획이 있으실까요?

얼마전 종료된 2025년 기계장비산업기술개발사업의 수요를 분석해 내년 지원을 목표로 후보과제들을 기획할 것으로 예상됩니다. 이와는 별개로 건설기계의 산업생태계 육성을 위한 신규사업 기획도 진행하고 있어 관련 업계 연구자들의 많은 관심을 부탁드립니다.

## 이성훈 첨단장비(자율제조) PD 신규임용!

2010.10. ~ 2016. 5. 제주/대구테크노파크 선임연구원  
2016. 6. ~ 구미전자정보기술원 책임연구원  
2024.11. ~ 한국산업기술기획평가원 첨단장비(자율제조) PD



**올해 KEIT 장비분야 PD로 신규 임용되셨는데 독자들에게  
위해 소개부탁드립니다!**

안녕하십니까? 저는 올해 KEIT 첨단장비 분야 PD로 임용된 이성훈 PD라고 합니다. 이전에는 지방자치단체 산하 IT/SW 특화연구센터에서 지역 기업의 일자리 창출과 매출 증대, 지역경제 활성화를 목표로 정책 수립과 사업을 추진해왔습니다. 특히 산업 현장의 생산성을 높이기 위해 2013년부터 시작해 10년이 넘는 기간 동안 AI와 첨단 장비 기술을 융합하고, 자율제조시스템 관련 신규 과제를 발굴하고 연구해왔습니다.

**올해 또는 내년 장비분야에서 제일 이슈되는 내용을 하나만  
뽑는다면?**

올해 가장 주목할 만한 이슈는 AI 자율제조 선도 프로젝트로 생각됩니다. 이 프로젝트는 제조 공정에서 기계, 장비, 로봇 등이 스스로 판단하고 협업 생산을 수행하는데 초점을 맞추고 있습니다. 생산 환경 데이터를 식별, 분석, 판단하여 제조 공정의 효율성과 생산성을 향상시키기 위해서는 지능화된 첨단 장비와 운영 시스템이 필수적인 요소가 되고 있습니다. 특히 협동 로봇 및 AI 기반 첨단 제조 기술의 도입이 확대됨에 따라, ChatGPT와 같은 생성형 AI 기술과의 융합을 통해 자율 제어 및 운영이 가능한 핵심기술을 발굴하기 위해 노력하겠습니다.

**앞으로 PD로 재임하시는 동안 어떤 R&D를 지원하고  
싶으신가요?**

현재 미국은 범용 AI 기술에서는 독보적인 위치를 차지하고 있지만, 제조업에서 AI 기술을 적용하고 활용하는 분야에서는 아직 절대적인 우위를 점하지는 못했습니다. 이는 제조 기반 산업환경, 즉 제조 공정 데이터를 수집하고 활용할 수 있는

인프라가 부족하기 때문입니다. 저는 AI 기반 로봇·장비·시스템이 자율적으로 협업할 수 있는 기술개발을 적극적으로 지원하고 싶습니다. 특히 ① 이기종 IT·OT 제조 데이터의 연동을 통해 유연한 생산체계를 구성하는 기술 ② 첨단 장비에 산업 AI를 탑재하여 스스로 인지, 판단, 제어할 수 있는 기술 등 AI 자율제조 분야에서 국내 기업들이 경쟁력을 갖추고 글로벌 시장에서도 두각을 나타낼 수 있도록 기술 축적과 관련 R&D를 적극 추진하고 싶습니다.

**첨단장비 분야 연구수행자분들께 하고 싶은 말씀이 있으시다면?**

제조업에서 인공지능을 활용한 최첨단 자율공장 구축이 글로벌 선도 기업들(지멘스, GE, 테슬라 등)에서 추진되고 있습니다. AI를 결합하여 제조현장을 인공지능화하는 새로운 산업화 전략이 기회 및 도전 요인이 될 것으로 기대됩니다. 이 과정에서 중요한 것은, 연구개발된 생산 장비 기술이 파일럿 테스트 단계에 머물지 않고, 실제 제조 기업들이 상용 수준에서 효과적으로 활용할 수 있도록 실질적인 지원이 이루어지는 것입니다. 연구자분들께서도 이러한 점을 염두에 두고 지속적으로 관심을 가져주셨으면 합니다.

**마지막으로 내년 선정공고나 신규사업/과제 기획 계획이  
있으실까요?**

내년에는 제조 현장(수요기업)의 생산성 향상, 맞춤형 유연생산, 품질예측 등을 위한 요구사항들을 분석하여, 이를 바탕으로 AI 자율제조 시스템의 도입과 확산을 목표로, 공급기업(첨단장비, AI, 로봇, 등)이 AI자율제조 핵심 역량을 확보할 수 있도록 지원하는 과제를 기획할 계획입니다. 국내 제조 산업의 경쟁력을 강화할 수 있도록 다양한 과제를 적극 발굴할 예정입니다.



# KEIT ISSUE PICK

---

발행일 2024년 11월  
발행 번호 Vol. 2024-11  
발행인 한국산업기술기획평가원 원장 전문종  
발행처 한국산업기술기획평가원(KEIT)  
주소 대구본원 (41069) 대구광역시 동구 첨단로 8길 32(신서동 1152)  
Tel. 053) 718-8114  
대전본원 (35262) 대전광역시 서구 문정로 48길 48(탄방동 647)  
계룡빌딩 3층 Tel. 042) 712-9300~5  
서울사무소 (04513) 서울특별시 중구 세종대로 39 상공회의소회관 4층  
Tel. 02) 6050-2100  
웹사이트 [www.keit.re.kr](http://www.keit.re.kr)

ISSN 2234-3873

이 책자의 저작권은 한국산업기술기획평가원에 있습니다.  
무단전재와 복제를 금합니다.

\*KEIT ISSUE PICK 원문은 KEIT 웹사이트([keit.re.kr](http://keit.re.kr))의  
홍보관 ⇨ 간행물 탭에서 다운로드 받으실 수 있습니다.



---

디자인 구김종이 [gu.kim.zong.i@gmail.com](mailto:gu.kim.zong.i@gmail.com)  
일러스트 묘지 [www.instagram.com/myo\\_ji/](https://www.instagram.com/myo_ji/)

제작 (사)장애인동반성장협회 동반사업장  
서울시 금천구 가산디지털1로 33-33 대륭테크노타운2차 505-2  
Tel. 02) 464-5565

판형 189mm × 266mm  
종이 표지: 스노우지 250 g/m<sup>2</sup> 내지: 스노우지 100 g/m<sup>2</sup>  
서체 프리젠테이션 Freesentation  
이슈 픽 Issue Pick



1	차세대 첨단산업 핵심제조장비 개발 로드맵	심창섭 첨단장비 PD   KEIT 기계로봇장비실 이운규 책임   한국기계연구원 제조장비정책기획단
2	산업용 펌프 기술개발동향 및 우수성과 소개	박근석 첨단기계 PD   KEIT 기계로봇장비실 이상혁 선임연구원   한국기계연구원 시스템다이나믹스연구실
3	건설기계의 SDM 플랫폼 기술동향	박근석 첨단기계 PD   KEIT 기계로봇장비실 최승준 책임   건설기계부품연구원 융복합기술본부
4	스마트 제조장비용 제어기(CNC) 기술	심창섭 첨단장비 PD   KEIT 기계로봇장비실 송창규 책임   한국기계연구원 초정밀장비연구실 김홍주 책임   한국전기연구원 정밀제어연구센터 남성호 수석   한국생산기술연구원 자율형제조공정연구부문
+	(특집) Science Fiction – 큐브의 계획	전윤호