



지능형 로봇이 바꾸는 산업 현장

Physical AI가 공장을 움직인다

삼일PwC경영연구원 | Issue Brief
March 2026



Contents

들어가며	02
※ 로봇 도입 후, 공장 하루 이렇게 달라진다	03
1. 5W로 풀어보는 산업용 지능형 로봇	04
1) Why? 왜 산업은 지능형 로봇에 주목하는가	
2) What? 지능형 로봇이란 무엇인가	
3) Who? 누가 지능형 로봇을 만드는가 (공급 측면)	
4) Where? 어디서 지능형 로봇이 활용되는가 (수요 측면)	
5) When? 언제 시작해 어떻게 도입할 것인가	
2. How? 지능형 로봇 확산을 위한 정책 · 산업별 제언	38



들어가며

공장은 자동화 설비를 중심으로 정해진 속도로 가동되고 있다. 그러나 작업 시작 전 현장 확인, 설비 이상 발생 시 상황 판단, 이상 여부를 검증하기 위한 반복 이동은 여전히 작업자의 몫이다. 공정은 자동화됐지만, 운영을 성립시키는 판단과 책임은 현장에 남아 있다.

이러한 운영 구조는 오랫동안 유지돼 왔다. 자동화는 반복 작업을 대체하는 데에는 효과적이었지만, 확인·판단·조정으로 이어지는 운영 단계까지는 확장되지 못했기 때문이다. 인력과 숙련을 전제로 한 이 방식은 비교적 안정적인 환경에서는 작동해 왔으나, 최근 들어 한계가 분명해지고 있다. 현장 인력은 줄고 공장은 대형화됐으며, 다품종·소량 생산 확대로 공정과 변수의 변화 속도도 빨라졌다. 작업자의 이동과 판단에 의존한 운영 방식은 점차 병목으로 작용하고 있다.

이에 산업 현장의 질문도 바뀌고 있다. '누가 현장을 관리할 것인가'가 아니라, '어디에서 판단과 확인이 반복적으로 지체되는가', '이 중 어떤 업무를 기술로 분담할 수 있는가'라는 질문이다. 궁극적인 방향은 무인화지만, 현 시점에서의 핵심 과제는 운영 과정에서 반복적으로 발생하는 병목을 어떻게 줄여 나갈 것인가에 있다.

이러한 질문에 하나의 방향을 제시한 장면이 CES 2026 이었다. 현대차그룹과 보스턴다이나믹스가 공개한 휴머노이드 로봇 '아틀라스(Atlas)'는 공장 환경을 가정해 이동, 부품 이송, 반복 작업을 수행하는 모습을 선보였다. 작업 자세의 제약이 적고 새로운 작업을 빠르게 익히며, 배터리 교체 후 다시 작업을 이어가는 방식도 제시됐다.

이 시연의 의미는 로봇이 공정 전반을 스스로 판단·조율하는 단계에 도달했음을 보여주는 데 있지 않다. 대신 자동화 이후에도 작업자의 몫으로 남아 있던 이동·확인·이송과 같

은 실행 업무의 일부를 로봇이 직접 맡아 수행할 수 있음을 운영 장면으로 제시했다는 점에 있다. 판단과 책임은 여전히 작업자와 운영 체계에 남아 있지만, 그 판단을 실행하기 위해 반복되던 작업 일부는 기술이 분담하기 시작했음을 보여준 것이다.

이처럼 지능형 로봇은 작업자를 대체하는 존재라기보다, 운영 과정에서 병목이 발생하는 지점을 중심으로 수행 가능한 Task를 나누어 맡는 방식으로 산업 현장에 결합되고 있다. 현재 기술 수준에서 전 공정의 자율화를 곧바로 구현하기에는 제약이 있는 만큼, 현 시점에서 가능한 Task부터 운영 흐름에 결합하는 접근이 현실적인 적용 경로로 작동하고 있다.

이 보고서는 바로 이 지점에서 출발한다. 지능형 로봇을 완전 자율이라는 최종 목표로 설명하지 않는다. 대신, 현재 기술 수준을 기준으로 산업 현장의 Task를 다시 나누고, 운영 과정에서 반복적으로 발생하는 병목을 줄이는 적용 전략에 주목한다. 기술이 완성되기를 기다리기보다, 기술이 어디까지 와 있고 어떤 방향으로 진화하고 있는지를 정확히 읽고, 지금 가능한 적용부터 현장에 축적해 나가는 접근이 왜 필요한지를 살펴본다.

보고서가 던지는 질문은 단순하다. 지능형 로봇을 도입해야 하는가가 아니다. 지금 우리 산업 현장이 여전히 사람의 판단과 이동에만 의존한 채, 운영 과정에서 발생하는 병목을 그대로 두고도 버틸 수 있는 상태인가라는 질문이다. 지능형 로봇은 선택지가 아니다. 기술이 완성된 이후에 검토할 대상도 아니다. 기존 운영 방식을 그대로 유지하기 어려운 현장이 이미 등장하고 있음을 보여주는 신호이기 때문이다.

지능형 로봇 도입 후, 공장 하루 이렇게 달라진다

지능형 로봇 도입 '전'

작업 시작 전



- 작업자의 자동화 설비 직접 점검 및 작업 경로 수동 조정

작업 중



- 반복 공정은 자동화, 상태 확인·이동·이상 대응·병목 관리 등은 작업자 의존

작업 종료·야간



- 설비 정비·정리·순찰 등 인력에 의존

지능형 로봇 도입 '후'

작업 시작 전



- 지능형 로봇이 설비를 자동 점검·기록하고, 작업자는 최종 판단만 집중

작업 중



- 자동화 설비 그대로 운영되고, 지능형 로봇이 이동·운반·상태 점검·위험 작업과 이상 사전 알림
- 작업자는 품질 관리 및 의사결정 집중

작업 종료·야간



- 지능형 로봇이 무인 순찰·위험 점검·간단한 정리 작업을 수행하고, 작업자는 원격으로 상태 및 공장 확인



현장 수행은 지능형 로봇이, 운영 최종 판단은 작업자가 맡는다

01

5W로 풀어보는 '산업용 지능형 로봇'

-
- 1) **Why?** 왜 산업은 지능형 로봇에 주목하는가
 - 2) **What?** 지능형 로봇이란 무엇인가
 - 3) **Who?** 누가 지능형 로봇을 만드는가
 - 4) **Where?** 어디서 지능형 로봇이 활용되는가
 - 5) **When?** 언제 시작해 어떻게 도입할 것인가



왜 산업은 지능형 로봇에 주목하는가 (1/2)

공장 운영의 기존 전제 흔들리기 시작

그동안 산업 현장은 비교적 분명한 전제 아래 운영돼 왔다. 인력은 필요에 따라 확보할 수 있었고, 위험한 작업은 숙련된 인력이 통제했다. 공정과 생산 환경 역시 대량 생산에 맞춰 표준화·고정화된 구조 속에서 안정적으로 관리돼 왔다. 이러한 조건 아래에서 생산성 개선은 주로 효율 제고와 비용 절감의 문제로 집중될 수 있었다.

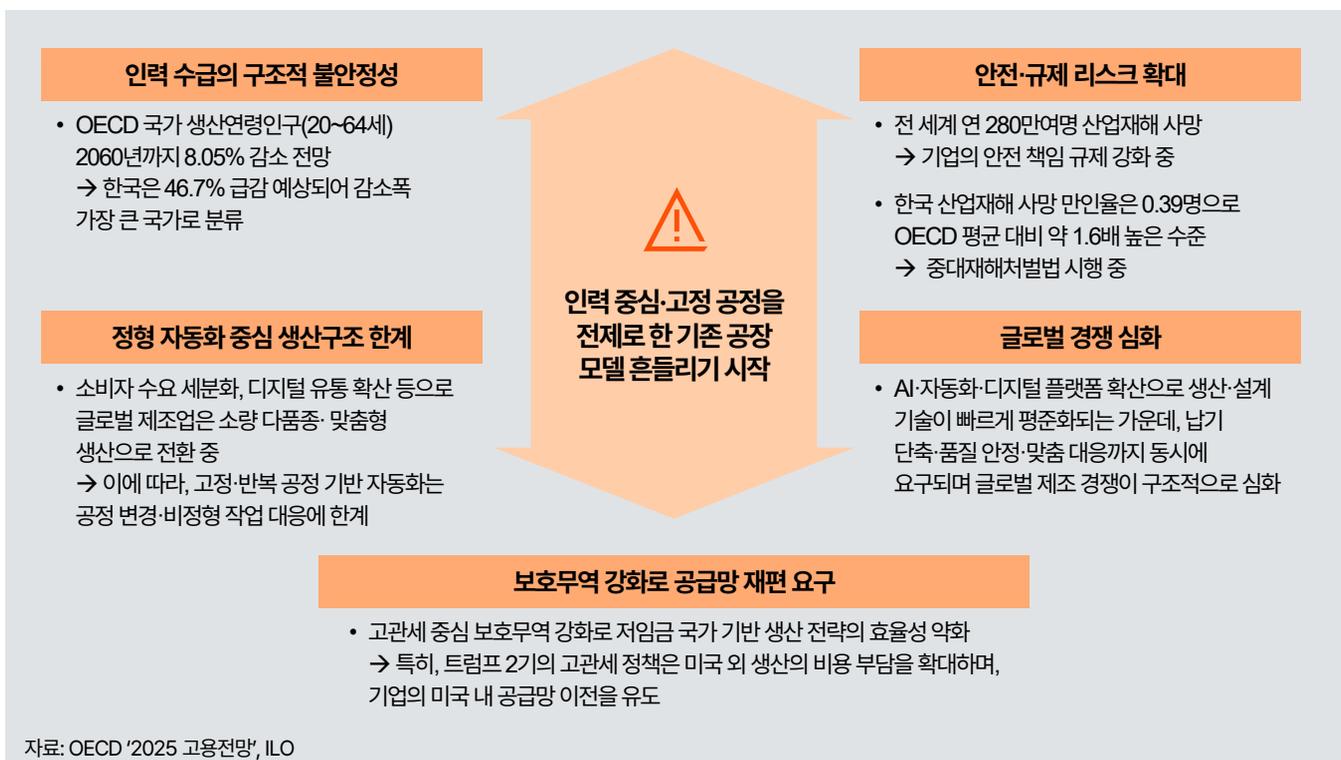
그러나 **현재 산업 현장은 이러한 전제들이 동시에 흔들리는 국면에 접어들고 있다. 인력은 구조적으로 감소하고 있으며, 현장은 상시적 인력 부족에 직면해 있다.** 위험한 공정과 작업에 사람을 투입하는 방식은 규제 강화와 책임 비용 증가로 부담이 커지고 있고, 기존 자동화는 공정 변경과 수요 변동이 잦아진 환경에서 유연성의 한계를 드러내고 있다. 여기에 통상 지정학적 환경 변화가 더해지면서, 공급망 역시 더 이상 안정적인 조건으로 작동하지 않고 있다.

인력 부족과 자동화 한계에 통상 변수까지 겹치며 운영 구조 재편 불가피

문제는 이러한 변화가 개별 이슈로 존재하는 것이 아니라, 상호 연동되며 현장 부담을 증폭시키는 구조로 전개되고 있다는 점이다. 인력 부족은 현장 운영의 불확실성을 확대하고, 안전 규제 강화는 기존 작업 방식의 지속 가능성을 약화시킨다. 자동화의 한계는 생산 변동성에 대한 대응력을 떨어뜨리며, 공급망 재편 압력은 이러한 문제들을 더 빠른 속도로 현장에 전이시킨다. 그 결과 산업 현장은 부분적인 개선이나 임시적인 대응만으로는 감당하기 어려운 단계에 이르고 있다.

이에 따라, 산업 생산의 지속성을 확보하기 위해서는 기존 전제를 보완하는 수준을 넘어, **인력 중심·고정 공정 중심의 기존 운영 구조 자체를 재편할 수 있는 해법이 요구되고 있다.**

산업 현장 운영 구조 재편을 압박하는 주요 요인



산업 현장 운영 구조 재편의 현실적 해법으로 지능형 로봇이 부상

이처럼 인력·안전·공정 유연성·공급망 리스크가 동시에 확대되는 상황에서, 산업 현장의 운영 구조를 지속 가능하게 재편할 현실적인 해법은 무엇일까? 산업이 이 질문의 해답으로 주목하고 있는 것이 바로 **‘지능형 로봇’**이다.

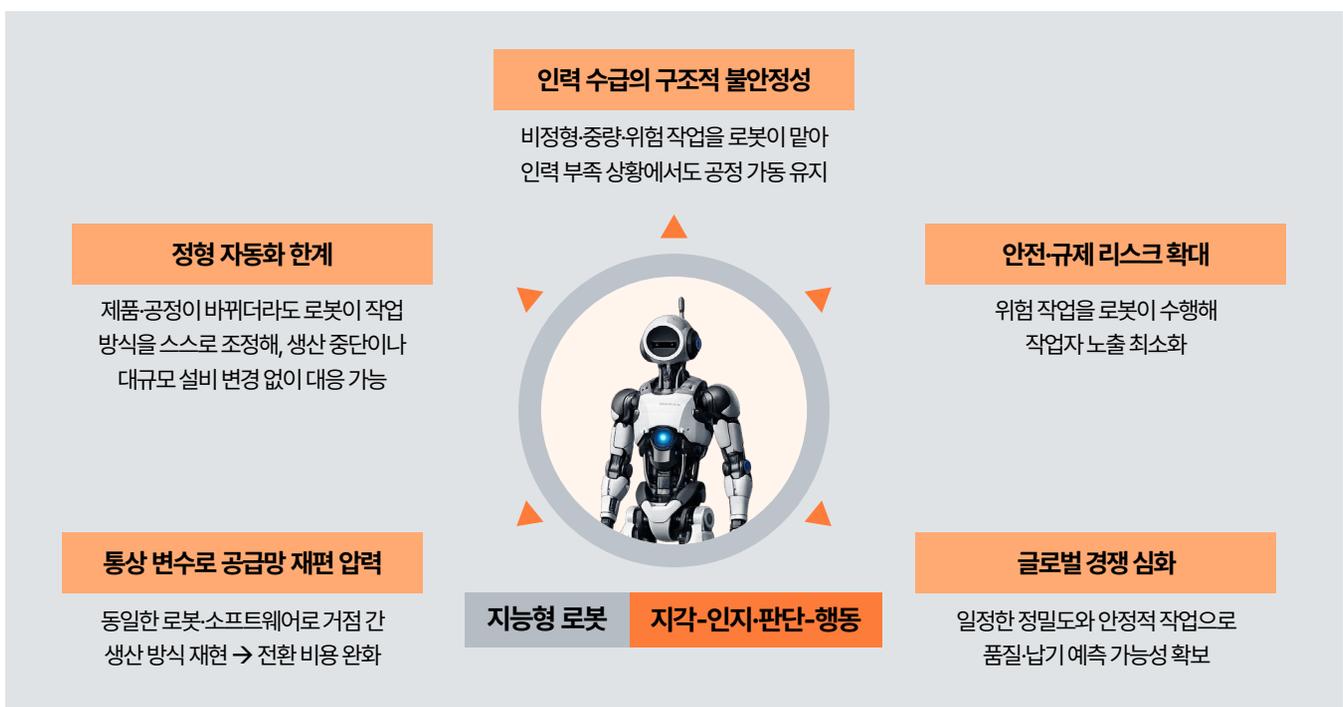
지능형 로봇은 AI 기반의 인지·판단 기능과 로봇 하드웨어가 결합된 물리적 주체(Physical AI)로, 최근 AI 기술 고도화와 함께 산업 현장에서 실질적으로 활용 가능한 단계에 진입하고 있다. **인지·판단 성능의 향상으로 로봇은 작업 대상과 주변 환경을 실시간으로 인식·해석하고, 작업 과정에서도 상황에 따라 동작 경로와 수행 방식을 유연하게 조정할 수 있다.** 여기에 정밀한 토크 및 순응 제어가 가능한 **액추에이터 기술이 결합되면서, 로봇은 단순 반복을 넘어 이전보다 섬세하고 안전한 물리적 작업까지 수행할 수 있는 수준으로 확장되고 있다.** 이는 로봇을 고정된 자동화 설비가 아닌, 작업자와 동일한 공간에서 작업을 분담하며 현장을 보조하는 존재로 확장시키는 기반이 된다.

로봇에 AI 인지·판단과 정밀 제어가 결합되며, 현장형 자율 작업 주체로 전환

이러한 기술적 진전은 로봇의 적용 범위를 크게 넓힌다. 비정형·중량·위험 작업을 로봇이 담당함으로써 인력 부족에 따른 운영 불안정을 완화할 수 있고, 인력 투입이 부담되는 공정에서는 안전과 책임 비용 부담을 완화할 수 있다. 동시에 범용 하드웨어와 소프트웨어 기반의 지능형 로봇은 공정 변화와 수요 변동에 대한 대응력을 높여, 기존 정형 자동화의 유연성 한계를 보완한다. 지능형 로봇은 통상·공급망 리스크 완화 측면에서도 의미를 갖는다. 인력의 존도를 낮추고 동일한 로봇·소프트웨어 기반으로 거점 간 생산 재현성을 높임으로써, 생산 거점 이동과 분산이 현장 운영 불안정으로 직결되는 것을 완화한다. 또한 공정 내 이동·물류·검사·패키징 등 주변 작업까지 유연히 대응할 수 있어, 공급망 변동이 발생하더라도 생산 차질로 이어지는 경로를 줄일 수 있다.

결국 산업이 지능형 로봇에 주목하는 이유는 분명하다. 다중 압박이 기존 운영 전제를 흐르는 가운데, **지능형 로봇은 단순한 비용 절감 수단을 넘어 인력·안전·유연성·통상·공급망 리스크를 동시에 완화하며 산업 현장 운영 구조를 재편할 수 있는 현실적 해법**이기 때문이다.

산업 현장 운영 구조 재편의 해답, ‘지능형 로봇’



지능형 로봇이란 무엇인가 (1/9)

**'지능형 로봇'은
환경 지각부터 인지·판단,
작동까지 자율적으로
수행하는 'Physical AI'
기반 로봇**

지능형 로봇은 주변 환경과 작업 대상을 스스로 지각하고, 이를 바탕으로 상황을 인지·판단 한 뒤 그 결과를 실제 작동으로 수행할 수 있는 로봇을 의미한다. 예를 들어 생산 라인에서 로봇이 불량 부품의 상태를 감지해 이를 정상 부품과 구분하고, 별도의 개입 없이 불량품을 제거하면서 공정을 중단 없이 이어가는 방식이 이에 해당한다. 이러한 지능형 로봇의 등장을 가능하게 한 핵심 기술적 기반이 바로 'Physical AI'다.

Physical AI는 2025년 CES 기조연설에서 엔비디아의 젠슨 황 CEO가 'AI의 다음 개척 분야는 Physical AI'라고 언급하며 본격적으로 주목받기 시작했다. 그는 AI가 텍스트·이미지·사운드를 생성하는 생성형 AI 단계를 넘어, 현실 환경을 지각하고 이를 종합적으로 인지해 추론과 계획을 수행한 뒤, 실제 작동으로 연결되는 단계, 즉 물리 세계에서 직접 작동하는 AI의 시대로 진입하고 있다고 설명했다. 이는 **AI의 활용 범위가 디지털 공간에 머무르지 않고, 현실 세계의 실행 영역으로 확장되고 있음을 시사한다.**

Physical AI라는 용어 자체는 비교적 최근에 확산됐지만, 그 개념적 기반은 로봇틱스와 인공지능 분야에서 오랫동안 논의돼 왔다. 학계와 산업계에서는 불확실하고 변화하는 현실 환경에서 지능이 효과적으로 작동하기 위해서는 지각-인지·판단-작동이 분절된 단계가 아니라 하나의 순환 구조로 통합돼야 한다는 문제의식을 공유해 왔다. 최근 AI 모델의 성능 고도화와 센서·컴퓨팅·제어 기술의 발전으로 이러한 통합이 기술적으로 구현 가능해지면서, 관련 논의가 Physical AI라는 개념으로 정리·가시화되고 있다.

아직까지 산학계에서 합의된 단일한 공식 정의는 없지만, Physical AI는 센서를 통해 환경을 지각하고, 자율적으로 상황을 인지·판단하며, 그 결과를 실제 작동으로 실행함으로써, AI의 판단과 행위가 물리적 실체에 구현되어 현실 세계와 지속적으로 상호작용하는 시스템을 의미하는 개념으로 이해되고 있다.

Physical AI 관련 산학연 주요 정의

구분		정의
학계	Jeannette Bohg 외 (2017)	지능은 지각과 행동이 분리된 계산 과정이 아니라, 행동과 지각이 하나의 순환 구조(action-perception loop) 안에서 결합될 때 형성되는 개념임. 이는 로봇 지능의 핵심 전제임
	Yingbo Li (2021)	센서·액추에이터·AI 알고리즘이 통합된 시스템으로, 물리적 세계에서 자율적으로 작동하는 지능형 시스템
	Partha Pratim Ray (2025)	지능은 단순히 계산되는 것이 아니라, 물리적 세계와의 페루프 상호작용을 통해 구현되는 AI 패러다임으로서 인식·추론·행동이 물리적 제약과 환경 속에서 통합적으로 작동하는 것이 핵심
연구계	Nature (2020)	로봇의 신체(Body)와 두뇌(Brain)를 긴밀하게 통합해 환경과 상호작용을 가능하게 하는 AI
	세계경제포럼 (2025)	기계공학, AI, 센서의 융합을 통해 현실 세계에서 자율적으로 작동하는 시스템
산업계	NVIDIA (2025)	현실 세계에서 복잡한 행동을 지각, 이해 및 수행할 수 있는 자율 시스템
	SoftBank (2025)	단순히 데이터를 처리하는 디지털 AI를 넘어 물리 법칙을 이해하고 센서를 통해 현실 세계를 인식하며 로봇 등의 신체를 통해 직접 행동하는 시스템

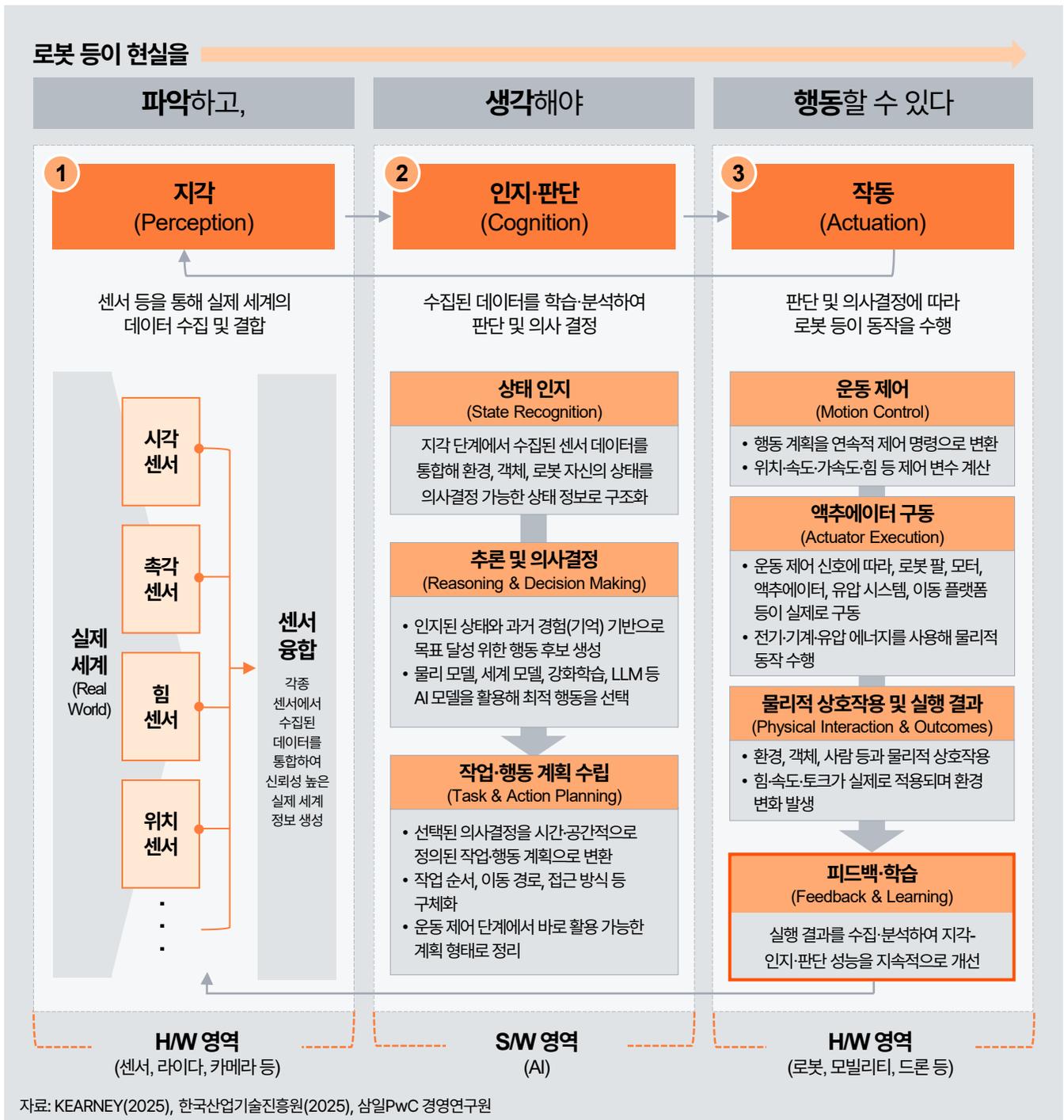
자료: 소프트웨어정책연구소(2025), 한국산업기술진흥원(2025), 각 사

**Physical AI는
지각-인지-판단-작동을
하나로 연결하는
지능형 로봇의 핵심 프레임**

산학연의 논의를 종합하면, **Physical AI의 작동 원리는 지각-인지-판단-작동의 세 요소로 설명**할 수 있다. 이들 요소는 기능적으로 구분되지만, 실제 로봇 시스템에서는 **서로 긴밀히 연동되며 지속적인 순환 구조를 이루는 통합 시스템으로 작동**한다. 이러한 관점은 지능형 로봇이 환경을 지각하고 행동으로 전환하는 과정을 이해하는 데 핵심적인 분석 프레임워크를 제공한다.

그렇다면 지능형 로봇에서 ①지각, ②인지·판단, ③작동은 각각 기술적으로 무엇을 의미하며, 어떻게 구현되고, 서로 어떤 방식으로 상호 연계되는 것일까? 다음 장부터는 Physical AI의 이 세 가지 축을 중심으로 지능형 로봇의 핵심 구성 요소를 살펴보고자 한다.

Physical AI의 '지각-인지-판단-작동' 아키텍처



지각은 지능형 로봇이
현실 환경을 지각해
인지·판단, 행동을
가능하게 하는 출발 단계

① 지각(Perception) - 현실 환경을 지각해 지능을 작동시키는 첫 단계

지각은 지능형 로봇이 현실 세계와 처음으로 접촉하는 단계로, 주변 환경과 작업 대상을 감지해 이후 인지·판단과 작동이 가능하도록 기초 정보를 획득하는 과정을 의미한다.

Physical AI에서 지각은 단순히 센서 신호를 수집하는 수준을 넘어, 로봇이 실제로 행동하기 위해 필요한 공간 구조, 객체의 위치와 형태, 움직임, 접촉 여부 등 현실 환경의 물리적 특성을 실시간으로 파악하는 기능을 포함한다. 다시 말해, **지각은 로봇이 '지금 이 공간에 무엇이 존재하며, 그것이나와 어떤 물리적 관계에 있는지'를 스스로 파악하도록 만드는 출발점**이다.

이러한 지각이 필요한 이유는 로봇 등이 마주하는 현실 환경이 항상 동일하거나 사전에 완전히 정의될 수 없기 때문이다. 같은 공간이라 하더라도 사람의 이동, 물체의 배치, 조명과 시야 조건은 끊임없이 변하며, 이에 따라 로봇이 수행해야 할 행동의 전제 조건 역시 매 순간 달라진다. 이러한 환경에서 로봇이 미리 입력된 규칙이나 고정된 경로만을 따라 작동할 경우, 예상과 다른 변화가 발생했을 때 적절한 행동을 선택하기 어렵다. 결국 **지능형 로봇이 자율적으로 작동하기 위해서는 현재의 환경을 스스로 감지하고, 그 변화에 맞춰 행동의 기준을 지속적으로 갱신할 수 있는 지각 능력이 필수적**이다.

카메라·LiDAR·촉각 센서 등
다양한 센서는 시각·공간·
물리적 정보를 분담해
지각을 구성

지각은 다양한 센서 기술을 통해 구현되며, 각 센서는 서로 다른 유형의 환경 정보를 담당한다. 먼저 **카메라와 컴퓨터 비전 기술**은 환경과 작업 대상을 시각적으로 지각하는 역할을 한다. 이를 통해 로봇은 객체를 구분하고 형태와 배치 상태를 파악하며, 복잡한 장면 속에서도 작업 대상을 식별할 수 있다. 최근에는 딥러닝 기반 비전 기술이 고도화되면서, 정형화된 대상뿐 아니라 형태와 위치가 일정하지 않은 객체도 인식할 수 있게 되었고, 대상의 자세나 객체 간의 상대적 관계까지 추정하는 수준으로 발전하고 있다.

LiDAR와 거리 센서, 레이더는 시각 정보만으로는 파악하기 어려운 거리와 공간 구조를 지각하는 데 사용된다. LiDAR는 주변 공간을 3차원 점군 형태로 스캔해, 벽·사람·물체·장애물의 위치와 상대 거리를 정확하게 측정한다. 이러한 특성 때문에 LiDAR는 자율이동로봇이나 자율주행 시스템에서 경로 생성, 장애물 회피, 위치 추정과 같은 공간 인식의 핵심 수단으로 활용된다. 레이더는 조명 변화나 먼지, 연기 등 시각 지각이 불리한 조건에서도 비교적 안정적으로 작동해, 지각 단계의 신뢰성을 보완하는 역할을 수행한다.

시각과 공간 지각만으로 충분하지 않은 작업에서는 **힘·토크 센서와 촉각 센서**가 지각의 중요한 구성 요소로 작동한다. 이들 센서는 로봇이 물체를 집거나 조작할 때 발생하는 힘의 변화, 접촉 여부, 미끄러짐 등을 감지해, 물리적 상호작용이 제대로 이루어지고 있는지를 알려준다. 이를 통해 로봇은 물체를 놓치거나 과도한 힘으로 파손하는 상황을 피하고, 보다 안정적이고 정밀한 동작을 수행할 수 있다.

지각 성능은 센서 종류와
부착 위치 설계에 좌우되며,
시야 확보와 사각지대
최소화가 핵심

이러한 지각 기능이 실제 로봇 등에서 효과적으로 구현되기 위해서는, 센서의 종류뿐 아니라 **부착 위치 역시 지각 설계의 중요한 요소로 고려**된다. LiDAR와 같은 공간 지각 센서는 일반적으로 로봇 등의 상단이나 전면 상부처럼 시야가 넓고 가려짐이 적은 위치에 장착된다. 이는 센서가 주변을 폭넓게 스캔해야 하고, 로봇 팔이나 적재물, 주변 구조물에 의해 시야가 가려질 경우 인식 공백이 발생할 수 있기 때문이다. 반면 전면 하단이나 측면에는 보조 거리 센서가 배치되어, 낮은 장애물이나 사각지대를 감지하고 이동 중 안전성을 보강하는 역할을 한다.

Physical AI의 지각은 이질적 센서 정보를 융합해 행동 가능한 환경 인식으로 구성하는 과정

또한 Physical AI에서 지각의 핵심적인 특징은, 이러한 개별 센서들이 독립적으로 작동하는 것이 아니라 서로 다른 감각 정보를 결합해 하나의 환경 인식으로 통합된다는 점에 있다. 카메라는 사물이 무엇인지를 알려주고, LiDAR는 그것이 어디에 있는지를 알려주며, 힘 센서는 실제로 접촉이 이루어졌는지를 알려준다. 이러한 정보들은 시간적·공간적으로 정렬되고 결합되는 센서 융합(sensor fusion) 과정을 거치며, 로봇이 단편적인 신호가 아니라 행동에 활용 가능한 환경 지각을 확보하도록 한다.

이때 지각의 결과는 단순한 이미지나 개별 센서 데이터의 집합이 아니라, 여러 센서 정보가 융합된 결과를 바탕으로 기계가 해석하고 활용할 수 있는 형태로 구조화된 환경 표현으로 정리된다. 인간에게 자연스럽게 보이는 사실적인 이미지가 아니라, 로봇의 추론과 계획에 직접 활용될 수 있도록 정제된 Machine Readable Model, 나아가 Machine Readable 3D World가 형성되는 것이다. 지각은 이처럼 현실 세계를 '보는 단계'를 넘어, 현실을 로봇 등 기계가 이해할 수 있는 형태로 변환하는 역할까지 포함한다.

정리하면, 지각은 단순히 센서를 장착하는 단계가 아니라, 현실 세계의 물리적 특성을 감지하고, 이를 센서 융합을 통해 구조화된 환경 표현으로 구성하는 과정이다. 이 단계에서 환경에 대한 지각과 표현이 충분히 확보되어야만, 다음 단계인 인지·판단에서 상황을 해석하고 판단할 수 있으며, 그 결과가 작동 단계에서 실제 행동으로 이어질 수 있다. 따라서 지각은 지능형 로봇과 Physical AI 시스템 전반에서 가장 앞 단에 위치한 핵심 구성 요소라 할 수 있다.



Machine Readable Model이란?

로봇이나 자율주행차 등의 기계는 사진이나 영상을 사람처럼 이해하지 못한다. 인간이 이미지를 통해 사물과 상황을 직관적으로 해석하는 것과 달리, 기계가 환경을 이해하려면 사물의 종류, 위치, 관계, 이동 가능 여부 등이 명확한 데이터 구조로 정의되어야 한다.

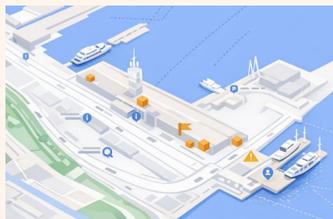
Machine Readable Model은 이러한 필요성에 따라 현실 공간을 기계가 지각-인지-판단-행동할 수 있는 형태로 표현한 모델이다. Photorealistic 3D World가 사람의 시각적 이해를 위한 3차원 시각 표현이라면, Machine Readable 3D Model은 기계의 판단과 행동에 필요한 정보를 구조화한 데이터 기반 모델이다. 이 기술은 로봇, 자율주행, 디지털 트윈 분야의 핵심 기반으로 활용되고 있다.

Photorealistic 3D World



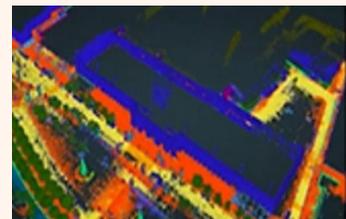
현실 세계를 시각적으로 그대로 반영한 모델로, 사람이 보고 직관적으로 이해하기에 적합
→ 사람을 위해 실제처럼 보이도록 컴퓨터가 그려낸 3D 세계

Abstracted 3D World



현실을 지도처럼 단순화해 표현한 모델로, 사람이 읽고 분석하기에 더 적합

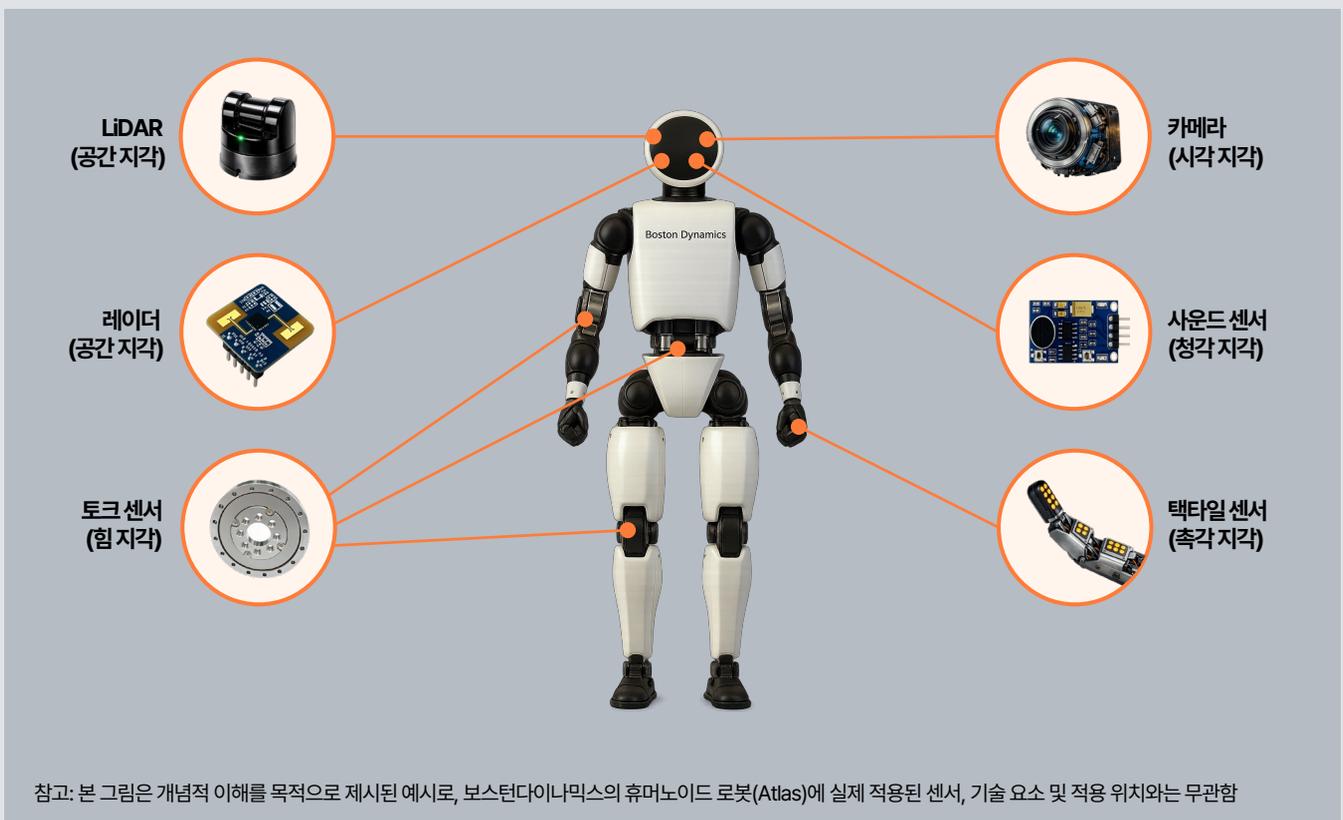
Machine Readable 3D World



현실을 위치-의미(geo-semantic) 정보로 반영한 모델로, 기계가 인식하고 위치를 파악하는데 최적화
→ AI-로봇의 지각, 계획, 행동을 위한 기반 3D 세계 (지도, 경로, 속성 정보 등이 포함)

지각(Perception) 단계의 주요 센서·기술

구분	주요 센서·기술	인식대상정보	주 사용 목적
시각 지각	카메라 (RGB, Mono) + 컴퓨터 비전	객체의 형태, 색상, 텍스처, 배치 상태, 사람·사물 구분	대상 식별, 장면 이해, 작업 대상 지각
	3D 비전 카메라 (Stereo, Depth)	깊이 정보, 물체 간 거리, 상대 위치	거리 추정, 물체 집기·놓기 등의 동작을 위한 시각 정보
공간 지각	LiDAR	3차원 공간 구조, 장애물 위치, 상대 거리	공간 지도 작성, 경로 생성, 장애물 회피
	거리 센서 (Time of flight, 초음파)	근거리 장애물, 벽·물체와의 거리	충돌 방지, 사각지대 보완
	레이더	물체 거리·속도 (시야불량 환경에서도)	보조 공간 지각, 악조건 안정성 확보
자세·움직임 지각	IMU (가속도계·자이로)	기울기, 가속, 회전, 균형 상태	자세 안정화, 넘어짐 감지
촉각·힘 지각	힘·토크 센서	접촉 시 힘 크기·방향, 하중 변화	정밀 조작, 안전 확보
	촉각(Tactile) 센서	접촉 여부, 압력 분포, 미끄러짐	섬세한 파지, 물체 파손 방지
청각 지각	마이크·음향 센서	음성, 소리 방향, 환경 소음	음성 명령 지각, 상호작용
위치 지각	GPS / RTK-GPS	절대 위치 정보 (실외)	대규모 공간 이동



인지·판단은 상황, 목표, 제약을 종합해 행동을 결정하는 AI의 사고 과정

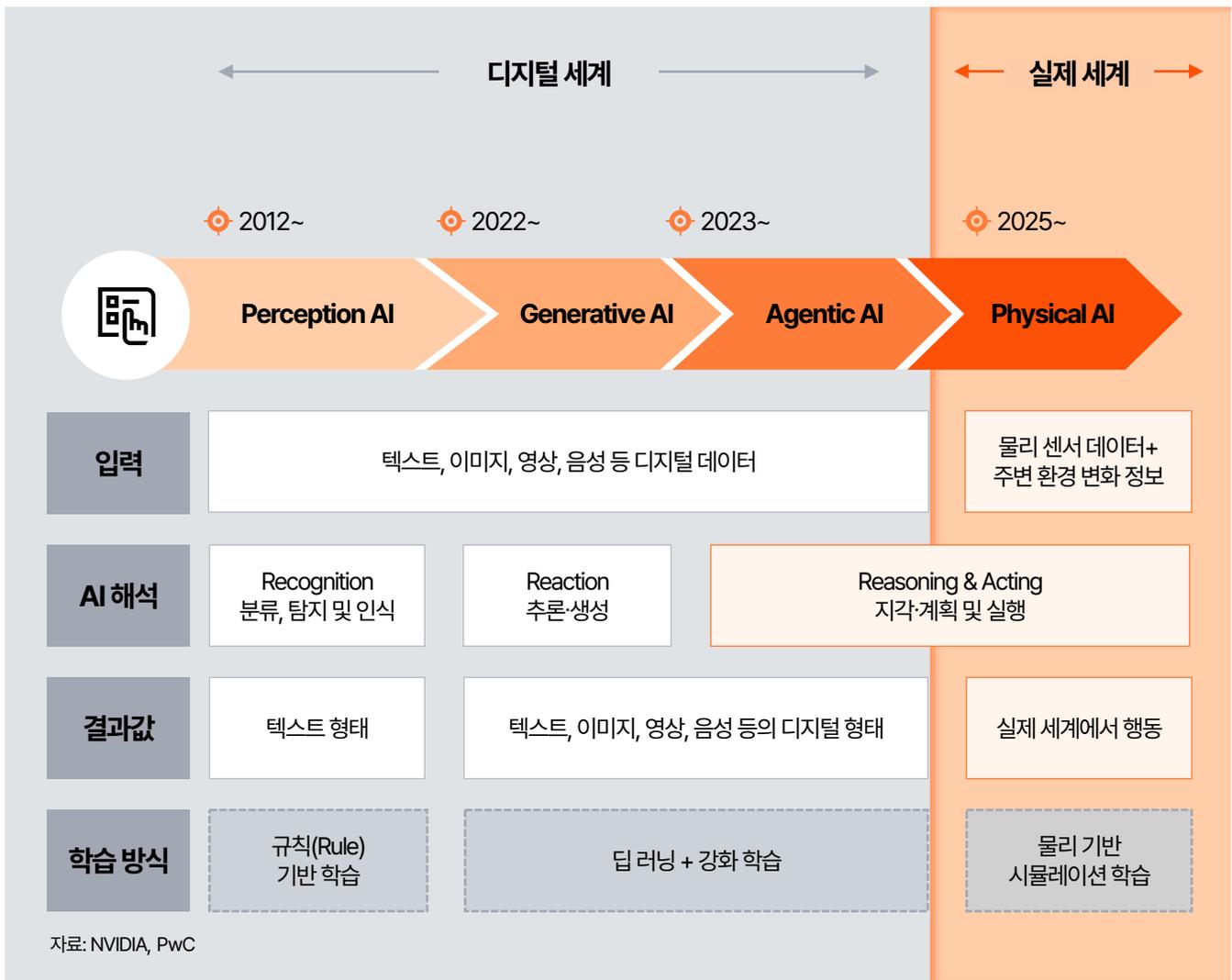
② 인지·판단(Cognition) - 지각 정보를 해석·추론해 판단과 의사결정으로 전환하는 단계

인지·판단이란 지각 단계에서 수집된 데이터를 학습하고 분석해 의미를 부여하고, 이를 바탕으로 판단과 의사결정으로 연결하는 단계다. 이 단계에서 AI는 단순히 정보를 인식하거나 분류하는 수준을 넘어, 현재 상황을 이해하고 목표와 제약 조건을 함께 고려해 실행 가능한 행동을 도출한다.

AI의 고도화를 통해 자율적 판단이 가능해지며 Physical AI로 확장

이러한 인지·판단이 가능해진 결정적인 배경에는 AI의 진화 과정, 즉 **Perception AI** → **Generative AI** → **Agentic AI**로 이어지는 발전에 있다. Perception AI가 센서 데이터를 통해 주변 환경을 인식하는데 초점을 맞췄다면, Generative AI는 이를 바탕으로 텍스트나 이미지처럼 새로운 결과를 생성할 수 있게 했다. 최근에는 한 단계 더 나아가, 스스로 상황을 해석하고 목표를 설정하며 행동을 선택하는 Agentic AI가 등장하면서, AI는 인간의 사고 과정에 가까운 수준의 판단 능력을 갖추게 되었다. 이는 인간으로 비유하면, 감각 정보를 처리하는 단계를 넘어 사고와 의사결정을 담당하는 '뇌 수준의 AI'가 구현되기 시작한 것이라 할 수 있다.

AI 패러다임의 변화



인지·판단은 물리 모델-의사결정- 적응 학습으로 이어지는 판단의 순환 구조

이처럼 지각, 추론, 생성, 계획 제시까지 가능한 고도화된 AI가 인지·판단 단계에 도입되면서, 핵심 질문은 '무엇을 인식하는가'에서 '지각된 데이터를 어떻게 처리해 실제 행동 판단으로 연결하는가'로 이동한다. 인지·판단 단계에서 이 과정은 **일반적으로 물리 모델 → 의사결정 → 적응 학습이라는 순차적 흐름으로 전개된다.**

먼저 물리 모델(Physics Model) 단계에서는, 지각된 환경 정보가 현실 세계의 물리적 제약 조건과 함께 해석된다. 로봇의 구조와 무게, 관절의 가동 범위, 속도 한계, 충돌 가능성 등은 모두 행동 선택의 전제가 되며, 물리 모델은 이를 반영해 어떤 행동이 실제로 가능한지, 어떤 행동은 위험하거나 실행 불가능한지를 사전에 가능한다. 이를 통해 인지는 이론적으로 타당해 보이는 선택이 아니라, 현실에서 구현 가능한 행동만을 판단의 대상으로 한정한다.

그 다음 의사결정(Decision Making) 단계에서는, 물리적으로 가능한 행동들 가운데 현재 상황과 목표에 가장 적합한 선택이 이루어진다. 이 과정에서 AI는 규칙 기반 판단을 넘어, 언어 모델, 강화학습, 컴퓨터 비전 등 다양한 AI 기술을 결합해 상황을 종합적으로 해석하고 최적의 행동을 도출한다. 강화학습은 목표 달성 관점에서 행동의 결과를 평가하고, 컴퓨터 비전은 환경 변화와 위험 요소를 반영하며, 언어 모델은 복합적인 상황 정보를 구조화해 판단 과정에 활용된다. 이를 통해 의사결정은 고정된 시나리오가 아닌, 상황에 따라 달라지는 자율적 판단의 형태를 띤다.

즉각적인 판단이 요구되는 산업 환경에서는 엣지 AI가 필수적

마지막으로 적응 학습(Adaptive Learning) 단계에서는, 실제 행동의 결과가 다시 인지·판단 과정으로 되돌아와 판단 기준이 지속적으로 개선된다. 성공과 실패의 경험이 축적되면서, AI는 유사한 상황에서 더 빠르고 정확한 결정을 내릴 수 있게 되며, 인지·판단은 점차 경험을 통해 고도화되는 판단 구조로 진화한다.

이러한 인지·판단의 자율성이 현실 세계에서 작동하기 위해서는, 매우 짧은 시간 안에 대량의 데이터를 처리하고 즉각적으로 판단을 내려야 한다는 조건이 전제된다. 이를 위해서는 고성능 연산 하드웨어(AI 반도체)를 기반으로, 감지·추론·판단이 지연 없이 수행될 수 있는 구조가 필요하다. 특히 자율주행이나 **산업 현장처럼 안전과 직결되는 영역에서는, 외부와의 통신에 의존해 판단을 전달받기보다 로봇 등 기계 내부에서 바로 판단을 수행하는 엣지 AI (Edge AI, 온디바이스 AI) 방식이 중요해진다.** 이러한 구조를 통해서만 인지·판단은 환경 변화에 즉각 반응하며, 판단을 안정적으로 실제 행동으로 연결할 수 있다.

정리하면, 인지·판단은 지각 단계에서 수집된 데이터를 출발점으로 삼아, AI 진화를 통해 가능해진 고도화된 추론·생성·계획 능력을 활용해 현실적으로 가능한 행동을 판단·선택하고, 그 결과를 학습으로 환류하는 단계다. 이 인지·판단 구조를 통해 AI는 단순히 인식하거나 생성하는 수준을 넘어, Physical AI로서 물리 세계에서 스스로 판단하고 행동하는 주체로 확장된다.



**작동은 인지·판단을
실제 물리적 움직임과
힘으로 전환하는 단계**

㉓ 작동(Actuation) - 실시간 상황 판단을 움직임과 힘으로 구현

작동은 인지·판단 단계에서 내려진 생각과 행동 계획을 실제 물리 세계의 움직임과 힘으로 구현하는 과정이다. 이를 통해 인지·판단의 결과는 디지털 영역에 머무르지 않고, 로봇과 같은 기계의 몸을 통해 이동·조작·접촉 등 현실 세계의 실제 행동으로 나타난다. **작동은 Physical AI가 판단을 현실의 결과로 전환하는 단계이자, 기계가 환경과 직접 상호작용하는 유일한 접점이다.**

이 단계에서 로봇은 Actuator(액추에이터)를 통해 관절, 바퀴, 로봇 팔, 그리퍼 등 다양한 기계 구조를 구동하며 환경에 힘과 토크를 가한다. 중요한 점은 작동이 인지·판단 단계에서 한번 도출된 명령을 그대로 실행하는 과정이 아니라, 행동이 수행되는 동안에도 시각과 인지·판단이 계속 개입하며 조정되는 과정이라는 것이다. 현실 환경에서는 표면 상태, 물체의 무게와 형태, 위치 오차, 사람의 개입 등 예측하기 어려운 변수가 지속적으로 발생하며, 이러한 변화는 사전에 정의된 실행 명령만으로는 대응하기 어렵다.

**작동에서는 행동 →
센서 피드백 → 인지·
판단 수정 → 반복 실행**

이 때문에 **작동은 단일 명령의 반복 실행이 아니라, 행동-피드백-조정이 반복되는 순환 구조(Closed-loop)로 구성된다.** 움직임 중 발생하는 힘의 변화, 접촉 여부, 위치 및 속도 편차는 센서를 통해 다시 감지되고, 인지·판단은 이를 반영해 판단을 수정한다. 작동은 수정된 판단에 따라 힘의 크기, 속도, 이동 경로를 실시간으로 조정하며 행동을 이어간다. 즉, 작동은 인지·판단과 분리된 단순한 실행 단계가 아니라, 행동 과정 속에서 인지·판단과 반복적으로 상호작용하며 완성되는 과정이다.



Actuator(액추에이터)란?

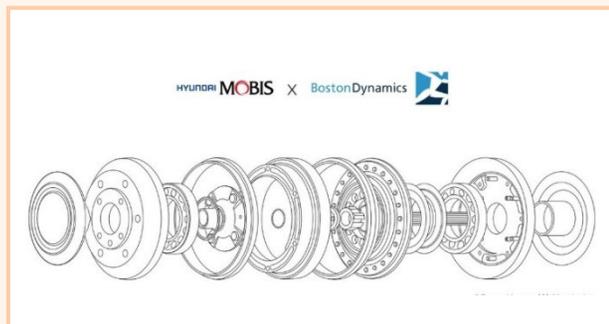
액추에이터는 로봇의 관절을 실제로 움직이게 만드는 구동 장치로, 로봇이 힘을 내고 움직임을 만들어내는 가장 핵심적인 부품이다. 일반적으로 전동 모터와 감속기로 구성되며, 모터가 생성한 회전 에너지를 감속시켜 속도는 낮추고 힘(토크)은 크게 변환함으로써 관절의 회전, 이동, 물체 조작과 같은 물리적 동작을 가능하게 한다.

로봇이 사람처럼 자연스럽게 다양한 동작을 수행하기 위해서는 많은 관절이 필요하며, 그만큼 각 관절을 정밀하고 안정적으로 제어할 수 있는 액추에이터의 역할이 중요해진다. 움직이는 동안 관절에 과도한 하중이 걸리지 않는지 감지할 수 있어야 하고, 에너지 소모를 최소화하면서도 다수의 관절을 동시에 제어할 수 있는 효율성 역시 요구된다.

최근에는 모터와 감속기에 더해 드라이버와 토크 센서, 엔코더 등을 통합한 스마트 액추에이터가 확산되고 있다. 이는 단순한 구동 부품을 넘어, 힘과 위치 상태를 실시간으로 감지·제어함으로써 지능형 로봇의 작동 단계에서 정밀성·안정성·현장 적용 가능성을 좌우하는 핵심 기술로 자리 잡고 있다.



참조: 본 그림은 휴머노이드 로봇에 적용되는 액추에이터의 개념적 예시임 (AI로 생성)



참조: 현대모비스가 보스턴다이나믹스에 공급하는 로봇용 액추에이터 콘셉트 자료: 현대모비스

기존 자동화 중심 로봇은 고정 환경의 반복 실행, 지능형 로봇은 변화 환경의 대응 실행

이러한 작동 구조를 전제로 할 때, **지능형 로봇의 실행 방식은 기존 자동화 시스템과 근본적으로 구별된다.** 기존 자동화에서 작동은 일정한 환경을 가정한 상태에서 사전에 정의된 경로와 속도를 정확히 반복하는 데 초점이 맞춰져 있었다. 반면 **지능형 로봇은 비정형 환경에서 사람과 공간을 공유하며 작동해야 하며, 동일한 작업이라도 상황에 따라 힘·속도·경로를 조정하는 상황 대응형 실행 능력이 요구된다.** 작동의 유연성 자체가 지능의 일부로 기능하는 것이다.

이로 인해 Physical AI에서 작동은 단순히 '움직이는 단계'가 아니라, 인지의 판단을 물리적으로 해석해 안정적이고 안전하게 구현하는 단계로 재정의된다. 인지·판단에서 도출된 판단이 아무리 정교하더라도, 이를 실제 움직임과 힘으로 구현하는 과정이 불안정하다면 작업 품질과 안전성은 확보될 수 없다. 따라서 작동 단계에서는 정밀 제어, 실시간 피드백 제어, 힘·토크 제어와 같은 물리 기반 제어 역량이 핵심 요소로 작동한다.

정리하면, 작동은 인지·판단 단계에서 내려진 판단을 실제 움직임과 힘으로 구현하고, 그 결과를 다시 지각과 인지·판단으로 환류시키는 단계다. Physical AI에서 작동은 고정된 명령을 실행하는 말단 기능이 아니라, 인지·판단과 결합된 실시간·적응형 실행 단계로 진화하고 있으며, 이 순환 구조를 통해 지능형 로봇은 환경 변화와 에너지 제약 속에서도 스스로 행동을 조정하는 주체로 기능한다.

기존 자동화 중심의 산업용 로봇 VS. Physical AI 기반 지능형 산업용 로봇

	기존 자동화 중심의 산업용 로봇	Physical AI 기반 지능형 산업용 로봇
판단 방식	사전 정의된 프로그램	환경 인식 기반 자율 판단
학습·적응	학습 없음. 동일 동작 반복	경험 기반 학습·적응
행동 방식	정해진 경로·속도 반복	상황에 따라 힘·속도·경로 조정
인식 범위	디지털·정형 환경	실시간 감지 기반 물리적 3D 환경
시스템 성격	자동화 시스템(Rule-Based)	물리 세계에서 스스로 판단·행동하는 지능 시스템(Adaptive / Physical Agent)
	정형·반복·무인 환경에 최적화	비정형·가변·동적 환경에 최적화



**지각-인지-판단-작동이
실시간으로 연결되는
폐루프 기반 통합 구조**

그렇다면 지각-인지-판단-작동은 어떤 방식으로 연계되어 지능형 로봇이 실제 환경에서 상황에 맞게 움직이게 될까?

결론부터 말하면, **Physical AI**에서 지각-인지-판단-작동은 순차적으로 나열된 기능이 아니라 실시간으로 연결된 하나의 순환 구조로 작동한다.

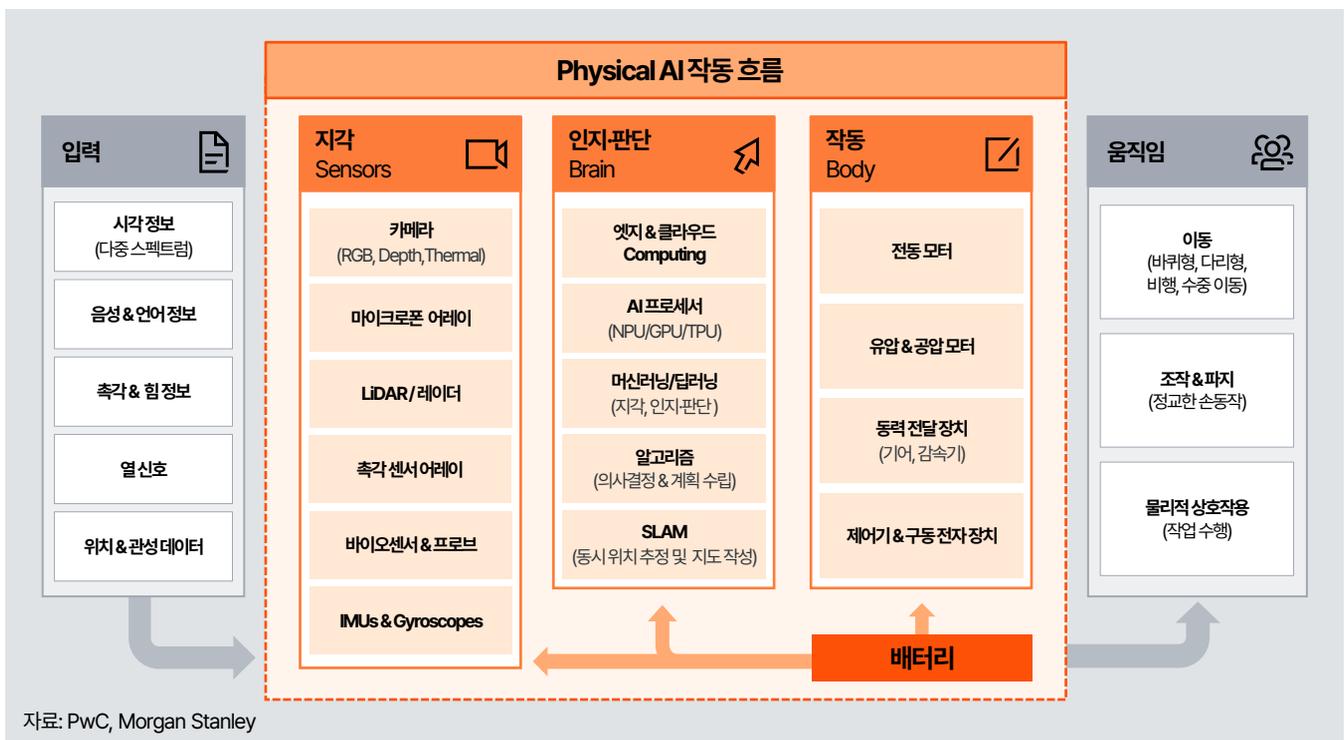
로봇은 시각, 공간, 촉각, 위치 등 다양한 센서를 통해 환경과 자신의 상태를 지속적으로 감지한다. 지각 단계에서는 이 정보를 기계가 해석하고 활용할 수 있는 형태의 환경 정보로 정리한다. 인지-판단은 이렇게 정리된 지각 정보를 바탕으로 현재 상황, 작업 목표, 물리적 제약 조건을 함께 고려해 실행 가능한 행동을 판단하고 계획한다. 작동은 이러한 판단을 실제 움직임과 힘으로 구현해 이동, 조작, 접촉과 같은 물리적 행동을 현실 세계에서 수행하는 단계다.

중요한 점은 이 과정이 일방적으로 끝나지 않는다는 것이다. 작동 중 발생하는 위치 오차, 힘의 변화, 환경의 반응은 다시 센서를 통해 즉시 감지돼 지각과 인지로 환류된다. 인지-판단은 이 정보를 반영해 판단을 수정하고, 작동은 이에 맞춰 움직임을 재조정한다. 이처럼 행동을 중심으로 지각-인지-작동이 반복적으로 연결되는 폐루프 구조를 통해 지능형 로봇은 고정된 명령을 수행하는 자동화 장비가 아니라, 변화하는 환경에 맞춰 스스로 판단하고 행동을 조정하는 **Physical AI** 시스템으로 기능한다.

**배터리는 지능형 로봇의
지속 작동과 실행 안정성을
동시에 좌우하는 기반 요소**

이러한 순환 구조가 지속적으로 작동하기 위해서는 **에너지 공급 체계, 특히 배터리가 전제 조건으로 작동한다.** 배터리는 센서 구동과 연산 처리, 액추에이터 작동 전반에 에너지를 공급하며, 로봇의 작동 시간과 출력 한계를 결정한다. 배터리 상태는 단순한 전력 정보에 그치지 않고, 인지 단계에서 함께 고려해야 할 판단 변수로 작용한다. 이에 따라 로봇은 행동 강도와 작업 우선순위를 조정하게 된다. 즉, **Physical AI**에서 배터리는 지각-인지-판단-작동 순환 구조를 가능하게 하는 기본 조건이자, 시스템의 안정성과 지속성을 좌우하는 핵심 요소다.

Physical AI 기반 지능형 로봇의 기능적 작동 구조



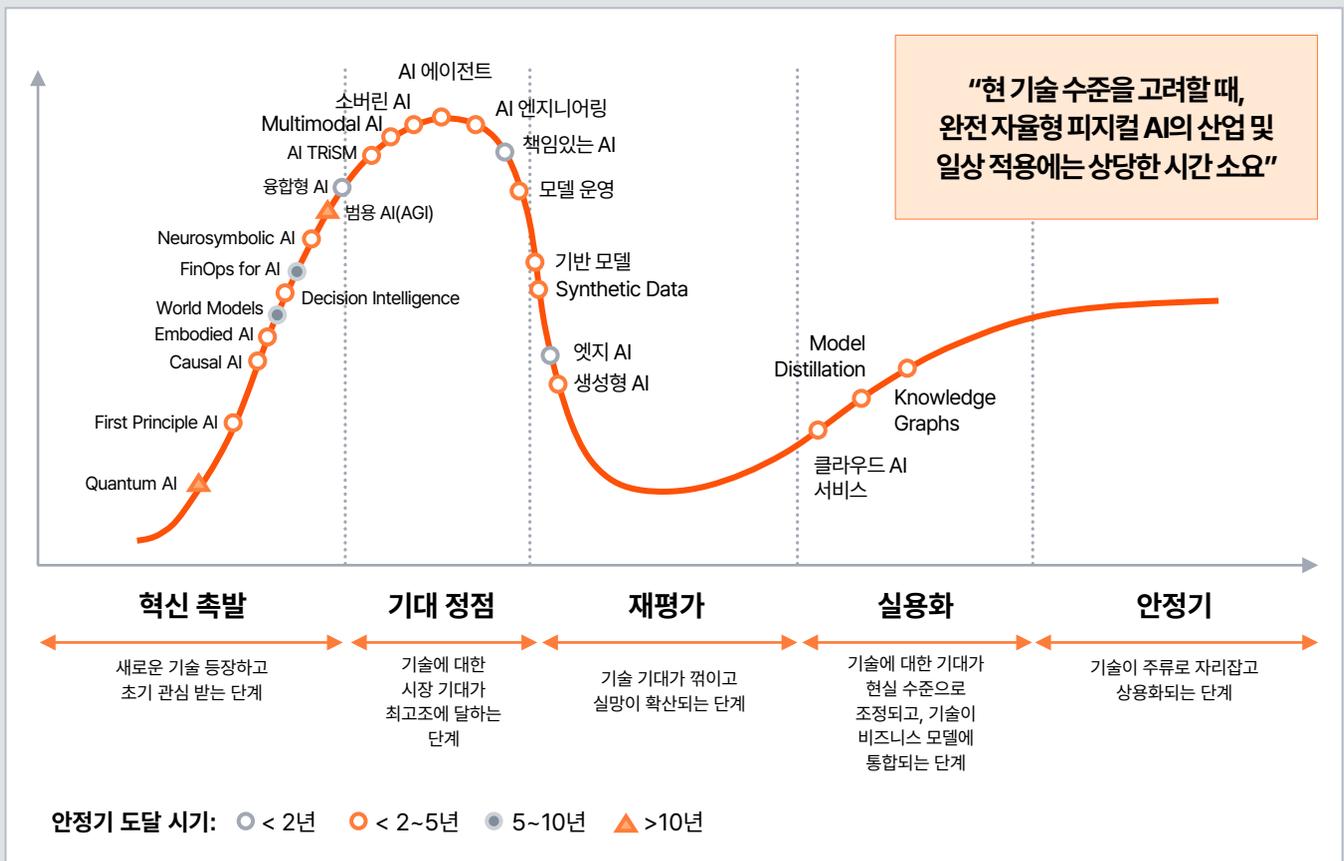
지능형 로봇의 현재 기술 수준은?

지능형 로봇은 시각-인지-판단-작동이 페루프로 연결된 Physical AI 시스템이지만, **현재 기술 수준에서 산업 현장을 전제로 한 완전 자율 구현 단계에 도달했다고 보기는 어렵다.** 객체-환경 인식, 정상/비정상 분류, 제한적 자율 이동과 조작 등 개별 기능은 이미 활용 가능한 수준에 진입했으나, 복잡하고 비정형적인 산업 환경 전반에서 판단과 행동을 일관되게 유지할 만큼 AI 모델의 일반화 성능과 신뢰도는 아직 충분히 축적되지 않았다.

현 단계의 AI 모델은 환경 변화와 예외 상황 대응, 장시간 반복 운용 시 판단 안정성, 물리적 상호작용을 전제로 한 추론 정확도 측면에서 구조적 한계를 갖는다. 여기에 로봇-센서-제어-강화학습-엣지 컴퓨팅이 결합된 시스템 차원의 통합 완성도와 안전-책임-운영 조건까지 동시에 충족돼야 완전 자율이 성립한다는 점에서 기술적 난이도는 더욱 높아진다. 가트너(Gartner)는 이러한 완전 자율 피지컬 AI가 산업 현장에서 안정적으로 상용화되기까지 최소 5~10년 이상의 기술 성숙 기간이 필요하며, 일상적 적용까지는 상당한 시간이 소요될 것으로 전망한다.

따라서 현 단계의 지능형 로봇은 완전 무인화를 전제로 한 범용 자율 시스템이라기보다, AI 모델의 성능 한계와 운영 조건을 전제로 특정 Task를 자율적으로 수행하는 과도기적 기술 단계로 볼 수 있다. 이는 도입을 유보해야 한다는 의미가 아니라, 완전 자율을 목표로 기술 성숙을 기다리기보다 **현 시점에서 신뢰 가능한 기능과 Task부터 적용·검증하며 단계적으로 확장해 나가야 함을 시사한다.**

AI 기술 안정화 관점에서 본 완전 자율형 Physical AI 상용화 전망



자료: Gartner Hype-Cycle for AI 2025 재구성

누가 지능형 로봇을 만드는가 (1/8)

**AI·센서·제어 기술의
고도화로 지능형 로봇은
실험적 기술을 넘어
산업 현장 적용이 가능한
단계에 진입**

앞서 살펴본 것처럼, 지능형 로봇은 Physical AI가 구현된 시스템으로, 주변 환경을 스스로 인식하고 상황을 판단한 뒤 그 결과를 실제 움직임과 작업으로 연결한다. 완전 자율형까지는 상당한 기술 성숙이 필요하지만, **지능형 로봇은 이미 산업 현장을 전제로 한 적용 단계로 진입하고 있다.**

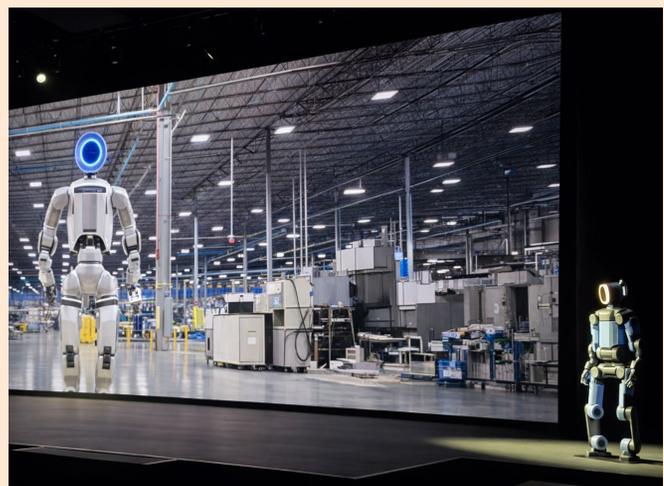
매년 1월 열리는 CES는 그 해의 기술 흐름과 중장기 산업 기회를 가능할 수 있는 대표적인 무대다. CES 2026에서는 인공지능과 로봇 기술의 결합이 한층 뚜렷하게 나타났으며, 그 중에서도 휴머노이드 로봇은 단순한 전시용 기술을 넘어 산업 현장에서의 활용 가능성을 직접적으로 보여주었다.

**아틀라스는 행동 수행
능력을 통해 지능형 로봇의
산업용 전환을 입증**

특히 CES 2026 현장에서 현대차그룹과 보스턴다이나믹스의 협업을 통해 진화한 아틀라스는 국내외에서 뜨거운 주목을 받았다. 아틀라스는 전시장 내 시연을 통해 계단을 오르내리고, 물체를 집어 옮기며, 불규칙한 환경에서도 균형을 유지하는 동작을 구현했다. 이는 로봇이 사전에 정의된 동작을 반복하는 자동화 기계가 아니라, 주변 환경과 작업 조건에 따라 행동을 조정할 수 있는 단계에 도달했음을 현장에서 분명히 각인시켰다. **아틀라스는 휴머노이드라는 외형 자체보다도, 실제 산업 환경을 전제로 한 행동 수행 능력을 통해 지능형 로봇이 연구·시연 단계를 넘어 산업용 시스템으로 이동하고 있음을 상징적으로 보여준 사례였다.**

그렇다면 이러한 지능형 로봇은 과연 누가, 어떤 역할을 통해 만들어내고 있을까?

CES 2026에서 공개된 현대차그룹·보스턴다이나믹스의
차세대 휴머노이드 로봇 '아틀라스(Atlas)'



지능형 로봇은 단일 완제품이 아닌, 지각-인지-판단-작동이 결합된 산업 시스템

지각-인지-판단-작동의 복합적인 기술 요소가 유기적으로 결합돼 작동해야 하는 지능형 로봇은, 특정 기업이 단독으로 완성해 공급하는 제품이라기보다 여러 기술과 주체가 결합돼 구현되는 시스템에 가깝다. 환경과 작업 대상을 인식하는 센서와 인식 기술, 인식된 정보를 해석해 판단을 내리는 AI, 판단 결과를 실제 움직임과 힘으로 구현하는 로봇 본체와 제어 기술, 그리고 이 모든 요소를 하나의 작업 흐름으로 엮어 산업 현장에서 작동 가능한 형태로 구현하는 역량이 함께 요구되면서, 지능형 로봇은 다양한 공급업체가 기술 기능별로 역할을 분담하는 산업 시스템의 성격을 띤다.

산업 현장 적용 성패는 개별 기술 아닌 통합 역량

이에 따라 지능형 로봇 공급업체는 기술 기능 기준으로 구분할 수 있다. 구체적으로, 환경과 작업 대상을 인식하도록 하는 ① **지각(Perception) 기술 공급업체**, 인식된 정보를 바탕으로 목표와 제약 조건을 반영해 행동을 결정하는 ② **인지-판단(Cognition) 기술 공급업체**, 실제 움직임과 힘을 구현해 작업 품질과 안전을 좌우하는 ③ **작동(Actuation) 기술 공급업체**로 나뉜다. 또한 지능형 로봇이 산업 현장에서 지속적으로 작동하기 위해서는 에너지 공급 체계가 전제되며, 특히 이동형·보행형 로봇의 경우 배터리 성능과 운영 방식이 가동 시간과 출력, 작업 반경을 직접적으로 제약한다는 점에서 ④ **배터리-에너지(Battery & Energy) 공급업체** 역시 중요한 공급 범주로 고려할 필요가 있다. 마지막으로 ⑤ **통합(Integration) 공급업체**는 개별 기술을 공급하는 수준을 넘어, 지능형 로봇을 직접 개발·제작하거나 로봇 운영을 위한 자동화 플랫폼을 보유한 상태에서 지각-인지-판단-작동 기술을 하나의 작업 시스템으로 통합하고, 이를 실제 산업 현장에 적용·운영하는 역할을 담당한다.

지능형 로봇 산업의 기능별 공급 생태계 및 주요 공급업체



자료: PwC, Morgan Stanley

지각 기술은 시각·공간·접촉 등 기능별 인식 기술이 결합되는 공급 생태계로 구성

① 지각(Perception) 기술 공급 생태계

지각 기술 공급 생태계는 지능형 로봇이 산업 현장을 인지하고 판단하기 위해 필요한 시각, 공간, 접촉, 자세, 청각, 생체 인식 등 다양한 감지 기술로 구성된다. 이 영역에서는 로봇 완제품을 개발하기보다, 카메라와 머신비전, LiDAR-레이더, 촉각·힘 감지 센서, 관성 센서, 마이크 어레이와 바이오센서 등 **개별 지각 기술이 산업 환경에 맞게 고도화돼 제공되는 것이 특징**이다. 지능형 로봇이 단일 제품이 아니라 여러 기술이 결합된 시스템으로 구현되면서, 지각 단계 역시 서로 다른 인식 기술이 조합되는 방식으로 구성된다.

이러한 지각 기술은 로봇이 산업 현장에서 사람·물체·공간을 어디까지, 얼마나 정확하게 인식할 수 있는지를 결정하며, 이는 로봇의 작업 수행 안정성과 정밀성에 직접적으로 연결된다. 지각 기술은 국가별로 기술 축적의 방향과 접근 방식에 차이가 존재하며, 특히 한국은 이미지 센서와 관성 센서 등 반도체 기반 지각 기술을 중심으로 산업용 로봇과의 결합을 확대해 왔다.

‘지각’ 기술별 주요 공급업체·제품

구분(지각 기술)	주요 공급업체	대표 제품·기술	지능형 로봇에서의 활용 포인트
이미지 센서·카메라	Samsung	CMOS 이미지 센서, ToF/Depth 센서	3D 인식 기반 물체 위치·형상 추정, 로봇 가이드스 정밀도 향상
	Sony	고감도 CMOS 이미지 센서, 산업·로봇용 카메라	로봇 시각 입력의 기본 구성 요소로, 물체 식별·상태 인식의 정확도 결정
공간 인식 (LiDAR, 레이더)	Velodyne	3D LiDAR 센서	이동형·보행형 로봇의 공간 인식, 경로 설정과 충돌 회피
	Hesai	양산형 LiDAR	대규모 로봇 적용 시 비용·공급 안정성 확보
촉각·전자피부	XELA Robotics	다축 촉각 센서, E-Skin	물체 파지·조작 시 접촉 상태 인식, 협업 안전성 확보
힘·토크 센서	TE Connectivity	Strain-gauge 기반 힘·토크 센서	로봇 팔 힘 제어, 과도한 힘 방지 및 작업 품질 유지
청각 센서	Knowles	산업·로봇용 마이크 모듈	환경음·이상음 감지 기반 상황 인식 보조
바이오센서	Sensirion	가스·환경·생체 센서	위험·밀폐 환경에서 로봇 운용 판단 보조
	Analog Devices	생체 신호 센서	작업자 상태 인식 기반 안전·협업 보조

국가별 ‘지각’ 기술 강점 및 특징

미국 United States	일본 Japan	중국 China	대한민국 South Korea
LIDAR·3D 인식과 AI·컴퓨팅을 결합한 지각 기술 발전. 비정형 환경 대응과 멀티센서 융합 중심	제조·검사 공정 중심으로 고신뢰·고정밀 인식 기술 축적. 장기간 산업 현장에서 검증된 머신비전과 광학 센서에 강점	LiDAR·카메라 센서의 빠른 상용화와 양산 체계 구축. 가격 경쟁력과 공급 속도 중심	반도체 기반 이미지 센서·IMU를 중심으로 한 지각 기술 축적. 대량 생산과 시스템 적용 경험 보유

**인지·판단 기술은
단일 AI 모델이 아니라,
판단 기능을 안정적으로
구현하는 기술 묶음으로 공급**

② 인지·판단(Cognition) 기술 공급 생태계

인지·판단 공급 생태계는 **지각 단계에서 생성된 정보를 로봇의 실제 판단과 의사결정으로 구현하기 위해 필요한 연산 하드웨어와 소프트웨어 플랫폼을 제공한다.** 이 생태계에서 인지·판단 기술은 단일 AI 모델이나 알고리즘이 아니라, 판단 기능이 로봇 내부에서 안정적으로 작동하도록 하는 기술 묶음의 형태로 공급된다.

구체적으로는 머신러닝·딥러닝 연산을 수행하는 AI 전용 프로세서(GPU·NPU), 판단 연산이 이루어지는 엣지·클라우드 컴퓨팅 환경, 그리고 센서 데이터 처리부터 판단 결과 전달까지 하나의 흐름으로 연결하는 소프트웨어 플랫폼이 함께 제공된다. 이를 통해 지각 단계에서 생성된 정보가 로봇 내부에서 즉시 처리되고, 판단 결과가 지연 없이 작동 단계로 전달될 수 있다.

국가별로 보면, 미국은 AI 연산 칩, 머신러닝 소프트웨어, 클라우드·엣지 컴퓨팅을 포괄하는 범용 인지·판단 기술을 중심으로 공급 생태계를 구축해 왔다. 반면 일본, 유럽, 한국 등은 제조 자동화, 물류, 서비스 로봇과 같은 구체적인 산업 적용을 중심으로 인지·판단 기술을 공급하고 있다.

‘인지·판단’ 기술별 주요 공급업체·제품

주요 공급업체	대표 제품·기술	지능형 로봇에서의 활용 포인트
NVIDIA	Isaac 플랫폼(시뮬레이션·로봇러닝·라이브러리·AI 모델·워크플로우), Isaac ROS(ROS 2 기반 CUDA 가속 패키지·모델)	로봇 내부에서 추론·경로·조작 관련 인지·판단 파이프라인을 고성능으로 실행(엣지)
	Jetson(로봇·엣지 AI용 플랫폼/모듈)	고지연 네트워크 의존을 줄이고, 로봇 내 실시간 추론·판단 실행 지원
Qualcomm	Robotics RB5 Dev Kit(QRB5165 기반, 온디바이스 AI·컴퓨팅·센서/카메라 통합 지원)	저전력 엣지에서 ML 추론·비전 처리·연결성(5G 등) 기반 인지·판단 구현
AWS	RoboMaker(로봇 애플리케이션 개발 지원, 시뮬레이션을 인프라 관리 없이 실행·확장·자동화)	대규모 시뮬레이션/회귀테스트·학습 환경 제공(클라우드)
Siemens	Industrial Edge, AI 기반 공정 최적화 SW	제조 공정·설비 상태를 반영한 작업 판단

국가별 ‘인지·판단’ 기술 강점 및 특징

미국 United States	유럽연합 European Union	중국 China	대한민국 South Korea
AI 연산 하드웨어-플랫폼-클라우드를 아우르는 범용 인지 생태계가 두텁게 형성	제조 자동화·안전·공정 제어와 결합된 현장 적용형 인지·판단 SW 축적	대규모 상용화/적용 중심으로 인지 기능을 빠르게 제품화	물류 현장에서의 로봇·AI 적용 경험을 바탕으로, 다양한 기술을 통합해 현장 맞춤형 인지·판단 기능을 구현

인지·판단 결과를
실제 움직임과 힘으로
구현해 작업 정밀도·신뢰성·
안전성을 결정하는
핵심 기술 영역

전동 모터·유압·공압·
감속기·제어 전자 등
기술별로 분화된
공급 생태계 구조

국가별로 정밀 기계 부품,
산업 자동화 경험,
통합 구동 역량,
양산 능력에서 차별화된
경쟁 구조

개별 부품 경쟁에서
모터-감속기-제어 전자를
통합한 구동 모듈 중심
경쟁으로의 전환 중

㉓ 작동(Actuation) 기술 공급 생태계

작동 기술은 지능형 로봇이 인지·판단한 결과를 실제 움직임과 힘으로 구현하는 핵심 영역으로, 로봇의 작업 정밀도, 반복 신뢰성, 안전성을 직접적으로 좌우한다. 작동 기술은 전동 모터, 유압·공압 구동, 감속기 등 동력 전달 부품과 이를 실시간으로 제어하는 구동 전자·제어 기술로 구성되며, 산업 현장에서는 이들 요소가 센서 피드백을 기반으로 폐루프 제어 구조 안에서 유기적으로 결합된다. 특히 지능형 로봇 환경에서는 단순한 구동 성능을 넘어, 작업 대상과의 접촉을 고려한 힘·토크 제어, 사람과의 협업을 전제로 한 안전 제어, 장시간 반복 운동을 견디는 내구성이 작동 기술의 경쟁력을 결정하고 있다.

기술별 공급업체 구성을 보면, 전동 모터 분야에서는 이동형·보행형 로봇 확산에 따라 소형·고출력·고응답 특성을 갖춘 구동 기술이 중요해지고 있으며, 일부 선도 기업은 로봇 특성에 맞춘 모터를 자체 설계·내재화하는 방향으로 움직이고 있다. 유압·공압 구동 기술은 고하중·거친 환경이나 순응성이 요구되는 공정에서 여전히 활용되며, 산업 자동화 경험을 축적한 글로벌 자동화 기업들이 주요 공급 주체로 자리하고 있다. 감속기와 기어 등 동력전달장치는 로봇 관절의 정밀도와 내구성을 좌우하는 핵심 부품으로, 특정 기업들이 사실상 표준에 가까운 기술력을 보유하고 있어 공급망 의존도가 높은 영역으로 평가된다. 여기에 모터 제어기, 전력 반도체, 구동 ECU(Electronic Control Unit) 등 제어·전자 기술은 작동 성능을 최적화하고 시스템 통합을 가능하게 하는 요소로, 전동화·자동차 산업 기반 기업들의 참여가 확대되고 있다.

국가별로 보면, 일본은 감속기와 모터 등 핵심 기계 부품에서 높은 정밀도와 신뢰성을 바탕으로 글로벌 로봇 산업의 기반을 형성해왔으며, 유럽은 산업 자동화 축적 경험을 바탕으로 고신뢰·고내구 작동 기술과 안전 규격 측면에서 강점을 보인다. 미국은 고성능 모터와 제어 소프트웨어를 결합한 통합 구동 역량을 중심으로, 휴머노이드·보행형 로봇을 겨냥한 작동 기술 내재화가 빠르게 진행되고 있다. 중국은 중저가 액추에이터와 구동 모듈의 양산 능력을 앞세워 자국 로봇 산업 확대와 함께 기술 추격을 가속화하고 있으며, 한국은 산업 자동화와 자동차 전동화 경험을 기반으로 로봇용 구동 모듈과 감속기 국산화를 추진하고 있으나, 일부 핵심 부품에서는 여전히 해외 의존 구조가 남아 있다.

종합하면, 작동 기술 공급 생태계는 개별 부품 단위 경쟁에서 벗어나 모터-감속기-제어 전자를 통합한 '구동 모듈' 경쟁으로 이동하고 있으며, 이는 지능형 로봇의 성능 차별화뿐 아니라 향후 통합 공급업체가 주도권을 확보하는 중요한 기반으로 작용하고 있다.



‘작동’ 기술별 주요 공급업체·제품

제품 구분	기업명	대표 제품·기술	지능형 로봇에서의 활용 포인트
전동 모터 (Electric Motor)	Boston Dynamics	로봇 전용 고효율·고응답 전동 모터(자체 설계)	보행·점프·자세 복원 등 동적 움직임 구현, 불규칙 지면에서도 균형 유지
	Hyundai Mobis	전동 구동 모터 및 구동 모듈	자동차 전동화 기술을 기반으로 로봇용 고신뢰·고출력 구동 확장
	Nidec	소형·고효율 정밀 모터	이동형·협동로봇에서 에너지 효율 개선, 정밀 속도·위치 제어
유압·공압 구동 (Hydraulic / Pneumatic Actuation)	Parker Hannifin	산업용 유압·공압 액추에이터	고하중·고출력 작업, 거친 산업 환경에서도 안정적 작동
	Festo	공압 구동, 소프트 액추에이터	사람과 협업하는 공정에서 순응성·충돌 안전성 확보
	SMC	공압 제어 밸브·시스템	기존 자동화 설비와 로봇 공정 간 연계, 반복 공정 안정화
동력전달장치 (Power Transmission)	Hyundai WIA	산업용 감속기·기어	중·대형 산업 로봇에서 안정적인 토크 전달
	Hyundai Unitus	로봇 관절용 감속기	로봇 관절 핵심 부품 국산화, 반복 정밀도 확보
	Harmonic Drive Systems	고정밀 하모닉 감속기	로봇 관절의 고정밀 위치 제어, 백래시 최소화
제어기 및 구동 전 자장치(Drive & Control Electronics)	Hyundai Mobis	모터 제어기, 구동 ECU	모터·감속기·센서 통합 제어, 전동 모듈 최적화
	Hyundai Kefico	실시간 제어 ECU	고신뢰 제어, 안전 요구 수준이 높은 산업 환경 대응
	STMicroelectronics	전력 반도체, MCU	모터 제어 정밀도 향상, 전력 효율 및 소형화 지원

국가별 ‘작동’ 기술 강점 및 특징

미국 United States	일본 Japan	중국 China	대한민국 South Korea
고성능 모터와 제어 소프트웨어를 결합한 통합 구동 역량을 중심으로 휴머노이드·보행형 로봇용 작동 기술 내재화가 빠르게 진행	감속기와 모터 등 핵심 기계 부품에서의 높은 정밀도와 신뢰성을 기반으로 글로벌 로봇 작동 기술의 산업적 기반 형성	중저가 액추에이터와 구동 모듈의 대량 양산 능력을 앞세워 자국 로봇 산업 확대와 함께 작동 기술 전반에서 기술 추격을 가속화	산업 자동화와 자동차 전동화 경험을 기반으로 로봇용 구동 모듈과 감속기 국산화를 추진하고 있으나 일부 핵심 부품에서는 해외 의존 구조가 남아 있음

배터리 셀 공급과 로봇 OEM·SI 중심의 설계·통합 분업 구조

④ 배터리·에너지 공급 생태계

산업용 지능형 로봇의 배터리·에너지 공급 시장은 로봇 전용 배터리 완제품 중심이 아니라, **배터리 셀을 핵심으로 하는 기반 부품 공급 시장으로 형성**돼 있다. 삼성SDI, LG에너지솔루션, CATL 등 글로벌 배터리 기업들은 로봇 제조사에 리튬이온 배터리 셀과 표준화된 모듈을 공급하고 있으며, 배터리 팩 설계와 에너지 관리 시스템 통합은 로봇 완성 제조사(OEM)나 시스템 통합업체(SI) 단계에서 수행되는 분업 구조가 일반적이다.

이러한 분업 구조 하에서 배터리 기업은 셀과 모듈 공급에 집중하고, 로봇의 운용 조건과 적용 환경을 반영한 배터리 팩 설계 및 에너지 시스템 구성은 로봇 OEM 또는 SI 단계에서 이뤄진다. 이에 따라 배터리·에너지 공급 생태계는 범용 배터리 셀 공급을 기반으로, 시스템 통합 단계의 설계·구성 역량을 중심으로 시장 구조가 형성돼 있다.

한편 주요 배터리 기업들은 로봇 분야에서 리튬이온 배터리 공급을 지속하는 동시에, 전고체 배터리 등 차세대 배터리 기술을 휴머노이드 및 산업용 로봇 적용 대상으로 한 개발 계획도 병행하고 있다.

‘배터리·에너지’ 기술별 주요 공급업체·제품

Samsung SDI	LG Energy Solution	CATL
<ul style="list-style-type: none"> 산업용·이동형 로봇에 적용 가능한 고효율 리튬이온 배터리 셀 중심 공급 셀 공급 이후 로봇 OEM·시스템 통합 단계에서 에너지 시스템이 완성되는 분업 구조 고출력 원통형 셀과 안전 설계 기술을 기반으로 한 정밀 구동·고성능 연산 대응 전고체 배터리를 로봇 적용 가능한 차세대 기술로 제시, 2027년 양산목표 	<ul style="list-style-type: none"> 산업용·물류·서비스 로봇을 대상으로 한 리튬이온 배터리 셀 중심 공급 배터리 팩 설계와 에너지 시스템 통합이 로봇 OEM 단계에서 이뤄지는 분업 구조 로봇·드론·위성 등 비(非)EV 응용 영역으로 배터리 적용 확대 전고체 배터리를 차세대 기술로 관리, 2030년 전후 상용화 목표 	<ul style="list-style-type: none"> 산업용 지능형 로봇 분야에서 범용 리튬이온 배터리 셀의 대량 공급 공급 안정성과 규모를 기반으로 한 후방 셀 공급 구조 배터리 팩 설계와 시스템 통합이 로봇 OEM·SI 단계에서 수행되는 구조 전고체 배터리를 중장기 차세대 기술로 병행 개발, 2027년 소규모 생산 이후 2030년 전후 상용화 목표



자료: 각사

지능형 로봇을 움직이게 하는 조건: 배터리 Q&A

Q. 지능형 로봇에서 배터리는 왜 중요한가?

지능형 로봇에서 배터리는 단순한 전원 부품이 아니라, 작업 지속 시간과 작동 안정성을 좌우하는 핵심 요소다. 센서 기반 인식, AI 판단, 다관절 구동이 동시에 이뤄지는 지능형 로봇은 연산과 움직임이 결합된 구조로, 지속적인 에너지 공급이 필수적이다.

특히 공장이나 물류 현장의 지능형 로봇은 전원 케이블 없이 이동하며 작업해야 하므로 배터리에 전적으로 의존한다. 이에 따라 배터리 성능은 사용 시간을 넘어, 작업 강도와 안전성, 나아가 로봇을 어떤 공정에 어떻게 활용할 수 있는지까지 결정하는 조건으로 작용한다. 이로 인해 배터리는 개별 부품을 넘어, 지능형 로봇의 성능 수준과 사업적 활용 가능성을 함께 규정하는 기반 기술로 자리 잡고 있다.

Q. 요즘 가장 주목받는 휴머노이드 로봇은 공장에서 어느 정도의 에너지를 사용할까?

휴머노이드 로봇의 에너지 소모는 동작 여부에 따라 크게 달라진다. 대기 중에는 센서와 제어 시스템을 유지하는 수준의 전력만 사용하지만, 걸거나 물건을 옮기는 작업이 시작되면 전력 소모가 빠르게 증가한다.

이러한 사용 패턴을 전제로, 현재 개발·실증 단계의 휴머노이드 로봇은 한 번 충전으로 수 시간(약 3~6시간) 작업하는 구조로 설계되는 경우가 많다. 하루 종일 연속 근무보다는 일정 시간 집중 작업 후 충전이나 배터리 교체를 전제로 한 운용 방식에 가깝다. 이 때문에 휴머노이드 로봇에서는 총 배터리 용량보다, 작업 중 전력이 안정적으로 유지되는지 여부가 더 중요한 요소로 작용한다.

Q. 배터리 종류가 다양한데, 지능형 로봇은 왜 현재 원통형 배터리를 주로 사용할까? 한계는 없을까?

지능형 로봇이 원통형 리튬이온 배터리를 사용하는 이유는, 로봇 전용 신형 배터리보다 전기차 산업을 통해 이미 대량 생산과 안전성이 검증된 기술을 활용하는 것이 현실적이기 때문이다. 원통형 배터리는 출력 특성이 안정적이고 열 관리가 용이해, 이동과 반복 동작이 많은 지능형 로봇에 적합하다. 또한 충격과 진동에 강하고, 전기차를 중심으로 구축된 공급망을 활용할 수 있어 조달 측면에서도 유리한 구조를 갖는다.

다만 용량을 늘릴수록 무게가 증가해 관절 부담과 에너지 소모가 커지는 한계가 있다. 이로 인해 현재 지능형 로봇에서는 배터리 종류의 전환보다는, 배터리 배치 방식과 에너지 사용 효율 개선에 초점이 맞춰지고 있다.

Q. 지능형 로봇을 더 효율적이고 안정적으로 만들 차세대 배터리는 무엇이며, 언제쯤 상용화될까?

지능형 로봇의 차세대 배터리로 가장 많이 거론되는 기술은 전고체 배터리다. 전고체 배터리는 기존 리튬이온 배터리보다 화재 위험이 낮고, 동일 무게 기준으로 더 많은 에너지를 저장할 수 있어 작업자와 근접해 작동하는 지능형 로봇에 적합한 기술로 평가받고 있다.

다만 아직은 대량 생산과 비용 측면에서 과제가 남아 있어, 2027년 전후부터 제한적인 양산이 시작되고 고부가 응용 분야를 중심으로 단계적 적용이 이뤄질 가능성이 크다. 그 전까지는 기존 원통형 리튬이온 배터리를 기반으로, 수명 관리와 열 제어, 로봇 동작 효율 개선을 통해 실제 활용 시간을 늘리는 방향이 지능형 로봇 배터리 기술의 중심 과제가 될 전망이다.

통합 공급 생태계는 개별 기술과 부품을 결합해 완성형 로봇을 산업 현장에 공급

㉠ 통합(Integration) 공급 생태계

통합 공급 생태계에서는 **지각, 인지·판단, 작동, 배터리·에너지 등 개별 기술과 부품을 결합해, 산업 현장에서 즉시 운용 가능한 완성형 로봇이 설계·구현돼 공급된다.** 통합 공급업체는 로봇의 구조 설계와 시스템 통합, 양산, 현장 투입 이후의 운영까지를 제품 설계 단계에서 함께 고려하며, 산업 현장 적용을 전제로 한 완성형 로봇을 시장에 제공한다.

산업용 지능형 로봇은 크게 팔형·이동형·보행형 로봇으로 구분

통합 공급업체들이 산업 현장에 공급하는 **지능형 로봇은 크게 팔형 로봇(Robotic Arm), 이동형 로봇(Mobile Robot), 보행형 로봇(Legged Robot)으로 구분된다.** 팔형 로봇은 조립·가공·핸들링 등 제조 공정의 정형 작업을 중심으로 발전해 온 대표적인 산업 자동화 설비로, 최근에는 비전·센서·AI 기반 제어가 결합되며 Physical AI가 적용된 형태로 고도화되고 있다. 이동형 로봇은 자율 주행과 작업 수행 기능을 결합한 형태로, 팔형 로봇 중심의 자동화를 공정 단위에서 공간 단위로 확장하는 방향에서 공급이 확대되고 있다.

휴머노이드는 통합 공급업체의 최종 지향점

보행형 로봇은 기존 산업 환경을 전제로 설계되는 로봇 형태로, 통합 공급업체의 차세대 제품 전략에서 중요한 비중을 차지한다. 이 가운데 **휴머노이드 로봇은 사람의 신체 구조와 작업 방식을 기준으로 설계된 보행형 로봇으로, 통합 공급업체에게 있어 보행형 로봇 개발의 최종 지향점**으로 자리 잡고 있다. 사족보행 로봇은 보행형 로봇 포트폴리오의 한 축으로, 초기 산업 수요가 분명한 영역을 전제로 제품 공급이 이뤄지고 있다.

이러한 변화 속에서 통합 공급 생태계의 무게 중심은 성숙한 팔형 자동화 설비에서, 이동형과 보행형 로봇을 포함한 Physical AI 기반 완성형 시스템 공급으로 이동하고 있다. 현대차그룹+보스톤다이나믹스, Tesla, Figure AI, Unitree 등은 보행형 로봇을 중심으로 이동·조작·인지·판단 기능을 하나의 시스템으로 통합한 제품 구성을 갖추며, 통합 공급 역량을 강화하고 있다.

국가별로 보면 통합 공급 방식에도 차이가 나타난다. 미국은 AI와 소프트웨어 역량을 바탕으로 보행형·휴머노이드 로봇 중심의 완성형 시스템 공급을 주도하고 있으며, 중국은 정책 지원과 내수 시장을 기반으로 보행형 로봇의 양산 체계를 빠르게 확대하고 있다. **한국은 제조업과 물류 산업 비중이 높은 산업 구조 속에서, 팔형 자동화의 기반 위에 이동형·보행형 로봇을 단계적으로 결합하는 방향으로 통합 공급 역량을 확장**하고 있다.

산업용 지능형 로봇 유형 및 작업 특징, 주요 공급업체

유형	지능형작업특징	로봇 예시	주요 통합 공급업체
팔형 로봇	대상의 위치·형상 차이를 인식한 조작 방식 조정과 작업 중 오차의 실시간 보정을 통한 조립·가공·끼워맞춤 등 비정형 조작 작업 수행	로봇 팔	FANUC, ABB Robotics, Yaskawa Electric, Hyundai WIA 등
이동형 로봇	작업 환경과 사람의 움직임 인식을 기반으로 한 이동 경로·작업 순서의 자율 판단과 현장 이동 중 물류 이송·하역·적재 작업 확장	자율 이동 로봇(AMR)	현대차그룹+보스톤다이나믹스, Pickle Robot Company, Mujin 등
보행형 로봇	사람 기준으로 구성된 공간 인식과 자세·균형의 실시간 조정을 전제로 한 계단·장애물 환경 이동 및 점검순찰·작업 보조 수행	휴머노이드, 사족보행	현대차그룹+보스톤다이나믹스, Tesla, Figure AI, Unitree, Ghost 등



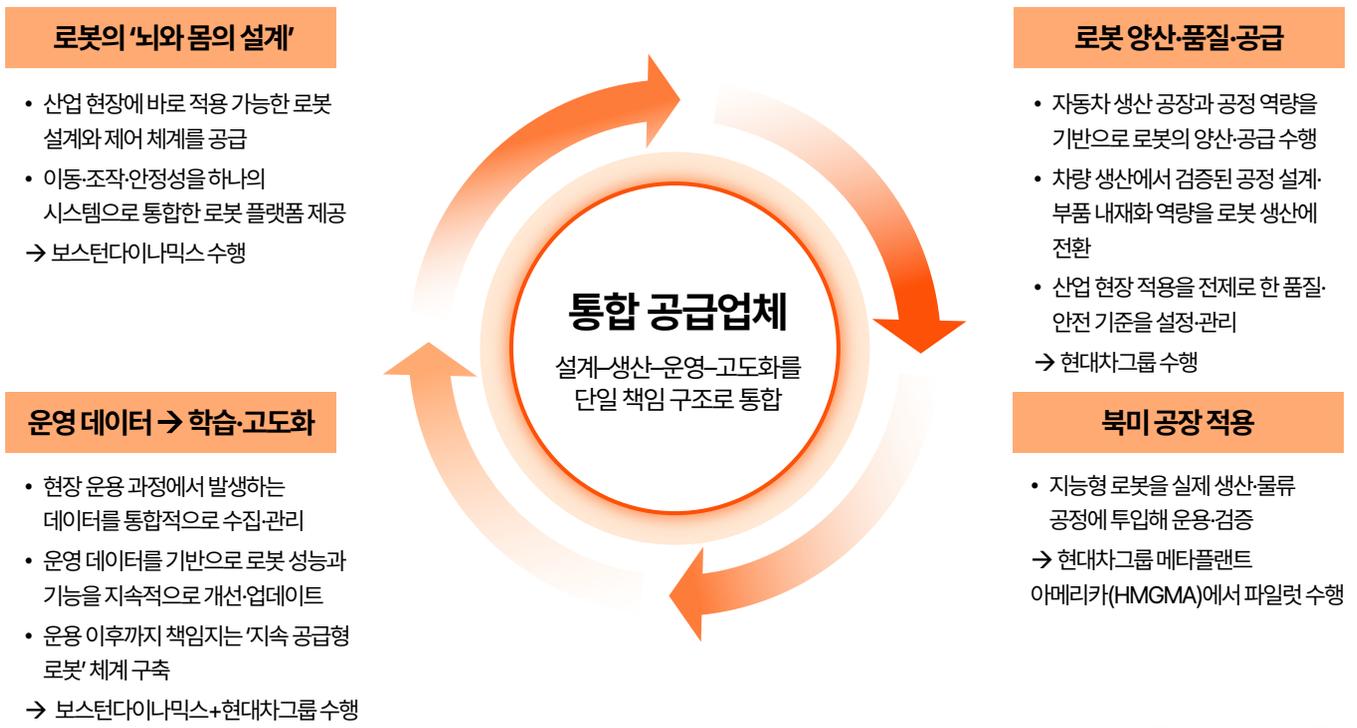
통합 공급업체 대표 사례: 현대차그룹 + 보스턴다이나믹스

지능형 로봇 산업에서 통합 공급업체는 로봇의 설계·시스템 통합·양산·현장 운용 전 과정을 단일 주체가 수행하는 구조를 의미한다. 이러한 기준에서 볼 때, 보스턴다이나믹스를 중심으로 한 현대차그룹의 로봇 사업은 통합 공급업체 모델을 비교적 명확하게 보여주는 사례로 분석된다.

보스턴다이나믹스가 로봇의 설계와 제어 기술을 담당하고, 현대차그룹은 제조·공정·품질 관리 및 글로벌 공급망 역량을 바탕으로 양산과 현장 운용을 수행하는 구조다. 기술 개발과 산업적 생산·운영 역량이 동일한 기업집단 내에서 결합돼 있으며, 현재는 복미를 중심으로 초기 도입과 현장 검증이 병행되고 있는 단계로 파악된다.

다만, 본 분석은 PwC 경영연구원이 공개된 언론 보도와 각 사의 공식 발표 자료를 바탕으로 한 현 시점의 분석으로, 향후 기술 발전 수준과 사업 전략 변화에 따라 역할 분담 구조와 사업 전개 방식은 달라질 수 있다.

현대차그룹-보스턴다이나믹스의 설계-양산-운용 통합 지능형 로봇 공급 구조



이러한 통합 구조 하에서 현대차그룹과 보스턴다이나믹스의 산업용 지능형 로봇 포트폴리오는 크게 휴머노이드 로봇 'Atlas', 사족 보행 로봇 'Spot', 물류 로봇 'Stretch'를 핵심 제품군으로 한다. 이들 로봇은 적용 영역과 외형은 상이하지만, 모두 센서 기반 지각, AI 판단, 물리적 작동을 하나의 페루프로 통합한 Physical AI 구조를 공통적으로 채택하고 있다.

특히 보스턴다이나믹스의 로봇은 경쟁 제품 대비 하중과 외력이 발생하는 산업 작업 환경을 전제로 한 기구·제어 설계에 강점을 보인다. 높은 자유도(DOF)의 관절 구조와 전신 제어 기술을 통해 불규칙한 지면이나 작업 중 균형 변화에도 안정적인 운용이 가능하다. Atlas는 이러한 구조를 바탕으로 고중량·고난도 작업 수행을 목표로 한 물리적 완성도를 갖춰 나가고 있으며, Spot은 경량 설계와 센서 통합을 통해 비정형 산업 환경에서의 점검·순찰 등 반복 운용에 강점을 보인다. 이는 보스턴다이나믹스가 단일 로봇 제품이 아니라 산업 작업 전반을 고려한 지능형 로봇 시스템을 공급하고 있음을 보여준다.

앞서 살펴본 보스턴다이나믹스의 산업용 지능형 로봇(Atlas·Spot·Stretch)은 현대차그룹의 북미 생산·물류 현장을 중심으로 실제 공정 투입 또는 투입을 전제로 한 현장 검증이 진행되고 있다. 북미 생산 기지는 대규모 제조와 물류 운영이 결합된 환경으로, 로봇의 성능·신뢰성·경제성을 동시에 검증하고 고도화하기에 적합한 조건을 갖추고 있다.

사족보행 로봇인 Spot은 설비 점검과 안전 관리 업무에 활용되고 있으며, Stretch는 물류 공정 자동화를 중심으로 적용 범위를 확대하고 있다. Atlas는 반복적이면서 고위험 작업을 대상으로 단계적 도입을 전제로 한 실증이 이뤄지고 있다. 이는 그룹의 산업 현장을 테스트베드로 활용해 성능 검증과 개선을 병행하는 통합적 공급 방식에 해당한다.

로봇 생산 거점 역시 현 단계에서는 북미를 중심으로 구축되고 있다. 초기 수요처와 생산 거점을 연계해 공급 안정성과 원가 구조를 함께 관리하려는 선택이며, 미국 내 생산을 통해 관세 및 무역 규제 리스크를 완화하려는 전략적 판단도 반영돼 있다. 결과적으로 현대차그룹과 보스턴다이나믹스는 로봇의 설계-양산-현장 적용-고도화를 하나의 구조로 연결하고 있으며, 이는 지능형 로봇 산업에서 통합 공급업체 모델이 실제로 구현되는 방식을 보여주는 대표적 사례다.

현대차그룹-보스턴다이나믹스의 설계-양산-운용 통합 지능형 로봇 공급 구조



Atlas

2028년부터 부품 분류 작업 등에 활용
2030년부터 부품 조립 등 작업 범위 확대



Spot

차체 공정 말단에서 외관-용접 품질 검사
(실제 양산 공정에 투입 중)



자율이동로봇(AMR)

스스로 부품, 차체 등을 이동해 생산계획에 맞춰
공정에 적시 공급 (실제 투입 중)

자료: 각사

산업용 지능형 로봇 유형별 주요 제품 비교

자료: 각사



모델명	Atlas (Electric)	Optimus Gen 2	Figure 02
제조사	Boston Dynamics	Tesla	Figure AI
구동 구조	전기식 액추에이터	전기식 액추에이터	전기식 액추에이터
관절 자유도	총 56 DoF	손 11 DoF	손 16 DoF
적재 하중	50kg (Instant) / 30kg (Sustained)	비공개	20kg
크기/중량	약 190cm / 약 90kg	약 173cm / 약 57kg	약 170cm / 약 70kg
전원/구동 시간	4시간 배터리 수명	비공개	2.25kWh 배터리팩, 약 5시간 런타임 추정
비전 시스템	360° 카메라 뷰축각 포함 전신 지각+자율제어 통합	비공개	온보드 VLM, 6x RGB 카메라
AI 및 학습 체계	Orbit 기반 엔터프라이즈 지능 (작업 학습 공유 자율 이동/작업)	비공개	OpenAI 협업, 온디바이스 AI 추론 성능 3x



모델명	Spot	B2	Vision 60
제조사	Boston Dynamics	Unitree Robotics	Ghost Robotics
높이	≈ 700mm	≈ 645mm	≈ 685mm
중량	≈ 33.8kg	≈ 60kg	≈ 51kg
적재 하중	14kg	40kg (walking) / 120kg (standing)	10kg
최고 이동 속도	1.6 m/s	> 6 m/s	2.4 m/s
IP 등급	IP54	IP67	IP67
주요 특징	<ul style="list-style-type: none"> 점검 산업 현장 이동 플랫폼에 최적화 모듈형 구조로 팔-센서 장착 가능 	<ul style="list-style-type: none"> 고속 고하중을 전면에 내세운 설계 속도-하중은 환경, 제어 알고리즘, 안전 파라미터에 따라 제한될 가능성 높음 	<ul style="list-style-type: none"> 거친 지형과 군보안 환경 중심 설계 방수 방진, 비정형 지형 이동을 강조한 군보안용 포지셔닝



모델명	Stretch	Pickle Unload System	TruckBot
제조사	Boston Dynamics	Pickle Robot Company	Mujin
시스템 구성	모바일 베이스 + 산업용 팔	모바일 베이스 + 산업용 팔	텔레스코픽 컨베이어 + 3D 비전 시스템 기반 고정식/반고정 시스템
주요 적용 분야	트럭/컨테이너 언로딩	트럭/컨테이너 언로딩	트럭/컨테이너 언로딩
처리량	약 600~800 박스/시간	약 400~1,500 박스/시간	1,000+ 박스/시간
취급 가능 하중	50lb (약 23kg)	50lb (약 23kg)	50lb (약 23kg)
비전 시스템	고급 3D 비전과 자율 복구 기능 (박스 인식 및 자동 보완)	AI 기반 머신 비전 및 실시간 경로 최적화	3D Vision + Mujin Controller 통합 시각
운영 유연성	모바일 배터리 기반, 기존 창고 인프라 그대로 사용 가능	모바일 기반, 즉시 설치 후 운용 가능	고정 컨베이어 연동형, 기존 텔레스코픽 컨베이어 필요
전원/지속 시간	배터리 구동, 최대 16시간, 급속충전(90% < 2h)	미공개	도크 고정 상시 전원

어디서 지능형 로봇이 활용되는가 (1/5)

산업별로 지능형 로봇 활용 속도와 적용 단계 상이

Physical AI로 로봇은 단순 자동화를 넘어, 작업 환경을 인식하고 일부 작업을 자율적으로 수행할 수 있는 수준까지 기술적으로 고도화되고 있다. 다만 산업 현장에서의 활용은 단일한 속도로 전개되지 않는다.

제조업, 특히 자동차 산업에서는 산업용 자동화 로봇 기반 공정이 이미 정착된 가운데, 공정 간 이동과 조작, 검사·보정 등 영역에서 지능형 로봇의 제한적 자율 운용이 가장 먼저 확산되고 있다. 물류·유통 분야에서는 이송·분류 자동화를 기반으로 주문 상품 집기와 예외 상황 대응을 중심으로 활용 범위가 확대되고 있으며, 에너지·플랜트 분야에서는 원격 기반 점검·순찰을 넘어 설비 이상 감지와 초기 대응까지 제한적인 자율 적용이 이뤄지고 있다. 방위산업 역시 원격 운용 체계를 토대로 자율 이동과 임무 수행을 보조하는 형태의 활용이 중심을 이룬다.

비정형·완전 자율 기술은 실증·검증 단계

한편 비정형 자율 운용은 제한된 환경을 중심으로 기술적 구현 수준이 점진적으로 고도화되고 있으나, 인지·판단(Brain) 기술 성숙의 한계로 산업 전반의 상시 운용 단계에는 이르지 못하고 있다. 이에 따라 현재는 실증과 시험 적용을 통해 기술 완성도와 현장 적용 가능성을 검증하는 단계에 머물러 있다.

지능형 로봇 기술 단계별 상용화 수준과 산업 적용 현황

상용화 측면에서 現 기술수준 위치		비정형 자율 단계에 기술적으로 진입, 산업 적용도 검증 단계		
		→ 먼 미래		
	정형 자동화 단계	부분 자율 운용 단계	비정형 자율* 단계	AGI**
특징	<ul style="list-style-type: none"> 규칙 기반 제어 중심 비전·센서 등 제한적 인지·판단 기능 활용 예외 상황은 사전 정의된 방식으로 처리 실시간 제어 안정성 → 작업자는 공정 설계·감독·유지 보수 담당하고, 로봇은 특정 작업 단위를 독립적으로 수행	<ul style="list-style-type: none"> 시각 정보와 힘·압력 정보를 종합한 상황 인식 상황 인식 후 사전 정의된 범위 내 판단 수행 자율 판단과 원격 제어가 혼합된 구조 → 작업자는 판단과 최종 책임을 담당하고, 로봇은 작업 수행 범위 확장	<ul style="list-style-type: none"> 시각·힘·압력 등 다양한 정보를 활용한 환경 인식 지속적으로 변화하는 비정형 작업 가능 상황 변화에 따른 작업 판단 실시간 시각·인지·판단·작동을 반복하는 완전 제어 구조 안전성·신뢰성·에너지 제약이 기술 적용의 핵심 병목 요인 → 작업자 개입 최소화 되고, 로봇이 자율적으로 작업 수행	<ul style="list-style-type: none"> 인간 수준의 범용 지능을 전제로 한 완전 자율
現 기술 수준 아래 산업별 가능 작업	<ul style="list-style-type: none"> 제조업: 사전 정의된 공정 조건 아래 조립·가공·용접·검사 보조 등 정형 작업 물류·유통: 고정된 동선과 작업 규칙 기반 이송·분류 등 정형 물류 작업 에너지·인프라: 원격 기반 설비 점검·순찰 방위산업: 원격 기반 정찰·감시 	<ul style="list-style-type: none"> 제조업: 공정 간 이동과 간단한 자율 조작을 결합해 작업 변화에 부분적 대응 물류·유통: 표준 작업 자동 수행, 불규칙 상황에서는 사람의 판단을 전제로 피킹 등 작업 수행 에너지·인프라: 설비 이상 감지 및 정해진 절차에 따라 초기 대응 수행 방위산업: 자율 이동을 기반으로 임무를 보조하되 판단과 통제는 사람 담당 	<ul style="list-style-type: none"> 산업 전반 실증·시험 적용 (Testbed) 중심 비정형 환경에서의 자율 이동, 환경 인식, 작업 가능성 검증 	<ul style="list-style-type: none"> 현 시점에서는 산업 적용 단계로 정의하기 어려운 개념적 영역 구현 가능성·시점 형태 모두 불확실

→ Physical AI 도입 및 적용

**범용 인공지능(Artificial General Intelligence, AGI)은 특정 작업에만 특화된 인공지능을 넘어, 인간처럼 여러 종류의 일을 이해하고 학습하며, 배운 내용을 새로운 상황에도 활용할 수 있는 기계 지능을 의미함

*작업 환경이나 조건이 미리 정해져 있지 않은 상황에서도 로봇이 주변을 스스로 인식하고, 그에 맞게 판단해 행동할 수 있는 단계.

다만 산업 현장에서의 실제 적용을 전제로 하기 때문에, 로봇은 정해진 안전 기준 안에서만 자율적으로 작동하며, 문제가 발생할 경우 작업자의 개입이나 즉각적인 중단이 가능하도록 설계됨

**제조업, 정형 공정
중심 자동화에서 비정형
작업으로의 적용 범위 확장**

‘제조업’에서의 지능형 로봇 사용 현황

제조업에서 지능형 로봇은 기존 자동화 로봇이 정착한 공정을 기반으로, 미리 짜인 작업만 수행하던 단계에서 벗어나 **현장 상황에 따라 판단과 조작이 필요한 작업까지 점차 투입되는 단계**에 들어섰다. 기존 자동화로 처리되던 공정 이후, 작업자의 개입이 남아 있던 불규칙한 작업 영역으로 적용 범위가 확대되고 있는 것이다.

**자동차·모빌리티 산업 중심의
지능형 로봇·휴머노이드
실증 확산**

이 가운데 자동차·모빌리티 산업은 지능형 로봇과 휴머노이드 기술을 검증하는 핵심 실증 무대로 작동하고 있다. 공정 구조와 운영 체계가 비교적 안정화돼 있어, 자율 이동과 조작이 결합된 비정형 자율 기술을 실제 생산 환경에서 시험하기에 유리하기 때문이다. 현대차그룹은 보스턴다이나믹스의 휴머노이드 로봇을 부품 분류·이송·조립 보조 등에 적용하며, 완전 무인화를 전제로 하기보다는 사람의 감독 하에서 자율 기술의 산업 적용 가능성을 검증하고 있다. Agility Robotics의 ‘Digit’ 역시 토요타 공장 등에 투입돼 하역과 라인 피딩 등 단순·반복 작업을 중심으로 상용 운용되며, 부분 자율 로봇이 제조 현장에 먼저 정착되는 경로를 보여준다. 중국에서는 전기차 공장을 자율 이동과 작업 수행이 결합된 로봇 기술의 시험 무대로 활용하고 있다. 기술의 초기 완성도보다는 실제 생산 라인에 빠르게 투입해보고, 현장 적용 과정에서 성능을 개선해 나가는 접근이 확산되고 있다.

**반도체·화학·바이오
산업에서의 안전·품질 중심
단계적 도입**

반면 반도체·화학·바이오 산업에서는 지능형 로봇의 활용이 보다 제한적인 범위에 머물러 있다. 반도체 산업은 초정밀·초정정 환경과 수율 중심의 운영 특성으로 인해, 웨이퍼·FOUP 이송, 장비 간 물류, 클린룸 점검 등 운영 보조 영역을 중심으로 적용되고 있다. 화학·바이오 산업 역시 안전성과 규제 준수가 최우선 과제로 작용해, 유해 환경 점검, 설비 상태 모니터링, 시료 처리, 연구·실험 자동화 등 위험 작업 대체와 R&D 지원 분야에서 지능형 로봇이 점차 활용되고 있다. 이는 단순히 기술적 가능성의 부족이라기보다, 품질·안전·책임에 대한 산업별 요구 수준이 자율화 속도를 제약하고 있는 결과에 가깝다. 당분간 반도체·화학·바이오 산업은 자동차 제조처럼 공장 전체를 자율 이동과 작업 수행이 결합된 로봇 기술의 학습 공간으로 활용하기 보다는, 지능형 로봇을 제한된 영역에서 단계적으로 도입하는 전략을 유지할 것으로 보인다.

Agility Robotics의 휴머노이드 로봇 ‘Digit’ 제조·물류 공정 적용 사례



Agility Robotics의 휴머노이드 로봇 ‘Digit’은 토요타의 일부 제조 공정에 투입돼, 토트 하역과 부품 운반, 라인 피딩 등 물류 중심의 단순·반복 작업을 대상으로 RaaS* 형태로 운용되고 있다.

Digit은 비정형 자율 로봇이라기보다, 사전에 정의된 작업 범위 내에서 이동과 적재·이송을 수행하는 모바일 자동화에 가까운 휴머노이드로, 기존 자동화 설비의 적용이 어려웠던 제조 라인 내 물류성 작업을 보완하는 용도로 활용되고 있다. 이는 비정형 환경 전반을 자율적으로 인식·판단하는 수준의 자율성보다는, 현재 산업 현장에서 요구되는 물류 Task를 안정적으로 수행하는 데 초점을 둔 적용 사례로 평가할 수 있다.

*Robot-as-a-Service: 고가의 로봇을 직접 구매하는 대신, 구독료나 사용료를 내고 로봇을 빌려 쓰는 서비스 모델
자료: 각 사

물류·유통 현장 변동성에 대응하는 이동·인식·판단형 지능형 로봇 확산

‘물류·유통’에서의 지능형 로봇 사용 현황

물류·유통 산업에서 지능형 로봇은 상품의 종류·크기·위치가 수시로 바뀌고, 사람과 장비가 동일한 공간에서 함께 작업하는 환경 속에서 **운영 효율과 인력 부담을 동시에 개선하는 수단으로 활용**되고 있다. 고정된 설비와 정형화된 공정을 전제로 한 기존 자동화보다, 이동·인식·판단 기능을 결합해 현장 변동성에 대응할 수 있다는 점에서 활용 가치가 크다.

특히 **물류센터에서는 피킹, 분류, 적재, 이동 등 작업 전반에 자율 이동 로봇(AMR)과 지능형 로봇 팔 도입이 빠르게 확산**되고 있다. 주문량 변동이 크고 작업 동선이 수시로 바뀌는 환경에서도 로봇의 역할과 배치를 유연하게 조정할 수 있어, 성수기 대응과 인력 효율화에 효과적이기 때문이다. 이에 따라 글로벌 이커머스·유통 기업들은 로봇을 특정 공정에 고정 투입하기보다, 물류 흐름 전반을 지원하는 운영 자산으로 활용하는 전략을 강화하고 있다.

대표적으로 Amazon은 자율 이동 로봇을 물류센터 전반에 투입해 피킹·이송·분류 작업을 지원하고 있다. 최근에는 사람과 동일한 작업 공간에서 안전하게 이동·정지할 수 있는 로봇을 도입해, 작업자 이동 거리 축소와 공정 병목 완화를 동시에 추진하고 있다. 이는 지능형 로봇이 단순 자동화 설비를 대체하기보다, 작업자 중심 작업 구조를 유지한 채 생산성을 보완하는 방향으로 활용되고 있음을 보여준다.

유통 분야에서는 영국의 Ocado가 대표적이다. Ocado는 온라인 식료품 유통을 위해 물류센터 전체를 하나의 지능형 시스템으로 설계하고, 다수의 이동 로봇이 협업해 상품을 분류·집품하는 구조를 구축했다. 이 사례는 지능형 로봇이 개별 작업 자동화를 넘어, 물류 운영 방식 자체를 재설계하는 수단으로 활용될 수 있음을 시사한다.

물류·유통 산업의 작업자 감독 기반 부분 자율 운용

다만 **물류·유통 산업에서도 지능형 로봇의 비정형 자율 운용에는 여전히 제약이 존재**한다. 작업자 충돌 리스크, 작업 인식 정확도, 비용 대비 처리 속도는 여전히 주요 과제로 남아 있다. 이로 인해 현재 지능형 로봇의 적용은 작업자 감독을 전제로 한 부분 자율 운용에 집중되고 있으며, 전 공정 대체보다는 반복 부담이 크거나 인력 확보가 어려운 구간을 중심으로 활용 범위를 확대하는 방향으로 전개되고 있다.

Amazon의 지능형 로봇 기반 물류 자동화 사례



Amazon은 자율 이동 로봇과 지능형 로봇 시스템을 물류센터 전반에 투입해 피킹·이송·분류 등 핵심 작업을 처리하고 있다. 2012년 Kiva Systems 인수를 계기로 Proteus, Cardinal, Sparrow 등 다양한 로봇을 조합하며 자동화 범위를 선반 이동, 박스 운반, 비정형 상품 집기까지 확대해왔다.

이들 로봇은 AI·컴퓨터 비전·머신러닝을 결합해 작업 효율을 높이고, 반복·고부하 작업을 보조함으로써 작업자의 근골격계 부상률을 40% 이상 감소시키는 성과를 거두고 있다. 아마존은 완전 무인화보다는 사람과 로봇이 동일한 공간에서 협업하는 구조를 통해 물류 운영 전반의 효율을 단계적으로 개선하는 전략을 취하고 있다.

자료: 각 사

**에너지·인프라 분야는
안전·무인 점검 중심의
지능형 로봇 활용**

에너지·인프라에서의 지능형 로봇 사용 현황

에너지·인프라 분야에서 지능형 로봇은 생산성 향상보다는 안전 확보와 무인·원격 운용을 핵심 목적으로 도입되고 있다. 발전소, 정유·가스 플랜트, 송배전 설비, 터널·교량 등은 고온·고압·방사선·유해 가스 등 위험 요소가 상존해 작업자의 상시 투입이 구조적으로 제한되는 환경이다. 이에 따라 이 분야의 지능형 로봇은 위험 환경을 대신 탐색·점검하고 현장 정보를 수집·전달하는 역할에 초점이 맞춰지고 있다.

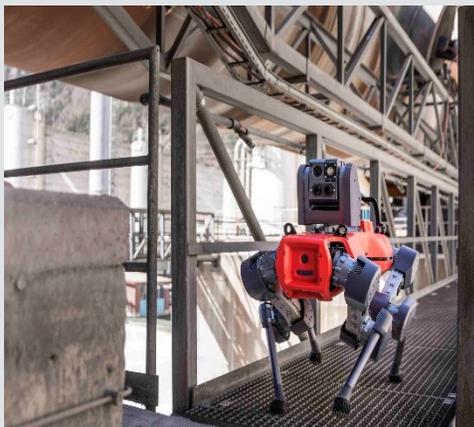
특히 에너지·플랜트 현장에서는 이동형 로봇과 드론 기반 지능형 시스템을 중심으로 도입이 확대되고 있다. 글로벌 에너지 기업과 설비 운영사들은 복잡한 설비 구조를 자율적으로 이동하며 점검을 수행하거나, 접근이 어려운 구간을 원격으로 모니터링하는 로봇을 활용해서 고 위험을 사전 관리하고 있다. 이 과정에서 카메라, 열화상, 가스, 음향 센서를 결합한 지능형 로봇은 설비 상태를 인식하고 이상 징후를 조기에 포착함으로써, 작업자의 직접 접근 이전 단계에서 위험을 통제하는 수단으로 활용되고 있다.

이러한 흐름 속에서 스위스 ANYbotics는 사족보행 로봇을 기반으로 플랜트 무인 점검 영역을 확대하고 있으며, 일본 Toshiba는 원전·방사선 환경에서 원격 조종과 반자율 기능을 결합한 로봇으로 설비 점검과 사고 대응을 수행하고 있다. 미국 Sarcos 역시 고중량 작업과 위험 환경 대응을 목적으로 한 원격·보조형 로봇을 통해 에너지 및 산업 인프라 유지보수 영역에서 활용 범위를 넓히고 있다. 인프라 분야에서도 지능형 로봇의 활용은 확대되고 있다. 교량·터널·댐·송전 설비 등 접근이 어렵거나 고소 작업이 필요한 구조물에 대해, 드론 기반 1차 탐색과 지상 이동 로봇을 활용한 정밀 점검을 결합하는 방식이 적용되고 있다. 이는 점검 주기를 단축하고, 사고 발생 이전 단계에서 구조적 이상을 조기에 포착하는 데 기여하고 있다.

**에너지·인프라 분야는
운영자 감독 아래
부분 자율·원격 운용**

다만 에너지·인프라 분야에서도 지능형 로봇의 완전 자율 테스트베드 및 운용은 제한적이다. **판단 오류나 시스템 오작동 시 대규모 사고로 이어질 수 있는 특성상, 현재 적용은 작업자의 승인과 감독을 전제로 한 부분 자율 또는 원격 운용이 중심**이다. 이 분야에서 지능형 로봇은 현장을 대신해 결정을 수행하기보다는, 위험 정보를 사전에 확보·정리해 운영자의 안전 판단을 지원하는 기술적 보조 수단으로 기능하고 있다.

ANYbotics의 플랜트 가스 누출·위험 감지 지능형 로봇 사례



자료: 각 사

ANYbotics는 사족보행 로봇 ANYmal을 대상으로 가스 누출 및 가스 존재 감지 솔루션을 제공한다. 본 솔루션은 모듈형 가스 센서와 360° 음향 이미징 기술을 결합해 산업 설비 내 가스 누출 위치를 정확하게 식별하고, 주변 가스 농도를 동시에 측정한다. 증기, 압축공기, 독성 가스, 탄화수소 등 다양한 산업용 가스뿐 아니라 부분 방전과 기계적 이상 징후까지 탐지할 수 있다.

ANYmal의 이동형 음향 이미징 기반 점검은 기존 고정형 센서의 한계를 보완해 접근이 어렵거나 비용 부담이 큰 구간까지 점검 범위를 확장하며, 감지 결과는 손실 규모와 비용으로 정량화돼 Data Navigator를 통해 자산 관리와 유지보수 의사결정에 활용된다. 또한 센서 교체형 모듈 구조와 임계값 기반 경보 기능을 통해 가스 누출 위험을 조기에 인지하고 사전 대응을 가능하게 한다.

**전장 불확실성과 인명 위험
분산 목적의 전방 탐지·
정찰형 지능형 로봇 활용**

방위산업에서의 지능형 로봇 사용 현황

방위산업에서 지능형 로봇은 **전장 환경의 불확실성을 낮추고 인명 위험을 분산하기 위한 수단으로 활용**되고 있다. 전장은 지형·기상·위협 요인이 수시로 변화하는 극단적 비정형 환경으로, 사전 정보가 불완전한 상태에서 의사결정이 이뤄지는 특성을 지닌다. 이에 따라 지능형 로봇은 특정 임무를 대체 수행하는 자동화 장비라기보다, 사람 투입 이전 단계에서 상황을 인지하고 위험을 대신 감내하는 전방 탐지·정찰 플랫폼으로 자리 잡고 있다.

실제 방위산업에서는 무인 지상 로봇(UGV), 무인 항공 시스템(UAV), 무인 해상·수중 시스템이 정찰·감시·경계·수색·폭발물 처리 등 다양한 임무에 투입되고 있다. 미국과 유럽 방위산업 기업들이 개발한 무인 지상 로봇은 전방 지역에서 지형과 위협 요소를 탐지하고, 수집된 정보를 실시간으로 지휘 체계에 전달한다. 이들 로봇은 사전 정의된 경로를 반복하기보다, 현장 상황에 따라 이동과 행동을 조정하는 상황 대응형 운용을 전제로 설계돼 있다.

이스라엘과 미국을 중심으로 방산 기업들은 전장 정찰용 무인 항공 시스템과 지상 로봇을 연계해, 사람의 접근이 어려운 지역에서 감시·탐지 체계를 고도화하고 있다. 이 과정에서 지능형 로봇은 독립적으로 판단·행동하기보다는, 센서 융합을 통해 확보한 정보를 사람에게 제공하는 판단 지원 수단으로 활용된다. 교전 여부와 같은 치명적 결정은 여전히 사람이 담당하며, 로봇의 자율성은 탐지·식별·경로 선택 등 제한된 범위에 국한된다.

또한 방위산업에서는 지능형 로봇이 단독 개체로 활용되기보다, 다수의 무인 시스템과 유인 전력이 연결된 네트워크형 전력 구조의 일부로 운용된다. 지상·공중·해상 로봇이 분산 배치돼 정보를 수집·통합함으로써 전장 상황을 입체적으로 인식하는 방식이다. 이때 개별 로봇의 성능보다 연결성, 지속 운용 능력, 통제 가능성이 핵심 평가 기준으로 작용한다.

**인간 통제 전제의 제한적
자율성과 Human-in-the-
loop 운용 원칙 정착**

다만 방위산업에서는 지능형 로봇의 완전 자율 운용이 엄격히 제한된다. 통신 교란, 오인 식별, 예외 상황에서의 판단 오류가 작전 실패와 인명 피해로 직결될 수 있기 때문이다. 이에 따라 현재의 운용은 사람의 통제 하에서 제한된 자율성을 허용하는 인간 중심 운 (Human-in-the-loop)이 기본 원칙이며, 지능형 로봇은 전장의 위험을 분산하고 불확실성을 낮추기 위한 전략적 보조 수단으로 활용되고 있다.

한화에어로스페이스의 폭발물 탐지·제거 로봇 사례



자료: 각 사

한화에어로스페이스의 폭발물 탐지·제거 로봇은 지뢰와 급조폭발물(IED)을 원격으로 탐지·제거하는 지능형 무인 지상 로봇으로, 위험 지역에서 병력 투입을 대체·보완하는 전방 대응 역할을 수행한다.

방위사업청과의 약 2,700억 원 규모 양산 계약을 통해 국내 최초로 국산 국방 로봇 체계가 전력화 단계에 진입했다. 해당 로봇은 360도 조작이 가능한 로봇 팔과 감시 장비를 기반으로, 임무에 따라 탐지·제거 모듈을 교체해 운용할 수 있도록 설계됐다.

운용 개념은 인간 통제 기반 원격·반자율 방식으로, 로봇이 위험 정보를 선제적으로 확보하고 최종 판단과 조치는 사람이 담당한다.

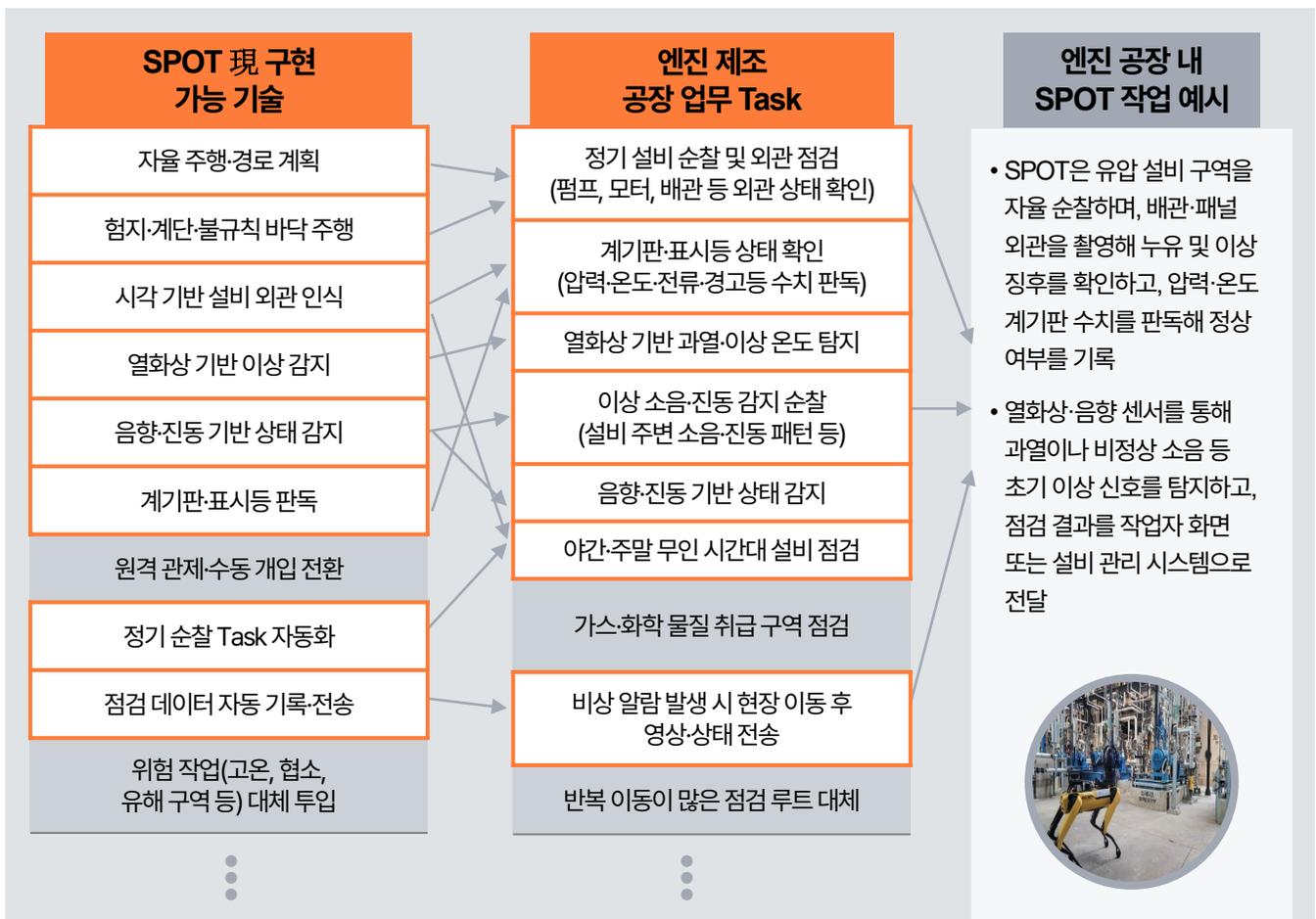
언제 시작해 어떻게 도입할 것인가 (1/3)

지금 가능한 기술로부터 시작하는 Task 단위 지능형 로봇 도입

지능형 로봇 도입은 기술 성숙이 완전해질 때까지 기다리기보다, **현 시점에서 구현 가능한 기술을 기준으로 수행 가능한 Task를 식별해 현장 적용을 축적하며 자율 수행 범위를 점진적으로 확대해 나가는 전략에서 출발**해야 한다. 아직 자율 기술이 완전하지 않은 현 단계에서는 현 기술 수준에서 수행 가능한 Task 적용의 축적이 자율성 확장의 핵심 경로이며, 이러한 축적은 궁극적으로 생산 활동 전반의 자율화와 원가 체계 변화로 이어질 수 있기 때문이다. 이에 따라 **도입 논의의 초점은 '완전 자율 구현 여부'가 아니라, '현 시점에서 지능형 로봇 기술이 수행 가능한 기능과 이를 산업 현장의 어떤 Task와 결합·확장할 수 있는지를 구체적으로 식별**하는 데 있다.

예를 들어, 현재 지능형 로봇 기술이 비정상 부품이나 결함을 식별할 수 있는 수준에 도달해 있다면, 이를 품질 검사나 선별과 같이 판단 부담이 크고 반복성이 높은 Task에 우선 적용해 활용 가능성을 검증하는 접근이 현실적인 선택지가 될 수 있다.

현 시점 지능형 로봇 기술-현장 Task 맵핑과 적용 예시 (엔진 제조공장 내 SPOT 운영 사례)



참고: 본 사례는 독자의 이해를 돕기 위해 엔진 생산 시설과 보스턴다이나믹스의 지능형 로봇 SPOT의 기술 수준을 가정해 구성한 개념적 예시임. 지능형 로봇의 실제 기술 수준과 사업장별 Task 구성은 상이할 수 있으며, 이에 따라 실제 적용 범위와 운영 방식은 현장 여건에 따라 달라질 수 있음

**지능형 로봇 도입
검토의 기본 출발점은
기술-Task 매핑**

다만 앞서 제시한 현재 기술 수준-Task 매핑을 통해 여러 적용 후보가 도출되더라도, 실제 도입의 우선순위와 확산 가능성은 어느 공정·업무 지점에 적용하느냐에 따라 달라질 수 있다. 이에 **지능형 로봇 도입을 검토하는 과정에서는 기술-Task 매핑을 기본으로 하되, 현장 운영 과정에서 병목이 반복적으로 발생하는 지점을 함께 고려할 경우 도입 효과와 확산 가능성을 더욱 높일 수 있다.**

여기서 말하는 운영 병목이란 자동화 설비와 운영 시스템이 이미 구축돼 있음에도 불구하고, 공정 간 이동, 작업 전환, 예외 상황 대응 과정에서 작업자가 현장을 직접 이동해 상태를 확인하고 대응 여부를 결정해야 하는 상황이 반복되며, 그 결과 지연·중단·재작업, 안전·규제 대응 부담, 품질·성과의 변동성과 편차가 구조적으로 누적되는 상태를 의미한다. 센서와 데이터 인프라가 구축돼 있음에도 이를 종합해 '무엇을 확인하고 어떻게 대응할 것인지'를 정리해 실행으로 연결하는 과정이 작업자의 경험과 숙련에 의존하는 경우가 적지 않으며, 이로 인해 특정 시간대(예: 야간 교대)나 특정 구간(예: 작업 전환, 설비 이상 징후 발생 시점)에서는 작은 판단 지연만으로도 운영 성과가 급격히 악화되기 쉽다.

이러한 맥락에서 **운영 병목은 기술적으로 수행 가능한 Task 중 어디부터 적용하는 것 합리적인지를 판단하기 위한 기준으로 활용될 수 있다.** 병목이 집중된 구간은 지능형 로봇 적용에 따른 효과와 한계를 비교적 빠르게 확인할 수 있으며, 파일럿 적용을 통해 안전·품질·책임 구조를 검증하고 운영 데이터를 축적하기에도 적합하다. 또한 해당 구간에서의 적용 경험은 비정형 업무를 Task 단위로 재설계하고 자율 수행 범위를 확장해 나가는 과정으로 자연스럽게 연결될 수 있다.

지능형 로봇 도입 필요성 점검 체크리스트

구분	체크 포인트
운영 안정성	자동화된 공정임에도 예외·변동·판단 지연으로 인한 중단·지연·품질 이슈가 반복되는가?
	사고나 이상을 우려해 공정 조건과 운영 방식을 과도하게 보수적으로 설정하고 있는가?
	특정 구간(전환 시점, 야간, 무인 시간대)에서 성과 하락이 집중되는가?
운영 일관성	동일한 공정에서도 작업자 숙련도, 교대, 인력 변경에 따라 판단·대응 방식이 달라지는가?
	점검·확인 기준이 시스템보다 개인 경험에 의존하는가?
	'사람이 바뀌면 운영이 달라진다'는 인식이 존재하는가?
리스크 사전 관리	이상 징후를 주로 사건 발생 이후에 인지·보고·조치하는 구조인가?
	리스크가 예방 대상이 아니라 사후 대응 대상으로 관리되고 있는가?
	센서·데이터는 많지만, 사전 판단으로 연결되지 못하고 있는가?
인력 구조의 지속 가능성	점검·순찰·확인 등 반복 업무에 인력이 상시 투입되는가?
	숙련 인력 고령화·이탈로 현재 운영 방식의 지속 가능성에 우려가 있는가?
	인력 문제를 채용이나 인원 확대로 해결하기 어려운가?
운영 의사결정	데이터는 많지만 현장 판단에 필요한 정보는 파편화돼 있는가?
	현장 상황이 숫자·알람 위주로 제공돼 판단 부담이 큰가?
	의사결정 품질이 개인 경험과 현장 감각에 크게 의존하는가?
생산성	속도·가동률보다 대기·전환·중단·오류가 실제 성과를 제한하는가?
	기술적으로 가능한 성과 대비 실제 실현률이 낮은가?

자료: 삼일PwC 경영연구원

**검증된 Task를 중심으로 한
지능형 로봇 적용 범위의
점진적 확산**

그렇다면 기업은 지능형 로봇을 어떤 순서와 방식으로 적용·확산해 나가는 것이 합리적일까? 기업의 도입 전략은 **현 시점의 지능형 로봇 기술 수준과 공장 Task 매핑을 통해 도출된 적용 가능 영역을 바탕으로, 운영 맥락을 고려해 우선 적용 대상을 선별하는 접근으로 설계 될 필요**가 있다. 이에 따라 지능형 로봇 활용은 산업 현장 전체를 대상으로 한 일괄적 전환을 의미하는 것이 아니라, 특정 공정·업무 지점에서부터 파일럿 적용을 통해 성과와 한계를 점검하고, 검증된 Task를 중심으로 적용 범위를 점진적으로 넓혀가는 방식으로 추진하는 것이 현실적이다.

지능형 로봇 도입을 위한 단계별 적용·확산 프레임

단계	핵심 질문	주요 판단 포인트	기업 단독 추진 시 한계*
1단계 기술-Task 매핑 (What is Possible)	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 로봇의 현 기술 수준으로 우리 현장에서 무엇까지 가능한가? 	<ul style="list-style-type: none"> 객체·부품·상태 인식, 정상/비정상 분류 등 현 구현 가능한 기술 범위 기술을 공정 단위가 아닌 Task 단위로 분해해 결합 가능성 검토 	<ul style="list-style-type: none"> 현 지능형 로봇 기술 수준 과대 또는 과소 평가 Task 매핑 시, 실제 산업 현장 제약 반영 부족
2단계 적용 출발점 선별 (Where to Start)	<ul style="list-style-type: none"> 기술-Task 매핑으로 도출된 적용 후보 중, 도입의 출발점은 어디가 합리적인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 작업자 이동·대기 판단이 반복 되는 운영 병목 여부 공정 지연·품질 편차가 누적되는 지점인지 여부 	<ul style="list-style-type: none"> 병목을 운영 구조 관점에서 파악하지 못할 경우, 적용 지점 선정 왜곡
3단계 파일럿 Task 정의 (What to Apply)	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 로봇의 현 기술 수준을 기준으로, 산업 현장의 어떤 Task를 어디까지 적용할 것인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 지능형 로봇이 수행할 역할 (판별·분류·알림 등)의 명확성 사람-로봇 협업 구조로 시작 가능한지 여부 	<ul style="list-style-type: none"> 적용 범위를 과도하게 확대해 파일럿을 추진할 경우, 초기 도입 리스크가 증가
4단계 운영 안정성 검증 (How to Stabilize)	<ul style="list-style-type: none"> 현장 운영에 안정적으로 적용되는가? 	<ul style="list-style-type: none"> 오판·중단 발생 시 대응 프로세스 존재 여부 기존 운영·품질 관리 체계와의 연계 가능성 	<ul style="list-style-type: none"> 운영·IT·현장 간 책임 불명확 시 효과 저하
5단계 적용 범위 확장 (Whether & Where to Expand)	<ul style="list-style-type: none"> 어디까지, 어떤 방식으로 확산할 것인가? 	<ul style="list-style-type: none"> 유사 Task·병목 구조의 수평 확산 가능성 표준화 대비 운영 복잡도 증가 수준 	<ul style="list-style-type: none"> 무리한 확산 시 관리 복잡도·운영 부담 급증

*지능형 로봇 도입은 기술 검토를 넘어 운영 설계, 조직 역할 정립, 관리 체계 구축 등 다양한 영역의 검토를 요구하는 만큼, '기업 단독 추진 시 한계'는 이러한 복합적 요소를 기업 내부 역량만으로 관리할 때 발생할 수 있는 주요 제약을 정리함

자료: 삼일PwC 경영연구원

02

How? 산업 현장의 지능형 로봇에 대한 정책·산업별 제언



“지능형 로봇은 공장을 무인화하는 기술이 아니라, 현장에서 수행 가능한 업무를 하나씩 흡수하며 운영을 더 안정적으로 만드는 시스템이다.”

지능형 로봇 확산의 핵심은 ‘완전 자율’의 달성 여부가 아니라, 현 시점의 기술로 수행 가능한 기능을 산업 현장의 구체적 업무에 매핑하고, 이를 반복 운영이 가능한 형태로 정착시키는 과정에 있다. Physical AI 기반 기술은 판단·인식·분류 등 일부 기능을 중심으로 특정 조건에서의 적용 가능성이 확인되고 있으며, 기술 발전과 함께 적용 가능한 업무 범위는 단계적으로 확대되는 흐름을 보이고 있다. 이에 기업은 기술 성숙을 막연히 기다리기보다, 기술 발전 경로를 지속적으로 점검하며 ‘지금 가능한 업무’부터 적용·검증하고, 향후 확장을 염두에 둔 선제적 준비가 요구된다.

지능형 로봇의 확산은 기술 수준의 고도화만으로 자연스럽게 이뤄지지 않는다. 같은 기능이라도 어떤 업무에, 어떤 환경에서, 어떤 운영 규칙으로 투입되는지에 따라 성과가 크게 달라지기 때문이다. 결국 도입과 확산의 판단 기준은 단일 성능 지표가 아니라, 현장 조건에서도 반복적으로 작동하는 운영 안정성, 사람 개입의 단계적 감소, 투자 판단이 가능한 운영 성과의 축적, 그리고 안전·책임·운영 전환 과정에서 발생하는 리스크를 관리할 수 있는 체계에 있다.

이러한 관점에서 정책은 PoC(Proof of Concept) 중심의 기술 검증을 넘어, 현장 적용 이후의 운영 성과를 추적·공유할 수 있는 실증 체계와 평가 기준으로 전환될 필요가 있다. 공급기업은 단품 성능 경쟁을 넘어 운영 부담을 완화하는 시스템 제공자로서, 현장 조건에서도 끊기지 않는 폐루프(Closed Loop) 기반의 반복 작동 완성도, 작업·환경 특성을 반영한 적용 패키지, RaaS 등 다양한 도입 방식을 함께 제시해야 한다. 수요기업은 현 기술로 수행 가능한 업무부터 단계적으로 도입하고, 작업·환경 적합성과 운영 효과를 검증하며, 축적된 성과를 바탕으로 적용 범위를 점진적으로 확장하는 방식으로 도입 전략을 설계할 필요가 있다.

다음에서는 이러한 관점을 바탕으로, 지능형 로봇의 적용과 확산 과정에서 정책, 공급기업, 수요기업이 각각 맡아야 할 역할과 판단 기준을 구체적으로 살펴본다.

정책 제언

연구·개발을 넘어 현장 적용·확산 중심 정책으로 전환해야 한다

지능형 로봇의 확산은 기술 개발 속도만으로 결정되지 않는다. 기술이 일정 수준에 도달하더라도, **산업 현장에서 '운영 가능한 형태'로 작동할 수 있는 제도적 조건이 갖춰지지 않으면 확산은 제한될 수밖에 없다.**

이에 따라 정부 정책 역시 연구·기술 중심 지원을 넘어, **현장 적용과 확산을 가능하게 하는 구조적 조건 정비로 정책의 무게중심을 이동할 필요**가 있다.

지능형 로봇 확산을 위한 정책 전환 포인트

1

운영 기준·책임 구조 정립

- 산업용 지능형 로봇은 자율성 수준과 관계없이 사람의 감독과 책임을 전제로 운용되어야 한다.
- 이를 위해 Human-in-the-loop*를 기본 원칙으로 설정하고, 로봇이 스스로 판단할 수 있는 범위와 사람이 개입·승인해야 하는 시점, 사고·오작동 발생 시 책임이 귀속되는 구간을 명확히 구분하는 운영 기준 중심의 제도적 정비가 요구된다.

*시스템이 자율적으로 판단·작동하되, 특정 단계에서 사람의 감독·개입·승인을 전제로 운용되는 구조를 의미. 산업 현장에서는 판단의 최종 책임과 예외 상황 대응을 사람이 담당하는 것을 기본 전제로 함

2

운영 검증 중심 실증 체계로 전환

- 기존 로봇 실증은 기술 작동 가능성을 확인하기 위한 PoC(Proof of Concept)를 중심으로 추진되는 경우가 많으며, 이는 기술 도입의 중요한 초기 단계로 기능해 왔다.
- 다만 향후 실증 정책은 PoC 이후 단계까지를 포괄해, 실제 현장 투입 시 사람 개입 수준, 운영 중단·지연 발생 여부, 판단의 일관성 등 운영 안정성 측면의 효과를 함께 검증하는 방향으로 고도화될 필요가 있다.

3

공공 주도의 초기 적용·운영 실험을 통한 민간 투자 판단 지원

- 지능형 로봇 확산 정책은 기술 가능성 중심의 실증을 넘어, 민간 기업의 투자금액 대비 실익과 효용성 검토를 전제로 한 도입 판단 구조를 정책 설계에 반영할 필요가 있다.
- 이를 위해 공공 실증 단계에서 생산성 개선, 인력 투입 감소, 운영 안정성 확보 등 정량·정성 성과 지표를 함께 추적하고, 민간이 투자 판단에 활용할 수 있는 기준과 레퍼런스를 제공해야 한다.

4

운영 전환 리스크를 제도적으로 완화

- 지능형 로봇 도입은 단순한 설비 투자가 아니라, 운영 구조 변화와 학습 기간을 수반하는 전환 과정으로 초기 단계에서 불확실성과 부담이 크게 발생한다.
- 이에 따라 성과 기반 보조, 실증 보험 등 초기 실패 리스크를 완충할 수 있는 제도적 장치를 마련해, 수요기업이 운영 전환을 시도할 수 있는 조건을 조성해야 한다.

산업 제언: 공급기업

산업 현장에서 지능형 로봇의 경쟁력을 좌우하는 요소는 안정적 반복 작동 능력이다

지능형 로봇의 산업적 가치는 성능이나 자율성 수준 자체보다, **현장 운영 부담을 얼마나 안정적으로 줄일 수 있는지에 의해 평가되는 방향으로 이동**하고 있다.

이에 따라 공급기업 역시 로봇 및 관련 부품을 단순히 판매하는 역할을 넘어, **현장 조건에서도 반복작동 가능한 시스템 완성도와 작업 환경에 맞춘 적용 방식, 그리고 도입 과정에서 발생하는 비용 운영 부담을 완화할 수 있는 사업 모델까지 함께 고민해야 하는 단계에 진입**하고 있다.

지능형 로봇 확산을 위한 공급기업 측면 접근 포인트

1

운영 부담 완화 주체로 역할 전환

- 지능형 로봇의 가치는 성능이나 자율성 수준이 아니라, 현장 운영 부담을 얼마나 실질적으로 줄였는지에 의해 결정된다.
- 공급기업은 로봇 단품을 공급하는 데 그치지 말고, 현장 운영 병목을 완화하는 해결 주체로서 자신의 역할과 제공 가치를 재정의해야 한다.

2

폐루프* 완성에 집중

- 현 기술 수준에서 지능형 로봇의 경쟁력은 자율 수행 여부 자체가 아니라, 지각-인지-판단-작동이 현장 조건에서도 끊기지 않고 반복적으로 이어지는 폐루프(Closed Loop) 구조의 안정성에 있다.
- 공급기업은 기술 과시적 자율성 경쟁보다, 환경 변화·예외 상황에서도 동일한 판단과 동작이 반복 실행될 수 있는 시스템 완성도를 우선적으로 확보해야 한다.

*폐루프(Closed Loop)란 지각-인지-판단-작동의 결과가 다시 입력으로 환류되어, 현장 조건 변화에 맞춰 로봇의 행동이 지속적으로 조정·반복 실행되는 순환 구조를 의미함

3

작업·환경 특화 패키지 설계 우선시

- 산업 현장에서는 동일한 로봇이라도 어떤 작업, 어떤 환경에 투입되느냐에 따라 성과가 크게 달라진다.
- 공급기업은 범용 로봇 중심 접근보다, 하드웨어·소프트웨어·운영 시나리오를 묶은 작업 단위 패키지 설계를 통해 도입 장벽을 낮추는 전략을 취해야 한다.

4

RaaS* 사업 모델 검토

- 지능형 로봇 도입 과정에서는 다수의 PoC(Proof of Concept) 이후에도 초기 비용, 상시 운영비, 유지 책임 부담으로 구매(CAPEX) 전환이 지연되는 사례가 반복되고 있다.
- 이러한 환경에서 RaaS는 로봇 판매를 대체하기보다, PoC 이후 현장 적용을 조건부 운영(OPEX) 형태로 이어주는 확산 전략 수단으로 기능할 수 있다.

*지능형 로봇을 구매하는 방식이 아니라, 특정 작업을 운영 성과 기준으로 사용하는 서비스형 도입 모델

산업 제언: 수요기업

지능형 로봇 도입은
현 기술로 수행 가능한
업무 식별에서 출발한다

지능형 로봇 도입은 **현 시점의 기술 수준을 기준으로 산업 현장에서 실제로 적용 가능한 업무를 식별하고, 이를 현장에 적용하며 운영 경험을 축적해 나가는 과정으로 접근할 필요**가 있다. 현재의 지능형 로봇은 완전 자율보다는 판단·인식·분류 등 특정 기능을 중심으로 사람의 작업 일부를 대체·보조하는 방식으로 활용되는 경우가 일반적이다.

이에 수요기업은 도입 여부를 단일 성능이나 자율성 수준이 아니라, 어떤 업무를 어디서부터 적용할 수 있는지, 해당 적용이 현장 조건에서도 반복적으로 작동하는지, 그리고 그 과정에서 작업자의 개입이 단계적으로 어떻게 변화하는지를 중심으로 검토할 필요가 있다. 이러한 관점에서 지능형 로봇 도입은 업무 단위 적용과 효과 검증을 통해 적용 범위를 점진적으로 확장해 나가는 전략으로 설계되는 것이 현실적이다.

수요기업 관점의 지능형 로봇 도입 활용 포인트

1

기술적으로 수행
가능한 Task부터
단계적으로 도입

- 지능형 로봇 도입은 현 시점에서 기술적으로 구현 가능한 기능을 기준으로, 지능형 로봇이 담당할 수 있는 구체적인 Task를 식별하는 것에서 출발할 필요가 있다.
- 이후 해당 업무를 현장에 적용해 작업자의 판단·이동·확인 부담이 실제로 어떻게 변화하는지를 점검하고, 검증된 영역을 중심으로 적용 범위를 점진적으로 넓혀가는 접근이 현실적이다.

2

작업·환경 적합성
기준으로
도입 효과 평가

- 산업 현장에서는 동일한 로봇이라도 어떤 작업, 어떤 환경에 투입되는지에 따라 성과 차이가 크게 발생한다.
- 로봇의 범용성보다, 자사 공정과 환경에서 반복 적용이 가능한지 여부를 기준으로 도입 전략과 효과를 평가해야 한다.

3

운영 경험
축적할 수 있는
도입 방식 검토

- 초기 투자 비용과 운영 부담으로 인해, 기술 검증 이후에도 즉각적인 구매 결정(CAPEX)이 어려운 상황이 반복되고 있다.
- 수요기업은 RaaS와 같은 운영 기반 도입 방식을 활용해, 비용·운영 부담을 제한한 상태에서 실제 운영 경험을 축적하는 접근을 검토할 필요가 있다.

4

지능형 로봇 도입
성과를 사업 모델로
확장

- 지능형 로봇 도입이 실제 운영 단계에서 안정화될 경우, 공정 방식과 운영 효율 개선에 대한 축적된 경험이 자산으로 전환된다.
- 이러한 운영 경험을 단일 현장 성과에 그치지 않고, 운영 성과를 기반으로 한 서비스형 사업 모델 확장 가능성까지 함께 검토할 필요가 있다.

Business Contacts

Deals

윤 덕 은 Partner
dug-eun.yoon@pwc.com

홍 승 환 Partner
seunghwan.hong@pwc.com

김 민 승 Director
myn-sung.kim@pwc.com

Author Contacts

삼일PwC 경영연구원

이은영 상무
eunyoung.lee@pwc.com

김효진 연구원
hyojin.h.kim@pwc.com

삼일PwC 경영연구원

최재영 경영연구원장
jaeyoung.j.choi@pwc.com



PwC Korea의 간행물은 일반적인 정보제공 및 지식전달을 위하여 제작된 것으로, 구체적인 회계이슈나 세무이슈 등에 대한 PwC Korea의 의견이 아님을 유념하여 주시기 바랍니다. 본 간행물의 정보를 이용하여 문제가 발생하는 경우 PwC Korea는 어떠한 법적 책임도 지지 아니하며, 본 간행물의 정보와 관련하여 의사결정이 필요한 경우에는, 반드시 PwC Korea 전문가의 자문 또는 조언을 받으시기 바랍니다.

S/N: 2603W-RP-041

© 2026 PwC Korea. All rights reserved. PwC refers to the Korea group of member firms and may sometimes refer to the PwC network. Each member firm is a separate legal entity. Please see www.pwc.com/structure for further details.