

07 | AI·로봇 기반 물류 자동화 기술 개발 동향¹⁾

1 물류 산업 내 AI·로봇 융합 동향

□ 물류 산업의 구조적 여건 변화와 자동화 수요 확대

- 전자상거래 확산과 배송 경쟁 심화로 온라인 주문이 늘면서 물류센터의 피킹·포장·분류 작업이 더욱 복잡해지는 추세
 - 온라인 주문은 낱개 단위의 피킹·포장·분류 작업을 요구하여, 기존 팔레트 단위 대량 처리 방식 대비 작업 공수와 오류 가능성이 크게 증가
 - 당일·새벽 배송 등 배송 리드타임 단축 경쟁으로 물류센터의 24시간 고속·고정확 처리 역량이 기업 경쟁력의 핵심 요소로 부상
 - 국가데이터처에 따르면 2025년 12월 국내 온라인쇼핑 거래액은 24조 2,904억 원 (전년 동월 대비+6.2%), 이 중 모바일이 18조 7,991억 원(77.4%)에 달해 소량·다빈도 주문 처리 수요가 구조적으로 확대
- 만성적인 물류 인력 부족과 인건비 상승이 지속되면서 생산성 확보와 운영 안정성을 위한 물류센터 자동화 및 로봇 도입이 본격화
 - 물류창고 작업은 고강도·반복 노동 특성으로 구인난과 높은 이직률이 지속되고 있으며, 주요국 공통으로 현장 인력 부족이 심화
 - 국제로봇연맹(IFR)은 전문 서비스 로봇 수요 확대의 핵심 요인으로 숙련 인력 부족을 지목하며, 물류 현장의 자동화 수요가 지속적으로 확대될 것으로 전망
 - 반복적이고 고강도인 물류 작업의 기피 현상과 임금 상승이 맞물리면서 기업들은 생산성 유지와 운영 안정성을 위해 자동화 도입을 가속화
- 국내 물류 산업은 주요국 대비 스마트 물류 기술 수준이 낮고 자동화도 제한적이어서 산업 전반의 첨단화와 디지털 전환이 시급한 상황
 - 국토교통부에 따르면 국내 스마트 물류 기술 수준은 최고기술국(미국=100%) 대비 78.5%로, EU(96%), 일본(88%), 중국(80.5%)보다 낮은 수준
 - 물류창고의 자동화·무인화가 진행 중이나 여전히 노동집약적 형태에 치중되어 있어, 산업 전반의 전방위적 첨단화 전환 필요

〈표〉 주요국 스마트 물류 기술 수준 비교(최고기술국 대비)

미국	EU	일본	중국	한국
100%	96%	88%	80.5%	78.5%
최고기술 보유	기술 선도그룹	기술 선도그룹	기술 추격그룹	기술 추격그룹

※ 출처: 국토교통부(2023.02), 스마트 물류 인프라 구축방안

1) 고려대학교 미래모빌리티 학과 송영은 교수(tdsong@korea.ac.kr)

본고는 전자의 개인적인 견해이며 국토교통부와 KAIA의 공식적인 의견은 아닙니다.

□ 글로벌 물류 자동화 시장 동향 및 전망

- 물류창고 자동화 시장은 물류 효율화 수요와 기술 발전에 힘입어 고성장을 이어가는 가운데, 자동화 보급률이 낮아 향후 성장 잠재력도 큰 시장으로 전망
 - 글로벌 물류창고 자동화(Warehouse Automation) 시장은 2023년 약 192억 달러(약 26조 원)에서 2030년 약 595억 달러(약 82조 원)로 연평균 18.7% 성장 전망
 - 시장조사기관 LogisticsIQ도 동 시장이 2024~2030년 연평균 15% 성장을 통해 2030년 550억 달러 규모에 도달할 것으로 전망
 - 미국·중국·독일이 세계 물류 자동화 시장의 절반 이상을 차지하는 가운데, 전 세계 창고의 대부분은 여전히 수작업 중심으로 운영돼 자동화 성장 잠재력이 큰 것으로 평가
- 물류 자동화 시장은 북미가 최대 시장을 형성한 가운데, 하드웨어 중심의 시장 구조와 AGV·AMR 등 자율이동로봇의 높은 성장세가 두드러지는 양상
 - 북미는 2023년 매출 기준 세계 물류 자동화 시장의 36.7%를 차지하며 최대 시장을 형성하고, 기술 혁신과 투자 확대를 바탕으로 시장 성장을 주도
 - 구성 요소별로는 AS/RS·컨베이어·로봇 등 하드웨어가 58% 이상을 차지하고, WMS·WES 등 소프트웨어 부문이 가장 빠르게 성장할 전망
 - 기술별로는 AGV·AMR 부문이 연평균 20% 이상 성장하여 2030년 전체 물류 자동화 시장의 20% 이상을 차지할 전망



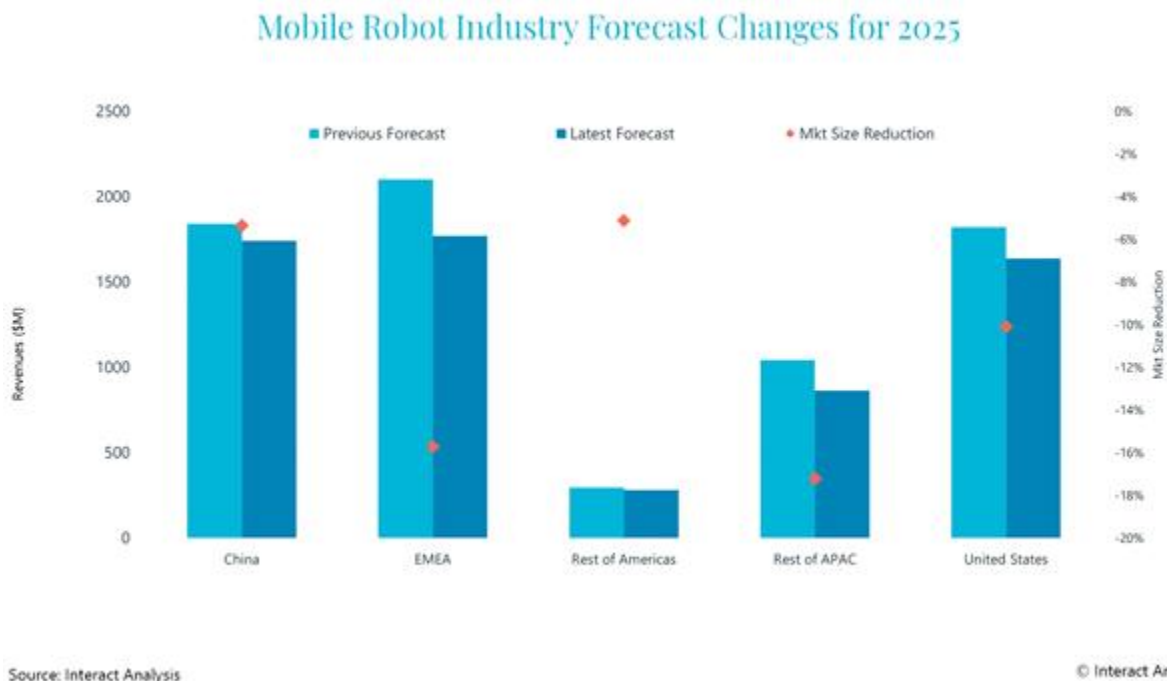
[그림] 글로벌 물류창고 자동화 시장 전망(~2030)

※ 출처: LogisticsIQ(2024.09), Warehouse Automation Market Report(5th Edition)

Grand View Research(2024.09), Warehouse Automation Market Size, Share & Trends Analysis Report 2024-2030

□ 물류 모바일 로봇(AGV·AMR) 시장 세부 동향

- 글로벌 물류 모바일 로봇 시장은 AGV 중심에서 자율주행 기반 AMR 중심으로 전환이 가속화되며, 고성장과 시장 재편이 본격화되는 추세
 - 시장조사기관 Interact Analysis에 따르면 글로벌 모바일 로봇 시장 매출은 2030년 156억 달러 규모로 향후 5년간 연평균 약 21% 성장 전망
 - 기존 AGV의 출하 성장률은 둔화되는 반면, 자율주행 기반 AMR과 P2G 로봇이 빠르게 성장하며 물류 자동화 시장 재편을 주도
 - 중국 공급기업이 전 세계 모바일 로봇 출하량의 약 3분의 2, 매출의 절반 이상을 공급하며 시장을 주도하는 가운데, 관세 등 통상환경 변화가 글로벌 공급망 재편의 변수로 부상
- 물류 모바일 로봇 시장은 자동화 수요를 바탕으로 성장세가 이어질 전망이나, 통상환경 변화와 투자 위축으로 단기 불확실성도 지속
 - 2030년 모바일 로봇 누적 설치 대수는 420만 대를 초과할 전망이나, 풀필먼트 AMR을 도입한 창고 비중은 13%, 신규 출하 지게차 중 자동화 비중은 3%에 불과할 것으로 예상되어 성장 여력 상존
 - 세계 경제정책 불확실성 지수(GEPU)가 2025년 1월 사상 최고치(430)를 기록하는 등 불확실성 확대로 기업들의 투자'관망(Wait-and-see)' 기조가 확산
 - 글로벌 관세·통상환경 불확실성으로 2025년 시장 전망치가 8억 달러 하향 조정되는 등 단기적으로는 투자 관망세도 존재

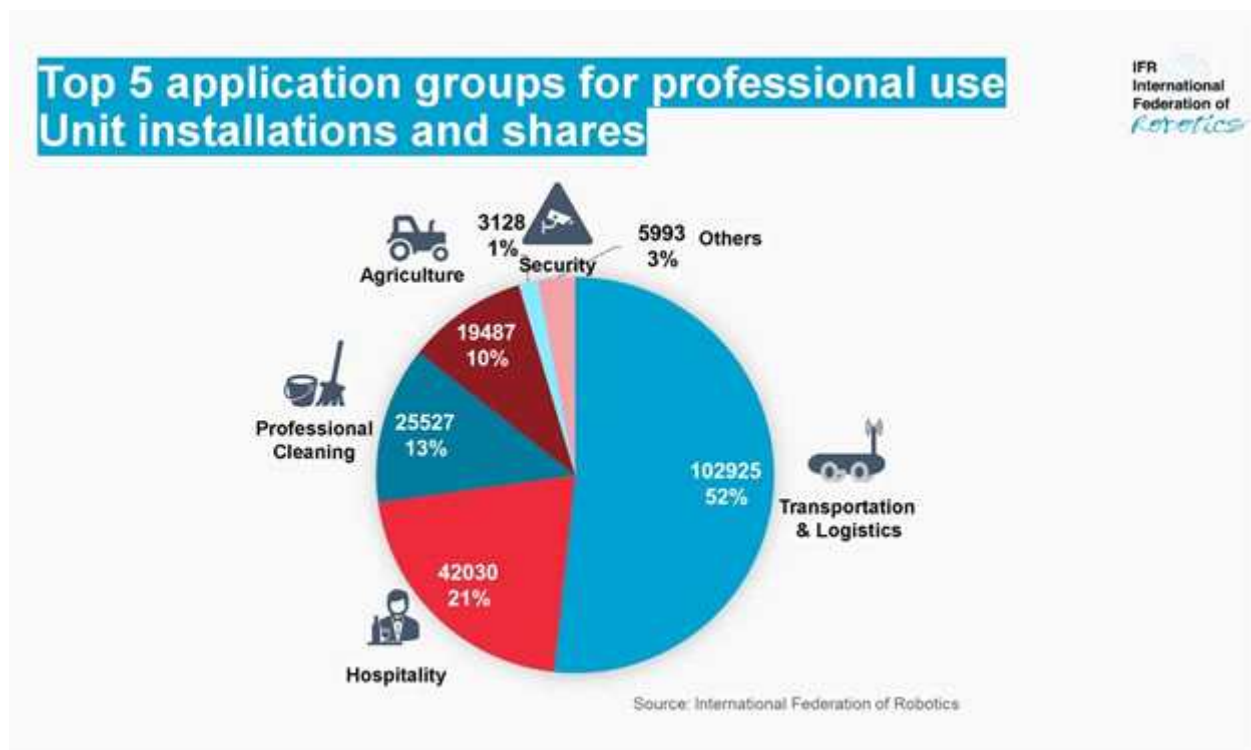


[그림] 글로벌 모바일 로봇 시장 전망 및 지역별 조정

※ 출처: Interact Analysis(2025.05), Mobile Robot Market Report

□ 서비스 로봇 시장 내 물류 로봇의 위상

- 물류·운송 분야는 전문 서비스 로봇 판매의 절반 이상을 차지하는 최대 응용처로, 실내 물류용 모바일 로봇을 중심으로 시장 성장을 견인
 - IFR 「World Robotics 2025」에 따르면 2024년 전문 서비스 로봇 판매량은 약 20만 대로 전년 대비 9% 증가하며 지속적인 성장세를 유지
 - 이 중 운송·물류 (Transportation & Logistics) 분야가 10만 2,900대 (전년 대비+14%)로 전체의 51%를 차지하며 최대 응용 분야를 기록
 - 판매된 로봇 중 약 8만 1,800대는 실내 물류(인트라로지스틱스)용 모바일 로봇이며, 공급의 약 84%를 아시아·태평양 지역이 차지 (유럽 11%, 미주 5%)
- 초기 투자 부담을 줄이는 RaaS 모델이 빠르게 확산되면서 물류 분야를 중심으로 로봇 도입이 확대되고 자동화 방식도 다양해지는 추세
 - 초기 투자 부담 없이 자동화를 도입하려는 수요 확대로 RaaS(Robot-as-a-Service) 운용 대수가 전년 대비 31% 증가
 - 물류 분야 RaaS는 전년 대비 42% 성장하며 초기 투자 부담을 줄이는 새로운 로봇 도입 방식으로 자리잡는 추세
 - 구독형 서비스 기반의 RaaS는 초기 구축 비용과 운영 부담을 낮춰 중소기업까지 로봇 자동화 도입을 확대하는 요인으로 작용



[그림] 전문 서비스 로봇 상위 응용 분야별 판매량(2024)

※ 출처: IFR(2025.10), World Robotics 2025 – Service Robots

□ 물류 분야 AI·로봇 융합 연구 동향

- 스마트 물류창고 분야에서는 AI·IoT·로봇 기술의 융합을 중심으로 운영 효율성과 안전성 향상을 위한 학술 연구와 국제 공동연구가 지속 확대
 - 물류창고 기술에 대한 서지 계량(Bibliometric) 분석 결과, AI·IoT·로봇 기술의 창고 운영 통합이 최근 연구의 핵심 주제로 부상하고 국가 간 공동 연구도 확대되는 추세
 - 키워드·주제 진화 분석 결과, 지능형 기술과 인더스트리 4.0 원칙의 도입에 따라 처리 효율성과 함께 창고 관리의 안전성(Safety)을 다루는 연구의 중요성이 부각
 - 센서·IoT·AI 기반 데이터를 통합 활용해 물류센터 운영 전반의 의사결정과 자원 활용을 최적화하는 연구도 활발히 추진
- 물류 자동화 연구는 개별 장비 중심에서 AI 기반 시스템 지능화와 다수 로봇 협업을 구현하는 통합 운영 기술 중심으로 빠르게 전환
 - 개별 장비의 자동화를 넘어 대규모 로봇 군집 제어, AI 기반 창고 실행 시스템(WES) 지능화, 로봇 파운데이션 모델 등으로 연구 영역이 확장
 - 처리 효율성 향상과 함께 인간과 로봇이 함께 작업하는 환경의 안전성과 신뢰성을 확보하기 위한 연구 비중도 지속적으로 증가
 - 다양한 로봇과 자동화 설비를 통합 제어하고 작업을 실시간으로 조정하는 협업 기반 지능형 운영 기술 연구도 확대
- 생성형 AI와 로봇 파운데이션 모델 발전으로 자연어 기반 작업 수행과 범용 로봇 구현을 위한 물류 분야 연구가 빠르게 확산
 - 2022년 이후 거대언어모델(LLM)·생성형 AI의 급속한 발전이 로봇 지능 연구로 파급되며, 자연어 지시 기반 물류 작업 수행과 로봇 행동 계획(Task Planning) 연구가 활발
 - 특정 장비·작업에 종속되지 않는 범용 로봇 파운데이션 모델 연구가 학계·산업계 공동으로 급증하며, 물류가 휴머노이드 등 차세대 로봇의 최우선 실증 도메인으로 부상
 - 생성형 AI를 활용해 작업 지시 생성과 예외 상황 대응, 작업 계획 최적화를 자동화하는 물류 응용 연구도 활발히 진행
- AI·로봇과 디지털 트윈 기술을 연계해 물류센터 운영을 가상환경에서 검증·최적화하는 실증 연구가 활발히 추진되는 추세
 - 디지털 트윈 기반 시뮬레이션을 활용해 물류센터의 설비 배치와 작업 동선, 로봇 운영 전략을 사전에 검증하고 운영 효율을 높이는 연구가 확대
 - 실시간 센서 데이터와 AI 분석을 연계한 디지털 트윈 기술이 물류센터의 운영 안정성과 예지보전, 안전관리 고도화 연구로 확산
 - 디지털 트윈 기반 실증 결과를 실제 물류센터 운영에 반영해 생산성과 안전성을 지속적으로 개선하는 연구도 확대

※ 출처: Procedia Computer Science(2025), Tracing the Evolution of Warehouse Technologies: A Bibliometric

② AI·로봇 기반 물류 자동화 기술개발 현황 및 적용 사례

□ 물류 자동화 기술의 패러다임 변화

- 물류 자동화는 고정식 설비와 유도식 AGV를 거쳐 자율주행 AMR과 피지컬 AI 기반의 범용 로봇 중심으로 기술 진화가 가속화
 - (1세대, 고정식 자동화) 컨베이어·고정형 AS/RS 등 대규모 고정 설비 중심으로 정형·대량 물동량 처리에 최적화되었으나, 레이아웃 변경이 어렵고 초기 투자 부담이 큼
 - (2세대, 유도식 AGV) 자기테이프·QR코드 등 유도 인프라를 따라 주행하는 AGV가 도입되어 반송 작업의 자동화를 실현하였으나, 경로 변경 시 인프라 재구축 필요
 - (3세대, 자율주행 AMR) SLAM(동시적 위치추정·지도작성) 기반으로 유도 인프라 없이 자율주행하며 사람·장애물을 실시간 회피, 기존 창고에도 유연한 도입 가능
 - (4세대, 피지컬 AI) 파운데이션 모델 기반으로 비정형 환경을 인식·추론하고 이동과 조작(Manipulation)을 통합 수행하는 범용 로봇 지능으로 변화

〈표〉 물류 자동화 기술의 세대별 비교

구분	1세대 고정식	2세대 AGV	3세대 AMR	4세대 피지컬 AI
주행·작업	고정 설비 반송	유도선·QR 추종	SLAM 자율주행	자율주행 조작 통합
필요 인프라	전용 구조물	자기테이프·QR	별도 인프라 불요	별도 인프라 불요
유연성	낮음	중간	높음	매우 높음
지능 수준	시퀀스 제어	중앙 관제 주행	실시간 경로계획·회피	파운데이션 모델 추론
대표 기술	소터, 고정 AS/RS	GTP 선반 이송 로봇	협동 피킹 AMR	휴머노이드, VLA 로봇

□ 주요 기술 분야별 개발 현황

- (이송·반송) 자율이동로봇과 대규모 군집 제어 기술은 물류 이송 효율을 높이는 핵심 기술로, 생성형 AI 기반 운영 최적화 기술 도입도 확대
 - 로봇이 선반·토트를 작업자에게 이송하는 GTP(Goods-to-Person) 방식으로 작업자의 보행을 제거하여 피킹 생산성을 획기적으로 향상
 - 수백~수천 대 로봇의 실시간 교통 관제·작업 할당을 담당하는 플릿 매니지먼트(Fleet Management) 소프트웨어가 핵심 경쟁력으로 부상
 - 아마존은 물류 로봇 군집의 이동을 최적화하는 생성형 AI 파운데이션 모델 'DeepFleet'을 도입하여 로봇 이동 시간을 10% 단축
- (피킹) 비전 AI와 로봇 매니플레이션 기술은 다양한 상품의 인식과 파지를 자동화하며 복잡한 피킹 작업까지 적용 범위를 확대
 - 딥러닝 비전과 파지(Grasping) AI를 결합한 피스 피킹(Piece Picking) 로봇이 다품종 날개 상품의 인식·파지·이재 작업을 자동화



- 아마존은 흡착 기반 피킹 로봇‘Sparrow’에 이어 힘 피드백 센서로 촉각을 구현한‘Vulcan’을 공개해 좁은 선반 내 상품 적치·인출 등 인간 고유 영역으로 여겨지던 작업의 자동화 확대
- 3차원 비전과 촉각 센서를 융합한 로봇 기술이 다양한 형태와 재질의 상품도 안정적으로 인식하고 파지하는 수준으로 발전
- (보관) 고밀도 자동 저장·반출 시스템과 재고 지능화 기술은 보관 효율과 재고 정확도를 높이며 물류센터 운영 고도화를 견인
 - 큐브형 스토리지·셔틀 AS/RS 등 로봇 기반 고밀도 보관 기술을 활용해 제한된 공간의 보관 효율을 높이고, 상품 입출고 속도와 물류 처리 효율을 동시에 향상
 - 드론·마스트(고소·리치)형 로봇을 활용한 재고조사 자동화 기술이 확산되며 고층 랙 재고 정확도 향상과 고소작업 안전사고 예방에 기여
 - AI 기반 재고 수요 예측과 자동 저장·배치 전략을 연계하여 물품의 위치와 보관 공간을 최적화하고, 창고 공간 활용률과 입출고 작업 효율을 높이는 지능형 보관 기술의 적용 확대
- (분류) 소팅 로봇과 자동 분류 시스템은 고속·대량 분류 작업을 자동화해 택배 물류의 처리 효율과 운영 생산성을 높이는 핵심 기술로 부상
 - 운송장 바코드를 인식하여 배송지별로 상품을 자동 분류하는 소팅 봇, 3차원 소터 등이 택배 터미널의 고강도 분류 작업을 대체
 - AI 영상인식과 자동 분류 기술을 결합해 다양한 크기·형태의 화물을 신속하게 인식·분류하고, 물류 처리 속도와 분류 정확도를 높이는 기술 개발 확대
- (하역·상차) 하역 자동화 로봇은 고중량 화물의 상·하차 작업을 자동화해 작업자 부담을 줄이고 물류 현장의 안전성과 생산성을 동시에 향상
 - 고중량 박스를 연속 하역하는 이동형 매니퓰레이터(Boston Dynamics ‘Stretch’ 등)가 상용화되어, 근골격계 부담이 큰 컨테이너 하역 작업의 자동화가 본격화
 - DHL은 2023년 동 로봇을 세계 최초로 상용 배치한 데 이어 2030년까지 1,000대 이상을 추가 도입하는 협약을 체결하는 등 상·하차 자동화 투자를 확대
 - 비전 AI와 힘 제어 기술을 적용한 하역 로봇이 다양한 크기와 중량의 화물을 인식하고 안정적으로 처리할 수 있도록 기술 고도화
- (실외) 실외 자율주행 로봇은 야드 자동화와 라스트 마일 배송으로 적용 범위를 넓히는 가운데 제도 개선을 기반으로 상용화가 본격화
 - 물류센터 야드 내 자율주행 야드 트럭·무인 지게차와 보도 주행형 라스트 마일 배송 로봇의 실증·상용화 확대
 - 국내는 지능형로봇법과 도로교통법 개정으로 운행 안전 인증을 받은 실외 이동로봇의 보도 통행을 허용하며 로봇 배송의 제도적 기반을 마련
 - 자율주행과 원격관제 기술을 결합한 실외 이동로봇이 물류단지와 도심 배송 현장으로 실증 범위를 확대하며 실제 배송 서비스 적용과 상용화를 가속화

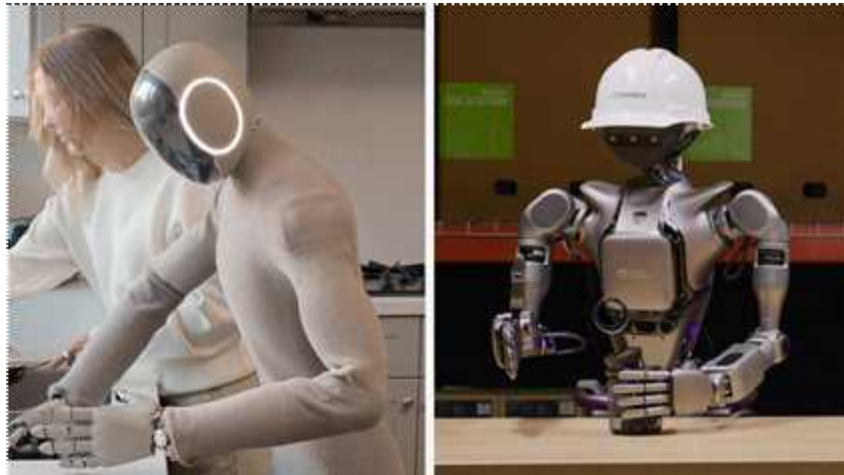
※ 출처: Amazon(2025), 보도자료

DHL·Boston Dynamics(2023, 2025), 보도자료

산업통상자원부·경찰청(2023.11), 보도자료

□ 물류 자동화에 활용되는 주요 AI 기술

- 컴퓨터 비전과 딥러닝 기술은 상품 인식과 검수, 파손 감지, 파지점 추정을 자동화하며 물류 작업의 정확도와 효율을 향상
 - CNN 등 딥러닝 비전으로 상품 식별·검수·파손 감지를 자동화하고, 6D 자세 추정으로 비정형 상품의 파지점(Grasp Point)을 산출
 - 바코드·운송장 인식과 적재 상태 3차원 스캔 등 컴퓨터 비전 기술이 물류 전 공정에 적용되며 시각 지능화가 빠르게 확산
 - 멀티카메라와 AI 영상 분석을 결합한 비전 기술이 상품 위치와 상태를 실시간으로 인식해 검수 정확도와 작업 안정성을 높이는 방향으로 발전
- 강화학습과 운영 최적화 시를 활용해 다중 로봇의 이동경로와 작업 할당, 재고 배치를 최적화하고 물류 처리 속도와 운영 효율을 향상
 - 강화학습·최적화 알고리즘 기반의 다중 로봇 경로계획과 작업 할당으로 병목·교착(Deadlock)을 방지하고 처리량을 극대화
 - AI 수요예측과 연계한 재고 배치 최적화 기술이 로봇과 작업자의 이동 거리를 줄여 물류센터 운영 효율을 높이는 핵심 기술로 부상
 - 실시간 물동량과 작업 상황을 반영한 AI 의사결정 기술이 로봇 운행과 작업 순서를 유연하게 조정해 운영 효율을 높이는 추세
- 로봇 파운데이션 모델과 VLA는 시각·언어·행동 정보를 통합 학습해 다양한 물류 작업을 수행하는 범용 로봇 지능 구현을 가속화
 - 시각·언어·행동 데이터를 통합 학습한 VLA 모델이 미학습 상품·작업에 대한 일반화 능력을 확보하며 물류 조작 작업의 범용화를 견인
 - NVIDIA는 개방형 휴머노이드 파운데이션 모델 Isaac GR00T N1을 공개하고 자재 취급(Material Handling)·패키징·검수를 주요 응용 분야로 제시
 - 빠른 반사 행동을 담당하는 System 1(행동 모델)과 심층 추론을 담당하는 System 2(비전 언어 모델)의 이중 구조로 파지·양팔 이송 등 복합 작업을 일반화
- 디지털 트윈과 시뮬레이션 기반 로봇 학습을 활용해 가상환경에서 로봇의 작업·제어 방식을 사전에 검증하고, 실제 물류 현장에 적용하는 기술개발 방식이 빠르게 확산
 - 물류센터 디지털 트윈에서 로봇의 작업·제어 정책을 사전에 학습·검증한 후 실제 물류 현장에 적용하는 Sim-to-Real 개발 방식이 빠르게 확산
 - GPU 가속 시뮬레이션(Isaac Sim·Isaac Lab 등)과 합성데이터 생성 기술을 활용해 실제 물류 현장의 학습 데이터 부족을 보완하고, 로봇 학습·검증 효율을 향상
 - 가상환경에서 생성한 합성데이터를 로봇 학습에 활용해 실제 물류 현장의 데이터 부족 문제를 보완하고, 데이터 수집과 학습에 필요한 시간·비용을 줄이는 기술개발 확대



[그림] NVIDIA Isaac GR00T 휴머노이드 파운데이션 모델

※ 출처: NVIDIA(2025.03), NVIDIA Isaac GR00T N1 발표 자료(NVIDIA Newsroom)

□ 해외 기업 적용 사례

- (아마존) 아마존은 세계 최대 규모의 물류 로봇 운영 체계에 생성형 AI를 접목해 물류 전 공정의 지능화와 운영 최적화를 선도
 - 2025년 7월 누적 100만 번째 로봇을 배치하며 세계 최대 모바일 로봇 제조·운영 기업 지위를 확보하며 전 세계 300개 이상 시설에서 로봇을 운영
 - 2012년 Kiva Systems 인수 이후 Hercules·Pegasus·Proteus 등 로봇 라인업을 확대하며 글로벌 배송 물량의 약 75%를 로봇 지원 체계로 처리
 - 생성형 AI 파운데이션 모델 Deep Fleet으로 전체 네트워크의 로봇 이동을 최적화하여 이동 시간을 10% 절감하고, 2019년 이후 70만 명 이상의 직원 재교육을 병행
 - AI·로봇·컴퓨터 비전을 결합한 컨테이너형 재고 시스템‘Sequoia’로 재고 식별·수납 속도를 기존 대비 최대 75% 개선하는 등 입고·보관·피킹·포장 전 공정의 자동화를 확대



[그림] 아마존 물류센터의 자율이동로봇과 100만 대 로봇 운영

※ 출처: Amazon(2025.07), Amazon deploys over 1 million robots and launches new AI foundation model

- (GXO·Agility Robotics) 휴머노이드 로봇을 물류 현장에 최초로 상용 배치하고, 실제 물류 작업 적용을 통해 차세대 물류 자동화 기술의 상용화를 선도
 - 2024년 6월 이족보행 휴머노이드 'Digit'의 다년 공급 계약을 체결하여 업계 최초의 휴머노이드 정식 상용 배치이자 최초의 휴머노이드 RaaS 계약으로 기록
 - 미국 조지아주 SPANX 물류센터에서 AMR과 연계하여 토트(Tote)를 컨베이어로 옮기는 반복 작업을 수행하며, 클라우드 플랫폼(Agility Arc)으로 로봇 군집을 운영
 - 시뮬레이션 기반 강화학습으로 훈련한 제어 정책을 실제 로봇에 이전하는 Sim·to·Real 방식으로 개발되어 현장 적응성을 확보
 - 휴머노이드 로봇은 반복적이고 인력 의존도가 높은 물류 작업을 대체해 작업 효율을 높이고 인력 부족 문제를 완화하는 대안으로 주목



[그림] GXO 물류센터에 상용 배치된 휴머노이드 'Digit'

※ 출처: Agility Robotics·GXO(2024.06), 공동 보도자료(agilityrobotics.com)

- (오카도) 그리드 기반 로봇 풀필먼트 플랫폼을 구축하고 자동화 기술을 글로벌 유통기업에 수출하는 플랫폼 사업을 확대
 - 큐브형 그리드 위에서 수천 대의 로봇이 협업하여 온라인 식료품 주문을 처리하는 로봇 풀필먼트 플랫폼을 구축하고, 글로벌 유통사에 기술·시스템을 수출
 - 물류 자동화 기술 자체가 수출 상품이 되는 '기술 플랫폼 비즈니스' 모델을 입증하며, 유통기업의 물류 기술 내재화 경쟁을 촉발
 - 표준화된 로봇 제어 소프트웨어와 자동화 플랫폼을 패키지 형태로 제공해 고객 맞춤형 물류센터 구축과 글로벌 사업 확장을 지원

□ 국내 기업 적용 사례

- (쿠팡) 아시아 최대급 AI 기반 자동화 물류센터를 구축하고, 로봇 기반 물류 운영을 통해 처리 효율과 자동화 수준을 높이며 스마트 물류 혁신을 선도
 - 대구 풀필먼트센터(FC)에 3,200억 원 이상을 투자하여 1,000여 대의 AGV, 소팅 봇, 무인 지게차 등 단일 센터 기준 국내 최대 수준의 물류 로봇을 적용
 - AGV가 최대 1톤 선반을 들어 작업자에게 이송하는 GTP 방식으로 전체 업무 단계를 65% 절감하고, 평균 2분 내 상품을 작업자에게 전달
 - 소팅 봇이 운송장 스캔 후 배송지별로 상품을 자동 분류하고, 무인 지게차가 QR코드 인식 기반으로 파렛트 이송을 수행하여 안전사고 위험 저감
- (쿠팡) AI 기반 통합 물류 운영체계를 구축해 물류 처리 생산성과 작업 안전성을 높이고, 데이터·자동화 기반의 스마트 물류 운영 고도화를 지속 추진
 - AI 기반 물류 운영 시스템이 주문량과 재고, 작업 현황을 실시간으로 분석해 피킹·분류·출고 공정을 효율적으로 연계 운영
 - 자동화 설비와 작업자 동선을 최적화한 인간 중심 물류 환경을 구축해 이동 부담을 줄이고 작업 생산성과 안전성을 함께 향상
 - 고밀도 보관 설비와 자동화 시스템을 결합해 물류센터 공간 활용도를 높이고 대규모 주문에도 안정적으로 대응하는 체계를 구축



[그림] 쿠팡 대구 풀필먼트센터의AGV·소팅봇 운영

※ 출처: 쿠팡 뉴스룸(2023.02), 아시아권 최대 규모 '물류 혁신 허브' 대구 풀필먼트센터 공개

- (CJ대한통운) TES 기반 로봇·AI 물류 기술을 내재화하고, 물류센터 자율 운영체계 구축과 휴머노이드 로봇 기반 자동화 기술 개발을 확대
 - TES 물류 기술연구소를 중심으로 AGV·AMR, 자동 상점, 3D소터 등 자동화 기술을 주요 물류센터에 도입하고, 군포 스마트 풀필먼트센터에 무인 운송 로봇 128대를 운영
 - 물류 시스템이 운영 상황을 스스로 판단하고 작업을 계획·수행하는 에이전틱 AI(Agentic AI) 기반 자율 운영체계를 차세대 핵심 기술로 개발
 - 레인보우로보틱스와 'AI 휴머노이드 물류 로봇' 공동 개발 협약을 체결하고, 이동형 양팔 로봇 등 플랫폼 기반의 비정형 수작업 공정 자동화 실증을 추진



[그림] CJ대한통운의 이동형 양팔 로봇과 에이전틱AI 전략

※ 출처: CJ대한통운 뉴스룸(2025.04), 'AI 휴머노이드 물류로봇' 개발-레인보우로보틱스와MOU 체결

- (물류 스타트업·유통) 물류 스타트업과 유통기업은 AI와 자동화 설비를 결합한 풀필먼트 시스템을 구축하며 스마트 물류 확산 기반을 확대
 - 파스토 용인 1센터는 AI 물류 운영 최적화 시스템과 오토스토어·자동 분류기를 도입하여 국내 1호 스마트물류센터 예비 1등급 인증을 획득
 - 롯데쇼핑 부산 eGrocery 물류센터는 AI 기반 수요예측·재고관리와 보관·포장·배송 전 과정의 자동화로 스마트물류센터 1등급 인증을 획득
 - 스마트물류센터 인증 제도를 기반으로 물류 자동화 기술 도입이 대형 유통기업뿐 아니라 스타트업과 중견기업으로 확산되는 기반을 마련

※ 출처: 국토교통부(2021.08, 2024.11), 스마트물류센터 인증 보도자료

③ 물류 자동화 분야 AI·로봇 적용의 한계와 도전

□ (기술적 한계) 비정형 작업 대응력과 현장 적용의 간극

- 다양한 SKU와 비정형 상품 증가로 로봇의 인식·파지 정확도 확보가 어려워 완전 자동화 구현에 기술적 한계가 존재
 - 물류센터는 크기·형상·재질·포장 상태가 상이한 수십만 종의 SKU를 취급하므로, 학습 데이터에 없는 신규·변형 품목에서 파지 실패와 오분류가 발생하는 한계 상존
 - 투명 포장재, 연질 파우치, 반사 표면 등 비전 인식이 어려운 품목과 얹힘·겹침 상태의 물품 처리에서는 여전히 사람 대비 낮은 성공률을 보이는 상황
 - 완전 무인화보다는 예외 상황(Edge Case)을 사람이 개입하여 처리하는 인간 개입형(Human-in-the-loop) 운영 구조가 당분간 지속될 전망
- 로봇 학습 환경과 실제 물류 현장 간 차이로 인해 제어 성능이 저하되며 실 환경 적응 기술 확보가 주요 과제로 부상
 - 강화학습·모방학습 기반 로봇 제어 정책은 가상환경에서 높은 성능을 보이더라도 실제 현장의 조명 변화, 마찰·관성 차이, 센서 노이즈로 인해 성능이 저하되는 문제 발생
 - 도메인 랜덤화는 실데이터 기반 미세조정 등 격차 완화 기법이 연구되고 있으나, 현장 배치 전 별도의 검증·튜닝 기간이 필요하여 확산 속도를 제약
- 다양한 제조사의 로봇과 물류 설비가 혼재하면서 데이터 규격과 제어 방식 차이로 시스템 간 연계가 어려워 통합 운영 체계 구축에 한계가 발생
 - 단일 물류센터 내 서로 다른 제조사의 AMR·AGV·로봇팔·컨베이어·WMS가 혼재하면서, 플릿 관리 시스템 간 데이터 규격과 제어 인터페이스 불일치 문제가 심화
 - 독일자동차산업협회(VDA)의 AGV·AMR 통신 표준인 VDA5050 등 표준 인터페이스 적용이 확산되고 있으나, 국내 현장의 적용률은 아직 초기 단계
 - 자동화 설비와 기존 창고관리시스템(WMS)·설비제어시스템(WCS) 간 통합 구축에 장기간의 맞춤형 SI(시스템 통합) 작업이 소요되어 도입 기간과 비용이 증가
- 대규모 로봇 운영을 위한 전력·통신 인프라 확보와 함께 사이버 공격 대응을 위한 보안 체계 구축이 중요 과제로 부상
 - 대규모 로봇 플릿 운영을 위해서는 충전 인프라, 고밀도 무선통신(Wi-Fi 6·5G 특화망), 엣지 컴퓨팅 등 운영 인프라의 선행 투자가 필요하며, 기존 노후 물류센터는 전력 용량 증설 부담 발생
 - 로봇·설비가 네트워크로 연결되면서 물류 시스템이 사이버 공격의 대상이 될 수 있어, 관제 시스템 해킹·데이터 유출에 대비한 OT(운영 기술) 보안 체계 구축이 새로운 과제로 부상
 - 자동화 설비 확대에 따라 초기 구축 비용뿐 아니라 장비 유지관리와 시스템 업데이트 비용까지 증가해 운영 효율성 확보가 중요

□ (경제적 한계) 높은 초기 투자 부담과 불확실성에 따른 도입 관망

- 고가의 자동화 설비 투자 부담으로 대기업 중심 도입이 확대되는 반면, 중소 물류기업은 비용과 운영 역량 부족으로 도입이 지연
 - AS/RS·소터 등 고정 설비형 자동화는 물류센터당 수백억 원 규모의 투자가 소요되며, 투자 회수 기간이 길어 대형 화주·물류기업 중심으로 도입이 편중
 - 중소 물류기업은 초기 투자 여력과 자동화 전문 운영 인력이 부족하여 도입이 지연되고, 이에 따라 기업 규모 간 물류 생산성 격차가 확대되는 구조적 문제 발생
 - 물류 자동화 투자의 경제성 평가(ROI) 방법론과 표준 성과지표가 정립되지 않아, 도입 효과에 대한 확신 부족이 투자 의사 결정을 지연시키는 요인으로 작용
- 무역정책과 경기 불확실성 확대로 기업의 자동화 투자가 신중해지면서, 모바일 로봇 시장의 성장 전망도 일부 조정되는 상황
 - 글로벌 시장조사기관 Interact Analysis는 관세 등 무역정책 불확실성과 세계 경제정책 불확실성 지수 급등을 반영하여 2025년 모바일 로봇 시장 전망치를 약 8억 달러 하향 조정
 - 동 기관은 모바일 로봇 시장의 연평균 성장률 전망을 기존 26%에서 21%로 낮추었으며, 신규 창고 건설 면적도 연 2% 감소할 것으로 전망하는 등 단기 성장 둔화 요인 상존
 - 다만 인력 부족이라는 구조적 동인은 유효하여 중장기 성장 전망은 유지되고 있으며, 2030년 모바일 로봇 설치 대수는 420만 대를 상회할 것으로 전망
- 서비스형 로봇(RaaS) 방식이 초기 투자 부담을 줄이는 대안으로 확산되는 가운데 공급기업의 장기 수익성과 운영 체계 검증이 주요 과제로 부상
 - 초기 투자 부담을 구독형 요금으로 전환하는 서비스형 로봇(RaaS) 도입이 확산되어 전 세계 RaaS 로봇 운영 대수는 전년 대비 31% 증가
 - 특히 물류 분야 RaaS는 42% 증가하며 성장을 주도하고 있으나, 공급 기업 입장에서는 장기 수익성·유지보수 체계 등 사업모델의 지속가능성 검증이 과제로 대두
 - RaaS 모델은 초기 설비 구매 부담을 낮춰 중소 물류기업의 자동화 접근성을 높이고, 단계적 로봇 도입을 가능하게 하는 방식으로 확산
- 자동화 도입 확대를 위해 초기 투자비용 부담을 완화하고, 기업 규모와 물류 운영 여건을 고려한 단계적·맞춤형 지원체계 마련 필요
 - 정부와 산업계는 중소 물류기업의 자동화 접근성을 높이기 위해 금융 지원과 기술 컨설팅 등 도입 기반 강화 방안을 추진
 - 표준화된 투자 효과 분석과 운영 성과 검증 체계를 마련해 기업의 도입 불확실성을 낮추고 합리적 투자 판단을 지원
 - 자동화 설비 도입 이후 안정적 운영을 위해 현장 인력의 기술 역량 강화와 전문 인력 양성 체계 구축도 병행할 필요

※ 출처: Interact Analysis(2025.05), Mobile Robot Market Forecast
IFR(2025.10), World Robotics 2025 - Service Robots

□ (제도적·사회적 한계) 안전 기준·책임 체계 정비와 인력 전환 문제

- 자율주행 로봇 기술은 빠르게 발전하고 있으나 AI 기반 판단 기능을 평가할 안전 기준과 인증 체계는 아직 정비가 필요한 상황
 - 무인 운반차 안전 국제 표준 ISO 3691-4, 미국 AMR 안전 표준 ANSI/RIA R15.08 등 국제 안전 기준이 정비되고 있으나, AI 기반 자율 판단 기능에 대한 평가 기준은 아직 발전 중인 단계
 - 국내에서는 지능형로봇법 개정으로 실외 이동로봇 운행 안전 인증 제도(16개 시험 항목)가 시행되었으나, 물류센터 내부 AMR·무인 지게차 등에 대한 시설·용도별 세부 안전 규정은 지속 보완 필요
 - AI 기반 자율주행 로봇의 현장 활용 확대를 위해서는 성능 검증뿐 아니라 작업자 안전, 비상 대응, 운용 환경별 위험 요소를 반영한 세부 안전 기준 마련이 필요
- 로봇 제조사와 운영 기업 등 다양한 주체가 참여하는 환경에서 사고 원인 규명과 책임 배분 기준 마련이 중요 과제로 부상
 - 로봇 제조사, 시스템 통합(SI) 기업, 운영 기업, 소프트웨어 공급사가 얹힌 복합 시스템에서 사고 원인 규명과 책임 배분 기준이 불명확하여 분쟁 소지 상존
 - 사람과 로봇이 같은 공간에서 작업하는 협동 운영 환경이 확대되면서, 작업장 위험성 평가와 안전 운영 절차(SOP)의 표준화 요구가 증가
 - 자율주행 로봇의 판단 오류나 시스템 장애 발생 시 원인 분석을 위한 로그 관리와 책임 추적 체계 마련이 필요하며, 관련 법·제도 정비도 요구되는 상황
- 자동화 확산으로 기존 반복 업무는 감소하는 반면 로봇 운영과 유지보수 등 신규 직무 증가에 따른 인력 전환 체계 마련이 필요
 - 자동화 확산에 따라 단순 반복 직무는 감소하는 반면 로봇 운영·유지보수·데이터 관리 등 신규 직무 수요가 증가하여, 대규모 재교육·직무 전환 체계 마련 필요
 - 아마존은 2019년 이후 70만 명 이상의 직원 재교육(Upskilling)을 진행한 것으로 발표하는 등, 글로벌 선도기업은 자동화와 인력 전환 정책을 병행 추진
 - 국내에서도 물류 자동화의 사회적 수용성 확보를 위해 고용 영향 분석과 직무 전환 지원을 정책적으로 병행하는 접근 필요
- 물류 로봇 확산에 따라 데이터 기반 안전관리와 운영 기준 마련 등 새로운 제도적 대응 체계 구축 필요성이 증가하며, 현장 적용 확대를 위한 관리 체계 정비가 요구
 - 로봇 운행 데이터와 작업 환경 정보를 활용한 위험 예측·관리 기술 개발이 진행되며, 사고 발생 이후 대응보다 사전 예방 중심의 안전관리 체계 구축 필요성이 증가
 - AI 기반 로봇의 의사결정 과정에 대한 설명 가능성과 성능 검증 절차 마련이 필요해, 신뢰성 평가와 안전성 확보를 위한 관련 기준 정립이 중요
 - 자동화 설비 도입 기업이 준수해야 할 안전 관리 지침과 운영 표준을 마련하여, 현장 적용 과정에서 발생하는 불확실성을 줄이고 안정적 운영 기반을 확보할 필요

※ 출처: aboutamazon.com(2025.07), Amazon deploys its 1 millionth robot
산업통상자원부(2023.11), 첨단로봇 산업 비전과 전략

4 시사점 및 발전방향

□ 물류 자동화 확산을 위한 제도 기반의 고도화

- 스마트물류센터 인증제는 첨단기술 적용 수준을 반영하는 방향으로 고도화하고, 중소기업의 자동화 투자를 촉진할 지원 체계 강화가 필요
 - 「제5차 국가물류기본계획(2021~2030)」에 따라 도입된 스마트물류센터 인증제는 2024년 11월 기준 51개소를 인증하고 금융 지원과 연계
 - 26년에는 AI 기반 SW·자동화 로봇 도입비를 기업당 최대 1억 원(투자비의 50% 이내)까지 지원하는 '물류 AI 기술 도입지원' 사업이 신설되어, 인증 미취득 중소·중견기업까지 지원 대상이 확대
 - 향후 로봇·AI 등 첨단기술 반영 수준에 따른 평가지표 고도화와 인센티브 다변화를 통해 중소 물류 기업의 자동화 투자를 지속 촉진할 필요
 - 스마트물류센터 인증 기준에 로봇 운영, 데이터 활용, AI 기반 의사결정 등 지능화 요소를 반영하여 인증 제도의 기술 변별력과 현장 활용성을 높일 필요
- 로봇 배송 등 신 물류 서비스의 안정적 확산을 위해 운영 기준과 시설 연계 체계 등 제도 기반 정비가 요구되는 상황
 - 정부는 「스마트 물류 인프라 구축 방안」(2023)을 통해 로봇 배송 2026년, 드론 배송 2027년 조기 상용화를 목표로 도심 내 주문배송시설(MFC) 설치 허용 등 규제 개선을 추진
 - 지능형로봇법과 도로교통법 개정 시행으로 실외 이동로봇의 보도 통행이 허용되고, 생활 물류 서비스법 개정으로 로봇·드론이 택배·배달 운송수단에 포함되는 등 관련 법적 기반이 마련된 상황
 - 일본도 개정 도로교통법 시행(2023.4)으로 저속·소형 자율 배송 로봇의 보도 주행 제도를 도입하는 등 주요국의 라스트 마일 로봇 제도화 경쟁이 본격화
 - 향후 배송 로봇의 아파트 단지·건물 내 진입, 엘리베이터 연동, 화물용 승강 설비 기준 등 라스트 마일 전 구간의 세부 운영 기준을 정비하여 제도 공백을 해소할 필요

〈표〉 물류 로봇·자동화 관련 주요 정책·제도 현황

구분	주요 내용	비고
스마트물류센터 인증제	물류시설법 개정('20)으로 도입, '21.7월 시행 첨단·자동화 수준 평가(1~5등급)	인증 51개소('24.11 기준) 이차 보전 0.5~2% p 지원
스마트 물류 인프라 구축 방안	로봇 배송'26년·드론 배송'27년 상용화 목표 도심 내 MFC 설치 허용 등 규제 개선	관계부처 합동('23.02) 기술 수준 미국 대비 78.5%
지능형로봇법· 도로교통법 개정	실외 이동로봇 운영 안전 인증(16개 시험 항목) 보행자 지위 부여·보도 통행 허용, 보험 의무화	지능형로봇법'23.11.17, 도로교통법'23.10.19 시행
생활 물류 서비스법 개정	택배·배달업 운송수단에 드론·실외 이동로봇 추가	'23.12 국회 통과, '24.1 공포 후 1년 뒤 시행
물류 AI 기술 도입지원(신설)	AI SW·자동화 로봇 도입비 50% 이내 지원(기업당 최대 1억 원)	'26.4월 첫 공고, 인증 미취득 기업도 참여

※ 출처: 국토교통부·산업통상자원부·경찰청·한국교통연구원 보도자료 및 공고 종합(2023~2026)



[그림] 스마트 물류 인프라 구축 방안 주요 내용

※ 출처: 국토교통부(2023.02), 「스마트 물류 인프라 구축 방안」 발표 보도자료

□ 피지컬 AI 시대에 대응한 물류 로봇 R&D 전략 전환

- 개방형 휴머노이드 파운데이션 모델의 등장으로 로봇 지능 개발 접근성이 높아짐에 따라 물류 특화·경량화 응용 기술 확보를 위한 선제적 연구개발 투자가 필요
 - GR00T N1 등 개방형 휴머노이드 파운데이션 모델의 등장으로 로봇 지능 개발의 진입장벽이 낮아지고 있어, 이를 물류 도메인에 특화·경량화하는 응용 연구의 전략적 가치가 증대
 - 비전·언어·행동(VLA) 모델, 촉각 기반 정밀 매니플레이션, 전신 제어(Whole-body Control) 등 비정형 물류 작업의 핵심 기술에 대한 국가 R&D 투자 확대 필요
 - 아마존 DeepFleet 사례와 같이 대규모 로봇 플릿의 이동 데이터를 학습하는 물류 특화 파운데이션 모델은 군집 운영 효율을 좌우하는 핵심 기술로, 국내 물류 데이터 기반의 자체 모델 확보 검토 필요
- 디지털 트윈과 합성데이터 기반 시뮬레이션 환경을 구축하여 로봇 학습과 검증 효율을 높이고 중소기업의 기술 개발 부담을 완화할 필요
 - 시뮬레이션 기반 학습이 로봇 AI 개발의 표준 방법론으로 정착됨에 따라, 물류 현장을 정밀 재현한 디지털 트윈·합성데이터 생성 인프라의 공동 활용 체계 구축 필요
 - 중소 로봇 기업이 실제 물류센터 환경에서 기술을 검증할 수 있는 공공 물류 로봇 테스트 베드와 실증 특구를 확충하여 기술 상용화 주기를 단축할 필요
- 다양한 제조사의 로봇과 설비를 통합 관리하는 플릿 오케스트레이션 기술을 국산화하여 물류 자동화 운영 효율과 경쟁력을 강화할 필요
 - 다수 제조사의 AMR·AGV·로봇팔을 통합 관제하는 플릿 관리 소프트웨어는 물류 자동화의 부가가치 핵심으로 부상하고 있어, VDA 5050 등 국제 표준 기반의 국산 플랫폼 육성 필요
 - WMS, WCS 로봇 간 표준 인터페이스 정립과 상호운용성 인증 체계를 마련하여 도입 기업의 시스템 통합 비용을 절감하고 국내 로봇 기업의 시장 진입 장벽을 완화

□ 산업 생태계 관점의 균형 있는 확산 전략

- 글로벌 물류 RaaS 시장 성장에 대응하여 국내도 구독형 로봇 서비스 확산과 금융 지원을 통해 중소기업의 자동화 도입 장벽을 낮추는 전략 필요
 - 글로벌 물류 RaaS 시장이 연 42% 성장하는 추세를 감안하여, 국내에서도 구독형 물류 로봇 서비스에 대한 금융·보증 지원과 공공 물류 시설 시범 도입을 통해 초기 시장 창출 필요
 - RaaS 모델은 중소기업의 초기 투자 부담을 완화하고 로봇 공급기업에는 안정적 반복 매출을 제공하여, 자동화 격차 해소와 로봇 산업 성장의 선순환 구조 형성 가능
- 물류 로봇 안전 기준을 국제 수준으로 고도화하고 인력 재교육과 직무 전환 지원을 병행하여 자동화와 고용 안정의 균형 있는 추진 필요
 - ISO 3691-4, ANSI/RIA R15.08 등 국제 안전표준과 정합성을 갖춘 국내 물류 로봇 안전 기준을 고도화하고, 협동 운영 환경의 위험성 평가 가이드라인을 보급할 필요
 - 물류 현장 인력의 로봇 운영·유지보수 직무 전환 교육 체계를 산업계와 공동으로 구축하여, 자동화의 생산성 효과와 고용의 질 개선이 병행되는 사람 중심 전환을 유도
 - 세계경제포럼(WEF)·BCG도 피지컬 AI 확산에 따라 기계 운영자가 로봇 기술자로, 물류 팀이 모바일 로봇 관제 인력으로 이동하는 직무 전환을 전망하며, 재교육과 장기 인력계획을 핵심 과제로 제시
- 물류 인프라와 로봇 기술을 연계하는 국토교통 분야 특화 R&D를 추진하여 기술·시설·제도가 조화를 이루는 기반 구축 필요
 - 물류센터 건축 기준, 도시계획(MFC 입지), 교통 인프라(보도·도로 주행)와 로봇 기술을 통합적으로 고려하는 국토교통 분야 특화 R&D 기획을 통해 기술·인프라·제도의 정합성 확보 필요
 - 물류센터 신축·리모델링 단계부터 로봇 동선, 바닥 평탄도, 충전 공간, 통신 환경, 소방·피난 기준을 반영한 로봇 친화형 설계와 BIM·디지털 트윈 기반 성능·안전 검증 체계 마련 필요
 - AI·로봇 기반 물류 자동화는 물류비 절감과 국민 생활 편의 제고, 로봇 산업 육성이 교차하는 전략 분야로, 부처 간 협업 기반의 지속적·체계적 R&D 투자가 요구됨
- 성숙 기술의 현장 확산부터 피지컬 AI 실증과 자율 운영체계 구축까지 단계별 목표를 설정하고, 기술 수준과 상용화 단계에 따른 체계적인 성과관리 추진 필요
 - (단기) 검증된 AMR·소팅 등 성숙 기술의 확산과 스마트물류센터 인증 고도화, (중기) 피지컬 AI·휴머노이드의 물류 현장 실증, (장기) 자율 운영 물류체계 구현으로 이어지는 단계적 목표 설정 필요
 - R&D 실증·제도 개선을 연계하는 통합 성과지표(물류 생산성, 안전사고 감소율, 기술 자립도 등)를 설정하고 주기적으로 점검하는 성과 관리 체계 운영이 바람직

〈표〉 AI·로봇 기반 물류 자동화 발전 방향(안)

구분	핵심 추진 과제	기대 효과
단기(~27)	성숙 기술(AMR·소터 등) 확산, 스마트물류센터 인증 고도화, 로봇 배송 상용화 제도 완비	중소기업 자동화 격차 완화, 라스트마일 로봇 배송 개시
중기(28~30)	피지컬 AI·휴머노이드 물류 실증, 물류 특화 파운데이션 모델·플랫폼 관련 플랫폼 국산화	비정형 작업 자동화 확대, 핵심 SW 기술 자립
장기(31~)	자율 운영(Autonomous) 물류체계 구현, 물류 인프라·로봇·제도 통합 생태계 완성	물류 생산성 혁신 및 글로벌 기술 경쟁력 확보