

휴머노이드 로봇과 자동차, 미래로의 동행

산업분석실
이서현 선임연구원

KATECH Insight

- ◆ 최근 AI 기술 발전과 함께 휴머노이드 로봇의 활용 가능성이 확대, 글로벌 자동차 제조사는 휴머노이드 로봇 기술 개발·적용에 적극적으로 미래차 기술과의 시너지 효과·제조 공정의 효율화 등을 기대
- ◆ 자동차 공장 실증 투입 단계를 넘어 휴머노이드 로봇을 보편적으로 활용하기 위해서는 안전성·신뢰성을 확보하기 위한 시나리오·표준 개발 및 제도적 책임 기준 수립 등이 필요

» 최근 AI 기술 발전과 함께 휴머노이드 로봇 활용 가능성이 확대, 신성장 동력으로 산업계 주목

- 휴머노이드 로봇은 명확한 정의는 없으나 AI를 탑재, 사람의 외형·행동을 모방한 로봇을 총칭
 - 휴머노이드 로봇은 사람과 닮은 외형(머리·팔·손 등)을 활용하여 사람에 맞게 설계된 현실 세계에 쉽게 적응하고 사람을 위해 설계된 도구·설비 등을 쉽게 사용할 수 있다는 장점 보유
 - * 휴머노이드 로봇의 상체는 사람과 유사하나 하체는 다리를 단 2족 보행형과 바퀴를 단 바퀴형 등으로도 구분 가능. 바퀴형은 원가가 낮아 상용화가 쉬우나 이동·작업 공간이 평지로 한정되므로 최근 기업은 2족 보행형 개발에 주력
- 최근 AI 기술 발전으로 산업현장·일상 환경 등에 활용할 수 있는 휴머노이드 로봇 실현 기대감 고조
 - 휴머노이드 로봇은 초기에 사람에게 위험하거나 신체 부담이 큰 작업(예: 재난 구호)을 사람의 명령에 따라 수행하는 수단으로 개발되었으나 기술 부족, 높은 비용 등으로 기능 구현과 상용화에 제한
 - * '00년에 Honda는 세계 최초 2족 보행 휴머노이드 로봇 ASIMO를 출시. ASIMO는 간단한 대화(영어·일본어·중국어), 춤추기·계단 이동 등이 가능해 주목받았으나 상용화에 어려움을 겪으면서 '18년 연구개발을 중단
 - 최근 AI 기술 발전으로 휴머노이드 로봇이 사람·환경과 상호 소통·작용하며 자율적으로 인식·행동을 수행할 수 있게 되어 휴머노이드 로봇의 범용성 향상, 실험실 단계에서 상용화 단계로의 진전 기대
 - * AI 모델(LMM, LAM)이 휴머노이드 로봇·자동차 등에 적용되면서 이들 기기는 현실 세계의 물리 환경을 인식·이해할 수 있고 자율주행, 육체노동과 같은 물리적 작업도 자율적으로 수행할 수 있게 됨(Embodied AI)
 - * 기존 로봇은 사전에 정의된 작업만 수행할 수 있고 환경적응 능력이 부족해 원가 절감 및 상용화에 한계가 있었는데 최근의 로봇은 AI 기술을 활용하여 다양한 작업을 자율적으로 수행할 수 있어 원가 절감 및 상용화 가능성 개선
- 휴머노이드 로봇산업의 가능성이 제고되면서 산업계는 신성장 동력으로 휴머노이드 로봇에 주목
 - 주요국은 저출생·고령화 등 인구구조 변화를 겪고 있어 생산성·효율성을 높이는 기술에 대한 수요가 증가
 - CES 2025 최대 화두로 로봇·자동차 등과 결합한 AI가 부상, 기업은 로봇, 특히 휴머노이드 로봇 개발에 적극적

» 특히 글로벌 자동차 제조사는 휴머노이드 로봇 기술 개발·적용에 적극적

- 자동차 제조사는 휴머노이드 로봇 HW·SW 제조사 등에 대한 투자, 로봇 자체·공동 개발, 자동차 공장에 실증 투입 등을 시도, 특히 '24년을 전후로 자동차 공장에 실증 투입 사례가 다수 확인
 - 현대차는 '20년 Boston Dynamics를 인수하여 기술 개발 중이며 '24.10월에는 Toyota와 협업 발표

- * Toyota Research Institute가 개발한 대규모 행동모델(LAM)을 활용하여 범용 휴머노이드 로봇 공동 개발
- 美 Tesla, 中 Xpeng·Xiaomi 등은 자동차 공장에 자체 개발한 휴머노이드 로봇을 투입해 실증 중이며 獨 BMW, 中 NIO·Geely·BYD 등은 휴머노이드 로봇 제조사의 로봇을 투입하여 실증 중
- 아직 휴머노이드 로봇별 기능·성능에 차이가 크며 현재 공장에서 수행하는 작업은 대체로 부품 운반, 나사 조이기 등 기본적인 작업 수준이나 앞으로 실증 범위 확대를 통한 기능 고도화를 기대

┃ 글로벌 자동차 제조사의 자동차 공장 내 휴머노이드 로봇 실증 투입 사례 ┃

| 자동차 제조사 ¹⁾ | 로봇 제조사 ¹⁾ | 로봇 AI 파트너 | 로봇명 | 판매가 (달러) | 제원 | 배터리 지속 | 자유도 (DoF) ²⁾ | 가반 하중 | 자동차 공장 내 작업 내용 | 휴머노이드 로봇 자동차 공장 내 실증 투입 현황 및 비고 |
|--|------------------------------|-------------------|--------------|-----------------------|-------------|----------|-------------------------|----------------|--|---|
| Hyundai | Boston Dynamics | NVIDIA | Atlas (전동식) | 15만 초과 추정 | - | - | - | 25kg | 부품 선택, 운반 | '24년 Toyota Research Institute와 공동 개발 추진, '25년 현대차 공장 투입 예정 |
| Tesla | Tesla | 자체 개발 | Optimus Gen2 | 2~3만 목표 | 178cm, 59kg | 12시간 | 42 (손 11) | 20kg (한 손 9kg) | 부품 운반, 색상 분류 가능(현재 배터리 분류·이송 등에 활용) | '24.5월 Tesla 공장에 2대 시범 투입, '25년까지 1,000대 이상 자사 공장 투입 및 '26년 양산·외부 판매 목표 |
| BMW | Figure AI | NVIDIA, Open AI | Figure 02 | 13만 추정 | 170cm, 70kg | 20시간 | 손 16 | 25kg | 부품 조립·운반, 판금 검사 | '24.7월부터 12~24개월간 자체 조립·판금 창고 작업 학습 후 공장 투입 |
| Benz | Appteronik | NVIDIA, Deep Mind | Appollo | 불명 (4만 추정) | 173cm, 72kg | 4시간 | 71 | 25kg | 부품 운반 | Benz 헝가리 공장에서 부품 운반에 적용 예정 |
| Geely, BYD, Zeekr, NIO, FAW-VW, FAW-Audi, FAW-Hongqi 등 | UBTech Robotics (优必选) | NVIDIA, Baidu | Walker S | '23.上 82만 추정 → 현재가 불명 | 172cm, 65kg | 2~2.5 시간 | 41 | 15kg | 도어락·안전 벨트·라이트 커버 품질 검사, 나사 조이기, 차 엠블럼 조립, 부품 분류·운반 | '24.1월부터 여러 車 제조사 공장 실증 확대 중. UBTech 휴머노이드 로봇 '21~'23.上 총판매량은 10대, 단 '24.下 여러 車 제조사로부터 500대 이상을 예약 주문받았다 주장 |
| NIO | Unitree ³⁾ (宇树科技) | NVIDIA | H1 | 약 9만 | 180cm, 47kg | - | 19 | 7~21kg | 간단한 부품 조립·운반 | NIO 공장에서 실증 중 |
| Xpeng | Xpeng ⁴⁾ | NVIDIA, 자체개발 | Iron | - | 178cm, 70kg | - | 62 (손 15) | - | 나사 조이기 | '24.1월 Xpeng 광저우 공장 P7+모델 생산공정 실증 시작 |

주: 1) 휴머노이드 로봇 기술 수준은 미국은 1위, 중국이 2위라는 것이 일반적인 평가. 단 中 기업은 기술 열위를 대규모 상용화를 통해 극복하려 적극 투자 중. 中 자동차 제조사 GAC, BYD, SAIC 등도 휴머노이드 로봇 자체 개발계획을 연이어 발표하고 있음
 2) 일반적으로 산업용 휴머노이드 로봇에 가장 중요한 기술경쟁력은 손 움직임 자유도 및 정밀성 등임. 자유도는 공간에서 자유 운동하는 물체의 동작, 좌표를 의미함. 로봇이 3차원 공간에서 원하는 작업을 하려면 3개의 위치, 3개의 각도 정보를 합한 6 자유도가 필요. 사람의 손 자유도는 27인데 Tesla는 '24년 말 Optimus 손 자유도를 11에서 22로 높일 것이라 발표
 3) Unitree 휴머노이드 로봇의 경우, 본 표에서 조사한 타사 휴머노이드 로봇보다 손 자유도 등에서 열위가 있음
 4) Xpeng 휴머노이드 로봇의 경우, 시연 등이 부족해 아직 본 표에서 조사한 타사 휴머노이드 로봇보다 기술력 입증에 부족한 상황임
 자료: 해당 자동차·휴머노이드 로봇 제조사 홈페이지, 언론보도 등을 참고하여 저자 작성

» 자동차 제조사는 휴머노이드 로봇-미래차 기술 간 시너지 효과, 제조 공정의 효율화 등을 기대

- 휴머노이드 로봇은 자동차, 특히 자율주행차와 공통점이 많아 신기술 개발·활용 시너지 기대 가능
- 휴머노이드 로봇과 자율주행차·전기차는 공통적으로 모터·배터리·감속기 등 HW와 인지·제어 등 SW, 통신 기술이 필요하므로 자동차와 휴머노이드 로봇 기술 개발 과정에서 시너지 효과 기대 가능

* 예: Honda는 휴머노이드 로봇 ASIMO의 균형제어 기술을 활용, '17년 넘어지지 않는 오토바이 Riding Assist를 발표함. 또한 CES 2025에서 Honda는 자체 차량 OS를 ASIMO OS로 명명하고, 차세대 전기차 0(Zero)시리즈에 로봇 개발 과정에서 축적한 외부 환경 인식 기술·사람의 의도를 파악하여 행동하는 자율 행동제어 기술 등을 활용할 것이라고 발표

- 한편 휴머노이드 로봇산업은 아직 실증 단계로 기능 확대가 필요하며, 이를 위해 대량의 데이터가 필요한데 자동차 제조 현장은 대량의 노동력과 다양한 작업이 필요한 공간으로 데이터 축적에 적합

• 또한 휴머노이드 로봇은 車 제조 공정 중 자동화가 어려운 의장 공정의 효율성을 높일 잠재력 보유

- 현재 자동차 제조 공정은 프레스-차체(용접)-도장-의장의 4단계로 구성되는데, 이중 의장 공정은 복잡성이 높고 동작의 유연성과 정밀성이 필요하여 사람과 유사한 외형·행동이 필요, 산업용 로봇 등을 도입하기 어려움

* 현대차 아산공장 단계별 자동화율은 프레스 90%, 차체 80%, 도장 70% 수준이나 의장은 15% 수준('24.6월 주간현대)

- 의장 공정은 손·어깨·팔꿈치 등을 반복 사용하는 작업이 많은데 휴머노이드 로봇을 통해 노동자 부담 저감 기대

* 고용노동부 「근골격계부담작업의 범위 및 유해요인조사 방법에 관한 고시」 제3조는 하루에 일정 시간 이상 목·어깨·팔꿈치·손목 등을 사용해 같은 동작을 반복하는 작업, 특정 자세를 취한 상태로 이루어지는 작업, 하루에 일정 회차 이상 기준 중량을 드는 작업을 근골격계부담작업으로 규정하는데 자동차 의장 공정에서는 이와 같은 작업이 필요

- 다만 부품을 개별 단위가 아닌 분야·기능별로 블록화하여 조립하는 자동차 모듈 생산*이 고도화되면, 기존에 사람이 수행하던 복잡한 작업이 단순해져 휴머노이드 로봇의 필요성과 기술 개발 방향에도 영향을 미칠 수 있음

* 모듈 생산 고도화 방식으로 '23년 Tesla는 차량 부품을 6개의 모듈로 만들고 조립하는 Unboxed process 방식을 제시함. 단 Tesla도 아직 Unboxed process 방식을 도입하지 않아 실제 적용 가능성, 비용 효율성은 입증되지 않았음

» 휴머노이드 로봇을 자동차 공장 실증 투입 단계를 넘어 보편적으로 활용하기 위해서는 안전성·신뢰성을 확보하기 위한 시나리오·표준 개발 및 제도적 책임 기준 수립 등이 필요

• 휴머노이드 로봇은 자동차 공장 내 도입을 통해 점진적 원가 절감 및 상용화 진전을 기대

- 현재 휴머노이드 로봇 HW 원가가 4만 달러 정도로 추정되는데 SW 개발비용 등을 포함, 인건비에 근접한 수준으로 원가를 절감할 때 상용화가 본격적으로 진전될 전망

* '24년에 Goldman Sachs는 휴머노이드 로봇 1대 원가가 지속 하락하고 로봇 수요가 산업용에서 범용으로 확대되면서 '35년 글로벌 휴머노이드 로봇 출하 대수는 전년 예상치의 4배인 140만 대에 달할 것으로 전망

• 단 휴머노이드 로봇 기술이 발전되어도 자동차 제조에서 사람의 역할은 여전히 필요

- 제조 공정상 휴머노이드 로봇 도입은 위험성·신체 부담, 요구 역량(고도의 지식·의사결정 필요성 등), 작업 효율성(비용·속도 등) 등에 따라 다양한 형태로 발전할 수 있음

- 예를 들어 車 제조 공정에서 사람과 로봇이 같은 공간에서 물리적 작업을 분담하여 수행하거나, 위험성·신체 부담이 높은 물리적 작업은 로봇이 지식·의사결정이 요구되는 관리 등은 사람이 담당하는 방식 등으로 발전 가능

* Xiaomi는 '23.8월 기계와 AI로 여러 반복적 작업을 처리할 수 있지만 사람의 전문 지식·의사결정 능력이 필요한 영역(예: 스마트 제조시스템 데이터 및 가치 관리, 예외 상황 발생 시 대응 방안 수립)이 존재하므로 장기적으로 스마트 자동화 장비, 휴머노이드 로봇, 사람이 각각 70%, 20%, 10%의 작업을 분담할 것으로 전망

• 한편, 휴머노이드 로봇을 사람과 같은 공간에서 보편적으로 활용하기 위해서는 안전성·신뢰성을 확보해야 하므로 시나리오·표준 개발과 함께 사고에 대한 책임 기준 수립 등이 필요

- 휴머노이드 로봇 오작동 등 예외 상황이 발생해도 안전성·신뢰성을 확보할 수 있는 시나리오·표준 개발이 필요

* 휴머노이드 로봇의 크기와 무게는 성인 남성과 유사하므로 로봇이 넘어지거나 고장나더라도 작업·사람의 안전성을 확보할 필요가 있음. ISO 10218-1과 ISO 10218-2 등 국제표준은 로봇과 사람이 같은 공간에서 협업할 때의 안전 요구사항을 규정하나, 이는 산업용 로봇에 초점이 맞춰져 있어 휴머노이드 로봇에 특화된 추가 기준 개발이 필요할 수 있음

- 자율주행차 상용화를 위해서는 사고에 대한 책임 기준을 수립할 필요가 있다고 지적되었는데, 휴머노이드 로봇의 상용화를 위해서도 로봇 제조사, SW 제공자, 또는 로봇 사용자 간 책임 분담 기준 수립이 필요

*본 원고는 한국자동차연구원의 공식적인 입장이 아닌 저자 개인의 견해를 반영하고 있습니다.