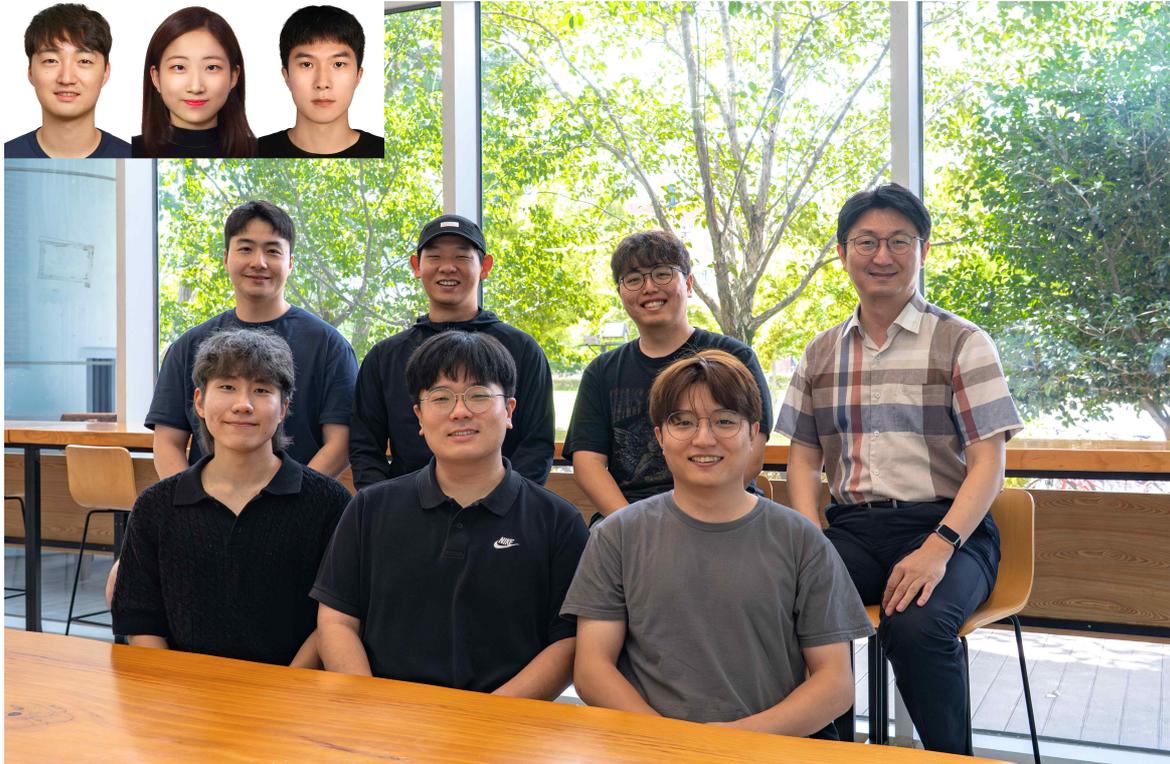


“피지컬 AI 시대, 어수선한 실제 환경에서도 로봇이 물체를 정확히 집는다”

GIST, 현실 환경 로봇 ‘집기’ 학습용 세계 최대 규모 데이터세트 공개

- AI융합학과 이규빈 교수팀, 실제 생활·산업 환경의 복잡성 정밀하게 반영해 로봇이 현실 세계에서 안정적으로 물체를 조작하도록 학습 가능한 ‘GraspClutter6D’ 구축·공개
- 적용 결과 기존 데이터세트 대비 단순 환경 집기 성공률 77.5→93.4%, 복잡 환경 54.9→67.9%로 성능 향상... 국제학술지 《IEEE Robotics and Automation Letters》게재

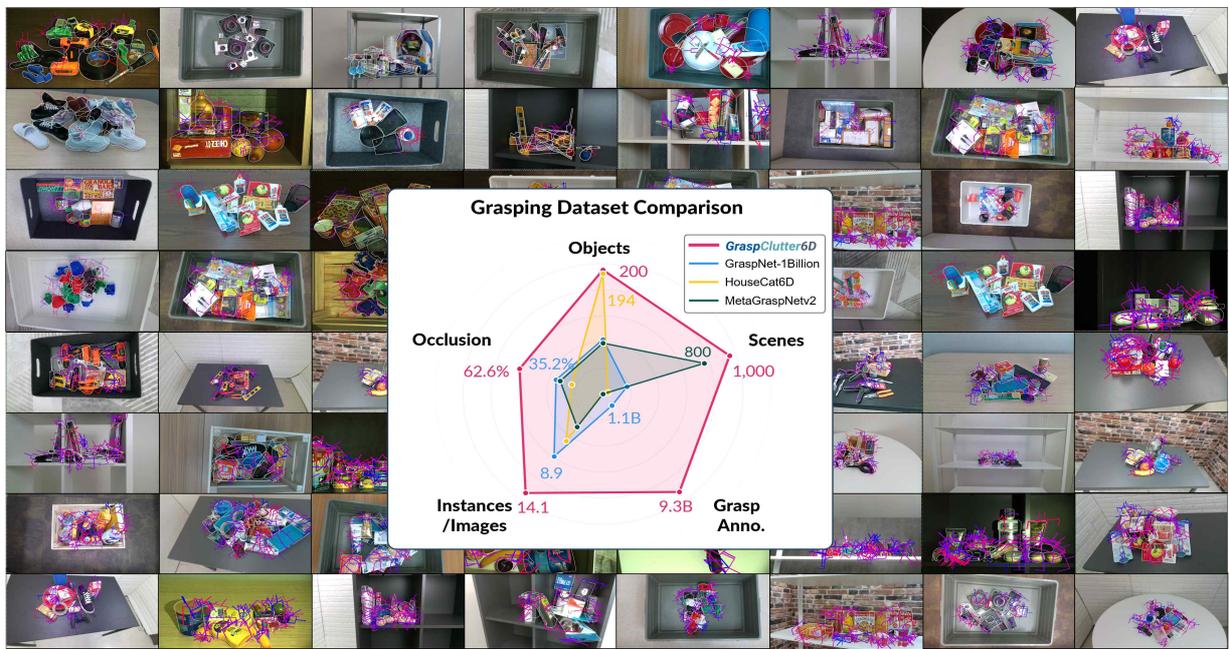


▲ (상단 왼쪽부터) 백승혁 박사(한국기계연구원)·GIST AI융합학과 노희선 박사과정·이영진 석사과정 (뒷줄 왼쪽부터 시계 방향으로) GIST AI융합학과 박사과정 이건협·노상준·이상범·이규빈 교수·박사과정 강래영·이주순·김강민

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 AI융합학과 이규빈 교수 연구팀이 실제 환경의 복잡성을 정밀하게 반영한 세계 최대 규모의 로봇 파지(Grasp, 집기) 데이터세트 ‘그래스프클러터6D(GraspClutter6D)’를 구축·공개했다고 밝혔다.

기존 로봇 AI가 단순하고 정돈된 상황에서만 제한적으로 작동했던 한계를 넘어, 물체가 뒤엉킨 현실 환경에서도 안정적으로 동작하는 ‘로봇 파운데이션 모델*’ 구축의 핵심 기반을 마련하고, 최근 전 세계적으로 주목받고 있는 ‘피지컬 AI(Physical AI)’ 연구 발전에도 크게 기여할 것으로 기대된다. 이번 연구는 한국기계연구원(KIMM)과의 협업으로 수행됐다.

* 로봇 파운데이션 모델(Robot Foundation Model): 대규모 로봇 센서 데이터로 학습된 범용 로봇 AI 모델로, 특정 물체나 환경에 제한되지 않고 다양한 작업을 수행할 수 있는 능력을 갖춘 것이 특징이다.



▲ GraspClutter6D 데이터셋 예시 이미지와 기존 데이터셋과의 비교. 평균 14.1개 객체와 62.6% 가림률로 기존 데이터셋 대비 2배 가량 고난도 데이터를 제공한다.

로봇이 물체를 집는 동작은 가장 기본적이면서도 어려운 과제 중 하나다. 특히, 창고에서 물건을 꺼내거나 가정에서 물건을 정리하는 상황처럼 물체가 겹치고 가려진 현실에서는 로봇이 물체를 정확히 인식하고 안정적으로 집기 어렵다.

최근 딥러닝 기술의 발전으로 로봇의 집기 성능이 크게 개선됐지만, 지금까지의 학습용 데이터셋은 주로 정돈되고 단순한 환경을 전제로 하고 있어 실제 환경 적용에는 한계가 있었다. 그 결과, 여러 물체가 뒤엉켜 있거나 배경이 다양한 실제 상황에서는 로봇의 성능이 급격히 저하되는 문제가 나타났다.

예컨대 전 세계적으로 널리 활용되는 데이터셋 '그래스프넷-원빌리언 (GraspNet-1Billion)*'의 경우, 한 장면당 평균 물체 수가 9개 미만이고 가려진 비율도 약 35%에 불과해 실제 현실을 충분히 반영하지 못한다.

* GraspNet-1Billion: 로봇의 물체 집기 학습을 위해 개발된 데이터셋으로, 약 10억 개의 로봇 잡기 자세 데이터를 포함하고 있다.

연구팀은 이러한 한계를 극복하기 위해 실제 생활·산업 환경을 정밀하게 재현한 초대형 데이터셋 'GraspClutter6D'를 구축했다.

연구팀은 상자·선반·탁자 등 75가지의 다양한 환경을 구성하고, 로봇팔에 RGB-D(컬러+깊이) 카메라* 4대를 장착해 총 1,000개 장면에서 5만 2천 장의 이미지를 수집했다.

데이터셋에는 ▲ 실제 물체 200종의 고품질 3D 모델 ▲ 73만 6천 개의 6차원(D) 물체 자세* ▲ 93억 개에 달하는 로봇의 6차원(D) 파지 자세*가 포함돼 있다. 이는 기존 공개 데이터셋을 압도하는 규모다.

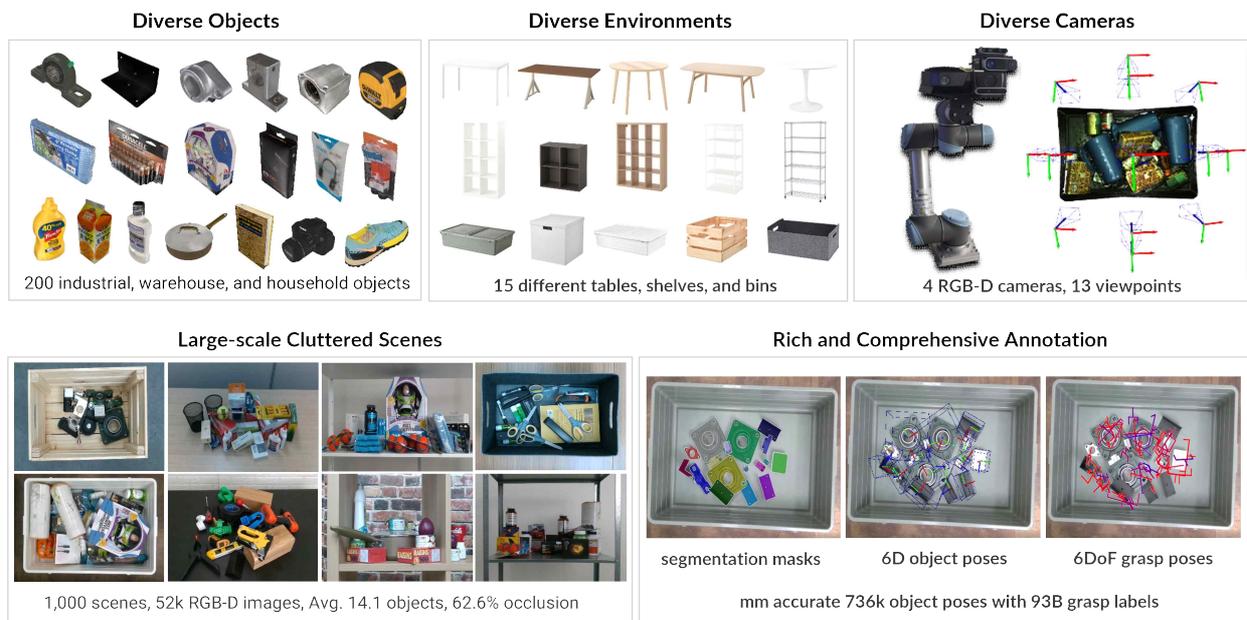
* **RGB-D 카메라**: 색상 정보(RGB)와 깊이 정보(D)를 동시에 획득할 수 있는 센서 장치로, 로봇, 증강현실, 3D 재구성 등 다양한 분야에서 활용된다. 일반 카메라가 물체의 색상과 밝기만을 인식하는 반면, RGB-D 카메라는 적외선이나 구조광 등을 이용해 물체와 카메라 간의 거리(depth) 정보를 함께 측정하여 3차원 공간에서 물체의 위치와 형태를 정확히 파악할 수 있다.

* **6차원(D) 파지 자세**: 3차원 공간에서 로봇이 물체를 잡기위한 위치와 방향을 동시에 나타내는 표현으로, 로봇 조작과 3D 인식에서 핵심 개념이다. 구체적으로, 6차원 자세는 세 개의 위치 좌표(x, y, z)와 세 개의 회전 각도(roll, pitch, yaw)로 구성되어 로봇이 공간에서 정확히 어디에서 어떻게 회전해 파지하는 지를 정의한다.

연구팀은 데이터세트와 함께 **최신 AI 인식·파지 모델의 성능을 평가한 벤치마크 결과도 공개했다.**

▲ 최신 객체 분할 ▲ 6차원 자세 추정 ▲ 집기 검출 방법을 평가한 결과, 물체가 많이 겹치고 복잡한 환경에서는 기존 AI 기술의 성능이 크게 저하되는 것으로 나타났지만, 'GraspClutter6D' 데이터세트로 학습한 AI 모델은 실제 로봇 물체 집기 실험에서 뚜렷한 성능 향상을 보였다.

단순 환경(5개 물체)에서는 집기 성공률이 77.5%에서 93.4%로 15.9%p로 향상됐고, 복잡한 환경(15개 물체)에서는 54.9%에서 67.9%로 13.0%p 개선됐다.



▲ **GraspClutter6D 데이터셋 개요**. 선반, 책상, 박스 등 다양한 환경에서 다중 카메라 캡처 시스템을 이용해 수집되었으며, 73만 개 물체에 대한 6D 자세와 93억 개의 파지 자세가 포함되어 있다.

이는 'GraspClutter6D'가 단순히 규모가 큰 데이터세트가 아니라, **실제 환경을 충실히 반영한 '현실성 있는 데이터세트'임을 입증한다.**

이규빈 교수는 "이번 성과는 산업 환경과 가정에서 마주치는 복잡한 상황을 최초로 충실히 재현했을 뿐만 아니라, **로봇이 현실 세계에서 학습하고 행동하는 것을 목표로 하는 피지컬 AI 연구에도 중요한 기반을 제공한다**"며, "향후 물류, 제조, 생활 서비스 등 다양한 분야에서 로봇 활용을 한 단계 도약시킬 수 있을 것"이라고 말했다.

'GraspClutter6D'와 관련 도구는 공개 웹사이트*에서 전 세계 연구자들에게 무료로 제공되며, 이를 통해 누구나 로봇 집기 연구와 6차원 물체 자세 추정, 범용 로봇 파운데이션 모델 학습 등에 활용할 수 있다.

* <https://sites.google.com/view/graspclutter6d>

GIST AI융합학과 이규빈 교수가 지도하고 한국기계연구원 백승혁 선임연구원이 수행한 이번 연구는 산업통산자원부 로봇산업핵심기술개발사업·산업기술알키미스트프로젝트사업의 지원을 받았다.

연구 결과는 국제학술지 《IEEE 로보틱스 앤 오토메이션 레터스(Robotics and Automation Letters)》에 2025년 8월 20일 게재됐다. 이에 따라 연구팀은 내년 6월 오스트리아 빈에서 열릴 예정인 로봇 분야 세계 최고 권위의 'IEEE 국제 로봇 자동화 학술대회(ICRA, International Conference on Robotics and Automation)'에서도 연구 결과를 발표할 예정이다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : IEEE Robotics and Automation Letters (Q1, IF: 5.3, 2025년 기준)에 게재되었으며, 해당 내용으로 IEEE International Conference of Robotics and Automation (ICRA), 로봇 분야 최고 학회에 2026년 6월에 발표할 예정
- 논문명 : GraspClutter6D: A Large-scale Real-world Dataset for Robust Perception and Grasping in Cluttered Scenes
- 저자 정보 : 백승혁 (제1저자, 한국기계연구원, GIST 박사 졸업), 이규빈 (교신저자, GIST AI융합학과), 이주순 (제2저자, GIST AI융합학과), 김강민 (제3저자, GIST AI융합학과), 노희선 (제4저자, GIST AI융합학과), 이건협 (제5저자, GIST AI융합학과), 강래영 (제6저자, GIST AI융합학과), 이상범 (제7저자, GIST AI융합학과), 노상준 (제8저자, GIST AI융합학과), 이영진 (제9저자, GIST AI융합학과), 이태엽 (제10저자, KAIST)