

“우주정거장에서 로봇 스스로 뚝뚝” GIST, 무중력 자율비행로봇 데이터셋 최초 공개

- 김표진 교수팀, 국제우주정거장(ISS) 내 무중력 환경에서 자율비행로봇 '에스트로비'가 수집한 데이터셋 세계 최초 개발 및 공개... 자율항법 알고리즘 개발 위한 단초 제공
- 美 NASA 에임스 연구센터와 협력, 국제학술지 <IEEE Robotics and Automation Letters> 게재



▲ (왼쪽부터) GIST 기계공학부 김표진 교수, 숙명여자대학교 강수영 제1저자

Space 4.0 시대가 도래하면서 국제적으로 우주 연구 및 상업 활동 육성에 관심이 집중되고 있는 가운데 국내 연구진이 미국 항공우주국(NASA)과 협력하여 인공지능(AI) 로봇을 활용, 국제우주정거장(ISS) 연구를 위한 데이터셋을 공개했다.

광주과학기술원(GIST, 총장 임기철)은 기계공학부 김표진 교수 연구팀이 숙명여자대학교(총장 장윤금)와 협력하여 세계 최초로 무중력 환경에서 활동하는 자율비행 로봇, NASA 에스트로비(Astrobee)*를 통해 수집된 센서 데이터의 통합 데이터셋을 개발했다고 밝혔다.

연구팀은 NASA 에임스 연구 센터(Ames Research Center)와 함께 기존에 접근하기 어려웠던 국제우주정거장 내에서 측정 및 수집된 센서 데이터를 통합 및 배포하고 우주 기반 자율비행 기술 연구를 수행했다.

* **에스트로비(Astrobee):** NASA 에임스 연구 센터(Ames Research Center)가 개발한 자율비행 기능을 갖춘 큐브 타입의 로봇이다. 이 로봇은 우주비행사들이 인간만이 할 수 있는 핵심적인 작업에 더 집중할 수 있도록 보조하는 역할을 한다.

애스트로비는 우주비행사를 도와 자율 운영 또는 원격 조종을 통해 우주정거장 내 소음 측정, 실험 기록, 화물 이동 등과 같은 다양한 작업을 수행하는데, 이때 국제 우주정거장 내에서 로봇이 자신의 위치를 파악하며 자율비행을 할 수 있는 Visual SLAM* 기술이 필수적이다.

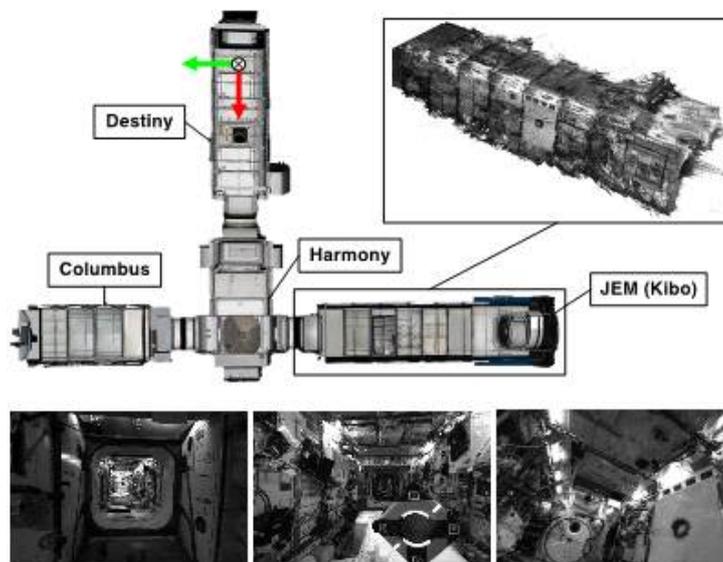
* **Visual SLAM**(Simultaneous Localization and Mapping): SLAM 기술은 로봇이 자율주행에 필요한 위치를 제공하고 이를 위한 공간 인프라인 지도 정보를 생성하기 때문에 로봇, 특히 자율주행 분야에서 많은 연구와 개발, 응용이 이루어져 왔다. Visual SLAM은 카메라 영상을 이용한 SLAM으로, 로봇이나 자율차, 드론의 자율주행뿐만 아니라 공간이나 물체의 3차원 형상복원이나 VR/AR과 같은 기술의 기반 기술로 널리 사용되며 로봇틱스, 자율주행, 증강현실(AR) 등의 분야에서 핵심적인 역할을 한다.

또한 무중력 환경인 우주 공간은 로봇이 모든 방향으로 자유롭게 움직이고 회전할 수 있을 뿐만 아니라 빛의 변화나 떠다니는 물체의 방해로 **로봇이 주변을 인지하고 위치를 파악하는 데 어려움을 겪는다.** 따라서 우주선 내 로봇의 장애물과 변화에도 안정적인 자율비행 연구를 위해 이러한 공간적 특성이 반영된 다양한 시나리오에서 데이터셋을 취득하는 것이 필수적이다.

하지만 국제우주정거장 내부에서 활용할 수 있는 안정적인 항법 기술의 연구개발에는 데이터와 자원이 부족하다는 한계가 있으며, 특히 국내 연구 환경은 무중력 상태에서 로봇을 연구할 수 있는 플랫폼의 부족, 국제우주정거장에 대한 접근 제한이라는 이중 도전에 직면해 있다.

김표진 교수 연구팀은 세계 최초로 우주정거장 내 자율비행 연구를 위한 데이터셋을 제안했다. 연구팀은 영상 항법에 어려움을 주는 시나리오를 분석하고 Visual SLAM과 VIO* 알고리즘을 비교 및 평가했다.

* **VIO(Visual Inertial Odometry)**: 시각 데이터와 관성 측정 장치를 결합하여 이동체의 위치와 자세를 추정하는 기술



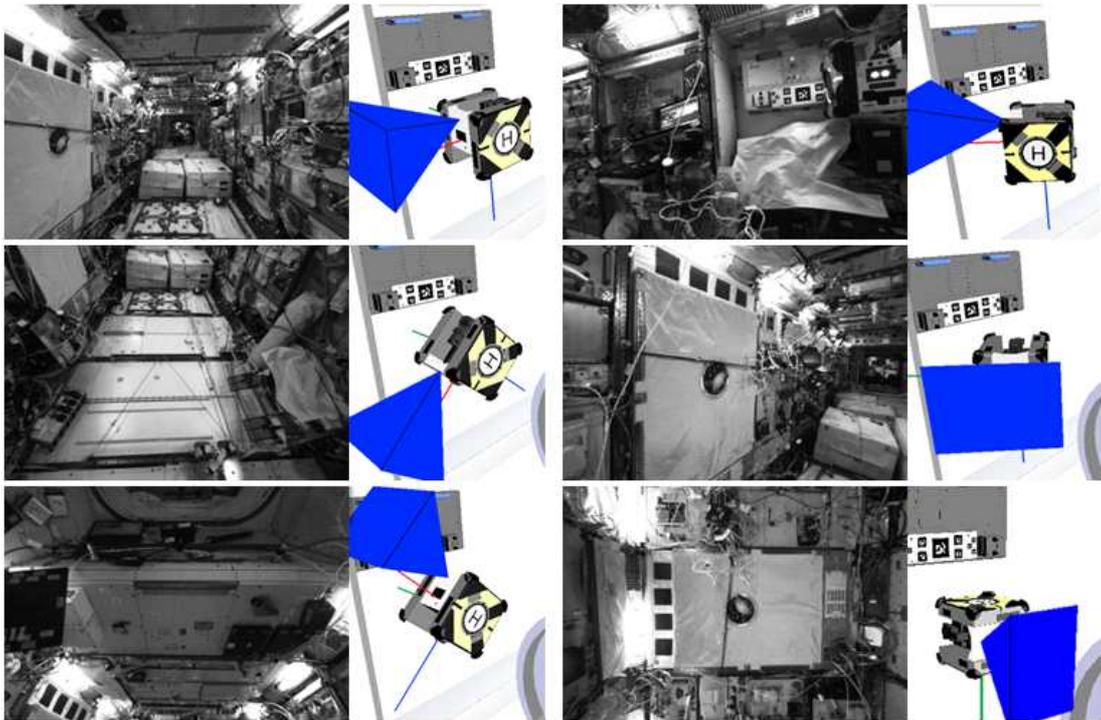
▲ 애스트로비 데이터셋 수집된 공간 및 예시: 애스트로비 로봇이 활동하는 국제우주정거장의 네 가지 모듈. 실제 궤적과 이미지를 기반으로 만든 3차원 복원 모델.

연구팀이 개발한 애스트로비 데이터셋은 무중력 환경에서 발생할 수 있는 다양한 시나리오를 포함한다. Free Flight, Calibration, Intra Vehicular Activity, Test and Debugging으로 구성된 4가지 카테고리를 통해 총 23개의 데이터셋을 공개했다.

간단한 회전과 주행부터 극단적인 회전, 주변 탐색 등 실제 임무 수행 중 얻은 데이터를 포함하며, 자율비행 실험과 성능 평가에 필요한 모든 센서 정보를 통합하여 제공한다.

나아가 연구팀은 애스트로비로부터 수집된 데이터를 활용하여 무중력 우주 환경에서 적합한 항법 알고리즘을 평가했다.

총 여섯 가지 최신 위치 측위 알고리즘들을 이용한 벤치마크(동일한 데이터 셋으로 평가 환경을 구성)를 통해 비교실험을 했으며, 대부분의 시나리오에서 기하학 기반의 알고리즘이 안정적이고 정확한 성능을 보였다.



▲ 애스트로비 로봇의 다양한 모션과 그에 따른 시야: 국제 우주정거장 Kibo모듈 내에서 애스트로비가 수집한 이미지 예시이다. 무중력에서 수행하는 다양한 회전 모션과 그에 대응하는 이미지 정보를 포함하고 있다.

해당 데이터셋은 아래의 웹사이트에서 관심 있는 누구나 다운받을 수 있다.

<https://astrobee-iss-dataset.github.io/>

김표진 교수는 “이번 연구 성과는 실제 국제우주정거장에서 얻어진 다양한 데이터셋과 자율항법 실험 결과를 통해 향후 우주 임무를 위한 더 효율적이고 안정적인 항법 시스템 개발에 대한 방향성을 제공했다는 데 가장 큰 의의가 있다”면서 “나아가 공개하는 데이터셋이 관련 3D 컴퓨터 비전 및 로봇틱스 연구 분야에 등 다양한 연구 방향을 제시할 것으로 기대된다”고 말했다.

김 교수는 또한 “이번에 개발된 데이터셋과 실험 결과를 기반으로 우주비행사와 신속하고 정확한 협력이 가능한 자율항법 알고리즘을 개발하는 것이 최종 목표”라고 밝혔다.

GIST 기계공학부 김표진 교수가 주도하고 숙명여자대학교 강수영 학부생이 수행한 이번 연구는 한국연구재단 기초연구사업의 지원을 받았으며, 로보틱스 분야 상위 30% 저널인 'IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L)'에 2024년 2월 12일 온라인으로 게재됐다.

논문의 주요 정보

1. 논문명, 저자정보

- 저널명 : IEEE Robotics and Automation Letters (RA-L) (IF:5.2, 2022년 기준)
- 논문명 : Astrobee ISS Free-Flyer Datasets for Space Intra-Vehicular Robot Navigation Research
- 저자 정보 : 김표진(교신저자, 광주과학기술원 GIST), 강수영(제1저자, 숙명여자대학교), Ryan Soussan(제2저자, NASA Ames Research Center), 이대경(제3저자, 숙명여자대학교), Brian Coltin(제4저자, NASA Ames Research Center), Andres Mora Vargas(제5저자, NASA Ames Research Center), Marina Moreira(제6저자, NASA Ames Research Center), Kathryn Hamilton(제7저자, NASA Ames Research Center), Ruben Garcia(제8저자, NASA Ames Research Center), Maria Bualat(제9저자, NASA Ames Research Center), Trey Smith(제10저자, NASA Ames Research Center), Jonathan Barlow(제11저자, NASA Ames Research Center), Jose Benavides(제12저자, NASA Ames Research Center), 정은주(제13저자, 숙명여자대학교)