

Time-of-Flight 카메라를 이용한 비협력적 우주물체의 상대 포즈 추정

박상도^{1*}, 오민식¹, 유혁준¹, 정동원¹

한국항공대학교 스마트항공모빌리티학과¹

Relative Pose Estimation of a Non-cooperative Spacecraft using ToF Camera

Sangdo Park*, Minsik Oh¹, Heokjune You¹, Dongwon Jung¹

Department of Smart Air Mobility Engineering, Korea Aerospace University¹

초 록

서비스위성과 우주물체의 랍데부 및 도킹 등의 임무에는 유도/항법 제어 알고리즘이 필수적이다. 특히, 포획단계에서 안전하게 우주물체를 붙잡기 위해서는 안정적인 파지점 결정 및 목표물의 정확한 상대 pose 추정이 필요하다. 협조적 우주물체와 달리 비협조적 우주물체는 가용한 인식 마커나 센서가 없어 상대 pose 추정을 위해서는 서비스위성에 탑재된 카메라나 light detection and ranging(LIDAR)을 이용하여야 한다. 본 논문에서는 실시간으로 피사체와의 거리 정보를 측정할 수 있는 time-of-flight(ToF) 카메라를 사용하여 얻은 point cloud 기반의 6자유도(Degree of Freedom; DoF) 상대 pose 추정 알고리즘을 제안한다. 본 연구에서는 3D 데이터 처리에 많이 쓰이고 있는 iterative closest points(ICP) 알고리즘의 국부 수렴 문제를 해결하고자 2D-3D 재투영 방법을 통해 얻어진 3D 코너를 특징점으로 사용하는 corner random sample consensus(CSAC)을 보이고, 정합 과정에서 운동하는 목표물의 특징점 매칭 오류를 극복하기 위해서 기하학적 일관성(geometric consistency; GC)을 유지하는 기법을 제안한다. CSAC 알고리즘은 전역 정합 기법으로 ICP 알고리즘의 초기값 민감도에 기인한 국부수렴문제를 피할 수 있으며, 대칭형상을 지닌 목표물의 관측 모호성으로 인한 잘못된 pose 계산의 한계를 극복할 수 있다. 전역수렴이 보장되는 ICP는 좋은 성능을 보이나, 정합을 통해 얻은 변환행렬에는 측정 오차가 포함되어 있으며 가림현상 발생 시 대응이 불가능하다. 본 연구에서는 이를 해결하기 위하여 제안된 알고리즘과 확장 칼만 필터(Extended Kalman Filter; EKF)를 통합하여 CSAC-ICP-EKF 구성을 이루었다. 제안한 기법의 성능을 검증하기 위해 Robot Operating System(ROS)-Gazebo-Matlab 환경에서의 수치 시뮬레이션이 진행되었다. 시뮬레이션 결과 우수한 추정 성능과 초기 변환행렬로 인해 특정 pose에서 수렴하지 않는 ICP의 한계가 극복되었음을 확인하였다. 향후에는 실험을 통해 제안 알고리즘의 강인성과 상대 pose 추정 성능을 검증할 계획이다.

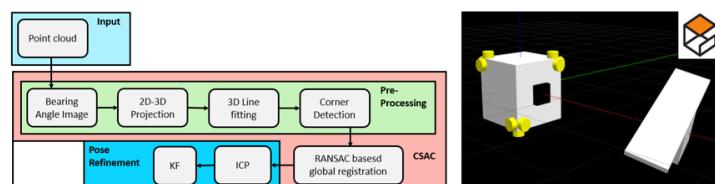


Fig. 1. Flow chart & Simulation

Key Words : Relative Pose Estimation(상대 포즈 추정), Point Cloud(포인트 클라우드), Non-cooperative Target(비협력적 대상), Time-of-Flight Camera(ToF 카메라)

후 기

본 연구는 과학기술정보통신부 한국연구재단(NRF) 지원사업에 의해 수행되었습니다(No. NRF-2022M1A3B8073175).