

다중 로봇팔 기반 포획 시스템을 위한 Finite State Machine 제어 프레임워크 설계

김재윤^{1*}, 유혁준², 정동원²

한국항공대학교¹, 한국항공대학교²

Design of a Finite State Machine Control Framework for a Multi-Robot Arm Capture System

ChaeYoon Kim^{1*}, Heokjune You², Dongwon Jung²

Korea Aerospace University ¹ Korea Aerospace University ²

초 록

최근 궤도상 서비스 임무의 활발한 진행과 함께 우주 로봇 기술에 관한 관심이 증가하고 있다. 특히 우주 쓰레기 포획과 같은 임무에서는 로봇팔의 활용이 주목받고 있으나, 단일 로봇팔만으로는 자세 불안정성과 접촉면 부족으로 제어 난이도가 높다. 이에 따라 다수의 로봇팔을 활용하면 시스템 자유도와 포획 성공률을 높일 수 있는 효과적인 대안이 된다. 다중 로봇팔 시스템을 효율적으로 운용하려면 접촉 상황과 임무 단계를 명확히 구분하고, 이에 따른 적절한 제어 구조가 필요하다. 본 연구에서는 rule-based 판단 구조와 상태 기반 제어 설계를 통해 포획 성공 여부와 실패 유형을 판단하고, FSM(Finite State Machine)과 HSFM(Hierarchical State-Flow Machine) 구조를 통해 조건별 동작 전환이 가능한 제어 프레임워크를 제안한다. 각 로봇팔의 상태는 rule-based 판단을 기반하여 overload, slip, empty 등의 논리 조건 Boolean Predicate로 정의한다. 위 논리 조건을 조합하여 상위 계층 결정트리(decision tree)를 통해 전체 시스템의 포획 성공 여부와 실패 유형을 도출한다. 도출된 판단 결과는 상태 전이 및 전략 전환의 기준이 되는 flag로 활용된다. 제안된 프레임워크는 4개의 로봇팔을 대칭적으로 탑재한 위성 시나리오를 통해 검증되었으며, 향후 학습 기반 기법과의 결합 등 다양한 확장 가능성을 가진다.

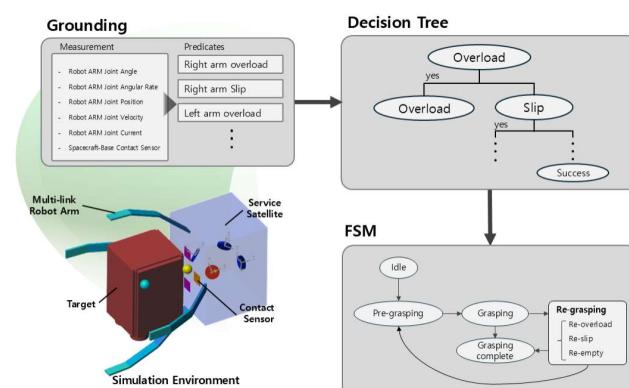


Fig. 1. System Architecture of a Multi-Robotic-Arm Target Capture Framework

Key Words : Multi-arm Satellite System, FSM(Finite State Machine), HSFM(Hierarchical State-Flow Machine), Rule-based Decision Tree.

후 기

본 연구는 2022년 한국연구재단(NRF) ‘스페이스챌린지’ 사업에 의해 수행되었습니다 (No.NRF-2022M1A3B8073175).