

장비 및 복수 로봇을 이용한 협업 작업 시스템 프레임워크 연구

노명찬, 김중배

한국전자통신연구원

mcroh@etri.re.kr, jjkim@etri.re.kr

A Study on the Framework of Collaborative Work Systems Using Equipment and Multiple Robots

Roh Myung Chan, Kim Joong Bae

ETRI

요 약

최근 들어 제조업, 물류, 서비스업 등 다양한 분야에서 장비 및 다관절 로봇을 이용한 협업작업에 대한 요구가 증가하고 있다. 본 논문에서는 장비와 복수의 다관절 로봇을 활용한 협업작업 시스템 프레임워크 연구에 대한 내용을 소개한다. 협업작업 시스템 프레임워크 연구에 대한 검증의 일환으로 사용자의 작업지시에 따른 상품 분류 및 적재 작업과 같은 단순 반복적인 작업에 적용하여 실험하였으며 실험 환경은 복수의 로봇이 작업 대상 및 작업 공간을 공유하는 환경으로 하였으며, 이러한 환경에서도 로봇간 충돌을 회피하여 안전하게 작업을 수행하는 내용에 대해 소개한다.

I. 서 론

장비 및 다관절 로봇을 이용한 협업 작업에 대한 작업 계획과 분배 기술은 최근 몇 년 동안 급격히 발전하고 있다. 이러한 기술들은 제조업, 물류, 서비스업 등 다양한 분야에서 활용되고 있으며, 협업의 효율성을 높이고 작업의 정확성을 개선하는 데 기여하고 있다. 협업 작업은 인간과 로봇, 장비와 로봇, 로봇과 로봇 등으로 구성될 수 있는데, 본 논문에서는 로봇과 로봇 간의 협업 작업에 있어서 로봇의 능력과 로봇 간의 작업 분배, 그리고 작업 과정에서의 충돌 회피 등 보다 안전하게 로봇 간 협업 작업을 수행할 수 있는 방법에 대해 연구한 사례를 소개하고자 한다.

또한, 연구 내용에 대한 검증을 위하여 소량 다품종 제품에 대해 분류 적재하는 단순 반복적인 작업에 적용되는 시스템을 예시로 적용하여 실험하였으며, 이러한 시스템은 작업지시에 능동적으로 대응할 수 있어야 한다. 본 논문에서는 작업지시에 능동적으로 대응하면서 복수의 로봇이 작업 공간을 공유하면서 충돌 없이 안전하게 작업을 수행할 수 있는 방법으로 연구한 사례를 소개하고자 한다.

II. 본론

복수 로봇을 이용한 협업 작업 환경은 단일 로봇 환경과 다르게 로봇 간의 행동이 서로 영향을 주는 관계를 갖기 때문에, 복수 로봇을 이용한 협업 작업에서는 고려해야 할 요소가 많이 있다.

본 논문에서 소개하고자 하는 협업 작업은 작업지시에 따른 다종의 상품 분류 작업이다. 로봇의 행동은 Pick-And-Place라는 단순한 동작으로 구성되지만 작업 환경에 있어서 작업 대상 및 작업 공간의 공유는 로봇 간 충돌을 야기할 수 있어 로봇간 충돌로 인하여 파손의 위험이 존재한다. 또한 로봇간 작업 능력이 다른 부분도 고려 요소 중 하나이다.

본 논문에서는 작업지시에 따른 다종의 상품 분류 포장 작업에 있어서 복수 로봇이 작업 대상 및 작업 공간을 공유하면서 보다 효율적인 작업 계획 및 분배를 통해 보다 효율적인 협업작업을 수행할 수 있는 시스템 프레임워크를 설계하고 테스트베드에 적용하여 실험한 내용에 대해 소개한다.

1. 작업 공유 공간에서의 로봇간 충돌 방지 설계

상품 분류 적재 작업과 같은 단순 반복적인 작업에 있어서 로봇을 이용하고자 할 때 작업의 효율성을 높이는 것이 필요하다. 로봇의 배치와 로봇의 작업 속도 등 여러 상황에 따라 다르겠지만 다수의 로봇이 작업공간을 공유하는 환경에서는 서로 충돌이 발생하는 위험이 존재하게 된다. 이러한 충돌 위험을 회피하기 위한 다양한 방법이 존재할 수 있겠지만 본 논문에서 다음과 같은 상황에서 충돌 회피 방법으로 해결하고자 하였다.

1.1 작업 대상의 파지 과정에서의 로봇간 충돌 방지

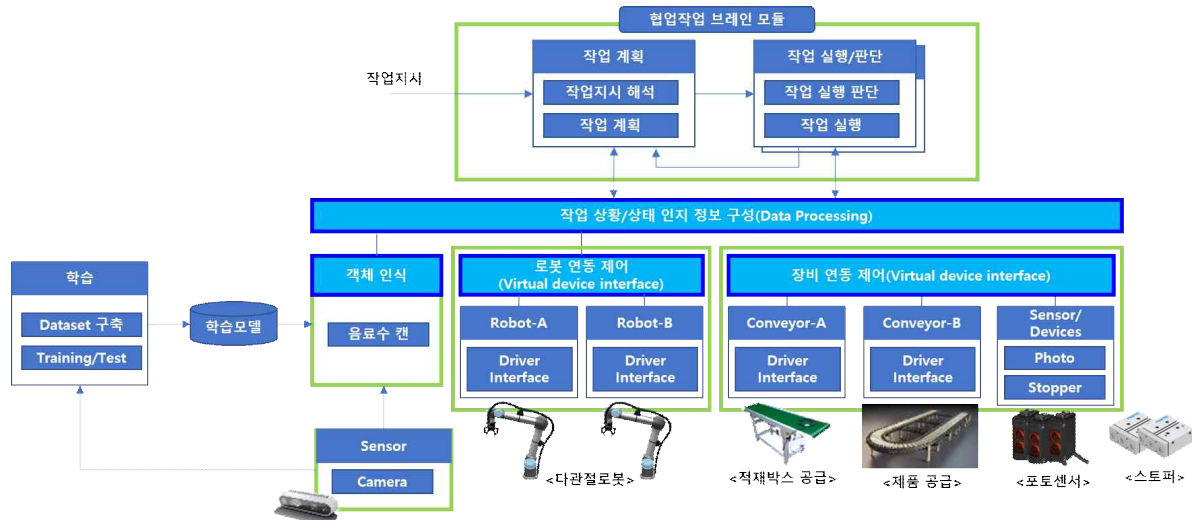
다수의 로봇이 동일한 작업 공간을 공유할 때 로봇간 충돌 방지를 위한 방법으로 타임라인을 설정하여 해결하는 방법, 작업우선순위를 적용하여 해결하는 방법 등 여러 방법이 있을 수 있는데 본 논문에서는 작업우선순위를 적용하는 방법으로 해결하였다. 이러한 방법은 로봇간 작업 속도가 다를 경우에 적용하면 보다 효과적이다. 본 논문에서는 작업우선순위를 정할 때 로봇의 현재 작업 상황을 모니터링하여 작업 대상 파지를 위한 준비 자세가 빠른 로봇에 우선권을 부여하는 방식으로 하였다.

1.2 작업 대상의 적재 과정에서의 로봇간 충돌 방지

다수의 로봇이 작업 대상을 파지한 후 정해진 상자에 적재하는 과정에서도 로봇간 충돌이 발생할 수 있다. 다수의 로봇이 동시시간에 적재 상자를 교차하여 적재하는 상황이 발생할 경우 충돌 위험은 더욱 커지게 된다. 본 논문에서는 로봇이 현재 어떤 작업을 수행하고 있는지 모니터링을 통해 적재 작업이 교차하게되는 상황인지 아닌지를 판단하여 로봇간 충돌을 회피하도록 하였다.

2. 협업 작업계획 및 분배 시스템 프레임워크

다종의 제품 선별 적재 작업을 위한 협업 작업은 작업 대상의 파지와 정해진 박스에 적재하는 단순한 과정의 반복으로 이루어진다. 이러한 단순한 과정의 작업을 반복 실행하기 위해서는 작업 파지 대상 결정과 로봇



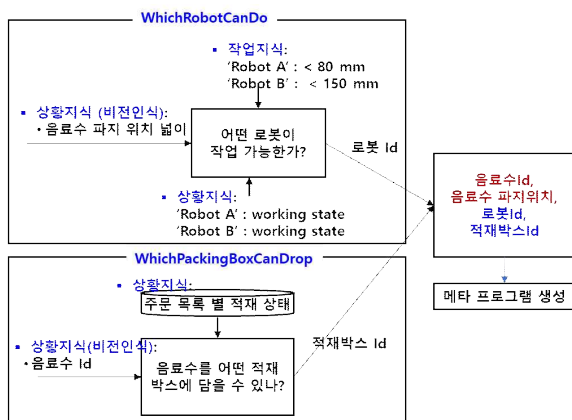
[그림1] 협업작업계획 및 분배 실행 시스템 프레임워크

간 충돌 방식을 고려하면서 실행시간에 로봇의 작업을 계획하고 분배하여 로봇에 전달되어야 한다. 어떤 로봇이 어떤 제품을 파지할지에 대한 결정은 로봇의 작업 능력과 현재 로봇이 어떤 작업을 수행하고 있는지 작업 상황에 대한 모니터링을 통해 [그림2]와 같은 협업작업 계획 및 분배 모델에 의하여 실행시간에 결정된다.

또한, 다종의 제품 선별 포장 작업을 위한 협업 작업은 앞서 소개한 협업 작업계획 및 분배 모델을 이용하여 실행시간에 결정하고 로봇에 전달되어야 한다. 이러한 협업 작업 실행 프레임워크는 [그림1]과 같다.



[그림3] 테스트베드 구성



[그림2] 협업 작업계획 및 분배 모델

3. 작업 대상물 선정 및 인식

본 논문의 실험 검증을 위한 작업 대상물은 음료수 캔 3종류를 선정하였고 작업 대상물 인식을 위한 카메라는 Realsense D435를 사용하였다. 또한 작업 대상물 인식을 위한 학습 데이터셋 구축과 YOLO v8기반의 Open source library(ultralytics.com) OBB(Oriented Bounding Box) 모델을 이용하여 작업 대상물 인식 시스템을 구현하였다.

4. 테스트베드 환경 구성

앞서 소개한 로봇간 충돌회피를 포함하는 협업 작업계획 및 분배 그리고 로봇 제어를 위한 시스템 프레임워크에 대한 검증을 위하여 [그림3]과 같은 테스트베드 환경을 구축하였다. 테스트베드 환경에는 다종의 상품 공급을 위한 순환 컨베이어, 2평거 그리퍼를 장착한 2대의 다관절 로봇과 적재 박스, 적재 박스운송용 컨베이어, 기타 센서들이 포함된다.

III. 결론 및 향후 계획

본 논문에서 소개한 장비와 복수 로봇을 이용한 협업작업계획 및 실행 시스템은 작업 공간을 공유하는 환경에서 복수 로봇이 작업지시에 따라 수행함을 확인하였다. 다만 로봇이 제품을 파지함에 있어 카메라를 이용한 제품의 인식 및 파지 위치 정확도에 따라 성공률에 차이가 있음도 확인하였다. 그리고 파지 제품의 위치 변화가 발생하는 경우 파지 실패 사례도 확인되었다. 다수의 로봇이 작업 공간을 공유하는 협업 작업에서는 무엇보다 로봇간 충돌을 회피하기 위한 방안이 마련되어야 한다. 본 논문에서는 작업지시에 따라 복수의 로봇이 작업 공간을 공유하면서 효과적으로 분류 적재하는 방법에 대해 소개하였다. 본 논문에서 소개한 복수의 로봇을 이용한 제품의 분류 적재 시스템은 소량 다품종 제품들에 대한 분류 적재 시스템에 적용이 가능하다. 향후에는 로봇이 작업 실패에 대한 재작업 등 보다 지능적인 방법을 연구하여 적용하고자 한다.

ACKNOWLEDGMENT

본 논문은 스마트 제조혁신 기술 개발 사업에 따라 [RS-2023-00224053], 옛지 브레인 프레임워크 기반 장비.로봇 협업 기술 개발] 과제로 연구하였음.

참고 문헌

- [1] 노명찬, 김중배, '장비_로봇간 협업을 위한 작업 계획 및 분배에 관한 실험적 연구', 한국통신학회 2023년도 추계종합학술발표회
- [2] 노명찬, 김중배, "스크립트 기반 다관절 로봇 작업제어 프레임워크 구현", 대한전자공학회 2020년도 하계종합학술대회
- [3] 노명찬, 김중배, "스크립트 기반 작업 제어 언어를 이용한 상품 분류 포장 시스템 구축 및 실험", 제17회 한국로봇종합학술대회