

레이저 트래커(API T3)를 이용한 초 중량물 핸들링 로봇의 성능평가에 관한 연구

A Study on Performance Evaluation of Heavy Duty Handling Robot Using API T3 Laser Tracker

*정윤교¹, 김정현², 박기범³, 신혁⁴, #고해주⁵

*Y. G. Jung¹, J. H. Kim², G. B. Park³, H. Shin⁴, #H. J. Ko(hjko@changwon.ac.kr)⁵

^{1,2}창원대학교 기계공학과, ³창원대학교 대학원 기계공학과, ⁴이엠코리아(주), ⁵창원대학교 TIC

Key words : Heavy duty handling robot, Pose accuracy, Pose repeatability, Path accuracy, Path repeatability

1. 서론

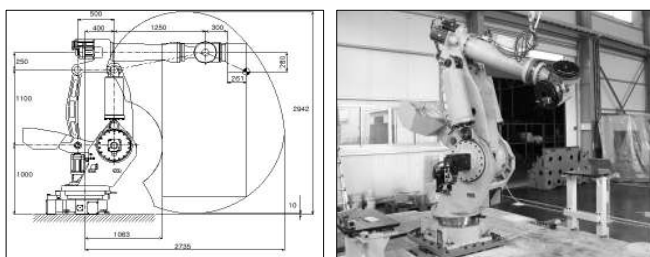
산업현장의 생산비 절감을 위해서 생산라인의 개선을 필요로 하고 있으며 우리나라의 성장 동력 사업 추진으로 로봇의 연구개발이 활성화되고 있다. 특히 일본 도요타 자동차에서는 컨베이어 방식이 아닌 로봇에 의한 자동차 차체의 이송을 검토하며, 유럽의 자동차회사에서도 기존 컨베이어 방식의 대량생산에서 탈피하여 작업자 중심의 소규모 조립 Station 방식을 시험운영하고 있다. 이러한 조립 Station에서는 로봇에 의한 중량물 핸들링 방식이 주류를 점할 것으로 예상된다.

이러한 이유로 외국의 로봇업체에서는 향후의 수요를 대비한 초 중량물 핸들링 로봇의 개발과 생산이 활발히 진행되고 있으며, 향후 수요시장의 외국제품에 의한 잠식에 대비하기 위해서는 국내기술에 의한 개발을 필요로 하며¹, 500 Kgf 이상의 초 중량물 핸들링 로봇을 개발함으로써 로봇기술의 선진화에 근접하고자 한다.

본 연구는 초 중량물을 핸들링 하는 로봇의 성능평가를 위하여 ISO 9283에 산업용 로봇의 특성 측정방법^{2,3}을 적용하여 임의 큐브와 경로에 대한 시뮬레이션을 구현하고, 3차원측정 장비인 Laser Tracker를 이용하여 측정방법의 연구로^{4,5} 병렬로봇 시스템을 대상으로 포즈 특성과 경로 특성을 측정하여 측정 데이터를 분석하고 결과를 도출하였다. 또한 성능평가의 결과를 참고로 측정방법에 대하여 연구 중인 초 중량물 6축 다관절 로봇의 성능평가에 적용하기 위한 경향을 예측 하고자 한다.

2. 초 중량물 핸들링 로봇의 구조

초 중량물 핸들링 로봇은 가반하중 600 Kgf을 적용하고 수평 도달범위는 2.5 m 이상, 반복정밀도를 ±0.4 mm 이하로 하여 제어축수를 6축으로 동작속도는 최소 80 deg/sec, 손목 축의 힘은 J6축이 170 Kgf.m를 목표로 선정하였다. 가반중량을 핸들링 할 때 3축 구동모터가 받는 토크 부하를 경감시켜주기 위한 Weight balancer의 크기를 600 kgf로 지정되고, 2축의 모터 부하를 경감시켜 주기 위한 Spring balancer를 설치하며, 스프링 상수는 43,000 N/m를 적용하였다. 가반하중을 유지하기 위해 감속비는 230 이상의 감속기를 적용하여 제작된 로봇의 모습을 Fig. 1에 나타내고 있다.



(a) Lay out of robot (b) Picture of manufacture robot
Fig. 1 Structure of Heavy duty handling robot

3. 특성 및 기능측정 방법

산업용 로봇의 성능특성 시험은 일반적으로 ISO 규격을 기반

으로 하여 포즈특성과 경로특성의 측정방법을 적용하고 있다.

시험 경로의 모양과 크기는 Fig. 2에서 보여주는 바와 같이 직선 또는 원형으로 선정하고, 큐브 대각선의 직선경로의 길이는 선택 평면의 반대 꼭지 점의 80% 거리를 기준으로 하며 직선경로는 방향재설정 시험에 적용한다. 원형경로의 경우는 2개의 다른 원이 시험되고, 직선경로의 경우는 꼭지 점은 평면의 대각의 (10±2)%의 길이만큼 떨어진 곳에 위치한다.

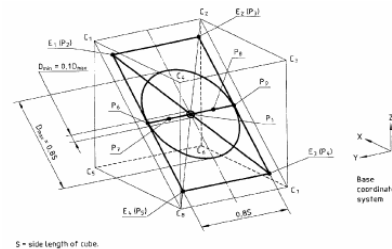


Fig. 2 Picture of test cube

3.1 포즈 특성

포즈특성은 포즈 정밀도와 포즈 반복정밀도로 분류하고 지령과 도달포즈 사이와 지령포즈에 대한 일련의 반복 방문된 도달포즈의 변동을 정량화하여 나타낸다.

3.1.1 포즈 정밀도 및 포즈 반복정밀도

Fig. 3.1은 포즈 위치에 대한 지령포즈와 도달포즈의 관계를 그림으로 나타낸 것으로, 포즈 정밀도는 지령포즈로 접근할 때의 도달포즈의 평균과의 편차이며 다음과 같다.

$$AP_p = \sqrt{(\bar{x} - x_c)^2 + (\bar{y} - y_c)^2 + (\bar{z} - z_c)^2} \quad (1)$$

포즈 반복정밀도는 같은 방향으로 같은 지령포즈에 n번 반복해서 방문할 때 도달된 포즈 사이의 일치의 근접성을 표현하며 다음과 같다.

$$RP_l = \bar{l} + 3S_l \quad (2)$$

그 외 포즈특성의 성능평가에 관련된 항목으로는 다 방향 포즈 정밀도, 거리 정밀도 및 거리 반복정밀도, 위치 안정화 시간 및 오버슈트와 포즈특성 드리프트가 있다.

3.2 경로 특성

경로특성은 경로 정밀도와 경로 반복정밀도로 분류하고 지령 경로를 따라 움직인 로봇의 좌표를 나타내며 Fig. 3.2에 일반적인 경우를 나타내고 있다.

3.2.1 경로 정밀도 및 경로 반복정밀도

경로 정밀도 및 경로 반복정밀도는 기구학적으로 같은 방향으로 n번 이동시키는 로봇의 능력을 특성화하는 것으로, 경로 정밀도는 지령 경로의 위치와 도달된 경로 위치의 클러스터 배리센터 선과의 차이로 다음과 같이 나타낸다.

$$AT_p = \sqrt{(\overline{x_i} - x_{ci})^2 + (\overline{y_i} - y_{ci})^2 + (\overline{z_i} - z_{ci})^2} \quad (3)$$

경로 반복정밀도는 같은 지령에 따라 n번 반복되어 도달된 포즈의 일치의 근접도를 표현하며 다음과 같이 나타낸다.

$$RT_p = \max PT_{pi} = [\overline{l_i} + 3S_{li}] \quad (4)$$

그 외 경로특성 평가에 관련된 항목으로는 방향 재설정 시 경로 정밀도, 코너링 편차, 경로 속도 특성 등이 있다.

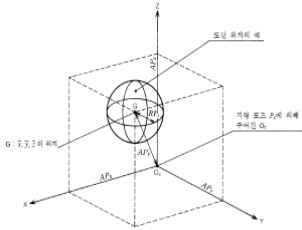


Fig.3.1 Pose accuracy & Pose repeatability

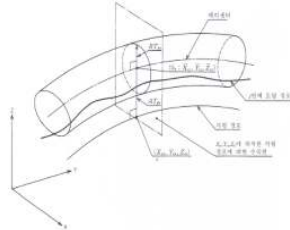


Fig. 3.2 Path accuracy & Path repeatability

4. 로봇의 3D 모델링 및 시험경로 선정

설계된 로봇을 CATIA를 이용하여 단품별로 3D 모델링한 후 Assembly를 구현하여 완성하고 Fig. 4.1에 나타내었다. Assembly 된 로봇의 시험을 위해서 ISO 규격에서 지정하는 시험 경로를 기본으로 하여 로봇의 최대 동작 영역 내에서 많이 사용될 것으로 예상되는 부분으로 800 mm³의 영역을 설정하고 Fig. 4.2에 나타내었다.

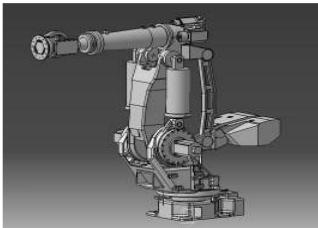


Fig. 4.1 Assembly model of robot

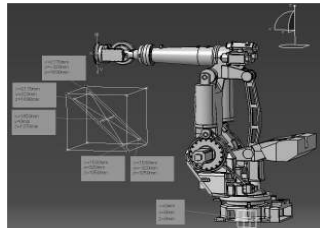


Fig. 4.2 Test cube of robot

5. 성능평가

초 중량물 핸들링 로봇을 개발하는 과정에 로봇의 본체와 제어성능을 결정하는데 많은 시간과 기술이 요구되고 있는 실정이다. 이로 인해 본 연구에서 완성된 로봇의 성능평가를 수행하는 데는 어려움이 있어 측정방법을 사전에 적용할 수 있는 병렬로봇을 대상으로 시험을 수행하고 결과를 분석하였다.

5.1 병렬로봇의 성능평가

병렬로봇은 매니플레이트가 45°경사를 가지고 중앙 축을 기준으로 3개의 액추에이터로 구성되며 2개의 회전축을 가진 가공기능을 구현하는 구조로 되어있다. Fig. 5.1은 병렬로봇에서 X340 mm, Y320mm, Z320mm의 지시동작 및 측정 포즈를 나타낸 Cube를 설정하고, 평가방법에 따라 포즈 정밀도는 30회 반복, 경로 정밀도는 10회 반복하여 측정하였다.

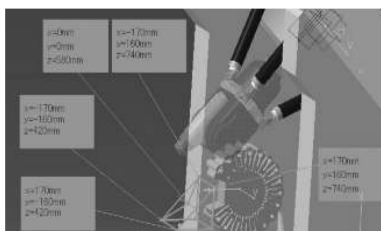


Fig 5.1 Cube application of PKMT

5.2 포즈 정밀도 및 포즈 반복정밀도

Fig. 5.2는 포즈 정밀도의 측정 결과를 그래프로 나타낸 것으로, 포즈 1에서 포즈 5까지 각각의 정밀도는 0.013mm, 0.030mm, 0.082mm, 0.078mm, 0.147mm를 나타내고 최대오차는 포즈 5에서 나타났다. Fig. 5.3은 포즈 반복정밀도를 나타낸 것으로 포즈 1에서 0.06mm로 가장 많은 값을 나타내고 있음을 알 수 있었다.

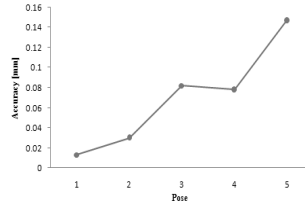


Fig. 5.2 Pose accuracy

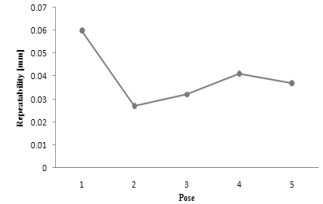


Fig. 5.3 Pose repeatability

5.3 경로 정밀도 및 경로 반복정밀도

Fig. 5.4는 경로 정밀도의 측정 결과를 그래프로 나타낸 것으로, cycle을 10회로 측정하여 얻어진 결과이다. 경로 정밀도는 0.032mm로 나타났으며, Fig. 5.5는 경로 반복 정밀도 결과를 나타낸 것으로 경로 반복정밀도는 0.043mm로 나타났다.

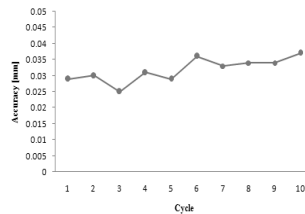


Fig. 5.4 Path accuracy

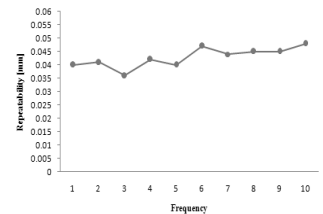


Fig. 5.5 Path repeatability

6. 결론

본 연구는 가반하중 600 Kgf인 초 중량물 핸들링 로봇개발의 성능평가를 위해서 로봇 형상을 3D 모델링으로 구현하고 평가를 위한 영역을 검토하여 형상화 하였으며, 3차원측정 장치인 Laser tracker로 측정을 수행하기 위해서 사전 시험방법으로 병렬로봇 시스템에 포즈특성과 경로특성의 측정을 수행하여 다음과 같은 결과를 얻을 수 있었다.

1. 초 중량물 핸들링 로봇을 3D 모델링으로 구현하고 로봇의 동작영역을 확인하여 측정범위를 선정하였다.
2. ISO 9283에서 규격화된 각 특성을 측정하기 위하여 병렬로봇 시스템에 3차원측정 장치인 Laser tracker를 사용하여 측정을 수행하고 측정결과를 도출하였다.
3. 측정방법과 결과를 바탕으로 연구 중인 초 중량물 핸들링 로봇에 적용하여 향후 로봇의 성능을 평가하고자 한다.

후 기

본 연구는 지식경제부 지정 2007년도 지역산업기술개발사업(중점 기술개발사업)의 지원에 의한 것입니다.

참고문헌

1. 김강희, 유재영, 정의섭, 장태중, 임대현, "산업용 로봇 산업 경쟁력 조사 연구", 무역위원회 한국과학기술정보연구원, 2005.
2. KS B ISO TR 13309, "산업용 로봇-ISO 9283에 따른 로봇 성능 평가를 위한 시험 장비 조작 및 측정 방법", 2002.
3. ISO 9283, "Manipulating industrial robots-Performance criteria and related test method", 1998.
4. 大喜多, "3차원 레이저 트래커의 원리와 응용 사례", 자동제어계측사, 제15권 제5호 통권173호, p94, 2002.
5. 김미경, 윤천석, 강희준, 서영수, 노영식 "레이저 트래커(Leica LTD 500)를 이용한 로봇 성능 평가 시스템 개발", 韓國精密工學會 2005年度 春季學術大會論文集, p1001~1002.