

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

A Study on Motion Characteristics of Heavy Duty Handling Robot Using API T3 Laser Tracker

*고해주¹, 김정현², 신혁³, 정윤교⁴

*H. J. Ko¹, J. H. Kim², H. Shin³, #Y. G. Jung(ygjung@changwon.ac.kr)⁴

¹창원대학교 TIC, ²창원대학교 기계공학과, ³이엠코리아(주), ⁴창원대학교 기계공학과

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

1. 서론

산업용 로봇은 산업현장에서 공작물의 조립, 분해, 도장 및 용접 등 광범위하게 그 수요가 증대되고 있으며, 특히 자동차 산업분야에서 자동화의 주요장치로 널리 사용되고 있다. 차체와 같은 초 중량 부품들을 이송할 수 있는 로봇을 활용한 생산라인의 개선이 요구된다. 이러한 이유로 향후의 수요를 대비한 초 중량물 핸들링 로봇의 개발을 필요로 하고 있다¹.

본 연구는 최대 600 kg의 중량물을 핸들링 할 수 있는 산업용 로봇을 개발하고 로봇의 성능평가를 위하여 ISO 9283과 KS B 7082의 특성 측정방법을 적용하기위해^{2,3} 경로에 대한 시뮬레이션을 CATIA에서 구현하고, 3차원측정 장비인 Laser Tracker를 사용하여 동작특성평가의 수행을 목표로 하였다.

2. 실험장비

로봇의 동작특성 측정을 위해서 3차원측정기능을 가진 Laser Tracker(API T3)를 사용하여 로봇의 이동에 따른 3차원위치편차를 측정하였다. 측정은 Laser광선을 1초 동안 1000회 이상 발생시켜 측정헤드와 반사경 사이의 거리를 결정하고 직교좌표로 변환한다. Fig. 1에 측정원리를 보여주고, Table 1에서는 사양을 나타내고 있다^{4,5}.

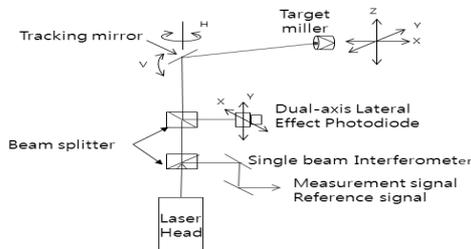


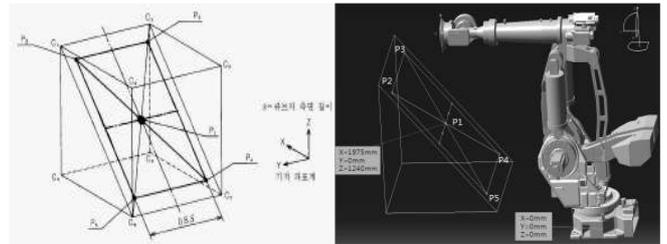
Fig. 1 Measurement principle of Laser Tracker

Table 1 Specification of Laser Tracker

Items	Specification
Range of measurements	Horizontal 640°(±320°)
	Vertical +80°~ -60°
	Measuring Dia. >120 m
3D spatial measuring performance	Resolution 1.0 μm
	Repeatability 2.5 ppm
Smart TRACK measuring angle (Pitch, Yaw, Roll)	± 55°, ± 140°, ± 30°

3. 시험경로

로봇의 성능특성 시험은 ISO 규격을 기반으로 하여 포즈특성과 경로특성으로 측정방법을 적용하고 있다. 시험 경로의 모양과 크기는 Fig. 2(a)에서와 같이 경사면의 직선으로 선정하고, 큐브 대각선의 직선경로 길이는 선택 평면의 반대 꼭지 점의 80% 거리를 기준으로 하며 직선경로는 방향재설정 시험에 적용한다. 시험평가는 경사면의 P1지점에서 P5지점 사이에서 이루어진다. Fig. 2(b)는 개발로봇의 시험좌표에 해당하는 공간을 CATIA를 이용하여 3D형상으로 구현한 것으로, 로봇의 동작 영역 내에서 많이 사용될 것으로 예상되는 800 mm의 영역을 설정하고 시험경로의 시뮬레이션을 수행하였다.



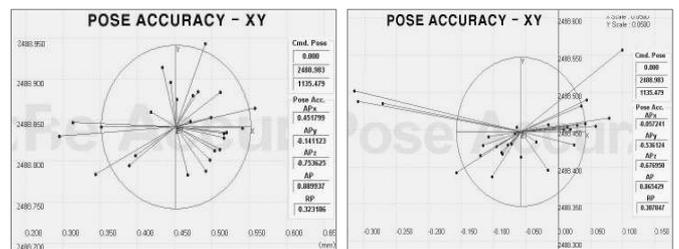
(a) Picture of test cube (b) Simulation of test cube
Fig. 2 Test cube of robot

4. 성능평가

로봇의 성능평가를 위한 측정방법으로 설계사양인 최대하중 600 kg을 연속 가동할 경우 과부하 발생을 우려하여 가반하중의 73%를 선정하였고, 측정 속도는 측정 한계대역에서 선속도 700 mm/sec, 각속도는 70 deg/sec를 적용하였다. 시험방법으로 무부하 상태와 부하상태를 각각 속도 100%로 적용하여 수행하고, 개발목표치인 반복정밀도 ±0.4 mm 이내로 목표로 선정하였다.

4.1 포즈 정밀도 및 포즈 반복정밀도

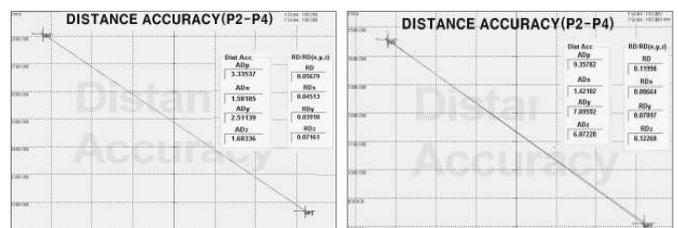
포즈 정밀도 측정은 측정 점을 P1에서 P5까지 지령포즈와 도달포즈들의 평균과의 편차로 표현하며, 포즈 반복 정밀도는 지령포즈에 30회 반복시의 도달된 포즈들 간의 일치도의 근접도를 표현한다. Fig. 3은 P1 지점에서 포즈 정밀도와 포즈 반복정밀도의 측정 결과를 보여주는 것으로, 최대 값은 포즈 정밀도가 부하적용 상태에서 P4점의 0.865 mm를 나타내고, 포즈 반복정밀도는 부하적용 상태의 P2점의 0.323 mm를 나타내었다.



(a) No-load application (b) Load application
Fig. 3 Measurement result of pose accuracy and repeatability

4.2 거리 정밀도 및 거리 반복정밀도

거리정밀도는 측정경로를 P2에서 P4까지 30회 반복하여 지령포즈와 도달포즈의 거리에서 일어나는 편차로 표현하며, Fig. 4는 거리정밀도와 거리반복 정밀도 측정결과를 보여주고 있다.

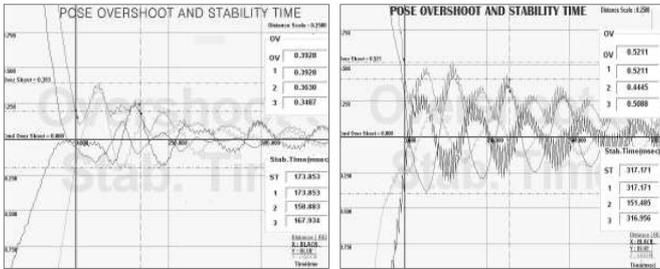


(a) No-load application (b) Load application
Fig. 4 Measurement result of distance accuracy and repeatability

최대 값은 부하적용 상태에서 각각 거리 정밀도가 9.358 mm를 나타내고, 포즈 반복정밀도는 0.120 mm를 나타내었다.

4.3 위치 안정화 시간 및 오버슈트

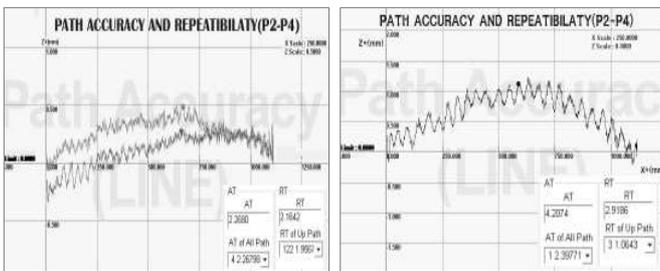
로봇이 얼마나 빨리 도달포즈에 정지하는 가와 도달 위치의 순조롭고 정확한 정지 능력을 정량화한 성능으로, Fig. 5에 위치 안정화 시간과 오버슈트의 측정결과를 보여주고 있다. 최대 값은 부하적용 상태에서 각각 안정화 시간이 0.317 sec을 나타내고, 오버슈트는 0.521 mm를 나타내었다.



a) No-load application b) Load application
Fig. 5 Measurement result of position stability time and overshoot

4.4 경로 정밀도 및 경로 반복 정밀도

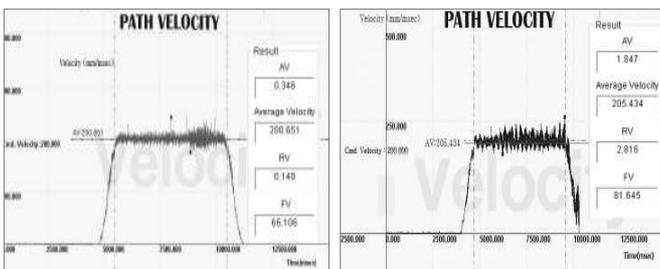
로봇이 지령 경로의 위치와 도달 경로의 위치와의 차이를 측정하는 것으로, P2에서 P4까지의 경로를 10회 반복하여 측정하였다. Fig. 6은 경로정밀도와 경로 반복정밀도의 측정결과를 보여주고 있다. 최대 값은 부하적용 상태에서 각각 경로 정밀도가 4.207 mm를 나타내고, 경로 반복정밀도는 2.918 mm를 나타내었다.



a) No-load application b) Load application
Fig. 6 Measurement result of path accuracy and repeatability

4.5 경로 속도 특성 평가

경로속도 특성은 P2에서 P4까지의 경로를 10회 반복하여 경로 속도, 반복, 변동 정밀도를 측정하는 것이다. 속도정밀도의 측정을 위해서 등속구간이 구현되는 200 mm/sec로 로봇을 동작시켜 시험을 수행하였다. Fig. 7은 경로 속도 특성의 측정결과를 보여주고 있다. 부하적용 여부에 따라서 속도정밀도는 각각 0.346 %, 1.847 %를 나타내고 있다.



a) No-load application b) Load application
Fig. 7 Measurement result of path velocity characteristics

4.6 기타 동작특성

이상의 특성 평가 외에 다 방향 포즈정밀도와 코너링 편차를 측정하여 결과를 평가하였다. 먼저 다 방향 포즈정밀도는 P1, P2, P4점을 3개의 직각 방향으로부터 같은 지령 포즈로 10회

방문할 때 각각 다른 평균 도달 포즈사이의 편차를 알 수 있는 것으로 측정결과 두 조건 모두 P2점에서 최대 값을 나타내었다. P2점은 로봇이 최대로 뺀 위치로 편차 값이 다소 크게 나타났다.

두 번째로 코너링 편차는 날카로운 코너의 상태를 측정하기 위한 측정방법으로 코너링라운드 오프오차와 코너링 오버슈트가 있으며, 3회 반복하여 측정 포인트를 P2-P5로 로봇을 이동시키면서 측정 한다. 코너링라운드 오프오차는 부하 적용에서 높은 값을 보였고, 코너링 오버슈트는 두 경우 모두 비슷한 결과로 다소 크게 나타나 로봇의 자중과 부하적용 동작에 따른 오차를 내포하는 것으로 예상된다. 이상의 동작특성에 따른 로봇의 성능평가 결과 값은 Table 2에 나타내었다.

Table 2 Motion characteristics result of robot

Motion Characteristics		P1	P2	P3	P4	P5
Pose accuracy [mm]	No load	0.890	1.214	2.072	1.785	1.660
	Load	0.865	5.039	4.091	6.377	3.235
Pose repeatability [mm]	No load	0.308	0.157	0.098	0.142	0.140
	Load	0.323	0.361	0.321	0.265	0.258
Multi-directional pose accuracy [mm]	No load	0.260	0.887	-	0.680	-
	Load	0.626	1.047	-	0.965	-
Distance accuracy / repeatability [mm]	No load	3.335 / 0.057		9.358 / 0.120		
	Load	0.173 / 0.393		0.317 / 0.521		
Position stability time / overshoot [sec] / [mm]	No load	0.173 / 0.393		0.317 / 0.521		
	Load	0.173 / 0.393		0.317 / 0.521		
Path accuracy / repeatability [mm] / [mm]	No load	2.268 / 2.164		4.207 / 2.918		
	Load	2.268 / 2.164		4.207 / 2.918		
Path velocity accuracy / repeatability / fluctuation [%] / [%] / [mm/s]	No load	0.346 / 0.148 / 78.864		1.847 / 2.816 / 85.193		
	Load	0.346 / 0.148 / 78.864		1.847 / 2.816 / 85.193		
Cornering overshoot / round-off error [mm] / [mm]	No load	22.410 / 1.838		22.454 / 3.915		
	Load	22.410 / 1.838		22.454 / 3.915		

5. 결론

본 연구는 초 중량물 핸들링 로봇을 개발하고 로봇의 성능평가를 위해서 3차원측정 장치인 Laser tracker를 사용하여 로봇의 포즈특성과 경로특성을 위한 측정을 수행하고 다음과 같은 결과를 도출하였다. 첫째 초 중량물 핸들링 로봇을 3D 모델링하여 시뮬레이션으로 로봇의 동작영역을 구현하고 측정범위를 선정하였으며, ISO 9283에서 규정하는 각 특성을 평가하기 위해서 3차원측정 장치인 Laser tracker를 사용하여 규격에 준한 측정을 수행하고 측정결과를 도출하였다. 다음으로 측정결과는 핸들링 로봇의 여러 가지 특성 중에서 가장 중요한 반복 정밀도가 0.361 mm 가 도출되어 초 중량물을 핸들링하는 대형로봇의 개발 목표를 달성하게 되었다.

6. 후기

본 연구는 지식경제부 지방기술혁신사업(RTI04-01-03)의 지원으로 수행하였습니다.

참고문헌

1. 김두형, 정광조, 박찬훈, “중량물취급 로봇의 해석과 설계”, 한국공작기계학회 2007추계학술대회, pp125-130, 2007.
2. ISO 9283, "Manipulating industrial robots-Performance criteria and related test method", 1998.
3. KS B ISO TR 13309. "산업용 로봇-ISO 9283에 따른 로봇 성능평가를 위한 시험장비 조작 및 측정방법", 2005.
4. 大喜多, "3차원 레이저 트래커의 원리와 응용 사례", 자동제어계측사, 제15권 제5호 통권173호, pp94-96, 2002.
5. API, "Tracker3 Laser Tracking System Manual", 2007.