

가변 모듈형 로봇 테스트 플랫폼의 설계 Design of Configuration-changeable Modular Robot Test Platform

○고 종 성, 심 재 훈, 박 재 흥*
서울대학교 융합과학기술대학원

(TEL: 031-888-9146; E-mail: imkojs@snu.ac.kr, simjeh@snu.ac.kr, park73@snu.ac.kr)

Abstract In this paper, we present the development result of multi-purpose test platform hardware which has a simple and robust modular structure and can be modified into various forms according to research needs. Through the proposed standardized module, it is expected that more reliable and consistent data can be measured than before. In addition, the research period can be shortened and the cost can be saved.

Keywords Modular robot design, Configuration-changeable, Torque measure, Variable stiffness actuator

1. 서론

로봇의 제어 알고리즘 개발 및 테스트에 있어 좋은 알고리즘 개발에 앞서 선행되어야 할 일은 바로 좋은 하드웨어 시험 환경을 구축하는 것이다.

기존에는 필요에 따라 매번 일회성 테스트베드를 제작하여 각각의 환경마다 다른 마찰, 온도 변화, 링크 프레임의 변형 등 수많은 외란 요소가 원활한 개발 진행에 있어 제약으로 작용해왔다.[1]

이러한 배경으로 새로운 표준 테스트 플랫폼 하드웨어 제작의 필요성이 대두되었다.

본 논문에서는 단순하고 튼튼한 모듈형 구조를 가짐과 동시에, 연구 필요에 따라 다양한 형태로 변형하고 다양한 센서의 부착이 가능한 다용도 테스트 플랫폼 하드웨어의 개발 결과를 제시한다.

이에 따라 RRR Manipulator 로서는 총 200 가지 (2×10×10, 테스트용 정반 위에 수평/수직 방향으로 설치 시)의 조합으로 설치가 가능하다.

현재의 환경적 수요에 따라 예시를 3 DOF 구성으로 제시하였으나 필요에 따라서 2 DOF + 1 DOF 로 분리 설치가 가능하며, 전/후 링크가 체결되어 있는 상태에서도 링크 간 고정 클램프를 조립하여 손쉽게 자유도를 낮출 수 있다.

링크 프레임은 알루미늄 잉곳(Ingot)의 내부 공간을 절삭 가공하는 방식으로 설계되었다. 볼트 결합을 최대한 배제하고 일체형 바디 형상을 취함에 따라 설계 강성을 보장하고, 향후 유지보수의 편의성과 효과적인 방열 성능 또한 기대할 수 있다.

2. 하드웨어 설계

2.1 가변형 링크 프레임

본 테스트 플랫폼의 링크 구조는 2-piece 링크 (430×135×135mm)로 구성된 동일 모듈 3 개를 연결한 형태로서, 필요에 따라 정육면체 Sub Frame의 방향을 바꾸어 결합하는 것 만으로도 표 1 과 같은 다양한 Configuration 으로 변형이 가능하다.

표 1. 두 개의 링크 간 상호 결합 방식

Z-Z	Z-Z'	Z-Y	Z-Y'	Z-X	Z-X'
				N/A	N/A

표 2. 테스트 플랫폼 Configuration 예시

Type	Conceptual Model	CAD Modeling
SCARA		
Articulated		
SCARA with Wrist		
Humanoid Swing-Leg		

2.2 모터 어셈블리

모터 어셈블리는 엔코더 및 브레이크 교체와 같은 다양한 설계 변경에 대응 가능하도록 제작하였다. 기본 요소품으로는 BLDC 모터는 Parker 社의 K089050, 감속기는 Harmonic Drive 社의 SHD-20-100, 엔코더는 RLS 社 제품을 각각 사용하였다.

엔코더는 감속기 전/후에 Incremental / Absolute type 으로 각각 설치하여 필요에 따라 선택 사용 할 수 있으며, 향후 두 Encoder 값의 비교를 통한 stiffness 측정 시험[2] 또한 진행될 예정이다.

Rotor Shaft 또한 추가 구성품 결합이 용이하도록 설계되었다. 그림 1 의 예시에서는 입력단 엔코더와 브레이크 디스크 부착용도로 사용하였으나, 단순히 Mass 를 추가 부착하여 Rotor Inertia 를 변화시키는 시험 또한 가능하다.

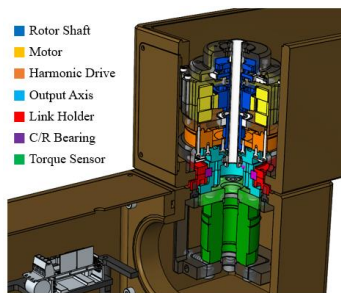


그림 1. 모터 어셈블리 및 조인트 구조도

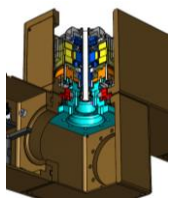
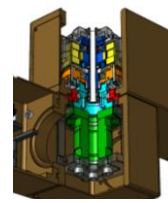
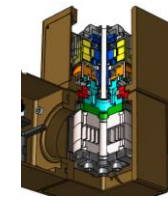
2.3 조인트

일반적으로 감속기가 받는 Radial 방향의 모멘트 부하를 덜기 위한 방법으로 축 전/후에 ㄷ자 형태의 보강 프레임을 구성하여 보조 베어링을 삽입하거나, 혹은 별도 보강 프레임 없이 감속기 자체의 모멘트 강성에 의존하는 방식을 취한다. 그러나 전자의 경우 축의 회전 시 두 프레임이 완전히 겹쳐지지 않으며, 후자의 경우 감속기의 형변을 키워 부피, 무게와 제작 비용의 증가를 감수해야 하는 제약이 따른다.

제안하는 조인트 연결 구조는 상기 두 경우의 단점을 모두 보완하는 방식으로써, 그림 1 에 도시된 형태와 같이 출력축과 이전 링크 사이에 Cross Roller Bearing 을 삽입하였다. 그 결과 감속기가 받는 부하는 크게 감소하였으며, 또한 그와 동시에 감속기의 출력축은 전 단계 링크에 동력 전달 모듈을 별도로 조립하지 않는 한 링크와 완전히 독립적으로 회전하는 효과를 얻는다. 동력 전달 모듈로는 단순히 모터 출력축과 링크를 연결하는 프레임을 결합할 수도 있으나, 하기 표 3 과 같이 다양한 보조 시험장치의 부착 또한 가능하다.

* 이 논문은 2017 년도 정부(미래창조과학부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2015R1A2A1A10055798)..

표 3. 동력 전달 모듈 예시

단순 프레임	토크 센서	SEA/VSA
		

필요 시 각 축에 모두 다른 토크센서를 부착하여 측정할 수 있으며, 구동축 회전 방향 외 기타 방향으로의 힘/모멘트가 억제됨으로써 순수히 구동축 방향으로 발생하는 토크만을 측정할 수 있다.

또한 특정 축에만 동력 전달 축에 스프링 결합 구조를 삽입하여 손쉽게 SEA (Series Elastic Actuator) 또는 VSA (Variable Stiffness Actuator)로의 변형 또한 가능하다.

3. 결론

본 연구에서는 로봇 연구용 모듈형 테스트 플랫폼의 새로운 설계 방안을 제시하였다. 상기 제안하는 표준화된 모듈을 통하여, 향후 제어 알고리즘 시험 시 각각의 구조와 요소품이 모두 다른 일회성 테스트베드를 제작하는 기존의 방식보다 신뢰성 있고 일관된 데이터를 측정할 수 있을 것으로 예상된다. 더불어 연구 기간의 단축 및 비용 절감에도 크게 기여할 수 있을 것으로 기대한다.

하기 그림 2 에 본 테스트 플랫폼의 구성 현황을 제시하였으며 이를 바탕으로 향후 다양한 후속 연구가 진행될 예정이다.



그림 2. 테스트 플랫폼 시험 환경 예시

참고문헌

- [1] Bittencourt, André Carvalho, and Svante Gunnarsson. "Static friction in a robot joint—modeling and identification of load and temperature effects." *Journal of Dynamic Systems, Measurement, and Control* 134.5 (2012): 051013.
- [2] Flacco, Fabrizio, et al. "On-line estimation of variable stiffness in flexible robot joints." *The International Journal of Robotics Research* 31.13 (2012): 1556-1577.