

3자유도 어깨관절의 모듈화를 위한 메커니즘 설계

Mechanism Design of 3-DOF Shoulder Joint for Modularization

*이영수¹, 이희민¹, 황순용², 임현섭¹, 한창수¹

*Y. S. Lee¹, H. D. Lee¹, S. W. Hwang², H. S. Lim¹, #C. S. Han(cshan@hanyang.ac.kr)¹

¹ 한양대학교 기계공학과, ² 한양대학교 메카트로닉스공학과

Key words : Module Type Joint, Multi-Axis Joint, Service Robot, Shoulder Mechanism, Joint Mechanism Design

1. 서론

최근 로봇 매니플레이터 분야에서는 기존의 산업용 로봇과 같은 형태의 일체형 매니플레이터에서 탈피하여 자유도와 링크 사이즈 및 링크 조합의 형태를 다양하게 바꿀 수 있도록 제작하여, 고자유도로 물체를 핸들링하는 로봇, 인체의 팔 구조와 유사한 휴머노이드 로봇 등 다양한 분야에 사용되어지고 있으며, 이러한 모듈형 액츄에이터에 대한 관심이 높아지고 있다.

모듈형 로봇은 액츄에이터와 링크를 하나의 모듈로 개발하여 용도에 따라 재조합할 수 있는 로봇을 의미하며, Fig.1 과 같이 독일의 DLR에서 개발한 LWR-3와 일본의 Yaskawa에서 개발한 MOTORMAN- SDA10을 예로 들 수 있다. 두 로봇 모두 1자유도 혹은 2자유도의 모듈로 구성되어 6자유도 이상의 관절이 배치되어 있다. 이러한 구조에서 1자유도 혹은 2자유도로 제작되어진 모듈형 매니플레이터는 산업용 로봇에서 공간 활용 및 작업영역 확대에 있어서 매우 효과적이다. 하지만 일반적으로 인체의 구조와 유사한 서비스형 로봇의 암에서는 어깨관절 3자유도 팔꿈치관절 1자유도 손목관절 3자유도로 총 7자유도로 구성되어져 있으며, 위의 모듈을 사용할 경우 자유도가 분산되어 있기 때문에 사람의 팔과 유사한 형태의 로봇 개발이 어렵다. 따라서 휴머노이드형 서비스 로봇의 경우에 매니플레이터의 모듈화를 위해서는 3자유도관절 메커니즘을 모듈화 하여 어깨 및 손목에 대응하는 로봇관절의 개발과 시리즈화를 통해 로봇개발의 유연성 향상을 시킬 수 있도록 하는 것이 좋다. 따라서 본 연구에서는 3자유도관절 메커니즘 설계를 목적으로 연구를 진행하였다.

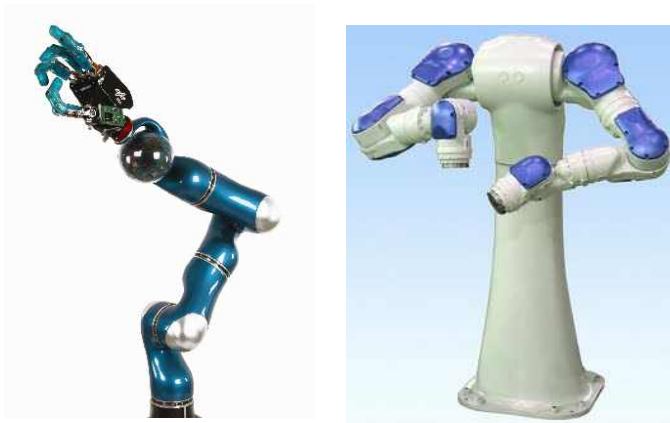
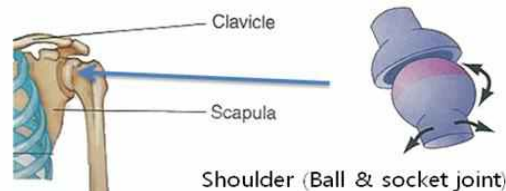


Fig. 1 Module Type Manipulators (LWR-3, SDA10)

2. 메커니즘의 기본 요구 사항

일반적으로 서비스용 로봇은 인체의 팔자유도를 모사하여 개발되며, 사람의 어깨관절은 보통 3자유도로 신전/굴곡(Extension/Flexion), 내회전/외회전(Internal/External Rotation), 외전/내전(Abduction/Adduction)으로 이루어지며, 이러한 3자유도의 동작을 피치, 요, 롤(Pitch, Yaw, Roll)동작으로 구분하여 메커니즘에 적용한다. 또한 인체의 자유도 정의에서 어깨관절은 앞서 나온 3자유도의 동작에 관하여 각 회전축이 한 점에서 교차하는 형태를 가지며, 기구학적으로 볼 때 3자유도인 볼/소켓(Ball/Socket Joint) 조인트의 형태를 갖는다. 본 연구에서 사람의 어깨관절 동작 영역(Roll : ±120°, Pitch : ±180°, Yaw : ±135°)을 만족하며, 로봇의 말단부(End-Effector)에서 1kg의 물체를 핸들링

가능하도록 3자유도 액츄에이터를 개발하고자 하며, 동작영역 확보를 위한 개념 설계 및 세부설계를 진행한다.



Shoulder (Ball & socket joint)
Fig. 2 Type of Shoulder Joint

3. 메커니즘의 설계

앞서 기본적으로 요구되는 사항인 3자유도의 동작범위를 만족하며, 고훈력 모터의 특징인 길다란 원통모양의 모터의 길이를 최소화 하기 위하여 서비스형 로봇의 본체인 몸통부위에 피치모션과 요모션을 담당하는 모터를 절반이상을 삽입하여 외부에서 보이는 모양을 최소화 할 수 있도록 기본 컨셉을 잡고 설계를 진행 하였다. 피치나 롤의 범위인 ±180°, ±120°의 범위는 충분히 만족하지만 요모션의 범위를 맞추기 위하여 길이가 길어지는 단점을 감아하여 설계를 진행하였으며, 각각의 동작 회전 중심축이 일치하도록 하기위하여 각 출력축의 끝단에 기어를 장착하여 회전 중심축을 일치시키도록 하였다. 또한 피치동작 수행시 모터의 절반이상이 몸통부에 삽입되어 있는 구조로 인하여 2자유도를 가지는 크로스-롤러 베어링을 기준으로 하여 로봇바디 삽입부 프레임 및 베이스 프레임 삽입 지지부를 기준으로 피치 모션 회전부 및 피치모션모터, 요모션 모터가 회전하여 피치모션을 수행하게 된다.

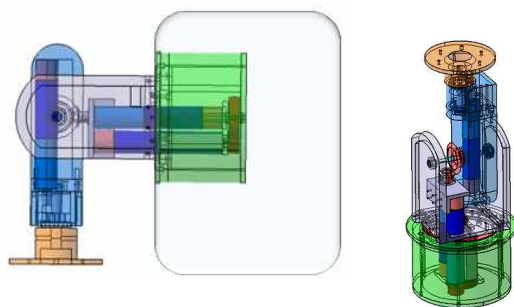


Fig. 3 Concept of 3-DOF Mechanism

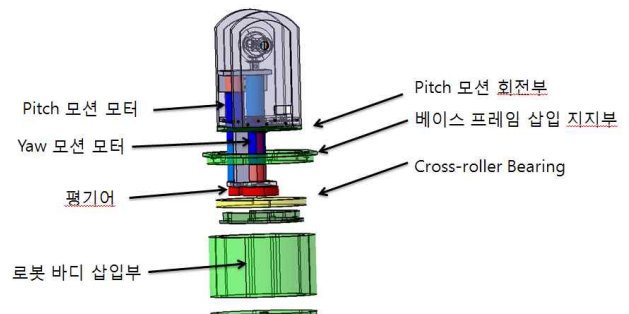


Fig. 4 Mechanism of Pitch Motion

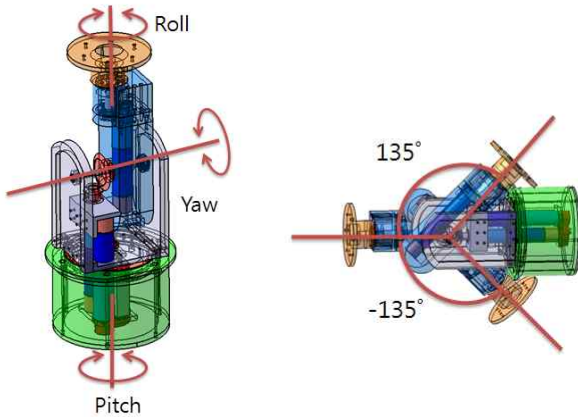
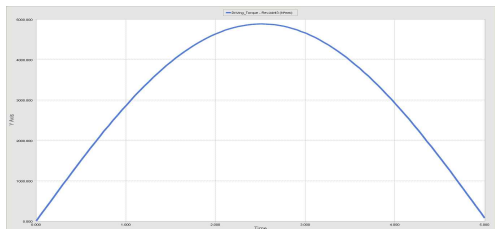
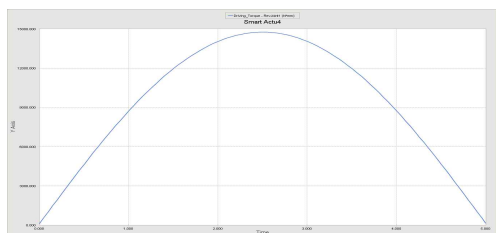


Fig. 5 Motion Range of the Designed Shoulder Joint

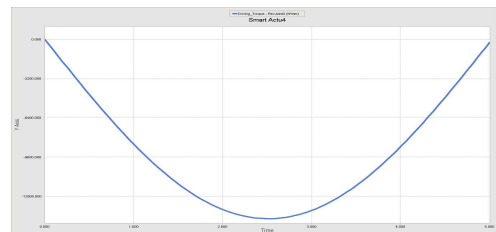
또한 구동모터를 선정하기 위하여 시뮬레이션 조건을 설정하고 RecurDyn®을 사용하여 각각의 메커니즘 동작 시 각 관절을 구동하기 위한 구동토크를 산출하였다. 시뮬레이션 조건을 살펴보면 메커니즘의 Roll 동작을 위한 관절부에 길이 280mm 중량 1kg, 길이 300mm 중량 1kg의 링크와 그 끝단에 1kg의 중량물을 부착한 후 6 RPM의 등속도로 각 관절을 구동하기 위한 구동토크 (Driving torque)를 산출하였다. 여기서 중력이 작용하며 마찰력은 무시하였다.



(a) Driving Torque of the Pitch Joint [Nmm]



(b) Driving Torque of the Yaw Joint [Nmm]



(c) Driving Torque of the Roll Joint [Nmm]

Fig. 6. Simulation Result of Driving Torque

Fig 6은 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이며, 피치, 요, 롤 각각의 동작 시 최대 15Nm, 13Nm, 5Nm의 토크가 필요하며 이러한 시뮬레이션 결과를 기반으로 40W 모터에 200:1 기어를 선정하여 정격토크 60Nm, 정격속도는 12RPM을 가질 수 있도록 선정하였다. 또한 모듈형 관절을 개발하기 위해서는 각종 배선의 구조 및 모터 드라이버를 내부에 포함하며 메커니즘의 구동시 간섭을 최소화 할 수 있도록 하여야 한다. 따라서 Fig. 7과 같이 본체 프레임 내 삽입 되는 공간에 제어기가 위치하며, 프레임 중간에 배선이 지나갈 수 있도록 배선용 구멍을 만들어 배선을 정리할

수 있도록 설계하였다.

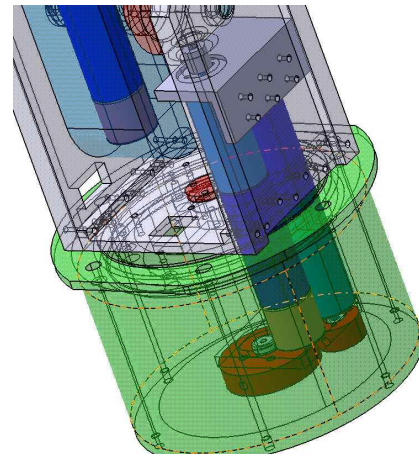


Fig. 7 Detail Design

4. 결론

시리즈화를 위한 액추에이터와 3 자유도를 제어하는 제어기를 수납하면서 3 자유도의 관절 자유도를 갖는 Shoulder 다관절 메커니즘을 개발하였다. 이 메커니즘은 서비스용 로봇 암에 사용되며 피치, 요, 롤 (3 자유도) 어깨 다관절 메커니즘으로써 동작 범위는 피치 $\pm 180^\circ$, 요 $\pm 135^\circ$, 롤 $\pm 180^\circ$ 가 된다. 이러한 결과로써 로봇을 구성하는 관절 종류 및 크기, 용량 및 사양에 따라 단축, 다축 매니퓰레이터가 시리즈화 되어 개발됨으로써 용도에 따라 다양한 로봇에 신속한 적용이 가능하며, 현재까지 국내에서 정립되지 못한 액추에이터, 센서, 제어기 등 로봇 구동부품의 시리즈화 파급효과를 기대할 수 있다.

후기

본 연구는 (한양대학교 고기능 로봇 매니플레이션 연구센터를 통한) 지식경제부/한국산업기술진흥원 융복합형로봇전문인력 양성사업 및 중기거점기술개발사업의 다자유도 액추에이터 Systemization 기술개발의 지원을 받아 수행한 연구입니다.

참고문헌

1. Kenji KANEKO, Shuuji KAJITA, Fumio KANEHIRO, Kazuhito YOKOI, Kiyoshi FUJIWARA, Hirohisa HIRUKAWA, Toshikazu KAWASAKI, Masaru HIRATA, and Takakatsu ISOZUMI, "Design of Advanced Leg Module for Humanoid Robotics Project of METI", Proceeding of the 2002 IEEE International Conference on Robotics & Automation, 38-45, 2002.
2. R. Cohen, M.G. Lipton, M.Q. Dai, B. Benhabib, "Conceptual Design of a Modular Robot", Journal of Mechanical Design, 114, 117-125, 1992
3. Haruhisa Kurokawa, Akiya Kamimura and Shigeru Kokaji, "Hardware Design of Modular Robotic System", Proceedings of the 2000 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, 2210-2217, 2000
4. Chu A., Kazerooni H., and Zoss A., "n the Biomimetic Design of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX)" Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 4345-4352, 2005.