

서비스용 로봇을 위한 3자유도 모듈형 어깨관절 개발

Development of a 3-DOF Shoulder Joint of the Module Type for Service Robot

*이희돈¹, 이영수¹, #한창수¹

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

¹ 한양대학교 기계공학과

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 매니플레이터에서 탈피하여 자유도와 링크사이즈를 가변 할 수 있는 로봇이나, 두 개의 매니플레이터를 사람의 양팔처럼 조합하여 고자유도의 물체를 핸들링하는 로봇 등, 다양한 형태의 매니플레이터 개발이 시도되고 있으며, 이러한 연구의 일환으로 모듈형 로봇 개발에 대한 관심이 높아지고 있다.

모듈형 로봇은 액츄에이터와 링크를 하나의 모듈로 개발하여 용도에 따라 재조합할 수 있는 로봇을 의미하며, 독일의 DLR에서 개발한 LWR-3과 일본의 Yaskawa에서 개발한 MOTOMAN-SDA10을 예로 들 수 있다. Fig.1에서 보는 것과 같이 각 모듈은 1자유도 또는 2자유도로 되어있으며, 이 모듈의 조합에 의해 6자유도 이상의 로봇 팔이 구성되어 있다. 일반적으로 모듈형 로봇의 관절의 경우 하나의 모듈에 1 또는 2 자유도를 가지며, 3자유도 관절의 구성 시 2개의 모듈을 사용하여 구성한다.[1-3] 이러한 구조는 산업용 로봇의 모듈화에 있어서 액츄에이터를 분산 배치할 수 있으므로 공간 활용 및 작업영역확대에 있어 매우 효과적이다. 하지만 사람의 팔을 묘사하는 휴머노이드 형태의 로봇개발에 있어 이러한 모듈을 사용 할 경우 자유도가 분산되어 있기 때문에 사람의 팔과 유사한 형태의 로봇개발이 어렵다. 따라서 휴머노이드형 서비스로봇의 경우 모듈화가 어렵다.

본 연구는 휴머노이드형 서비스 로봇을 위한 3자유도 관절 메커니즘의 모듈화를 통하여 어깨 및 손목에 대응하는 로봇관절의 개발과 시리즈화를 통해 로봇개발의 유연성 향상을 목적으로 한다.



(a) DLR-LWR-3 (b) Yaskawa MOTOMAN-SDA10
Fig.1 Module Type Manipulators

2. 메커니즘 개념설계

일반적으로 서비스용 로봇은 사람 팔의 자유도를 묘사하여 개발되며, 사람 팔의 자유도는 어깨관절과 팔꿈치관절, 손목관절의 각 관절 운동조합에 의해 정의된다[4].

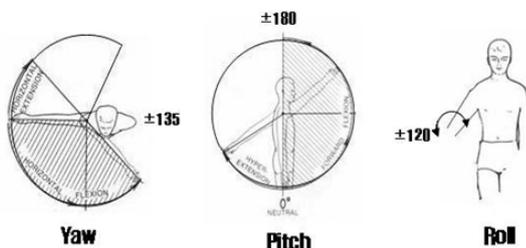
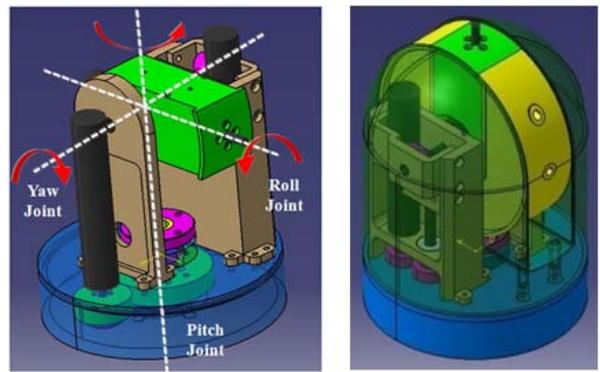


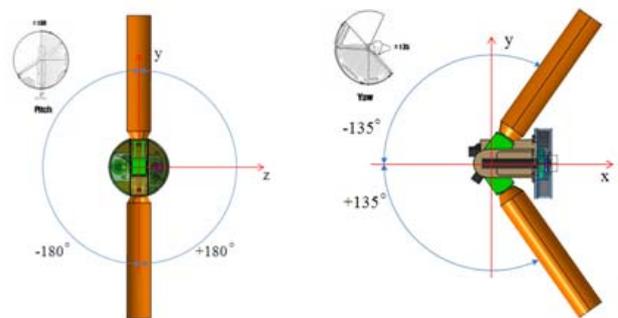
Fig.2 ROM(Range Of Motion) of human shoulder joint

앞의 인체 자유도 정의에서 어깨관절은 3개의 회전축이 한 점에서 교차하는 형태를 가지며, 기계적으로 볼 때 spherical joint로 가정할 수 있다(Fig. 2). 본 연구에서 사람의 어깨관절의 동작영역(Roll: $\pm 120^\circ$ Pitch: $\pm 180^\circ$, Yaw: $\pm 135^\circ$)을 만족하며, End-Effector에서 1kg의 물체를 핸들링 가능한 액츄에이터 및 컨트롤러를 포함한 3자유도 로봇관절 모듈을 개발하고자 한다. 이를 위해 동작영역확보를 위한 개념설계, 구동모터선정을 위한 시뮬레이션, 컨트롤러 및 배선을 위한 세부설계를 진행한다.

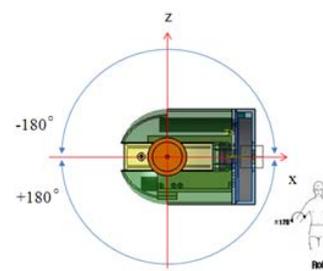
Fig.3의 (a)와 같이 Roll, Pitch, Yaw 동작을 위한 3개 관절의 회전중심이 한 점에서 교차하도록 개념설계를 하였다. 개념설계에서는 동작영역 확보를 가장 중요한 설계 인자로 정의하였으며, 이 설계는 Driving torque 산출을 위한 시뮬레이션에 사용된다. Fig.4는 어깨관절의 동작영역을 나타낸 것이며, 그림에서 보이는 것과 같이 Roll: $\pm 180^\circ$ Pitch: $\pm 180^\circ$, Yaw: $\pm 135^\circ$ 동작이 가능하다.



(a) Rotation center (b) Layout
Fig.3 Concept Design of Shoulder Joint



(a) Pitch (b) Yaw



(c) Roll

Fig.4 Motion range of the designed shoulder joint

3. 구동모터 선정을 위한 시뮬레이션

3-DOF Shoulder 메커니즘에 대하여 시뮬레이션 조건을 정의하고, RecurDyn®을 사용하여 각각의 메커니즘의 동작 시 각 관절을 구동하기 위한 Driving torque를 산출하였다.

Fig.5에서 보이는 것과 같이 3-DOF Shoulder 메커니즘의 Roll 동작을 위한 관절부에 길이 280mm 중량 1kg, 길이 300mm 중량 1kg의 링크와 그 끝단에 1kg 중량물을 부착한 후 6 RPM의 등속도로 각 관절을 구동하기 위한 Driving Torque를 산출하였다. 이때 Fig.5에서 보는 것과 같이 중력이 작용하며 마찰력은 무시하였다.

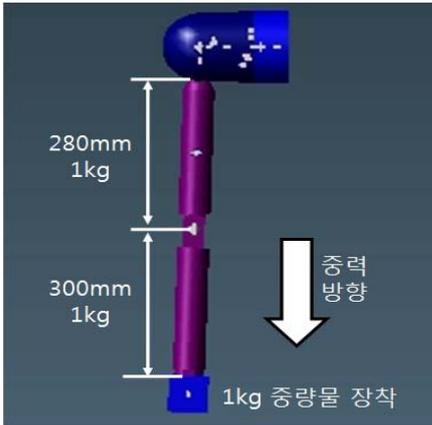
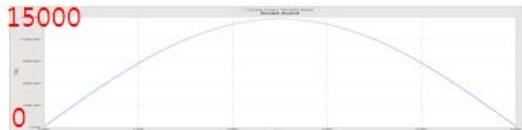
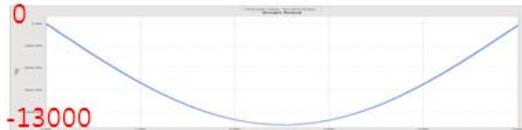


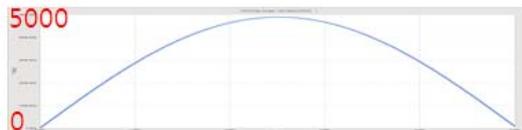
Fig.5 Driving torque simulation using the RecurDyn®



(a) Driving torque of the pitch joint [Nmm]



(b) Driving torque of the yaw joint [Nmm]



(c) Driving torque of the roll joint [Nmm]

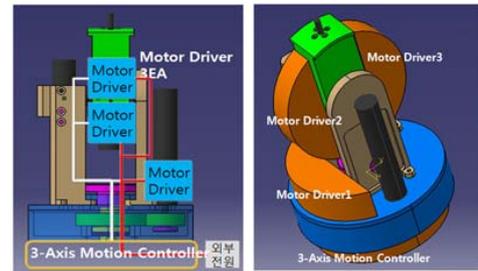
Fig.6 Simulation result of driving torque

Fig.6은 시뮬레이션 결과를 나타낸 것이며, Pitch동작 시 최대 15Nm, Yaw동작 시 최대 13Nm, Roll동작 시 최대 5Nm의 토크가 필요하다. 이러한 시뮬레이션 결과를 기반으로 40W 모터에 200:1 기어를 부착하여 적용하였으며, 정격 토크는 60Nm, 정격속도는 12RPM을 가진다.

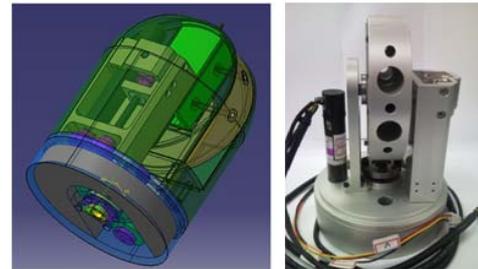
4. 내부 컨트롤러 배치를 위한 세부설계

모듈형 관절개발을 위해서는 모터 구동을 위한 Driver 및 Motion Controller를 내부에 포함하며, 구동 시 Wire에 의한 동작 간섭을 최소화 하여야 한다. 이를 위해서는 Driver 및 Controller의 부착위치와 Wire처리 방법이 중요하다. Fig.7은 이를 고려하여 설계한 최종 설계를 나타낸 것이다. 그림에서 보이는 것과 같이 Driver는 각 모터의 옆에 배치하고 3축 제어를 위한 Controller는 기저부에 배치하였다. 또한 Driver와 Controller 사이는 직렬통신을 사용함으로써 Wire를 최소화하고, 각 관절의 회전축을 Wire가

지나갈 수 있게 중공형태로 설계하여 동작 시 간섭을 최소화 하였다(Fig.7)



(a) Concept



(b) Detail design

Fig.7 Designed 3 D.O.F shoulder joint module

5. 결론

모듈형 관절을 3자유도로 구성 시 구성요소 간의 간섭에 의해 동작영역 확보가 어렵다. 본 연구에서는 Roll: $\pm 180^\circ$ Pitch: $\pm 180^\circ$, Yaw: $\pm 135^\circ$ 의 동작영역 구현이 가능한 서비스용 로봇을 위한 3자유도 어깨관절 모듈을 개발하였다. 이를 위해 시뮬레이션을 통한 Driving torque 산출하고, 이를 기반으로 모터 및 기어비를 선정하였다. 또한, 모터 구동을 위한 Driver와 Motion Controller의 배치 및 Wire처리를 고려한 세부설계를 통하여 모듈형태의 어깨관절 유닛을 개발하였다. 향후 동작정밀도 및 토크성능 평가를 통해 어깨모듈의 성능을 평가할 계획이며, 모터의 용량별 시리즈 개발을 할 계획이다. 이를 통해 다양한 용도의 서비스로봇에 적용가능 할 것으로 예상된다.

후기

본 연구는 중기거점기술개발사업의 다자유도 액추에이터 Systemization 기술개발의 지원을 받아 수행한 연구입니다.

참고문헌

1. Kenjii 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., "On the Biomimetic Design of the Berkeley Lower Extremity Exoskeleton (BLEEX)", Proceedings of the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automation, 4345-4352, 2005.