

길이 가변형 3-자유도 원격 조작기

Length Adjustable Remote Manipulator

*정유준¹, #강희석²

*Y. J. Jeong¹, #H. S. Kang(ne2pclover@gmail.com)²

¹경원대학교 기계공학과, ²Hanyoung Foreign Language School

Key words : Remote manipulator, Length Adjustable, Force Reflection, Cable Driven

1. 서론

인간이 사용하는 도구들은 진화를 거듭하여 이젠 로봇에 이르게 되었다. 화로의 숯을 집던 핀셋 형태의 집게로부터 대공간에서 뜨거운 쇠를 단단히 집을 수 있는 집게로 발전되었다. 또한 집게의 단순한 집기 기능에서 점차 원거리의 물체를 조작하기 위한 원격조작기가 나타나게 되었으며, 특히 방사능의 위험이 알려지면서, 낯으로 밀폐된 공간에 있는 핵물질을 밖에서 조작하기 위한 목적으로 원격 기능이 추가되었다. 이 당시에는 거울이나 납유리창을 통해 벽 너머에서의 방사능 물질 작업 상태를 보면서 조작하는 조작기가 사용되었다^{1, 2}. 그 이후 안전한 공간에서 운용자가 조작하는 지령부 조작기의 동작을 위험공간에 있는 동작부 조작기가 재현하는 마스터-슬레이브 조작기로 발전되었다. 이 조작기의 동력 연결은 초기에는 케이블을 이용하여 전달했으나, 전기모터와 제어기술의 발달로 신호의 연결을 통해 각 조작기의 모터를 구동하는 방식으로 발전되었다³.

본 연구에서는 원거리의 물체를 잡고, 두 방향으로 회전시킬 수 있으며, 그립퍼로 물체를 집을 수 있는 조작기에 지령부와 동작부의 거리를 조정할 수 있는 자유도를 추가한 원격조작기를 제안하였다⁴. 이 원격조작기는 케이블로 구동되며, 동작부에 가해지는 힘과 토크를 지령부를 움직이는 운용자가 느낄 수 있는 힘반영 기능을 갖는다.

2. 원격조작기 구조

Fig. 1은 길이 고정형 마스터-슬레이브 조작기로, 우측의 조작기는 운용자가 조작하는 지령부이며, 좌측은 조작자의 운용에 따라 실제 물체를 잡고

회전시키는 동작부이다. 지령부와 동작부는 동일하게 제작되었다. 두 조작기는 Fig. 2와 같이 3-자유도 운동을 할 수 있다.

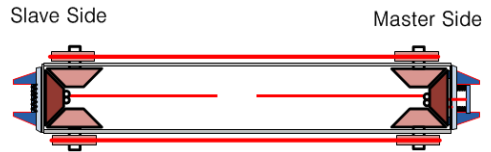


Fig. 1 Master-Slave manipulator

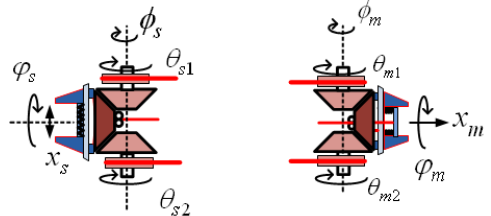


Fig. 2 Motion of master-slave manipulator

우측의 지령부에서 우측의 베벨기어와 그립퍼는 한 몸체이며, ϕ_m 은 그립퍼의 피치 운동을 나타낸다. 이 피치운동에서 상하의 베벨기어는 같은 방향으로 동일한 각도만큼 회전한다. 그립퍼가 x_m 축을 기준으로 회전하는 물운동 ψ_m 은 상하의 베벨기어가 서로 반대방향으로 동일한 각도로 회전하게 된다. 따라서 상부의 베벨기어, 하부의 베벨기어의 회전각을 각각 θ_{m1} , θ_{m2} 라 하면, 다음 관계가 성립된다.

$$\begin{aligned} \theta_{m1} &= \phi_m + \psi_m & (1) \\ \theta_{m2} &= \phi_m - \psi_m \end{aligned}$$

지령부와 동작부의 동력전달은 Fig. 2에서와 같이 풀리와 케이블로 연결된다. 동작부는 그립퍼를

제외하고는 지령부와 동일하게 제작된다. 두 조작기에 사용되는 동력전달용 풀리의 직경이 동일하므로, 지령부와 동작부의 마주하는 베벨기어 회전각은 동일하다. 즉 $\theta_{s1} = \theta_{m1}$, $\theta_{s2} = \theta_{m2}$. 따라서 (1)의 지령부운동에 따라 슬레이브 조작기의 운동은

$$\begin{aligned} \phi_s &= \phi_m \\ \psi_s &= \psi_m \end{aligned} \quad (2)$$

이므로 동작부는 지령부의 운동을 모사하게 된다. 또한 지령부 그림퍼 운동에 따라 동작부 그림퍼가 동작하게 된다. 두 조작기 동력은 케이블에 의해 전달되므로, 동작부에 작용하는 3-방향 힘은 모두 조작자의 손에 전달되는 힘반영이 이루어진다.

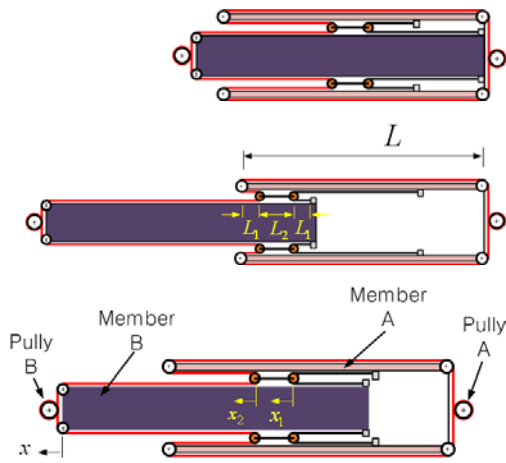


Fig. 3 Length adjustable master-slave manipulator

Fig. 1의 조작기는 지령부와 동작부 사이의 길이가 고정된 경우이다. 본 연구에서는 지령부와 동작부의 동력 전달 및 힘반영 기능이 유지되면서도 두 부분 사이의 길이를 조정할 수 있는 조작기를 제안한다. Fig. 3는 제안하는 조작기의 평면도로 지령부와 조작기 부분을 제외한 몸체부분을 나타낸다. 좌측과 우측 끝 부분의 풀리는 베벨기어에 연결된 풀리이다. 몸체는 Member A, Member B 두 부분으로 구성되며, 동력전달 케이블은 한 쌍의 움직이풀리를 이용하여 연결한다. 가장 윗부분 그림은 몸체의 길이가 가장 짧은 경우, 중간 그림은 가장 긴 경우 Member A, B와 움직이풀리의 위치를 보인다. 이 경우의 그림에서 L_2 는 움직이풀리 사이의 거리이고, L_1 은 여유공간이다. 따라서 Member B

의 최대 이동거리는 $L - 2L_1 - L_2$ 이다.

Fig. 3의 가장 아래 그림에서 우측과 좌측의 움직이풀리의 이동거리를 각각 x_1 , x_2 , Member B의 이동거리를 x 라면

$$x_1 = x_2 = \frac{1}{2}x \quad (3)$$

이므로, 케이블은 Member B의 움직임에 관계없이 일정한 길이와 장력을 유지하며 움직이며, 따라서 몸체의 길이 변화에 관계없이 지령부와 동작부 사이의 동력을 전달할 수 있다.

Fig. 4는 앞에서와 같이 그림퍼 사이의 동력전달을 위한 케이블 연결구조로, 이 역시 길이변화에 관계없이 힘을 전달할 수 있다.



Fig. 4 Length adjustable master-slave manipulator

4. 결론

본 연구에서는 길이 가변형 3-자유도 원격 조작기를 제안하였다. 이 조작기는 기존의 길이 고정형 원격 조작기의 동력전달 및 힘반영 기능을 유지할 뿐 아니라, 추가적으로 지령부와 동작부 사이의 길이를 조정하는 자유도를 추가함으로써, 기존 조작기로는 구현하지 못하는 조작기능을 수월하게 구현하도록 하였다.

참고문헌

1. Vertut, J. and Coiffet, P., "Teleoperation and Robotics- Evolution and Development," Kogan Page, London, 1985.
2. Vertut, J., "Control of Master-Slave Manipulators and Force Feedback," Proc. of 1977 Joint Automatic Control Conference, 1977.
3. Yoon, K. H., Lee, H. J., Lee, J. K., Park, B. S., and Kim, K. H., "Design of Bridge Transport System with Equal Incremental Telescopic Motion," KSME, Vol. 34, No. 2, pp. 227-235, 2010.
4. Kang, H. S., Length Adjustable Remote Manipulation Device, Korea Patent 10-1045995, 2011.