

원격 조작기에서 구동 케이블 길이변화 최소화를 위한 케이블 안내 기구 최적 설계

Design of Cable Guide To Minimize Variation of Driving Cable Length for Remote Manipulator

*정유준¹, 강희석²

*Y. J. Jung¹(saiki22@nate.com), H. S. Kang²

¹삼성전자, ²한영외국어고등학교

Key words : Manipulator, Cable Length Variation, Cable Guide, Optimal Design

1. 서론

원격조작기는 원거리에 있는 물체, 손으로 직접 조작하기 어려운 환경에 있는 물체를 조작하기 위해 사용된다. 이 조작기는 운용자가 조작하는 마스터 조작부와 대상 물체를 조작하는 슬레이브 조작부로 구성되며, 마스터 조작부의 운동을 슬레이브 조작부가 재현하는 방식으로 구동된다.

본 연구자들은 길이 가변형 3-자유도 원격조작기를 개발한 바 있다. 이 조작기에서 마스터부와 슬레이브부 사이 동력 전달은 케이블을 이용한다. 슬레이브 조작기에는 그립퍼가 설치되며, 조작부의 핸들을 당기면 핸들과 그립퍼를 연결한 케이블이 당겨지고, 그 결과 그립퍼가 닫힌다. 그러나 이 케이블은 조작부의 회전에 따라 길이가 변화되어 그립퍼가 일부 닫히는 문제가 존재한다. 본 연구에서는 이 구동 케이블의 길이 변화를 최소화할 수 있는 케이블 안내기구를 설계하였다.

2. 조작기 구조 및 케이블 안내기구 최적 설계

본 연구자들의 길이 고정형 원격조작기구는 Fig. 1과 같이 우측의 조작기와 좌측의 그립퍼로 구성된다. Fig. 2와 같이 마스터 조작부와 슬레이브 조작부는 차동기어 구조를 갖으며, 꺾기(ϕ)와 회전(ψ)이 가능하고, 핸들과 그립퍼를 여닫을 수 있다 (x_m, x_s). 꺾기(ϕ)운동을 하는 경우 그립퍼 구동 케이블이 중간의 안내 폴리에 감기면서 당겨져 핸들을 작동하지 않아도 그립퍼가 닫히는 현상이 발생된다. 이를 최소화하기 위한 설계를 고려한다. 조작부와 그립퍼의 꺾기는 임의의 회전각(ψ)에서 가능하므로, 이를 고려하여 케이블 안내기구는 단순한 도넛형상으로 설계하였다.

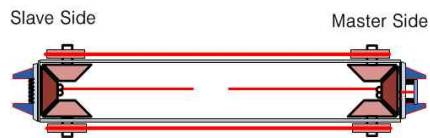


Fig. 1 Remote manipulator

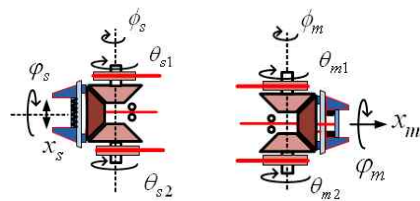


Fig. 2. Master and slave manipulator

Fig. 3은 조작부의 운동에 따른 그립퍼 구동 케이블의 경로이다. 좌측의 두 원은 도넛형 케이블 안내 기구의 단면으로 반경이 r 이며, 몸체에 고정되어 있다. 조작부는 점 O 를 중심으로 회전하며, 반경은 R 이다. 안내기구 중심점은 c , 점 c 와 조작기 회전 중심점 사이의 거리는 a 이다. 만일 조작부가 점 O 를 중심으로 θ 의 위치에 있을 경우 점 c 까지의 케이블길이는 회전각 θ 에 따라 달라진다.

조작부가 θ 만큼 회전한 상태에서 점 p_1 은 케이블이 안내기구와 접하는 점이며, ϕ 는 점 p_1 의 각도이다. 상부안내기구의 중심점 o_1 에서 점 p_1 까지의 벡터 $\vec{o_1p_1}$ 와 벡터 $\vec{p_1p_2}$ 를 구하고, 직교 특성을 적용하면 다음 식을 얻는다.

$$(a + R\cos\theta)\sin\phi - (R\sin\theta - r)\cos\phi - r = 0 \quad (1)$$

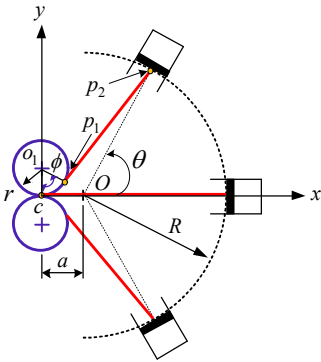


Fig. 3 Cable path according to rotation of manipulator

식 (1)에서 각도 ϕ 를 구할 수 있으며, 점 c 에서 점 p_2 까지의 케이블 길이 L 은

$$L = |\overrightarrow{p_1 p_2}| + r\phi \quad (2)$$

Fig 4는 조작부 회전 반경이 $R=60[mm]$, 폴리 반경이 $r=10[mm]$ 일 경우 길이 a 의 변화에 따른 조작부 회전각 θ 에서의 케이블 길이 L 이다. $a=0$ 인 경우 회전각 증가에 따라 길이가 증가하며, 회전각이 70° 일 때 최대길이 $63.25[mm]$ 이다.

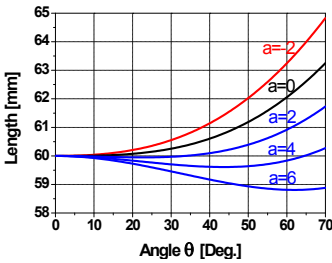


Fig. 4 Cable length according to angle of manipulator

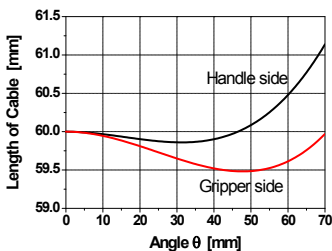


Fig. 5 Change of cable length under optimal condition

이 결과를 이용하여 케이블 길이 변화의 최소화를 위한 거리 a 를 MatLab을 이용한 수치해석적

최적화 방법을 이용하여 결정하였다. 설계결과 조작부 $a=2.80mm$ 이고, 그립퍼부 $a=4.42mm$ 일 때 길이변화가 가장 적었다.

Fig. 5는 이 조건에서의 조작부와 그립퍼부의 케이블 길이이고, 조작부에서 그립퍼부까지의 총 케이블 길이 변화는 Fig 6과 같으며, 최대 $1.68mm$ 로 결정되었다.

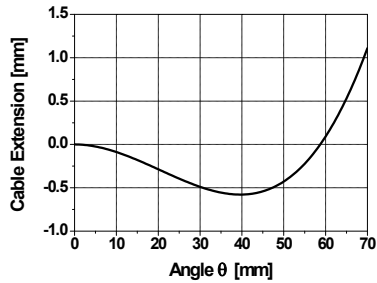


Fig. 6 Total change of cable length under optimal condition

3. 결론

본 연구에서는 원격조작기구에서 조작부와 그립퍼의 회전에 따른 그립퍼 구동케이블의 길이 변화를 최소화할 수 있는 케이블 가이드의 형태와 가이드의 설치 위치 결정방법을 제안하였다. 설계의 단순화를 위해 도넛형태를 제안하였으며, 수치해석 방법을 이용한 최적화 설계 결과 기존 방법의 $6.5mm$ 의 길이변화를 $1.68mm$ 로 감소시킬 수 있었다.

참고문헌

1. 정유준, 강희석, “길이 가변형 3-자유도 원격조작기,” 한국정밀공학회 2012년 춘계학술대회, 2012.
2. Vertut, J. and Coiffet, P., “Teleoperation and Robotics – Evolution and Development,” Kogan Page, London, 1985.
3. Vertut, J., “Control of Master-Slave manipulators and Force Feedback,” Proc. of 1977 Joint Automatic Control Conference, 1977.
4. Park, B. S., Lee, J. K., Jin, J. H., and Yoon, J. S., “Characteristics on Tendon-and-Pulley Train of Servo Manipulator for the Maintenance of Advanced Spent Fuel Conditioning Process,” KACC, 2005.