

SNU Exo-Glove 의 부족 구동 메커니즘의 해석 및 평가 Analysis and assessment of under-actuation mechanism of SNU Exo-Glove

*인현기¹, #조규진²

*H. K. In¹, #K. J. Cho(kjcho@snu.ac.kr)²

¹서울대학교 기계항공공학부

Key words : under-actuation, SNU Exo-Glove

1. 서론

많은 로봇 손에서 크기를 줄이고 효율적으로 구동하기 위하여 자유도보다 적은 구동기를 사용하는 부족 구동 메커니즘을 사용하였다. 로봇 손에서의 부족 구동은 크게 각각의 손가락의 자유도보다 적은 구동기로 구동하는 한 손가락 부족 구동과 여러 손가락을 하나의 구동기로 구동하는 다 손가락 부족구동이 있다. 이중 다 손가락 부족 구동 방식으로 많이 사용되는 메커니즘은 Fig. 2(a)와 같은 병렬 스프링을 이용한 메커니즘과 Fig. 2(b)와 같이 움직이드르래를 사용한 차등 메커니즘이 있다.

장애인의 손 기능 재활 및 보조, 또는 비장애인의 손 기능 보조를 위한 입는 로봇의 개발에도 구동기의 수를 줄이기 위해 이러한 부족구동 방식을 적용하는 것이 필요하다.

Fig. 1 의 SNU Exo-Glove 에서는 컴팩트한 시스템을 위하여 구동와이어가 장갑에 고정되지 않고 연결 된 경로를 통해 움직일 수 있도록 하여 다 손가락 부족 구동 메커니즘을 구현하였다 [1]

이 논문에서는 기존에 많이 사용된 두 가지 부족 구동 방식과 SNU Exo-Glove 에서 사용된 부족 구동방식의 모델을 만들고 해석하여 성능을 평가하고 비교하였다.



Fig. 1 SNU Exo-Glove

2. 기존 부족구동 메커니즘 모델

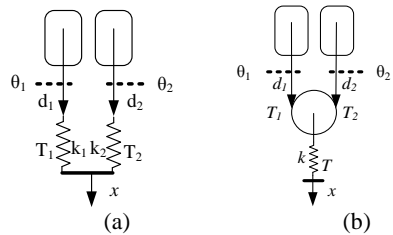


Fig. 2 Schematics of two kind of under actuation mechanism (a) using parallel springs, (b) using a moving pulley

그림 2 에 기존의 부족 구동 방식을 나타내었다. 그림의 상단 두 개의 사각타원이 각각의 손가락을 나타내고, 아래의 점선은 손가락이 구부러지는 기준 축을 나타낸다. 단순화를 위하여 각 손가락의 세 마디 전부가 아닌 한 마디만을 고려하였다.

3. SNU Exo-Glove 의 부족 구동 메커니즘

움직이드르래를 사용한 부족 구동 메커니즘은 도르래가 움직이기 위한 공간이 필요하여 착용형 로봇에 적용할 경우 사용자의 움직임에 방해가 될 수 있고, 전체 시스템의 크기를 작게 만드는데 방해가 된다.

SNU Exo-Glove 에서는 아래의 그림 3. 과 같은 메커니즘을 적용하여 도르래의 움직임을 위해 필요한 공간과 같은 추가적인 공간이 필요하지 않은 부족 구동 방식을 구현하였다. 구동 와이어가 구부러진 경로를 따라 움직이기 때문에 구동와이어에 가해지는 마찰력을 고려하여 손가락의 구동에 대한 모델을 제시하였다.

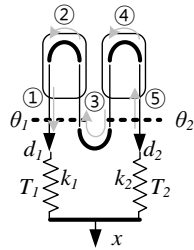


Fig. 3 Schematics of under actuation mechanism using in SNU Exo-Glove. The numbers in circle represent the positive moving direction of the wire

$$T_i = k_i(x - d_i) \quad (1)$$

$$\delta d_1 + \delta d_2 = \delta r_1 \theta_1 + \delta r_2 \theta_2 \quad (2)$$

$$T_1(\exp(-\mu_k \phi_{1,1}) + \exp(-\mu_k \phi_{1,2})) = F_1 \quad (3-1)$$

$$T_2(\exp(\mu_k \phi_{4,5}) + \exp(\mu_k \phi_{5,5})) = F_2 \quad (3-2)$$

$$T_1 \exp(-\mu_k \phi_{1,5}) = T_2 \quad (4)$$

(1)은 손가락의 위치 및 구동와이어의 당겨진 길이에 따른 구동 장력을 나타내고 (2)는 손가락의 위치와 구동와이어의 기구학적 관계를 나타낸다. d_i , r_i 는 각각 구동와이어의 구동길이와 손가락 관절에 대한 와이어의 모멘트 암의 길이를 나타낸다. (3), (4)는 각각 손가락과 구동와이어의 힘 평형을 나타낸다. F_i 는 손가락관절의 강성 및 외부와의 접촉에 의한 힘을 나타내고, (5)에서 계단 함수 κ 를 사용하여 손가락과 외부와의 물체의 접촉을 나타내었다. 식들에 사용된 ϕ_{ij} 는 식 (6)과 같고 v 는 Fig. 3 의 원안의 숫자가 표시하는 부분의 와이어의 속도를 나타낸다.

$$F_i = K_i \theta_i + \kappa_{[\theta_{obs,i}, \infty]} K_{obj,i} (\theta_i - \theta_{obs,i}) \quad (5)$$

$$\phi_{i,j} = \sum_{k=1}^j \text{sgn}(v_k) \phi_k, \quad (6)$$

$$\phi_1 = \theta_1, \phi_2 = \phi_4 = \pi, \phi_3 = \theta_1 + \theta_2 + \pi, \phi_5 = \theta_2$$

4. 결과 및 결론

다 손가락 부족구동 방식에서 물체를 안정적으로 잡기 위해서는 각 손가락이 물체와의 접촉력이 차이가 적어야 한다. Fig. 4 에서 보여지는 해석 결과에서 움직임도르래를

사용한 메커니즘이 병렬스프링을 사용한 메커니즘에 비해 손가락 사이의 힘의 차이가 크지 않음을 알 수 있다.

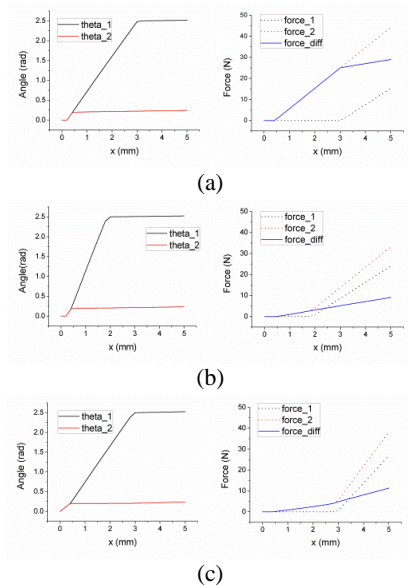


Fig. 4 Simulated result of three kind of under-actuation mechanism (a) using parallel springs (b) using a moving pulley, (c) used in SNU Exo-Glove

또한 SNU Exo-Glove 에 사용된 메커니즘은 도르래의 움직임을 위한 추가적인 공간이 필요하지 않음에도 불구하고, 움직임도르래 메커니즘의 두 손가락 사이의 힘의 차이가 비슷하여 좋은 성능을 가짐을 알 수 있다.

후기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술 평가관리원의 “QoLT 산업기술기반 지원센터 구축사업” 과 [10036459, QoLT 산업기술기반 지원센터 구축사업] 2011 년도 정부 (교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행 되었음(No. 2010-0013470).

참고문헌

1. H. In, K.-J. Cho, K. Kim and B. Lee, "Jointless Structure and Under-Actuation Mechanism for Compact Hand Exoskeleton", International conference on rehabilitation robotics (ICORR), 2011