

수동적 제동 메커니즘을 통한 로봇 손의 쥐기 동작의 에너지 효율 향상 평가

Evaluation of Improvement in Energy Efficiency of Grasping Motion of Robotic Hand by Using a Passive Brake Mechanism

*강성구¹, #조규진¹, 인현기¹

*S. K. Kang¹, #K. J. Cho(kjcho@snu.ac.kr)¹, H. K. In¹

¹서울대학교 기계항공공학부

Key words : Energy Efficiency, Passive Brake, Mechanical Grasping

1. 서론

DC brushless motor 는 전반적으로 좋은 특성을 지니면서 에너지 효율이 높아 로봇 손에 많이 쓰인다. 하지만 로봇 손으로 물건을 질 때는 모터의 실질적 에너지 효율은 이론적 수치보다 낮다. 이는 모터가 back-drivable 하기 때문이다. 물건을 권 동안 모터가 작동하지 않으면 외력에 의해 로봇 손이 풀리게 되는 것이다. 이에 대한 좋은 해결책은 물건을 권 후에 모터 구동축을 제동장치로 고정시키는 것이다. 이 경우 non-back-drivable 한 액추에이터를 사용할 때처럼 모터의 전원을 차단해도 물건을 권 상태를 유지할 수 있다.

우리는 이와 같은 문제를 해결하여 우리가 기존에 만든 WRH(Wearable Robotic Hand[1])의 실질적 에너지 효율을 개선하기 위해 케이블 구동 메커니즘에 대해서 추가 액추에이터 없이 위에서 언급한 기능을 수행할 수 있는 제동장치를 고안하였다 [2]. 본 논문의 목적은 그 도입으로 예상되는 에너지 절감율을 평가하는 것이다. 이를 위해 모터가 부하에 따라 소모하는 에너지를 측정하고 제동장치가 도입되었다고 가정할 때 에너지 소모가 어떻게 차이가 나는지 예측하였다.

2. 고안한 제동장치: 캡스톤 브레이크

고안된 제동장치(이하 캡스톤 브레이크)는 케이블 구동 장치에 적용 가능하며, 마찰력을 만드는 원통형의 마찰패드(이하 캡스톤)와 원웨이 클러치로 구성되어 있다(Fig. 1). 우선,

모터가 꺼져있더라도 캡스톤과 케이블 사이의 마찰력이 외력을 버틸 수 있게 한다. 이때, 원웨이 클러치가 캡스톤이 케이블이 풀리는 방향으로 회전할 수 없게 하기 때문에 외력에 의해 케이블이 풀릴 때만 제동장치의 역할을 하여 다른 경우엔 효율이 감소하지 않게 된다.

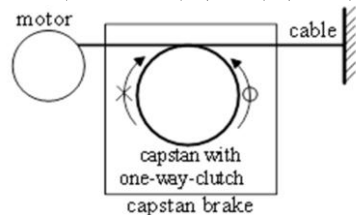


Fig. 1 Schematic drawing of the capstan brake.

3. 실험 방법

우선 모터에 작용하는 부하에 따라 소모되는 에너지를 측정하기 위해 실험 플랫폼을 구성하였다. 실험에 사용된 모터는 우리가 연구했던 WRH(Fig. 2)에 사용된 모터와 같은 모터이므로 실험 결과를 통해 브레이크가 우리의 WRH 에 적용되었을 때의 에너지 절감 효과를 가늠할 수 있다.

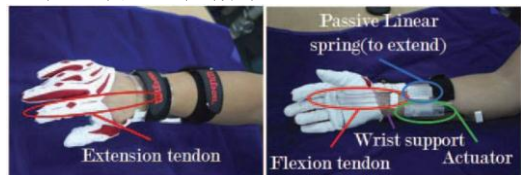


Fig. 2 Target device of the passive brake (WRH).

실험은 두 가지로 진행되었다. 우선, 부하가 없을 때 모터에 흐르는 전류를

측정하였다. 이는 로봇 손이 물건을 쥐기 전까지 소모하는 평균 에너지량을 가늠하는 지표가 된다. 그런 다음, 일정한 부하가 가해지는 상황에서 위치 제어를 통해 모터 구동축을 고정시킬 때 모터에 흐르는 전류를 측정하였다. 이는 로봇 손이 물건을 쥌 상태를 유지하기 위해서 소모되는 평균 에너지량을 가늠하는 지표가 된다.

4. 실험 결과 및 결론

제동장치가 없을 경우 물건을 쥐기 전 손가락이 움직일 때, 그리고 물건을 쥐고 있을 때 양쪽 다 에너지가 소모될 것이고 제동장치가 있을 경우 후자의 경우에는 에너지 소모가 되지 않을 것이다. 따라서 측정된 결과를 토대로 캡스틴 브레이크의 도입으로 절감되는 에너지량을 예상할 수 있다.

그 평가를 위해, ‘물건을 쥐기 위해 WRH 가 가동된 총 시간(T_{total})’에 대한 ‘WRH 로 물건을 쥌 다음 그 상태를 유지한 시간(T_{hold})’의 값에 따라서 예상되는 에너지 절감율을 평가하였다. 그 결과는 Fig. 3 과 같다. 모터에 가해진 부하 토크가 $0.095N \cdot m$ 인 경우는 열쇠와 같이 얇은 물체를 쥌 상태에서 여러 가지 동작을 수행하는 경우(약 10.5N 의 손가락 힘 필요[3])에 해당하고 $0.136N \cdot m$ 인 경우는 500ml 의 물이 담긴 보통 크기의 원통형 컵을 쥐고 있을 경우(약 15N 의 손가락 힘 필요[4])에 해당한다.

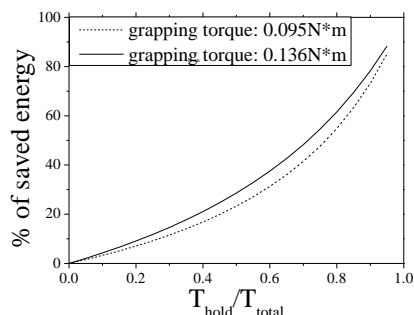


Fig. 3 Estimated amount of saved energy by introducing the passive brake.

결과에 따르면, 물건을 쥐는데 요구되는 힘이 강할수록, 또 전체 동작 시간에 대한

물건을 쥐어야 하는 시간의 비율이 길어지면 길어질수록 기대되는 에너지 절감율이 증가하는 것을 확인할 수 있다. 즉, 작은 힘으로 물체를 쥐거나 물체를 쥐고 있는 시간이 매우 적은 로봇 손이라면 브레이크의 추가로 인한 에너지 효율 향상을 기대하기 힘들고 반대로 강한 힘으로 물체를 장시간 쥐고 있어야 하는 로봇 손의 경우에는 큰 에너지 효율 향상을 기대할 수 있다. 따라서, 채용하고자 하는 로봇 손의 목적과 기능에 따라서 브레이크의 도입을 고려하는 것이 합당하다고 판단된다.

후기

본 연구는 지식경제부 및 한국산업기술 평가관리원의 “QoLT 산업기술 개발 사업”의 일환으로 수행하였음. [10036492, QoLT 산업기술 개발사업]

참고문헌

1. H. In, K. Cho, K. Kim and B. Lee, "Jointless Structure and Under-Actuation Mechanism for Compact Hand Exoskeleton", IEEE International conference on rehabilitation robotics ICORR, pp. 1-6, 2011.
2. S. Kang, K. Cho and H. In, "Design of a Passive Brake Mechanism for Tendon Driven Devices", International Journal of Precision Engineering and Manufacturing, submitted for publication.
3. N. Smaby, M.E. Johanson, B. Baker, D.E. Kenney, W.M. Murray, and V.R. Hentz, "Identification of key pinch forces required to complete functional tasks", Journal of Rehabilitation Research and Development, volume 41, number 2, pp. 215-224, March 2004.
4. D. A. Nowak, and J. Hermsdörfer, "Sensorimotor memory and grip force control: does grip force anticipate a self-produced weight change when drinking with a straw from a cup?", European Journal of Neuroscience, volume 18, issue 10, pp. 2883-2892, November 2003.