

파지 안전성을 고려한 서비스로봇 그리퍼 설계 Design of the Service Robot Gripper Based on Grip Safety

*이용철¹, 이승열², 임성진², 황순웅², #한창수³

*Y. C. Lee¹, S. Y. Lee², S. J. Lim², S. W. Hwang², #C. S. Han³(cshan@hanyang.ac.kr)

¹ 한양대학교 기계설계·메카트로닉스공학과, ² 한양대학교 기계공학부, ³ 한양대학교 기계정보경영공학부

Key words : Gripper, Pressure Sensor, grip safety

1. 서론

최근 불특정한 환경 및 도구에 대한 적응이 쉽고, 비교적 강력한 파지와 정밀 조작이 동시에 가능하여 인간의 작업을 대신할 수 있는 로봇 그리퍼가 활발히 연구 개발되고 있다. 특히, 와이어를 이용한 5 손가락의 로봇 그리퍼, 초음파 모터를 이용한 5 손가락의 로봇 그리퍼 등 인간 손을 모방한 다양한 로봇 핸드들이 연구되었다.^{1,2,3} 그러나 이러한 로봇 그리퍼 시스템들은 부피가 크고, 구조가 복잡하며, 파지 안전성의 결여로 상업화 수준까지는 도달하지 못하였다.

본 연구에서는 구조가 간단하고, 경량화를 고려하며, 원통형 물체를 안전하게 파지할 수 있는 가정용 서비스 로봇의 그리퍼를 개발하고자 한다. 본 논문에서는 제안된 가정용 서비스 로봇의 그리퍼의 하드웨어 설계에 대해 설명한다. 추후 하드웨어 검증을 통해 시스템 제어에 관한 연구가 계속해서 진행될 예정이다.

2. 하드웨어 설계

2.1. 파지력 증가를 위한 로봇 그리퍼 링크 길이 설정

로봇 그리퍼의 정밀 파지(fingertip grasp : 손가락 끝을 이용하여 물체를 집거나 바닥에 누워있는 납작한 물체를 집는 행동)를 안정하게 하기 위해서는 손가락 끝과 물체가 직각에 가까운 각도를 이루므로 마찰력을 크게 하여 안정성을 높인다. 또한 바닥에 놓인 물체를 집어 올릴 경우에도 물체표면의 법선 벡터와 손가락 끝의 각도가 클수록, 물체를 효과적으로 구속하여 안정된 파지를 할 수 있다. Fig.1 은 이러한 원리로 손가락의 링크 수에 따른 손가락 끝과 물체 사이에 각이 마찰각과의 관계를 보여 주고 있다. 또한 2 링크 손가락보다 3 링크 손가락을 쓸 때가 A 각이 더 커지기 때문에 안정성이 더 좋다는 것을 알 수 있다. 그리고 안정성 뿐만 아니라 식 (1)을 통하여 물체에 전해지는 torque 값을 Fig.2 와 같이 그래프로 나타내면 0 도에서 75 도 정도까지는 A 각이 커질수록 물체에 가해지는 토크 값이 점점 커지는 것을 알 수 있으므로 3 링크 손가락을 쓰는 것이 파지력 증가됨을 알 수 있다.

손가락 전체길이는 일반 성인의 평균길이인 10cm 로 가정 하였으며, 각각의 링크의 길이를 성능에 영향을 미치는 최소 단위인 1cm 단위로 변화시키며, 링크 조합에 지표의 값을 평가한다. 그 결과, l_3 가 1 인 경우는 손가락 끝이 너무 짧아서 강력파지에 어려움이 있고, 5~8 의 값을 가지는 경우는, A 값이 너무 작아 비교대상에서 제외하였다. 따라서 l_3 가 2~4 인 경우를 비교하면, 손가락 끝 링크에 해당하는 l_3 의 길이가 길어질수록 A 가 작은 값을 가져서 정밀파지에 적당하지

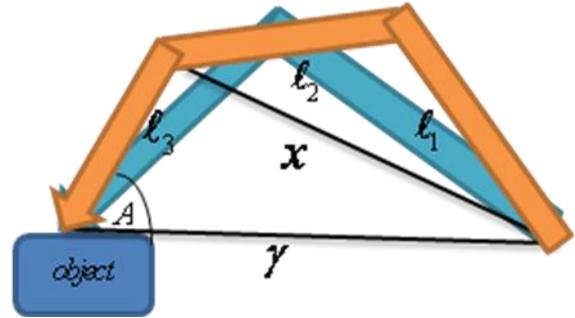


Fig.1 로봇 그리퍼의 손가락 링크의 구성

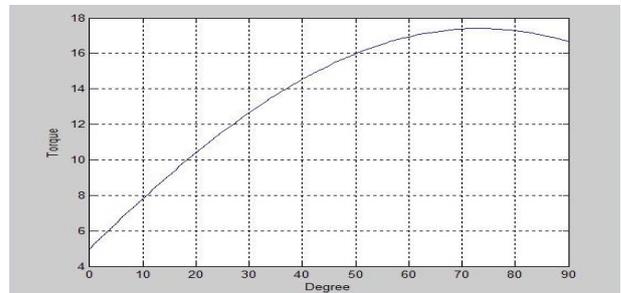


Fig.2 파지 각도에 따른 Torque 값의 변화

않다.⁴ Fig.1 에서 제 2 코사인 법칙을 이용하여 A 의 각을 구하기 위해 (2)와 같은 식을 통해 구할 수 있는데 이 식에서 l_3 가 작으면 작을수록 A 의 각이 커짐을 알 수 있다. 그러나 l_3 가 1cm 인 경우는 너무 짧아서 파지의 어려움이 있고, 최소 단위를 1cm 로 하였기 때문에 l_3 는 2 차로 결정하였다.

2.2. 파지 안전성을 위한 폴리의 회전 비 설계

로봇 그리퍼의 파지 안전성 향상을 위해 파지 시 접촉면에서 균일한 응력이 발생되도록 설계되어야 한다. 이를 위해 Pro/E(Pro-Engineering)과 Daful 프로그램을 통해 시뮬레이션이 수행되었다. 손가락 각 관절마다 8 개의 회전관절을 부착하였고, 그 외의 부분에는 15 개의 고정관절을 부착하였다. 각 조인트에 회전하는 각을 알기 위해서 각각의 관절에 step 값을 다르게 입력하였다. Fig.3 에서 표시한 것과 같이 1, 2, 3 각각 다른 step 값을 준 이유는 폴리의 회전 비를 정하기 위함이다. 시뮬레이션 결과 위 스텝 값을 0.5, 1.0, 1.25 이렇게 주었을 때 정확한 물체의 파지를 할 수 있었는데, 이것으로 폴리의 비를 1:2:2.5 로 결정하였다.

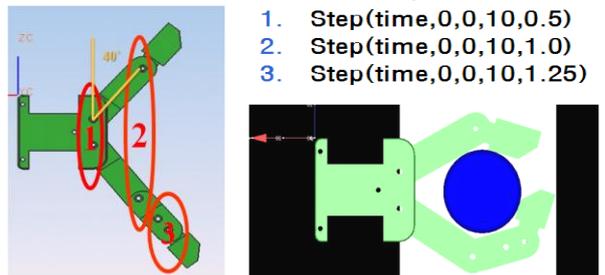


Fig.3 폴리 회전 비에 의한 파지안전성(Daful simulation)

$$\tau = l(\cos A + \frac{1}{\mu} \sin A) = l \sqrt{1 + \frac{1}{\mu^2} \cos(A - \tan^{-1} \mu)} \quad (1)$$

$$A = \cos^{-1} \left(\frac{\gamma^2 + l_3^2 - l_1^2 - l_2^2 - 2l_1 l_2 \cos \phi}{2\gamma l_3} \right) \quad (2)$$

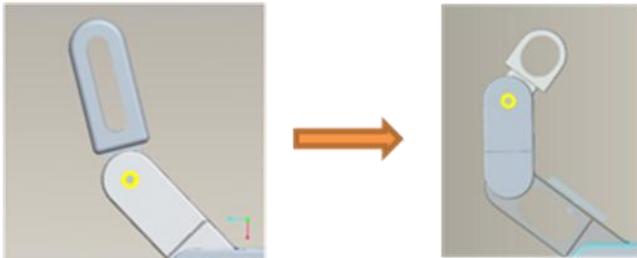


Fig.4 손가락의 자유도 증가를 위한 설계안(3 링크)

2.3. 그립 구조 개선

그리퍼의 동력 전달 메커니즘을 Fig.4 과 같이 손가락을 2 개의 링크에서 3 개의 링크로 바꾸어 그리퍼와 물체와의 접촉 면적이 2 면에서 3 면으로 늘어나게 되었다. 그래서 그립 안전성 면에서도 더 향상되었고, 그립하는 힘도 더 좋아지게 되었다. 그러나 한 개의 모터를 사용하여 두 개의 마디를 구동시켜야 하기 때문에 그 부분에서도 역시 벨트 풀리를 이용하였다. 링크 구조 메커니즘은 Fig.5 에서 보는 바와 같이 모터에서 첫 번째 벨트를 이용하여 풀리를 구동하게 되고, 그 풀리는 그 다음 풀리를 구동시켜서 마지막 마디까지 움직일 수 있는 메커니즘이다.

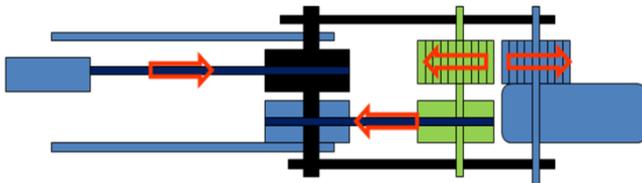


Fig.5 손가락의 동력 전달 mechanism

2.4. 경량화

기준에 제작된 그리퍼는 하우징 및 내부 구동 메커니즘이 알루미늄으로 가동되어 약 480g 의 무게를 가진다. 이 로봇 핸드를 부착한 로봇 암을 제어한 결과 경량의 필요성이 도출되어 비교적 가볍고 복잡한 구조도 쉽게 가공이 가능한 RP(rapid prototyping system)를 사용하여 외부 하우징이 가공되었으며, 내부 구동 부품 역시 플라스틱 재질을 사용하여 로봇 핸드 전체의 경량화를 고려하였다.

3. 설계 검증

앞 장에서 언급된 로봇 그리퍼 설계 내용은 아래 Fig.6 과 같은 Daful 을 이용한 시뮬레이션을 통해 검증된다. 먼저 2.1 에서 2.3 절의 설계 내용은 로봇 핸드의 파지 안전성에 직접적으로 관련된 내용이다. 파지 안전성을 향상 시키기 위해 그리퍼 링크의 길이 및 풀리의 회전비가 Daful 을 이용한 시뮬레이션을 통해 설계되었으며, 설계 결과 역시 Daful 을 통해 검증 되었다.

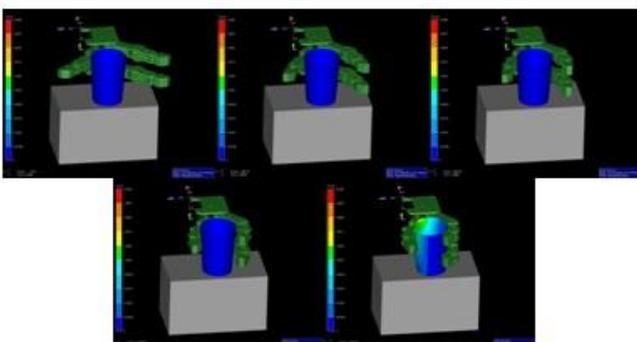


Fig.6 원통형 물건 파지 시뮬레이션 결과(Daful)

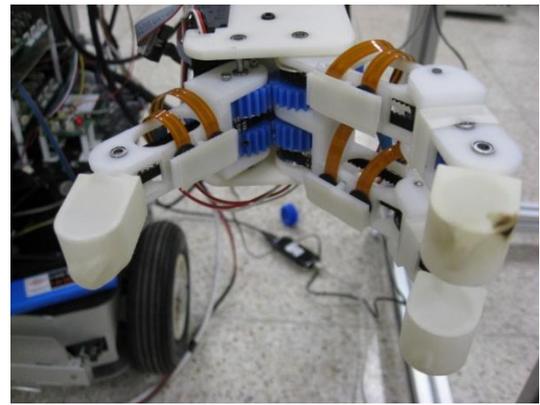


Fig.7 완성된 그리퍼의 모습

그림에서 보는 바와 같이 원통형 물체 파지 시 손가락 전체에 응력이 골고루 분포되었다. 따라서 균일한 파지력을 통해 파지 안전성이 향상 될 것으로 예상된다. 끝으로, 경량화 구조에 대한 결과로 기존 알루미늄으로 제작된 로봇 그리퍼를 RP 와 플라스틱 재질로 변경함으로써 약 260g 의 무게가 감소되었다.

4. Conclusions and Future work

본 연구는 지능형 서비스 로봇 분야에서 물건의 안정적인 파지를 목적으로 로봇 그리퍼에 대해서 언급하였다. 제안된 설계안으로 2 개의 링크를 가진 손가락을 3 개의 링크로 가진 손가락으로 설계되었고, 파지 안전성을 위해 각 링크의 길이 및 풀리의 회전비가 설계되었다. 이로써 원통형 물체 파지 시 안전성이 더욱 향상되게 되고, 구조의 단순화와 동력 전달축의 개선으로 원활한 동력 전달이 예상된다. 그리고 RP 의 제작으로 인해 그리퍼의 무게가 경량화가 고려되어 제안된 로봇 핸드가 서비스 로봇 팔에 적용 시 발생된 문제점을 해결할 수 있을 것으로 기대된다.

앞으로 원동형 물체뿐만 아니라 다양한 물체를 파지하기 위한 메커니즘에 대한 연구와 센서 장착으로 인한 물건 파지 제어와 DSP 와의 실시간 제어를 위한 알고리즘의 튜닝/적용, 성능/안정성 평가가 수행될 예정이다.

후기

본 연구는 지식경제부의 전략 기술개발사업인 “로봇용 다자유도 스마트 액추에이터 개발” 및 산업 기술기반 조성사업인 ”지능형 로봇산업의 기반조성을 위한 종합지원 체계 구축” 지원을 받아 수행되었습니다.

참고문헌

1. J.Butterfass, M. Grebenstein, H. Lieu, G. Hirzinger, 2001 "DLR-Hand II :Next Generation of a Dexterous Robot Hand" proceedings the 2001 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp.109~114.
2. Yoichi OGAHARA, Yusuke KAWATO, Kenjiro TAKEMURA, Takashi MAENO, "A Wire-Driven Miniature Five Fingerd Robot Hand using Elastic Elements as Joints" Proceedings the 2003 IEEE/RSJ Intl. Conferense on Intelligent Robots and Systems.
3. Ikuo Yamano, Takashi Maeno, "Five-fingered Robot Hand using Ultrasonic Motors and Elastic Elements" proceedings the 2005 IEEE International Conference on Robotics and Automaion.
4. Hojune Chi, Sanghun Lee, Byungjune Choi, Hyouk-Ryeol Choi, 2006, "Design of a Dexterous Anthropomorphic Robot hand", KSME, Vol 30, No. 4, pp. 357~363.