

볼 나사 구동형 로봇 그리퍼 설계 및 특성 분석

Design and Analysis of Ball Screw-driven Robotic Gripper

김 병 호

Byoung-Ho Kim

경성대학교 메카트로닉스공학과 생체모방 및 지능로봇 연구실

Biomimetics & Intelligent Robotics Lab., Dept. of Mechatronics Eng., Kyungsu Univ.,
Busan, 608-736, Korea

요약

본 논문에서는 볼 나사의 구동에 의해 물체의 파지가 가능한 로봇 그리퍼 메커니즘을 제시한 후, 시뮬레이션을 통하여 제시한 그리퍼 메커니즘의 파지 동작에서 나타날 수 있는 기구학적인 특성을 분석한다. 이를 위하여 구동기의 관절 공간과 그리퍼의 끝 공간간의 기구학적 관계를 파악한다. 제안한 로봇 그리퍼는 하나의 구동모터를 사용하고, 좌우 대칭인 폐쇄연쇄(closed-chain)를 형성하고 있는 것이 특징이다. 결과적으로, 제안한 로봇 그리퍼는 구조적으로 외력에 강인하고, 하나의 구동모터에 의해 파지 동작이 구현되므로 수월한 파지가 가능하다. 또한 제안된 그리퍼는 파워 파지에 유용한 조임 효과를 갖는다.

키워드 : 로봇 그리퍼, 볼 나사 구동 메커니즘, 기구학적 파지 특성

Abstract

This paper presents a ball screw-driven robotic gripper mechanism which is possible to grasp an object and analyzes its kinematic feature for grasping by simulation. For the purpose of identifying the feature of the robot gripper, we try to confirm the kinematics relating the joint space of the driving actuator to the gripper's tip space. To be specific, the proposed robot gripper employs one actuator and a symmetrical closed-chain structure. As a result, the specified robot gripper has an advantage of robustness to external forces structurally, and it is easy to implement simple grasping operations. Also the gripper has a useful squeezing effect for power grasping.

Key Words: Robotic gripper, Ball screw-based driving mechanism, Kinematic feature of grasping

1. 서론

현재 산업용 로봇을 비롯한 인간형 로봇(humanoid robot)의 개발에 관한 연구가 많은 연구자들에 의해 활발하게 진행되고 있다 [1]- [4]. 특히, 산업용 로봇 분야에서는 비교적 주어진 작업 기능을 원활하게 수행하기 위한 성능 개선에 관한 연구가 지속적으로 이루어지고 있고, 인간형 로봇의 경우에는 사람과 유사하게 능동적인 작업자로서의 다양한 작업 수행이 강조되고 있다.

궁극적으로, 그림 1에서 보는 것과 같이, 로봇이 산업 공정이나 인간의 생활 환경에서 다양한 서비스 작업을 수행하기 위해서는 어떤 물체를 파지하거나 조작할 수 있는 다지 로봇 손(multi-fingered robotic hand)이나 구조적으로 간단한 형태의 로봇 그리퍼(robotic gripper)가 필요하다. 본 논문에서는 비교적 단순한 파지를 목적으로 하는 로봇 그리퍼에 관하여 다루고자 한다.

먼저, 다지 로봇 손에 관한 연구를 살펴보면, Jacobson [5] 등은 4 개의 손가락을 갖는 손(Utah/MIT hand)을 개발하였는데, 각 손가락은 공압 실린더에 의해 구동되는 건을 이용하여 독립적으로 제어되며, 16 자유도를 갖는다. Loucks [6]는 PUMA 로봇을 팔로 사용하여 팔의 전반부에 장착한 구동 메커니즘에 연결된 건(teflon-

접수일자 : 2011년 12월 19일

수정일자 : 2012년 2월 3일

완료일자 : 2012년 2월 7일

이 논문은 2011학년도 경성대학교 학술연구비지원에 의하여 연구되었음.

coated steel cable)에 의해 각 관절이 구동되는 로봇 손(Stanford/JPL hand)을 개발하였다. 이 로봇 손은 3개의 손가락을 갖고 있고, 각 손가락은 3개의 관절로 구성되어 있다. Anthrobot-2 로봇 손 [7]은 엄지와 나머지 4개의 손가락을 갖는 인간형 로봇 손으로서, 각 손가락은 건 시스템을 통한 서보 모터에 의해 구동되고, 모두 20개의 관절로 구성되어 있는데, 16 자유도를 갖고 있다. DIST 로봇 손 [8]은 Utah/MIT 로봇 손과 관절 메커니즘은 조금 다르지만, 전반적으로 사용한 구동기 및 구동 방식은 매우 유사하다. Robonaut 손 [9]은 두 개의 손목 자유도를 포함하면 모두 12자유도를 갖는데, 우주 공간에서 작업을 하기 위한 용도로 개발된 것이다. 또한 DLR II 손 [10]은 건과 유사한 메커니즘의 하나로써 톱니형 벨트(tooth belts)를 Brushless DC 모터축에 연결하여 손가락 관절을 구동하는 형식을 취하고 있다. 이외에도 로봇 손의 설계 및 구동과 관련된 다양한 시도가 진행되었다 [11]- [17].



(a) 작업대상물을 이송하는 산업용 로봇



(b) 인간형 로봇, ASIMO [1]

그림 1. 산업용 및 인간형 로봇

Fig. 1. Robots for industrial and human services

결국, 물체를 다 자유도로 능숙하게 다루기 위해서는 다지 다 관절의 구동이 요구되므로 전반적으로 메커니즘과 제어 방법이 복잡해지게 된다. 특히, 건이나 벨트를 이용하는 경우에는 장착 및 유지 보수의 용이성이 로봇 손 설계의 중요한 포인트가 될 수 있고, 직접 구동의 경우에는 상대적으로 로봇 손 안에 구동기를 포함해야 하기 때문에 전체적인 손의 크기가 관련이 될 수 있다.

한편, 로봇 그리퍼는 다지 로봇 손에 비해 기구적으로 단순하기 때문에 설계 및 제어가 용이하다. 비록 로봇 그리퍼는 정형화된 물체를 파지하는데 주로 이용되지만, 로봇 팔의 끝부분에 장착되어 물체의 가공, 조립, 검사 등의 작업 공정에서 다양하게 활용될 수 있으며, 파지 특성이 매우 중요한 의수(prosthetic hand)의 기

본 메커니즘으로 이용될 수 있다. 따라서 보다 효과적인 그리퍼 메커니즘 설계 및 활용에 관한 연구에 대하여 주목할 만 하며, 현재까지 다양한 연구가 진행되고 있다 [18]- [22].

본 논문에서는 구조적으로 외력에 강인하여 효과적으로 물체의 파지를 지속할 수 있고, 잡은 물체의 파지 정도를 쉽게 제어할 수 있는 단순 구조의 나사 구동형 로봇 그리퍼 메커니즘을 제시하고, 이러한 메커니즘의 특성 및 활용성에 대하여 고찰하고자 한다.

2. 볼 나사 구동형 로봇 그리퍼 설계

2.1 로봇 그리퍼 기구학

그림 2는 볼 나사 구동형 로봇 그리퍼 메커니즘 설계를 위한 3차원 개념도를 나타낸다. 이것은 단순한 파지 기능을 목적으로 한 로봇 그리퍼 메커니즘으로서, 중심축에 배치한 볼 나사의 구동에 의해 미끄럼 관절이 직선 운동을 하면, 양쪽 손가락이 동시에 오므리거나 펴지는 운동을 하게 되어 물체의 파지가 가능한 구조이다. 특히, 폐쇄인 구조는 메커니즘의 강성을 증가시키는 효과 [23]가 있기 때문에 외력에 의한 파지 강성을 극대화하기 위하여 두 개의 폐쇄인(closed-chain) 구조를 사용한 것이 제시한 그리퍼의 특징이다.

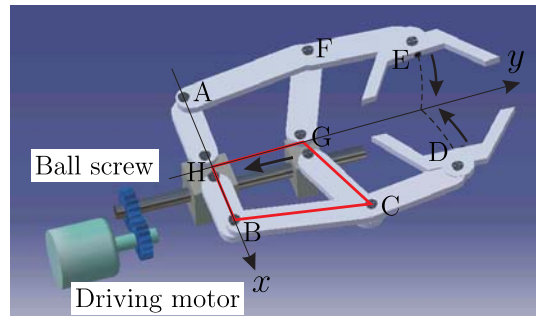


그림 2. 볼 나사 구동형 로봇 그리퍼 설계 개념

Fig. 2. Design concept of a ball screw-driven robotic gripper

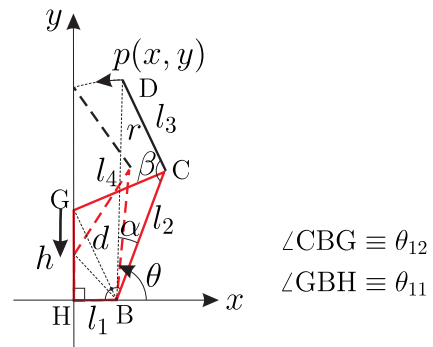


그림 3. 로봇 그리퍼의 폐쇄인 구조도

Fig. 3. A closed-chain scheme of the robot gripper

그림 3은 제시한 로봇 그리퍼의 구조에 포함되어 있는 두 개의 대칭적인 폐쇄인(closed-chain) 중의 하나이다. 여기서는 파지 동작에 따른 그리퍼 말단의 기구학적 위치 정보를 파악하기 위하여 폐쇄인 다각형 HBCG의 운동을 고찰하고자 한다. 즉, 그림 3에서 G점이 아래로 이동하면, C점이 이동하게 되고, 동시에 D점은 B점을 기준으로 회전 운동을 하게 된다. 이러한 과정을 통하여, 손가락의 기준점 B에 대한 그리퍼 말단의 위치를 결정하는 기구학 관계식은 다음과 같이 나타낼 수 있다.

$$x(t) = l_1 + r \cos \theta(t) \quad (1)$$

$$y(t) = r \sin \theta(t) \quad (2)$$

여기서, 가상의 선분 \overline{BD} 의 길이 r 과 회전각 $\theta(t)$ 는 각각 다음과 같이 구할 수 있다.

$$r = \sqrt{l_2^2 + l_3^2 - 2l_2l_3 \cos \beta} \quad (3)$$

$$\theta(t) = 180^\circ - \theta_{11}(t) - \theta_{12}(t) + \alpha \quad (4)$$

위의 식 (3)과 (4)에서 β 는 그리퍼의 설계 과정에서 사전에 정해지는 값이고, θ_{11} , θ_{12} , α 는 각각 다음과 같은 과정을 통하여 구할 수 있다.

$$\theta_{11}(t) = \cos^{-1} \left(\frac{d(t)^2 + l_1^2 - h(t)^2}{2d(t)l_1} \right) \quad (5)$$

$$\theta_{12}(t) = \cos^{-1} \left(\frac{d(t)^2 + l_2^2 - l_4^2}{2d(t)l_2} \right) \quad (6)$$

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{l_2^2 + r^2 - l_3^2}{2l_2r} \right) \quad (7)$$

$$d(t) = \sqrt{h(t)^2 + l_1^2} \quad (8)$$

$$h(t) = h_0 - \Delta h(t) \quad (9)$$

$$\Delta h(t) = \frac{p_s}{360^\circ N} \theta_m(t) \quad (10)$$

(5)~(10)에서 h_0 는 그리퍼가 최대로 열려져 있는 초기 상태의 선분 \overline{HG} 의 길이를 나타내고, $\Delta h(t)$ 는 볼 나사에 연결된 이동부 G점의 피치운동 거리를 나타내며, 이것은 사용된 볼 나사의 피치 사양 p_s 와 구동 모터의 회전량 $\theta_m(t)$ 에 의해 결정된다. N 은 구동 모터와 볼 나사간의 기어비를 나타낸다.

이러한 로봇 그리퍼는 볼 나사를 축으로 하여 구조적으로 좌우 대칭인 폐쇄인(closed-chain)을 형성하고 있기 때문에 외력의 영향에 대하여 강인한 특징이 있다. 또한, 그림 2와 3에서 보는 것과 같이, 이러한 메커니즘을 이용한 파지 동작에서 양쪽 손가락은 A와 B 관절을 중심으로 회전하는 궤적을 따라 움직이게 된다. 이러한 운동 패턴을 분석하는 것은 이 로봇 그리퍼를 이용한 파지 특성을 확인하는데 있어서 매우 중요하다.

2.2 로봇 그리퍼 설계

그림 4는 제시한 설계 개념을 바탕으로 구현한 로봇 그리퍼 시스템을 나타낸다. 여기서, 양쪽 손가락이 축

을 이루어 회전하게 되는 주축 부분은 강철 링크를 이용하였고, 나머지 링크는 중량을 고려하여 아크릴 판재를 사용하였다. 볼 나사의 사양은 표 1과 같고, 파지를 위한 볼 나사의 구동은 하나의 DC 모터(Model No. RB-35GM)에 의해 이루어진다. 모터와 볼 나사간의 동력 전달 기어비는 90:1이고, 파지 상태 및 파지력 측정을 위하여 힘 센서(UST-SNR-FSR No. 402, US Technology)를 그리퍼 말단의 중앙부에 부착하였다. 여기서, 파지력은 그리퍼가 물체를 온전히 잡기 위하여 물체에 가하는 힘을 의미한다. 따라서 그리퍼가 가하고 있는 을 의미한다. 제어 회로는 ATmega128 마이크로프로세서를 기반으로 하여 설계하였다.

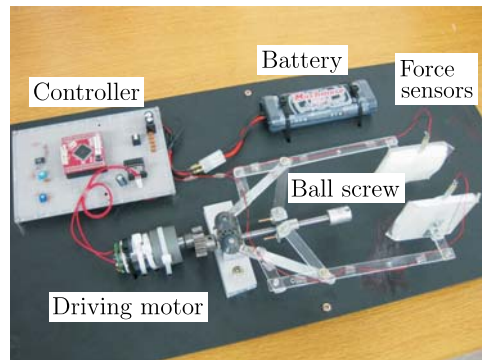


그림 4. 구현된 로봇 그리퍼

Fig. 4. A prototype of the implemented robotic gripper

표 1. 볼 나사의 사양

Table 1. Specification of the ball screw

Total length(m)	Length of pitching(m)	Diameter (m)	Pitch (m/rev.)
0.130	0.060	0.008	0.002

그림 5는 소프트(soft)한 풍선을 파지하는 상황을 나타내고, 간단한 비례 제어기에 의해 적절한 파지 동작의 구현이 가능하며, 파지 동작에서 생성되는 조임 효과를 확인하였다. 또한 그리퍼의 중심부에 배치된 힘 센서를 활용하여 물체의 파지 정도를 파악하는 것과 소프트 파지가 가능함을 확인하였다.



그림 5. 소프트 파지 상황

Fig. 5. A state of soft grasping

3. 로봇 그리퍼 특성 시뮬레이션

본 장에서는 시뮬레이션을 통하여 2장에서 제시한 로봇 그리퍼의 파지 상황에서 나타날 수 있는 기구학적 특성을 고찰한다.

그림 2와 3을 통하여 제시된 로봇 그리퍼의 기구적인 특성 시뮬레이션은 주어진 구동 모터의 운동 경로에 대한 그리퍼 말단의 위치 경로를 확인하고, 이것이 파지 상황에서 어떤 효과로 작용될 수 있는지를 고찰하는데 중점을 두었다. 이를 위하여 설정된 로봇 그리퍼의 기구적인 파라미터는 표 2와 같다.

표 2. 로봇 그리퍼의 기구적인 파라미터
Table 2. Kinematic parameters of the robot gripper

i	$l_i(m)$	$h_0(m)$	$\beta(^{\circ})$	Remarks
1	0.020	0.060	125	양 손가락은 기구적으로 동일함.
2	0.090			
3	0.130			
4	0.070			

그림 2에 나타낸 로봇 그리퍼의 파지 동작은 기본적으로 구동 모터의 운동 경로에 따라 결정되는데, 본 논문에서는 다음과 같은 함수를 이용하여 구동 모터의 운동 경로를 설정하였다.

$$\theta_m(t) = \frac{\theta_f}{t_f^3} t^2 (3t_f - 2t), \quad 0 \leq t \leq t_f \quad (11)$$

여기서, 구동모터의 최종 각 위치 θ_f 는 안정된 파지 영역에 적합한 볼 나사의 유효 행정거리 Δh_{eff} 를 고려하여 다음과 같이 결정되었다.

$$\theta_f = \frac{360^{\circ}N}{p_s} \Delta h_{eff} \quad (12)$$

결과적으로, 구동 모터와 볼 나사간의 기어비 N 을 90, 볼 나사의 피치 사양 p_s , 유효 행정거리 Δh_{eff} , 최종 경로 시간 t_f 를 각각 0.002m, 0.014m, 2s로 설정하면, 주어진 구동 모터의 운동 경로식은 다음과 같다.

$$\theta_m(t) = 28350t^2(6 - 2t) \quad (13)$$

그림 6은 (13)을 이용하여 샘플링 시간 5ms로 결정되는 구동 모터의 운동 경로를 나타내고, 그림 7은 구동 모터의 회전에 의하여 볼 나사의 피지 운동이 이루어짐에 따라 변화되는 그리퍼 중심 축(HG)의 길이 동향을 나타낸다. 그림 8은 파지 동작을 위하여 각 손가락이 회전 중심점(A 또는 B)을 기준으로 회전하는 각도의 경향을 의미한다.

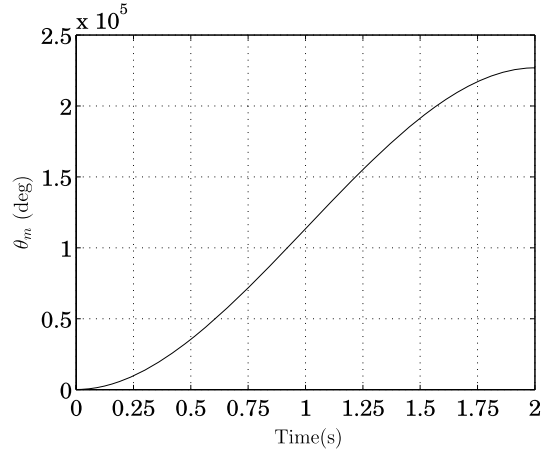


그림 6. 구동 모터의 운동 경로
Fig. 6. Trajectory of the driving motor

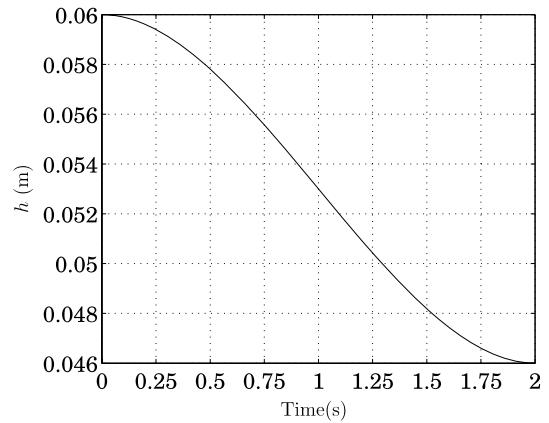


그림 7. 로봇 그리퍼의 중심 축 길이
Fig. 7. Length of the central axis of the robot gripper

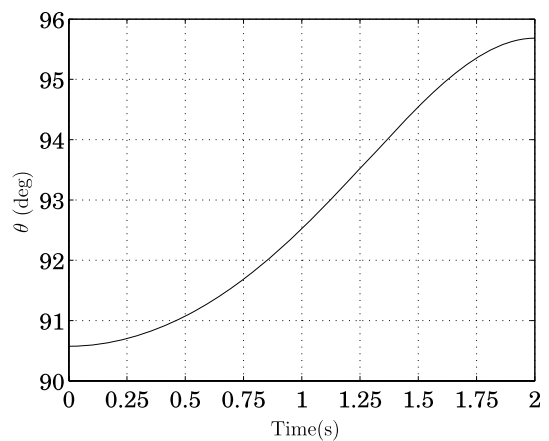
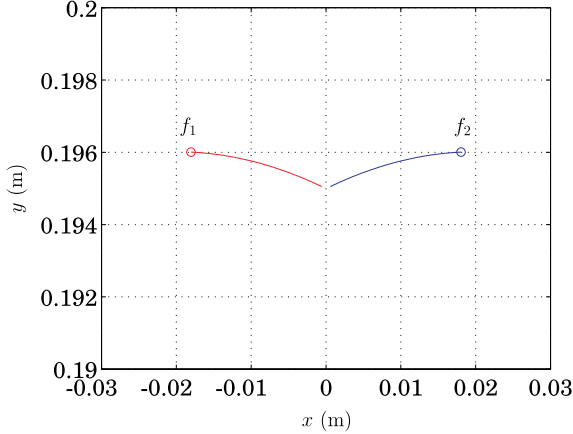


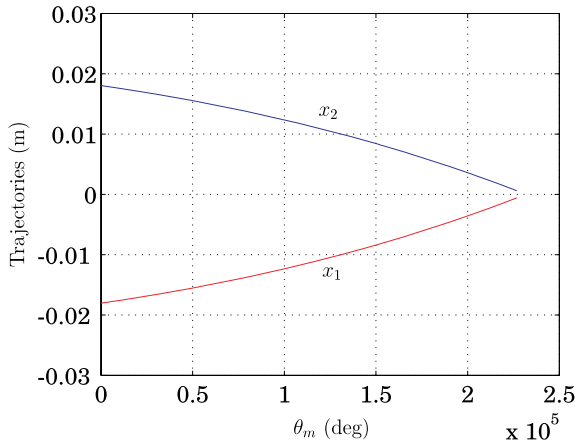
그림 8. 피봇 B점을 중심으로 한 회전각의 경로
Fig. 8. Trajectory of the rotational angle on the pivot B

그림 9(a)는 그림 6과 같은 구동 모터의 운동 경로에 대하여 x 축과 y 축 방향으로 움직이는 각 손가락(f_1 과 f_2) 끝의 위치 경로를 나타낸다. 여기서, 동그라미(o)는

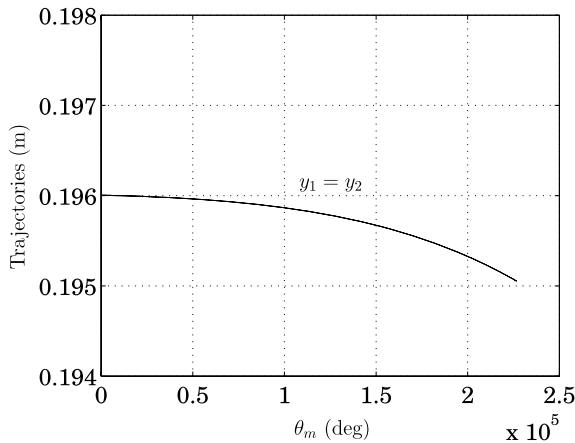
각 손가락 끝의 시작 위치를 나타낸다. 그림 9(b)는 구동 모터의 회전에 따른 각 손가락 끝의 x 축 방향의 이동 상황을 나타내고, 그림 9(c)는 y 축 방향의 이동 상황을 나타낸다.



(a) x vs. y



(b) θ_m vs. x_1, x_2



(c) θ_m vs. y_1, y_2

그림 9. 로봇 그리퍼의 파지 경로

Fig. 9. Trajectory of grasping of the robot gripper

결과적으로, 그림 9(a)~(c)의 경로를 통하여, 이 로봇 그리퍼의 파지 과정에서는 x 축과 y 축 방향으로 동

시에 어떤 오므림 궤적이 생성됨을 알 수 있다. 이러한 특성은 파지한 물체의 이탈 현상을 억제하는 조임 효과(squeezing effect)로 작용될 수 있기 때문에 파지 안정성을 향상시키는데 기여할 수 있다. 실제로, 이러한 조임 효과는 정상적인 인간의 글쓰기를 위한 연필 잡기 등 다양한 파지에서 쉽게 경험할 수 있으며, 파워 파지(power grasping)를 형성하는데 있어서 유용하게 활용될 수 있다. 한편, 과도한 조임은 파지한 물체와 그리퍼에 나쁜 영향을 미칠 수 있기 때문에 힘 센서 등을 이용한 컴플라이언스 제어가 동시에 필요하다.

4. 결론

본 논문에서는 볼 나사를 축으로 하여 두 손가락이 폐쇄인을 형성하고 있는 볼 나사 구동형 로봇 그리퍼 메커니즘을 제시하고, 파지 동작에서 나타날 수 있는 기구학적인 특성을 고찰하였다. 결과적으로, 제안된 로봇 그리퍼는 폐쇄인 구조를 형성하고 있기 때문에 구조적으로 외란의 영향을 줄일 수 있고, 하나의 구동모터에 의해 그리퍼가 구동되므로 비교적 여러 개의 관절에 의해 구동되는 경우보다 파지가 쉽다. 또한 오므림 궤적 형태로의 파지 동작에 의한 기구학적인 조임 효과는 파지 안정성을 향상시키는데 효과적으로 활용될 수 있다.

추가적으로, 파지를 위한 보다 효과적인 동력전달 메커니즘 및 다양한 제어 알고리즘에 관한 연구가 필요하다. 또한 어떤 물체를 파지함에 있어서 그리퍼 메커니즘에 변형이 발생되면 곤란하기 때문에 메커니즘을 구성하고 있는 각 링크에 작용되는 응력을 분석해 보는 것은 의미가 있다. 이것은 그리퍼 메커니즘 설계 단계에서 적절한 링크 재질 및 물리적인 치수 결정에 있어서 중요하다.

참고 문헌

- [1] Y. Sakagami, R. Watanabe, C. Aoyama, S. Matsunaga, N. Higaki, and K. Fujimura, "The intelligent ASIMO: system overview and integration," *Proc. of IEEE/RSJ Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems*, pp. 2478-2483, 2002.
- [2] Y. Ogura, H. Aikawa, K. Shimomura, H. Kondo, A. Morishima, H.-O. Lim, and A. Takanishi, "Development of a new humanoid robot, WABIAN-2," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 2478-2483, 2002.
- [3] I. W. Park, J.-Y. Kim, J. Lee, and J.-H. Oh, "Mechanical design of humanoid robot platform KHR-3 (KAIST humanoid robot-3: HUBO)," *Proc. of IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots*, pp. 321-325, 2005.
- [4] I. Mizuuchi, T. Yoshikai, Y. Sodeyama, Y. Nakanishi, A. Miyadera, T. Yamamoto, T. Niemela, M.

- Hayashi, J. Urata, Y. Namiki, T. Nishino, and M. Inaba, "Development of musculoskeletal humanoid Kotoro," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 82-87, 2006.
- [5] S. Jacobsen, E. Iversen, D. Knutti, R. Jhonson, and K. Biggers, "Design of the Utah/MIT dextrous hand," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 1520-1532, 1986.
- [6] C. S. Loucks, V. C. Johnson, P. T. Boissiere, G. P. Starr, and J. P. H. Steele, "Modeling and control of the Stanford/JPL hand," *Proc. of IEEE Int. Conference on Robotics and Automation*, pp. 573-578, 1987.
- [7] M. S. Ali, K. J. Kyriakopoulos, and H. E. Step-hanou, "The kinematics of the Anthrobot-2 dextrous hand," *Proc. of IEEE Int. Conference on Robotics and Automation*, pp. 705-710, 1993.
- [8] A. Caffaz and G. Cannata, "The design and development of the DIST-hand dextrous grapper," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 2075-2080, 1998.
- [9] C. S. Lovchik and M. A. Diftler, "The Robonaut Hand: A dextrous robot hand for space," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 907-912, 1999.
- [10] J. Butterfass, M. Grebenstein, H. Liu, and G. Hirzinger, "DLR-Hand II: Next generation of dextrous robot hand," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 109-114, 2001.
- [11] M. Ebner and R. S. Wallace, "A direct-drive hand: design, modeling and control," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 1668-1763, 1995.
- [12] B.-H. Kim, S.-R. Oh, B.-J. You, I. H. Suh, and H.-R. Choi, "Development of a new multi-fingered robot hand using ultrasonic motors and its control system," *Jour. of Control, Automation and Systems Engineering*, vol. 6, no. 4, pp. 327-332, 2000.
- [13] H. Kawasaki, T. Komatsu, K. Uchiyama, and T. Kurimoto, "Dexterous anthropomorphic robot hand with distributed tactile sensor: Gifu hand II," *IEEE/ASME Trans. on Mechatronics*, vol. 7, no. 3, 2002.
- [14] J. Ueda, Y. Ishida, M. Kondo, and T. Ogasawara, "Development of the NAIST-Hand with vision-based tactile fingertip sensor," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 2343-2348, 2005.
- [15] I. Yamano and T. Maeno, "Five-fingered robot hand using ultrasonic motors and elastic elements," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 2684-2689, 2005.
- [16] B.-H. Kim, "Neural learning-based inverse kinematics of a robotic finger," *Jour. of Fuzzy Logic and Intelligent Sytems*, vol. 17, no. 7, pp. 862-868, 2007.
- [17] B.-H. Kim, "Task-based analysis on number of robotic fingers for compliant manipulations," *Int. Jour. of Fuzzy Logic and Intelligent Sytems*, vol. 9, no. 4, pp. 333-338, 2009.
- [18] P. K. Wright and M. R. Cutkosky, Design of gripper, *Handbook of Industrial Robot*, pp. 96-111, 1985.
- [19] T. Mason and J. K. Salisbury, Robot hands and the mechanics of manipulation, MIT press, Cambridge, MA, 1985.
- [20] R. Kolluru, K. P. Valavanis, A. Stewart, and M. J. Sonnier, "A flat-surface robotic gripper for handling limp material," *IEEE Robotics and Automation Magazine*, pp. 19-26, 1995.
- [21] A. I. Setiawan, T. F. Furukawa, and A. Preston, "A low-cost gripper for an apple picking robot," *Proc. of IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation*, pp. 4448-4453, 2004.
- [22] H. Choi and M. Koc, "Design and feasibility tests of a flexible gripper based on inflatable rubber pockets," *Int. Jour. of Machine Tools & Manufacture*, vol. 46, pp. 1350-1361, 2006.
- [23] M. Leu, V. Dukowski, and K. Wang, "An analytical and experimental study of the stiffness of robot manipulators with parallel mechanisms," in *Robotics and Manufacturing Automation*, M. Donath and M. Leu, Editors, ASME, New York, 1985.

저 자 소 개



김병호(Byoung-Ho Kim)

2001년 : 한양대 전자공학과(공학박사)

1995년 ~ 2001년 : 한국과학기술연구원 지능로봇연구센터 학생연구원

2002년 ~ 2004년 : JSPS Post-Doctoral Fellow, Dept. of Robotics, Ritsumeikan Univ.(Japan)

2004년 ~ 2005년 : Researcher, Biomimetic Control Research Center, RIKEN, Japan

2010년 ~ 2011년 : Visiting Faculty, Robotics Institute, Carnegie-Mellon Univ., USA

2005년 ~ 현재 : 경성대학교 메카트로닉스공학과 부교수

2006년 ~ 현재 : 한국지능시스템학회 이사

관심분야 : intelligent mobile manipulation, walking algorithm, multi-legged & humanoid robots, biomimetic modeling and control, multi-fingered robot/artificial hands and multiple arm control, macro/micro mechanism and intelligent control, neural computation, and sports science.

E-mail : kimbh@ks.ac.kr