

안정적 파지능력을 구비한 로봇 손의 개발 Development of Robot Hand with Stable Grasping Ability

*기성종¹, 최선욱¹, #기창두²

*S. J. Ki¹, S. U. Choi¹, #C. D. Kee(cdkee@jnu.ac.kr)²

¹전남대학교 기계공학과, ²전남대학교 기계시스템공학부

Key words : robot hand, stable grasping

1. 서론

지능형 로봇들이 개발되면서 생활의 삶의 질이 크게 향상되고 있으며, 특히 인간의 일을 대신하여 상황에 따라 적절한 동작을 하는 지능형 서비스 로봇에 대한 연구가 세계적으로 활발하게 진행되고 있다. 인간이 하기 힘든 일을 대신해주는 지능형 로봇분야가 확대되면서 로봇에 대한 기대치가 높아지고 있고, 그 중 로봇 손의 개발은 인간 생활과 관련하여 다양한 방면에서 유용하게 활용 될 수 있다. 현재 로봇 손의 개발은 단순한 집게형태에서부터 다지 다관절 형태의 로봇 손이 개발되고 있지만, 메커니즘 문제와 파지 안정성 및 파지 정확성 등에서 많은 문제점이 있다.[1] 따라서 이러한 문제점을 해결하기 위한 인간형 로봇 손의 개발이 필요하다.

본 연구에서는 인간 손의 구성, 움직임에 대하여 분석을 통하여 인간 손으로 할 수 있는 기본적인 파지동작을 구현한 인간형 로봇 손(anthropomorphic robot hand)을 개발하였다.[2] 이러한 개발된 로봇 손은 크기와 무게의 문제를 해결하기 위하여 불필요한 자유도를 없애고 실제 인간 손의 크기와 비슷한 형태로 제작되어 메커니즘이 단순화되어졌다.[3] 그리고 손가락 끝단에 force sensor를 부착하여 물체를 안정적으로 파지 할 수 있도록 제어 알고리즘을 구현하였다.[4]

2. 로봇 손의 기구학적 해석

로봇 손의 각각의 손가락의 위치를 알기 위해서는 손가락의 기구학적 정보를 구해야 한다. 각각의 좌표계의 관계를 나타내는 동차변환행렬을 사용하여 다음과 같이 나타낸다.

$$A_{i-1}^i = \begin{bmatrix} R_{i-1}^i & P_{i-1}^i \\ 0 & 1 \end{bmatrix} \quad (1)$$

여기서 R 행렬은 3x3 차원의 회전행렬을 나타내고 P 행렬은 3x1 차원의 행렬을 나타낸다. 또한 동차변환행렬의 연산으로 End-Effector의 기구학적 정보를 구한다.

$$A_0^n = A_0^1 A_1^2 \dots A_{n-1}^n \quad (2)$$

동차변환행렬을 이용하여 구한 순기구학의 카테시안 위치(x,y)와 오리엔테이션은 다음과 같다.

$$x = l_p \cos \theta_1 + l_m \cos(\theta_1 + \theta_2) + l_d \cos(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (3)$$

$$y = l_p \sin \theta_1 + l_m \sin(\theta_1 + \theta_2) + l_d \sin(\theta_1 + \theta_2 + \theta_3) \quad (4)$$

$$\psi = \theta_1 + \theta_2 + \theta_3 \quad (5)$$

이 식들을 미분하여 자코비안 행렬 J를 구하고, 조인트 각속도를 구할 수 있다.

$$\dot{X} = \begin{bmatrix} \dot{x} \\ \dot{y} \\ \dot{\psi} \end{bmatrix} = J \begin{bmatrix} \dot{\theta}_1 \\ \dot{\theta}_2 \\ \dot{\theta}_3 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$\dot{q} = \frac{J^+}{|J|} \dot{X} \quad (7)$$

3. 로봇 손의 제어

로봇 손을 제어하기 위해 TI사의 TMS320F28035 모듈을 이용하여 각각의 로봇 손가락 모듈을 개발하였다. 로봇 손가락 모듈들이 독립적인 동작을 할 수 있도록 개발하였고, 개발된 로봇 손가락 끝단

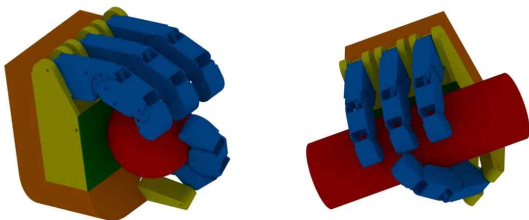


Fig. 1 Grasping of anthropomorphic robot hand

에 force sensor를 부착하여 실제 발생하는 힘크기를 측정하여 제어하는 알고리즘을 적용하였다. 안정 파지 제어 알고리즘을 통하여 형태나 크기가 다른 물체를 파지하는 실험을 통해 안정된 파지동작을 할 수 있도록 실험을 수행하였다.

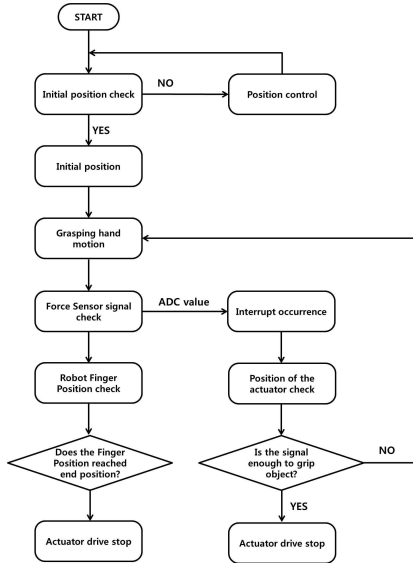


Fig. 2 Control algorithms of robot hand

Fig. 2는 로봇 손의 제어 알고리즘이다. 로봇 손의 초기 위치를 잡은 후에 force sensor 신호를 받아 물체를 안정적으로 잡을 수 있도록 설계하였다. Fig. 3은 형상이 다른 물체를 잡는 실험을 나타내었다. 물체는 종이컵과 테니스공을 가지고 실험하였고 두 물체를 안정적인 상태로 잡을 수 있었다.

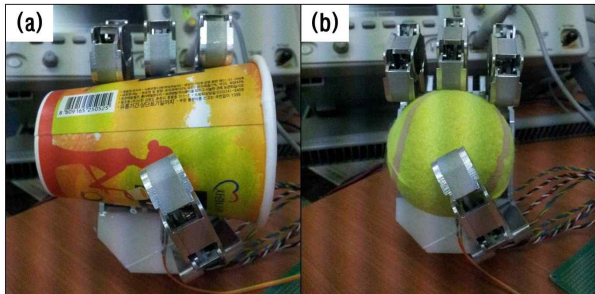


Fig. 3 Grasping control of robot hand (a) and (b)

Fig. 4는 Fig.3 (a)의 각각의 로봇 손가락의 제어 결과를 그래프로 나타낸 것이다. x축 값은 시간경과를 나타내고 y축 값은 linear actuator의 stroke 값을 나타내고 있다. 그래프에서 보여진 것처럼 로봇 손이 물체를 잡을 때 force sensor의 신호를 받아 linear actuator의 stroke 값을 유지해 로봇 손의 안정적인 파지능력을 검증하였다.

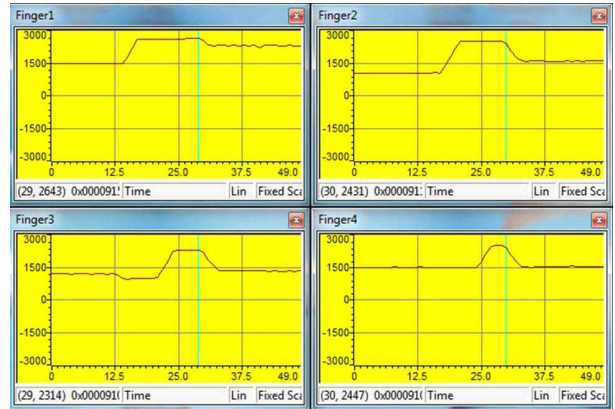


Fig. 4 Control results of robot hand

4. 결론

본 연구에서는 인간형 로봇 손을 제작하여 인간 손과 매우 흡사하고 물체의 파지동작에 있어서 안정된 파지를 할 수 있도록 안정된 파지능력을 검증하였다. 인간형 로봇 손이 물체를 파지하는데 필요한 힘과 가동범위를 확인하고 이를 실제 모델에 적용하여 안정적인 움직임이 동작되도록 하였다. 그리고 3단 링크 메커니즘을 구현하여 인간 손의 움직임과 유사하도록 제작하였다. 하지만 인간의 손처럼 다자유도의 운동이 불가능하기 때문에 향후 손가락의 롤(roll), 요(yaw)의 움직임과 엄지손가락의 안장관절 움직임에 대하여 연구를 진행함으로써 로봇 손이 유연하고 자연스러운 인간 손의 움직임을 구현하도록 할 것이다.

참고문헌

1. L. Biagiotti, "How Far Is the Human Hand? A Review on Anthropomorphic Robotic End-effectors", 2002.
2. B. J Choi, J. Chun and H. R. Choi, "Development of Anthropomorphic Robot Hand with Tactile Sensor: SKKU Hand II", Ubiquitous Robots and Ambient Intelligence, pp. 472-475, 2009.
3. M. G. Lee, Y. H. Lee, H. J. Yim, W. Choi and Y. K. Lee, "Mechanism Design of a Robot Hand for Firm and Accurate Grasping Various Objects", Trans. of the KSME, No.10, pp. 48-53, 2007.
4. J. W. Li, M. H. Jin, H. Liu, "A New Algorithm for Three-Finger Force-closure Grasp of Polygonal Objects", in Proc. IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp. 1800-1804, 2003.