

다지 로봇 시스템의 설계 및 개발에 관한 연구

*이 호 연, **이 종 수
홍익대학교 대학원 전기정보제어공학과
전화 : 02-325-7514 / 핸드폰 : 011-9010-0279

A Research on the Design and Development of a Robot System with Multi-fingered Hands

*Lee Ho Youn, Lee Jong Soo
Electric Engineering Graduate School in Hongik Univ.
E-mail : *electlla@chollian.net, **leesj@wow.hongik.ac.kr

Abstract

In this paper, we developed a Master Hand which has 20 potentiometer for getting grasping data of human hands, a Slave Hand which has 20 DOF and five fingers with servo-motors, and a controller for the 7 DOF Arm with Multi-fingered hands. And, we programmed a 3D simulation S/W which controls a Robot System with Multi-fingered hands. A developed Robot System showed good performance in the grasping of an object with known position and shape.

1. 서 론

다양한 물체와 도구를 이용하기 위해서는 다기능의 다지 로봇 손이 필요하다. 그리고 다지 로봇 손은 다양한 작업에 있어서 여러가지 물체를 잡는 도구로써 역할을 하고, 어려운 작업 환경 하에서 인간의 손을 대신해서 기민한 동작을 할 수 있다. 또한 향후에는 휴머노이드의 손으로써도 활용 가능할 것이다. 이러한 필요성을 바탕으로 이전 논문은 다지 로봇 손의 개발을 목적으로 하였다. 그러나 로봇 손만으로는 원하는 위치에 있는 물체를 다루거나 조작을 하는 것은 불가능하므로, 로봇 손을 로봇 팔에 부착하여 이를 제어하

는 것이 필요하였다.

위와 같은 이유로 본 논문은 5개의 손가락과 20개의 자유도를 가진 Slave Hand를 7개의 DC모터를 가진 Arm에 부착한 다지 로봇 시스템을 설계 및 개발하였다. 또한, 차후 로봇비전까지 확장시킬 계획을 염두에 두고 그에 맞는 시뮬레이션 프로그램까지 개발하였다. 그리고 Master Hand의 제작을 통해 기본적인 사람 손 동작의 데이터를 획득하고 분석함으로써, Slave Hand가 사람의 손과 유사하게 물체를 다루는 알고리즘을 개발하고 적용하였다. 이렇게 제작된 다지 로봇 시스템을 제어함에 있어 우선 다양한 동작을 추구하기보다는 몇 가지로 제한을 두고 이를 충실히 구현함으로써 향후의 연구에 기초를 다지고자 하였다.

2. 본 론

2.1 연구 동향

Master Hand는 사람의 손움직임을 측정하고 Slave Hand를 보조하는 도구로서 개발하는 경우가 대부분이며, 거의 모두 비슷한 구조로 제작된다. 하지만 요즘 Master Hand의 개발 추세는 Slave Hand를 보조하는 도구가 아닌 역감지기구로써, Slave Hand가 거꾸로 Master Hand를 제어할 수 있는 Haptic(촉각과 관련

된) 구조로 흐르고 있다. Slave Hand의 메커니즘은 인간의 손과 유사하도록 발전되어왔다. 요즘 Slave Hand의 개발 추세는 손가락의 수는 4~5개, 관절의 수는 16~20개 그리고 크기는 1~1.5배로 인간의 손과 유사한 구조를 가지며, 사람 손의 기능을 최대한 반영할 수 있는 구조로 흐르고 있다. 그리고 Arm의 경우는 특별한 경우를 제외하곤, 보통 기존의 Manipulator를 그대로 사용하는 경우가 대부분이고 대개 6~7자유도를 가진다. 물체를 움켜쥐는 것에 대한 Grasp 알고리즘 연구는 대부분의 경우가 사람의 손이 물체를 움켜쥐는 것을 바탕으로 연구되고 많은 곳에서 계속 연구되고 있다. 최근에는 로봇 Slave Hand에 이런 연구들을 직접 적용하기 시작했고, 로봇 손의 움직임이 인간의 손과 거의 유사한 움직임을 보이는 것을 알 수 있다.

2.2 Master Hand Module

우선 이 논문은 Master Hand가 아닌 Slave-Arm System을 주 초점으로 한다. 따라서 현재 Master Hand는 역감지기가 아닌 단순한 Slave Hand의 도구써 사용이 되며, 물건을 잡는 행동의 데이터 습득 장치정도만 사용이 될 것이다. 그에 의해 Master Hand에는 전위차계만을 장착하도록 설계되었다. 사람의 손은 각 손가락마다 4개의 관절을 가지고 있으며 총 20개의 관절을 가지고 있다. 그래서 Master Hand는 사람이 가지고 있는 20개의 관절이 움직이는 각도를 알아내기 위해서 20개의 전위차계를 각 관절에 상용하게 배치하였다. 그래서 피실험자가 물체를 쥘 때, 관절이 움직이는 각도의 정보를 전압의 형태로 Master Hand 보드로 전달하게 된다. 아래의 <그림1>은 Master Hand의 전체적인 모습을 보여준다.



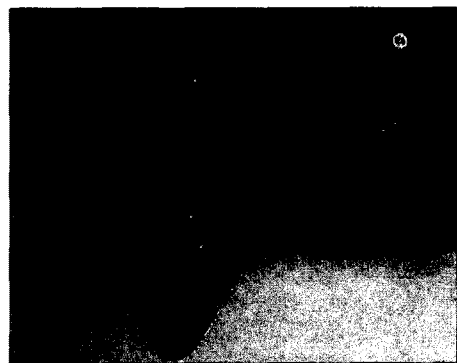
<그림1> Master Hand의 전체 모습

Master Hand 제작시 손가락이 구부러짐에 따라 손가락 바깥 부분의 길이가 변하는 것에 대해 관절부분마다 링크로 연결을 하여 보정하였고, 손가락이 최대

로 회전할 수 있는 120°까지는 측정이 가능하게 하기 위해 손가락의 전위차계를 각 관절의 윗 부분으로 올린후 45°를 기울였다. Master Hand를 제어하는 보드는 Atmel사의 AT89C51 이란 8bit의 CPU를 사용하였으며, AD컨버터로는 National사의 ADC12048이라는 해상도가 13비트, 8채널의 AD컨버터 3개를 사용하고 있다.

2.3 Slave Hand Module

Slave Hand는 근래의 개발추세에 따라 사람의 손과 동일한 자유도인 20개의 자유도를 가지도록 설계되었다. 즉, 각 손가락마다 4개의 자유도를 가지며 Slave Hand의 각 관절은 독립적인 운동이 가능하다. Slave Hand의 구동부로 각 손가락마다에는 Hitec사의 서보 모터 HS-55가 내장되어 있으며, 이 모터가 각 손가락의 마디를 구성하면서 손가락 관절을 직접 구동하고 있다. HS-55 서보 모터는 0°에서 180°까지 180°의 동작범위를 가지고 있으며, PWM 신호로 동작이 된다. 제작된 Slave Hand는 서보모터 자체에 부착되어 있는 전위차계로부터 전압의 변화에 대한 피드백을 받아서 서보 모터의 움직임에 대한 정보를 얻도록 제작되었다. Slave Hand의 손바닥과 손가락의 아래 부분에 고무를 부착하여 물체를 쥐었을 때, 물체의 미끄러짐을 방지하였고, 손끝 부분을 둥글게 디자인을 하여 물체를 잡는데 훨씬 용이하게 하였다. 아래의 <그림2>은 Slave Hand의 전체적인 모습을 보여준다.



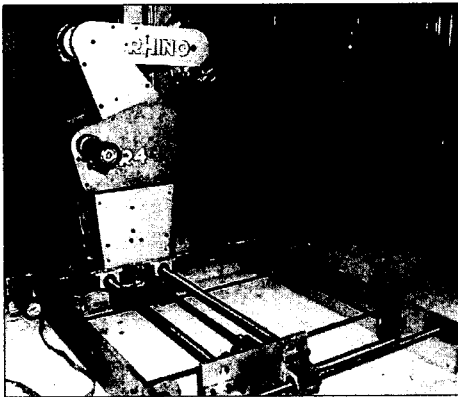
<그림2> Slave Hand의 전체 모습

Slave Hand 보드는 많은 손가락을 효율적으로 제어하기 위하여 5개의 AT89C51 CPU를 이용하여 멀티프로세서의 구조로 구성되어 분산처리방식을 사용한다.

2.4 Arm Module

Slave Hand를 부착시킨 Arm은 기존에 있던 Rhino

Robot의 골격과 모터는 그대로 사용하였다. 하지만 제어 보드는 새로 제작 및 개발하였다. Rhino Robot에는 8개의 PMDC Servo Motor가 달려있다. 각각의 모터는 10V~20V로 동작되며 66:1의 기어박스가 부착되어 있고 24 counts/rev 인 Incremental 엔코더가 부착되어 있다. 각 관절은 체인에 의해서 연결되어있고, 한 Joint가 움직여도 다른 Joint의 각도는 지면을 기준으로 변하지 않는다. 아래의 <그림3>은 Arm의 전체적인 모습을 보여준다.

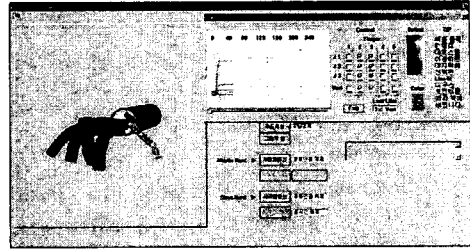


<그림3> Arm의 전체 모습

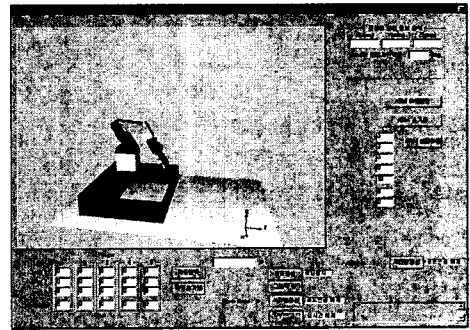
Arm 보드는 7개의 AT89C51 CPU가 멀티프로세서의 구조로 구성되었다. 각각의 CPU는 각 Joint를 하나씩 담당을 하고 있다. Arm 보드는 PD제어를 사용해 각 모터를 입력된 각도대로 동작시키는 프로그램이 들어있다.

2.5 통합환경 프로그램

통합환경 프로그램은 총 2가지가 있다. 한가지는 Master Hand로부터의 데이터를 가지고 저장, 분석하는 기능과 이 분석을 통해서 유추된 제어 알고리즘을 Slave Hand에 적용할 수 있으며, Slave Hand에 적용하기 전에 자체적으로 모의실험을 할 수 있는 기능이 있는 Master-Slave Hand 전용 프로그램이고, 다른 한가지는 물체의 위치와 정보를 준 후에, Slave Hand가 Master Hand에서 얻어진 데이터를 바탕으로 물체를 조작하는 Arm with Slave Hand 전용 프로그램이다. 이 프로그램들은 3D영상으로 Arm과 로봇 손들을 OpenGL을 이용하여 구현하였으며, 그 구조는 실제 하드웨어와 똑같이 만들었고, 크기는 일정 비율로 축소하였다. 프로그램은 Visual C++를 이용하여 구현하였으며, 아래의 <그림4>과 <그림5>은 통합환경 프로그램의 전체적인 모습을 보여준다.



<그림4> Master-Slave Hand 전용 프로그램



<그림5> Arm with Slave Hand 전용 프로그램

본 논문의 주 초점인 Arm with Slave Hand 전용 프로그램에는 Arm의 Inverse Kinematics 프로그램이 들어있어서 어떤 물체의 좌표가 입력되면 그에 해당하는 Arm의 각도값을 계산해낸다. 이것은 후에 로봇 비전을 장착하여 물체의 좌표를 입력받을 것을 고려하여 들어간 프로그램이다. 그리고 계산한 각도값들을 Arm 보드에 송신하였을 시, 실제적인 하드웨어가 이동한 각도는 약간씩 다르다. 따라서 계산한 각도값대로 실제적인 하드웨어가 이동하도록 하는 각도값 보정 프로그램이 들어있다. 그리고 Arm을 주어진 물체의 위치로 이동시키기 위한 경로계획 프로그램이 들어가 있다. 마지막으로 Master Hand에서 주어진 데이터를 수정 및 보완하는 제어알고리즘이 들어가 있다.

2.6 Grasp 제어 알고리즘

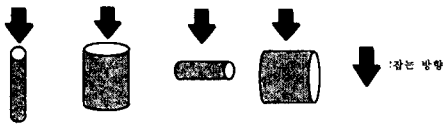
제작된 Slave Hand는 Master Hand의 움직임을 그대로 따라가도록 되어있다. 하지만 사람이 Master Hand를 착용하고 Slave Hand가 물체를 집도록 학습을 시킴에 있어서 사람은 직관적으로 Slave Hand가 사람 손 움직임을 따라가기를 원한다. 그러나 Master Hand는 사람의 관점에 바로 전위차계를 장착하지 못한다는 점 때문에 실제 사람 손 움직임과 Master Hand의 움직임은 달라질 수밖에 없다. 따라서 Slave Hand의 움직임 역시 실제 사람 손 움직임과 다르게

되는데, 이것은 기존의 사람 손을 대상으로 연구된 물체를 움켜쥐는 Grasp 알고리즘 연구들을 Slave Hand에는 적용될 수 없다는 것이 된다. 따라서 Slave Hand가 물체를 잡기위해 Grasp 알고리즘 연구를 사용하기 위해선 Slave Hand의 움직임을 사람손과 비슷하게 조정해나갈 필요성이 있다. 그래서 사람의 손을 분석한 기존의 논문들을 참고로 Slave Hand의 손모양을 재조정 한 후 물체를 잡도록 하였고 제대로 물체를 움켜지는 것을 확인하였다.

2.7 실험 및 결과

우선 실험에 있어서의 가정에 대해 말하자면, 본 논문이 제안하는 시스템에는 비전 시스템은 포함이 되어 있지 않기 때문에, 피실험자가 물체를 잡을 때 이미 물체에 대한 위치와 모양의 정보를 알고 있고, Slave Hand가 물체를 잡을 때에도 물체에 대한 위치와 모양의 정보를 이미 알고 있다는 가정에서 시작한다.

따라서 <그림6>처럼 물체를 4가지 방법으로 놓은 후 물체의 놓은 위치를 다지 로봇 시스템에 입력하여 제대로 물건을 움켜지게 되는지 확인하였다.



<그림6> 실험 방법

물체를 제대로 움켜쥐고 다른 위치로 이동시키는 다지 로봇 시스템의 결과는 <그림7>과 같다. 따라서 물체를 제대로 움켜쥐기 위한 제어알고리즘의 유효함과 개발된 다지 로봇 시스템의 유효함이 입증되었다.



<그림7> 로봇 시스템의 실험결과

3. 결 론

본 논문에서는 손가락 관절의 회전 각도를 직접 측정

할 수 있는 Master Hand를 제안하였고, 기구학상의 문제로 인해 야기된 오차를 프로그래밍 기법을 이용하여 보상하였다. 그리고 이 Master Hand를 이용하여 물체를 잡는 몇 가지 제한된 실험을 하였고 이를 통해 데이터를 습득하였다. 그리고 서보 모터를 이용하여 제작한 Slave Hand와 기존의 Rhino의 골격을 이용한 Arm을 가지고 물체의 좌표를 주고 그 물체를 잡게 하였으며, 물건을 잡게하는 알고리즘을 개발하는 데 있어 기존의 연구들을 적용시키고자 Slave Hand가 보다 사람 손과 비슷하게 움직이도록 하였고, 그 결과 아무런 문제없이 잘 수행을 하였다. 따라서 물체를 제대로 움켜지기 위한 제어알고리즘의 유효함과 개발된 다지 로봇 시스템의 유효함이 입증되었다.

참고문헌(또는 Reference)

- [1] Ammon K. Wright, "Kinematic mapping between the EXOS hand master exoskeleton and the Utha/MIT dextrous hand", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation, 1990, pp.101-104.
- [2] J. Butterfass, G. Hirzinger, S. Knoch, H. Liu, "DLR's Multisensory Articulated Hand Part I :Hard- and Software Architecture", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation, 1998, pp.2081-2086.
- [3] H. Liu, P. Meusel, J. Butterfass, G. Hirzinger, "DLR's Multisensory Articulated Hand Part II :The Parallel Torque/Position Control System", Proceedings of the IEEE International Conference on Robotics & Automation, 1998, pp.2087-2093.
- [4] M. R. Cutkosky, "On grasping choice, grasping models, and the design of hands for manufacturing tasks", IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 5, no. 3, 1989, pp.269-279.
- [5] Noriyuki Kawarazaki, Tsutomu Hasegawa, Kazue Nishihara, "Grasp Planning Algorithm for a Multifingered Hand-Arm Robot", Robotics and Automation, 1998. Proceedings. 1998 IEEE International Conference on , Volume: 2 , 1998 , pp.933-939 vol.2
- [6] Vladimir I. Pavlovic, Rajeev Sharma, Thomas S. Huang, "Visual interpretation of hand gestures for human-computer interaction: a review ", Pattern Analysis and Machine Intelligence, IEEE Transactions on , Volume: 19 Issue: 7 , July 1997 , pp.677-695