

홈 서비스 로봇을 위한 전용 머니플레이터의 구현에 관한 연구

김승우^{1*}, 김하이준¹
¹순천향대학교 전자정보공학과

A Study on Implementation of Special-Purpose Manipulator for Home Service Robot

Seung-Woo Kim^{1*} and Hi-jun Kim¹

¹Dept. of Electrical Information Engineering, Soonchunhyang University

요약 본 논문에서는 홈서비스 로봇인 맥봇 II(McBot II)의 빌트인(Built-in) 로봇 팔과 핸드를 설계한다. 이 빌트인 타입의 로봇 머니플레이터는 각각 3 DOF(Degree-of-Freedoms)의 로봇팔과 3 DOF의 로봇핸드로 구성되어 있다. 제한된 공간에서 인간과 함께 생활하는 홈서비스 로봇에 탑재되는 머니플레이터는 최소의 로봇 크기와 최대의 작업 공간이라는 상반된 설계 스펙이 요구되어 있다. 즉, 최소의 질량과 팔 길이에도 불구하고 효율적 작업을 위한 공간 확보가 필요한 것이다. 본 논문에서는 이와 같은 상반된 문제를 해결하기 위하여 수직 방향으로 움직이는 로봇 허리 구조와 수평방향의 전후방으로 이동할 수 있는 어깨 관절을 이용한 태스크 기반의 설계 방법을 제안한다. 또한, 양손 협업시스템인 로봇 핸드도 4절 링크 핑거를 이용한 작업 기반 설계를 시도한다. 끝으로 본 논문에서는 구현된 빌트인 머니플레이터의 실제 동작 실험을 통하여 그 성능을 확인한다.

Abstract A specialized anthropomorphic robot manipulator which can be attached to the housemaid robot McBot II, is developed In this paper. This built-in type manipulator consists of both arms with 3 DOF (Degree of Freedom) each and both hands with 3 DOF each. The robotic arm is optimally designed to satisfy both the minimum mechanical size and the maximum workspace. Minimum mass and length are required for the built-in cooperated-arms system. But that makes the workspace so small. This paper proposes optimal design method to overcome the problem by using neck joint to move the arms horizontally forward/backward and waist joint to move them vertically up/down. The robotic hand, which has two fingers and a thumb, is also optimally designed in task-based concept. Finally, the good performance of the developed manipulator is confirmed through live test of tasks.

Key Words : Robotic Arm, Robotic Hand, Task-Based Design, Built-In Manipulator, Optimization

1. 서론

홈서비스 로봇은 어느 분야보다도 인간의 생활을 윤택하게 해주는 실제적인 중요한 역할을 할 것으로 보인다. 홈서비스 로봇은 머니플레이터의 정교한 작업 능력과 절대적인 안전성을 확보하여야만 한다. 그러나 현재까지

대부분의 로봇 연구는 엔터테인먼트 응용로봇 또는 두발로 걷는 휴머노이드 로봇 등이 연구 되어 지고 있는데 이러한 로봇들의 머니플레이터 들은 사람의 움직임과 유사한 움직임을 얻기 위하여 가능한 여러 작업을 수행할 수 있는 범용(general purpose)머니플레이터의 형태를 가지고 있는 것이 대부분이다.[1,2,4] 즉 설계조건으로 사용되

본 논문은 2011년도 교육과학기술부의 재원으로 한국연구재단 지역혁신인력양성사업의 지원을 받아 수행된 연구임.

*교신저자 : 김승우(seungwo@sch.ac.kr)

접수일 11년 10월 05일

수정일 (1차 11년 10월 21일, 2차 11년 10월 27일)

계재확정일 11년 11월 10일

어지는 작업영역, 관절각의 한계, 구동기기의 토크한계 등을 어느 특정 작업을 대상으로 하여 설계 되어진 것이 아니라 대부분의 태스크를 수행할 수 있도록 제작 되어 졌다고 할 수 있다. 하지만 아무리 다양한 목적의 범용 머니플레이터라고 할지라도 특정 응용 영역에서는 한계가 있을 수밖에 없기 때문에 본 논문에서는 정리정돈 로봇의 태스크 수행을 위하여 필요로 하는 작업영역, 자유도, 속도, 정밀도 등의 요구사항을 만족시키도록 작업지향설계를 통하여 가장 적절한 전용(specific-purpose) 머니플레이터를 설계한다. 이로서 가정에서 정리정돈 작업을 위한 로봇 머니플레이터에 이용되어지는 적절한 구동기의 수와 무게의 최적화를 이루는데 목적이 있다.

맥봇II는 가정에서 인간이 어깨, 팔, 손을 이용하여 정리 정돈 작업을 수행하는 메커니즘을 모델로 하여 설계 되어 진다. 하지만 정리정돈 작업을 하는데 있어 인간 팔의 자유도는 불필요한 여유 자유도를 가지고 있다고 판단되어 팔 동작 중 정리정돈 작업에 필요하다고 판단되어 지는 동작을 선정하고 최적화를 위해 로봇 팔의 불필요한 자유도는 제거를 하였다. 그로 인하여 발생하는 다양한 문제점들을 해결하기 위하여 본 논문에서는 정리정돈 작업 시 전후진이 가능한 어깨 조인트 구조와 두 가지 아이디어를 포함한 핸드를 구현한다. 또한 정리정돈 작업을 직접 수행하는 로봇 팔의 작업 대상을 조사하여 쓰레기, 병, 컵, 신문, 옷가지, 책등 실제 가정환경에서 사용되어지는 물체들을 고려하여 파지방법을 고안하였다. 앞서 언급한 바와 같이 파지방법은 범용 머니플레이터의 방식과는 다르게 맥봇II에 사용되는 머니플레이터는 정리정돈 작업에는 문제가 없고 실용성을 위하여 최소 자유도를 가지며 적절한 파워를 유지할 수 있는 방식의 특별한 구조로 설계한다.

홈서비스 로봇은 인간과 같은 공간에서 함께 생활하기 때문에 정밀한 로봇제어 못지않게 로봇의 외형 및 기구학적 설계의 최적화가 필요하다.[4,5] 맥봇II는 가정에서 정리정돈을 수행하는 서비스 로봇이므로 더욱 로봇의 최적화 설계가 강조되고 있다. 정리정돈 서비스 로봇에게 필요한 로봇의 머니플레이터의 최적화 설계 요소들은 아래와 같다.

- ① McBot II의 작업공간과 작업 대상에 의한 로봇 머니플레이터의 길이와 조인트(joint)의 수 & 정격부하 최적화.
- ② McBot II의 작업향상을 위한 특별한 로봇 핸드의 손가락 종류 디자인 설계 및 반력의 최적화.
- ③ McBot II의 작업공간상의 이득을 위한 로봇 키(height) 크기의 최적화.

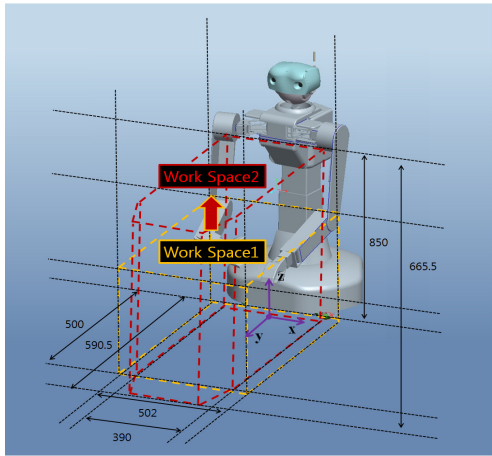
실제의 가정용 서비스 로봇의 머니플레이터 시스템은 테이블이나 식탁 같은 가구를 주로 사용하는 입식 생활 패턴에서도 유용하게 동작할 수 있도록 작업공간의 높이와 범위를 확장해야만 한다. 그러나 상반된 논리로 가정에 산재해 있는 가구 등의 많은 장애물과 협소한 공간에서 인간에게 물리적인 피해 없이 서비스 기능을 수행하려면 로봇의 키와 부피는 최대한 제한되어야 한다. 이런 이유로 위에서 제시한 세 가지 기구학적 설계의 최적화가 필요하다.

2. 로봇 머니플레이터의 최적화 디자인

가정에서 정리정돈작업 수행시 다루게 되는 작업 대상들을 조사 하고 작업 대상의 크기와 모양, 재질에 따라 다른 파지방법이 필요하게 된다. 그래서 작업 대상의 크기와 모양을 고려하고 인간이 물체를 파지하는 동작과 유사한 방법으로 동작 할 수 있도록 세 가지 이상의 파지방법으로 분류 하였다. 본 논문에서는 운용 빈도가 높은 방법인 한 손잡기, 두 손잡기, 양손 협력형 쓸어 잡기로 선정하여 설계 시에 고려하였다. 그 다음으로 정리 정돈시 작업하는 작업공간을 고려하여보면 실제 가정환경에서 다루게 되는 물체들의 크기는 인간의 어깨 넓이를 넘지 않는다. 실제로 컵, 작은 병, 큰 물병, 신문봉치, 책 그리고 가정 쓰레기 등 거의 대부분의 생활용품들은 성인 남자의 평균 어깨 넓이인 500mm안에 들어오는 크기로 확인 하였다. 그래서 아래의 그림 1과 같이 로봇의 어깨 폭을 성인남자의 평균으로 결정하여 총 어깨 넓이를 550mm로 결정을 하였다.[3,9,10]

2.1 어깨 파트

앞서 정해진 어깨 넓이 안에서 한 손과 양 손이 모두 작업공간을 자유로이 움직이고 두 손 파지시의 파지력을 높일 수 있도록 어깨파트는 기존로봇들의 팔이 고정되어진 방식과는 달리 유동적으로 움직일 수 있는 로봇 어깨 파트를 설계하였다. 이로서 로봇 팔과 손의 최대 부하와 파지력을 높이고 전·후진 이동 기능을 통하여 작업 공간을 확보할 수 있도록 설계되어 진다.



수평 · 수직 작업공간도(Horizontal Workspace)

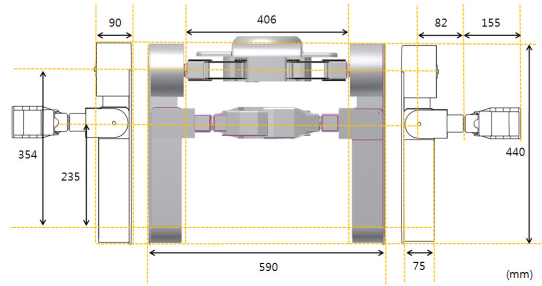
기본 작업 공간 영역 = 148,215,500(mm ³)	
① x,y평면 작업공간	- 255,769(mm ²)
② 수평적 이득	- 33,450(mm ²)
③ z축 작업높이	- 500(mm)
④ 수직적 이득	- 350(mm)
=====	
총 (① + ②) × (③ + ④) = 245,836,150(mm ³)	

[그림 1] 머니플레이터의 작업 공간 최적화 설계
[Fig. 1] Optimal design for the workspace of manipulator

위의 그림 1에서 보이는 것처럼 링크 구조를 이용하여 지면과 수평하게 움직이는 구조를 가진다. 링크 구조의 원리는 평행사변형의 원리에 의해 각 어깨에 두 개의 링크가 평행하게 만들어진 구조물을 활용하여 어깨 공유형으로 몸체와 결합 되도록 설계 되어졌고 어깨를 내밀어 팔을 내미는 듯한 동작과 두 로봇 팔간의 간격이 좁아지는 동작을 함으로써 로봇팔의 작업영역이 넓어짐과 동시에 로봇 핸드의 악력에 어깨의 모으는 힘이 더해져 로봇 팔로만 물체를 파지했을 때 보다 물체에 대한 파지력 및 최대부하의 향상된 효과를 기대할 수 있다.

2.2 로봇 팔 파트

어깨파트의 작업공간에 개념에 의거하여 로봇 팔 파트의 불필요한 팔을 벌리는데 이용되어지는 자유도들을 제거하여 어깨를 제외한 로봇 팔 파트가 주어진 작업 공간 안에서의 정리정돈 작업을 효율적으로 할 수 있으면서 기구학적 자유도를 최소화하는데 목적을 두었다.



[그림 2] 로봇 팔 자유도의 최적화 설계
[Fig. 2] Optimal design for DOFs of robotic arm

위의 그림과 같이 일반적으로 범용 로봇팔과 다르게 맥봇II의 머니플레이터 시스템은 상박과 하박에 관절을 최적화하여 총 3개의 회전 관절과 특별한 구조의 어깨로 핸드의 위치가 결정되며 상박과 하박의 구동기만을 이용하여 물체를 파지하고 밀거나 당기는 동작에 용이하게 제어 할 수 있다. 그러므로 앞서 언급한 몸체와 결합 되어진 어깨 파트와 팔 파트까지를 더하여 3.5 DOF의 자유도를 가지도록 기구학적인 설계가 이루어졌다. 아래의 표 1은 최적화 설계가 되어진 로봇 팔을 Denavit-Hartenberg 공식에 의한 조인트 변환 행렬 파라미터들을 구한 것이다.

[표 1] D-H 파라미터 값
[Table 1] D-H parameter

Joint i	a _i	α _i	d _i	θ _i
1	0	90	145	θ ₁
2	0	0	354	θ ₂
3	0	-90	235	θ ₃
4	0	90	82	θ ₄

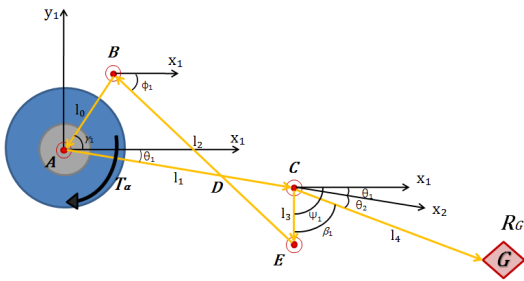
Joint 1은 몸체 안으로 들어가 있는 움직이는 어깨파트 이고 실제적으로 원하는 위치로 팔을 내미는 동작은 Joint 2~3까지 총 3개를 이용하여 진행이 되어 진다. 여기서 두 팔의 바깥쪽으로 움직이는 자유도를 제거한 이유를 추가적으로 설명하면 실제로 사람이 정리정돈 작업 시에도 시야에서 벗어난 양팔의 옆이나 뒤쪽의 물체를 건드리거나 떨어뜨리는 경우가 종종 발생하기도 한다. 로봇 또한 양팔의 주변을 고려하여 움직이게 되면 그만큼 센서나 많은 기술을 필요로 하게 된다. 그렇기 때문에 본 논문에서 다루는 맥봇 II의 로봇 머니플레이터는 그림 1과 같이 전·후방으로 움직이며 작업공간과 그 앞의 물체를 정리 정돈 한다

2.3 로봇 핸드 파트

실제 가정에서의 정리정돈 작업의 특성상 다양한 파지법을 필요로 하기 때문에 이를 위하여 본 논문에서는 로봇 핸드 파트를 두 가지(4절 링크형, 쓰레받이형)의 기구학적 방법을 이용하여 두 종류의 손가락 타입을 이용한 특별한 핸드를 제안하였다.

2.3.1 4절 링크 핑거

첫째로 4절 링크의 특성을 이용하여 손가락의 첫 번째 마디와 두 번째 마디가 상호 연동되어지는 구조로 각 손가락 마디 1개의 자유도를 갖도록 설계하였고 횡 운동(abduction /adduction)은 무시하였다. 손가락의 길이는 성인 남자의 평균을 기준으로 길이를 결정 하였고 손가락 마디는 두 개로 결정하였다. 손가락의 경량화를 위하여 작은 구동기를 사용 하였고 다양한 물체의 모양을 잡을 수 있도록 손가락은 두 개로 설계되어졌다.



[그림 3] 4절 링크 방식의 디자인 개념
[Fig. 3] The design Concept of 4-bar-link

위의 그림 3은 첫 번째 타입의 손가락으로 4절 링크의 특성상 구동기 점 A와 고정되어진 점 B에 따라 점 C, D, E의 위치가 변하게 된다.

따라서 마디가 늘어나고 동작의 위치에 따라 전달되는 토크 또한 변하는 특성을 고려하여 첫 번째 마디에 두 번째 마디가 동적으로 구속되는 구조를 사용하여 아래의 그림 3과 같은 원리를 통해 링크의 길이를 결정하여 설계 하였다.

그림 3과 같은 기구학적 관계로부터 링크 2의 위치는 독립변수인 θ_1 에 대한 함수로 나타내어진다. 만약 다음 손가락 마디인 링크 4의 상대적 위치를 θ_2 로 나타낸다면 마디 관절각 사이의 관계는 다음 식으로 표현된다.

$$\theta_2 = \Psi_1 - \beta_2 - \theta_1 \quad (1)$$

그리고 그림 3에서 링크 2와 링크 3의 절대 위치를 나

타내는 θ_1 과 ψ_1 각은 다음 식으로 결정되어 진다.

$$\Psi_1(\theta_1) = 2 \tan^{-1} \frac{C_1 + \sqrt{C_1^2 + C_2^2 - C_3^2}}{C_2 + C_3} \quad (2)$$

$$\theta_1(\theta_1) = 2 \tan^{-1} \frac{D_1 + \sqrt{D_1^2 + D_2^2 - D_3^2}}{D_2 + D_3} \quad (3)$$

$$\begin{cases} C_1 = 2l_1l_3\sin\theta_1 + 2l_0l_3\sin\gamma_1 \\ C_2 = 2l_1l_3\cos\theta_1 - 2l_0l_3\cos\gamma_1 \\ C_3 = l_2^2 - l_0^2 - l_1^2 - l_3^2 + 2l_0l_1\cos(\theta_1 + \gamma_1) \end{cases} \quad (4)$$

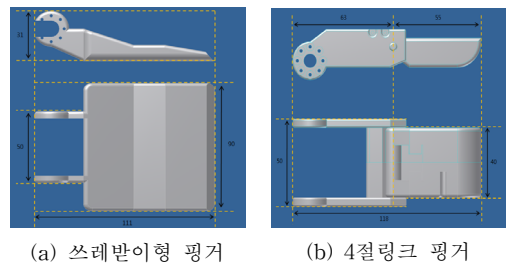
$$\begin{cases} D_1 = 2l_1l_2\sin\theta_1 + 2l_0l_2\sin\gamma_1 \\ D_2 = 2l_1l_2\cos\theta_1 - 2l_0l_2\cos\gamma_1 \\ D_3 = l_3^2 - l_0^2 - l_1^2 - l_2^2 - 2l_0l_1\cos(\theta_1 + \gamma_1) \end{cases} \quad (5)$$

식(1)에서 β_2 는 초기 위치에서 각각의 손가락 마디를 직선상에 놓이도록 하기 위한 상수가 되고 파라미터에 따라 다르게 설정 되어야 한다. 위의 관계식들을 통하여 인간의 손가락 운동범위를 만족시키는 무수한 파라미터 중에 처음에 결정되어진 손가락의 길이와 토크를 고려하여 적절한 l_2, γ_1 의 값과 위치를 결정하였다. 그 결과로 아래의 그림 4와 같이 길이가 결정되었다.

2.3.2 쓰레받이형 핑거

맥붓II의 두 번째 손가락 타입은 특별한 작업의 용도로 바닥에 떨어져있는 신문이나 옷가지 등을 쉽게 잡을 수 있도록 쓰레받이 모양의 손가락을 디자인하였다.

쓰레받이의 길이는 첫 번째 디자인되어진 손가락의 길이와 대칭이 되도록 하여 100mm 내외로 설계하였고 4절 링크 손가락과 쓰레받이형 손가락이 상호 작용하여 부피가 작은 물체나 모양이 다양한 물체도 한손잡기 동작을 가능하도록 설계 하였다.



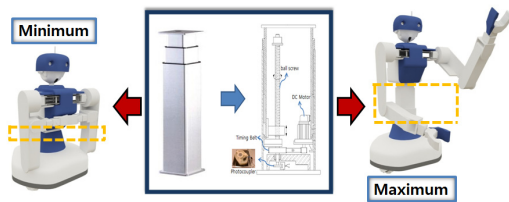
[그림 4] 로봇 핸드의 구조 및 특징
[Fig. 4] The Structure and characteristics of Robot hands

로봇 핸드는 로봇 팔에 사용되어진 구동모터보다 크기 및 토크가 작은 모터를 선정하여 End-Effector로서의 조건을 갖추도록 고려하였고 이로서 3개의 자유도를 가지는 손으로 설계되어졌다. 각각의 액추에이터는 그 중심을 정삼각형의 꼭짓점을 중심으로 배치하여 구성하였다. 위의 그림 4는 실제 설계되어진 로봇 핸드의 설계도이다.

2.4 로봇 허리 파트

바퀴를 기반으로 하는 홈서비스 로봇에서 몸체의 기구학적인 핵심 기능은 인간의 허리부분이다. 홈서비스 로봇을 인간의 허리와 같은 형태의 자유도로 설계할 경우 높은 토크의 모터를 사용해야 되고 바닥의 물체를 정리 정돈할 때 상체를 90도로 굽힐 경우 주변 환경과의 충돌 문제와 로봇 전체의 무게중심점의 변화가 커지게 되는 단점을 갖는다.

본 논문에서 제안하는 로봇 몸체의 기구학적 구조는 리프트 방식을 이용하여 바닥에서 작업을 할 경우에도 무게중심 변화와 주변 환경과의 충돌도 방지할 수 있게 설계하며, 무게중심의 변화로 인하여 발생하는 모터 제어의 부담도 최소화되도록 설계한다. 맥봇II의 몸체(허리) 설계에 사용된 리프트의 기본 구조와 맥봇II에 적용된 모습은 그림 5와 같다.



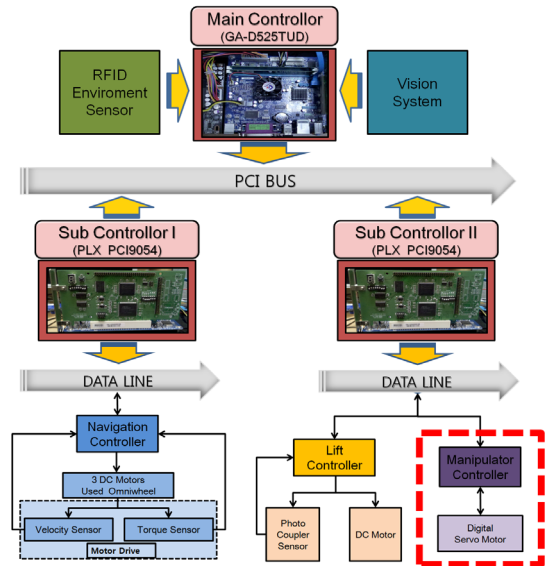
[그림 5] 로봇 허리의 기구학적 설계
[Fig. 5] Kinematic design of the robot waist

볼 스크루와 나사봉이 결합된 방식으로 위치 제어 피드백을 위한 센서는 포텐서미터와 포토커플러를 사용하였다. 테이블과 식탁에서의 정리정돈이 가능하면서도 로봇의 바퀴에 부하 부담은 최소화하기 위한 최적화 설계를 시도하면 최대 승강 길이는 750mm이고 최저 하강 길이는 400mm이다. 정격 부하(load)는 300Kg(3000N)이다.

3. 로봇 머니플레이터의 제어

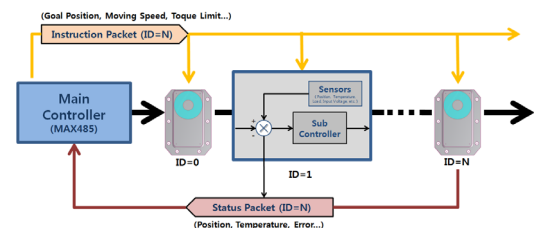
본 논문에서 제안되어진 새로운 머니플레이터는 맥봇 II의 시스템에 탑재되어진다. 아래의 그림 6은 맥봇II의

전체적인 제어 구성도이다.



[그림 6] 맥봇II의 제어 구성도
[Fig. 6] Control Configuration of McBot II

맥봇II 제어 파트는 전체시스템을 제어하는 Main Controller와 Sub Controller로 PCI버스를 이용한 PLX PCI9054를 이용하여 제어하고 Navigation Part와 Manipulator Part에 추가적인 Target board (atmega 128)를 사용하여 각각의 파트를 제어한다. 본 논문의 주제로 다루는 머니플레이터의 제어는 로봇 핸드 외에 4개의 액추에이터(어깨포함)만 제어하도록 구동기의 수를 간략화하였다. 이 시스템에서 사용되어진 구동기는 스마트 액추에이터로 아래의 그림 7과 같이 구동기 내부에 마이크로 컨트롤러(atmega8)가 내장 되어졌다.



[그림 7] 로봇 머니플레이터 제어도
[Fig. 7] Control Block Diagram of Manipulator

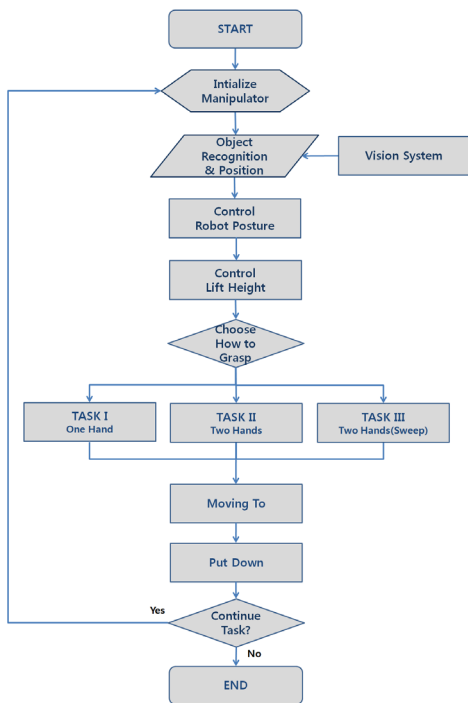
그리하여 Main controller와 Sub controller는 RS485 통신 방식을 사용하여 하나의 Node에 여러 개의 구동기를 동작할 수 있도록 다중 연결 링크 방식으로 패킷형태의

제어신호를 보내고 각각의 관절들로부터 상태 신호를 피드백 신호를 받아 보상하는 방식으로 관절 각각의 독립적인 제어가 이루어진다.

로봇 머니플레이터 각각의 관절은 3가지의 모터를 사용하며 부하에 따라 EX-106(106kgf.cm), RX-64 (64kgf.cm), RX-28(28kgf.cm)을 사용하였으며 ID는 오른팔과 왼팔로 나누어 1~8까지는 왼팔, 9~16까지는 오른팔로 순차적인 배분을 하였다. 로봇 팔의 작업 수행을 위한 위치(Goal-Point)까지 이동하기 위하여 D-H 표기법을 사용하여 위치 및 방향을 최종 목적 위치까지 변위 함수로 표현할 수 있다. 이를 이용하여 각각의 구동기들을 독립적이고 정확하게 점대점(Point-to- Point) 방식으로 제어한다.

허리 파트의 경우에는 실제로 가정에서 사용되어지는 가구의 높이를 고려하여 신장을 650mm- 1100mm 까지 변화 시킬 수 있도록 리프트 시스템을 설계하였다. 앞선 그림 5에서 볼 수 있듯이 DC모터와 타이밍 벨트 동력 전달 방식을 이용하여 볼스크루를 돌려 로봇 신장을 페루프 피드백 제어하는 방식을 사용한다.

로봇 허리 파트의 제어시스템의 위치제어를 위해 엔코더를 제작하여 설치하였다. 포토커플러와 프로펠러를 이용하여 측정되어지는 펄스를 계수하는 방식으로 최고점과 최저점 그 밖의 원하는 높이까지 위치를 제어할 수 있도록 하였다.



[그림 8] 머니플레이터 제어 S/W 순서도
[Fig. 8] Control S/W flowchart of Manipulator

그리고 머니플레이터의 제어 알고리즘은 위의 그림 8과 같이 제어 S/W 순서도에 의해 동작하도록 프로그래밍 되어졌고 프로그래밍상의 특징으로는 각각의 관절 구동기의 동작시의 속도를 가속운동이 아닌 등가속 운동으로 시작점과 목표점 부근에서 가감속 동작할 수 있도록 속도 테이블을 사용하여 관성으로 인하여 생기는 Start / Stop Vibration을 최소화 하였다.

4. 실험 및 결과

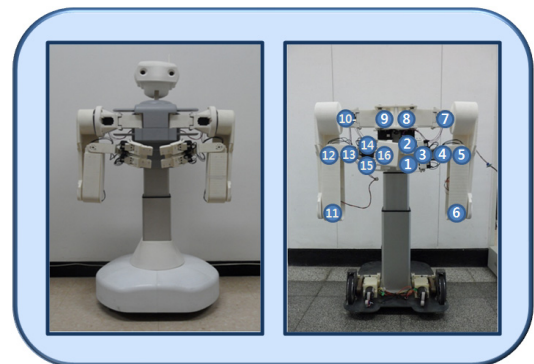
본 논문에서 개발 되어진 맥봇II의 머니플레이터 시스템은 아래의 그림 7과 표 3과 같이 구성 되어졌다. 총 어깨 너비는 590mm 이고 어깨파트의 평행사변형 링크 구조의 움직임에 따라 478mm까지 어깨의 너비가 줄어들게 된다.

[표 2] 로봇 머니플레이터의 조인트 정의
[Table 2] Joint definition of a robot manipulator

	Left	Right
Shoulder	8	9
Arm	4, 5, 6, 7	10,11,12,13
Hand	D.F¹⁾	3
	4BLF²⁾	1, 2
		16
		14,15

D.F¹⁾: Dustpan Finger, 4BLF²⁾ : 4 Bar LinkFinger

그리고 제어를 위하여 각각의 머니플레이터 구동기에 그림 9의 오른쪽 그림과 표 2와 같이 ID를 부여하였다. ID는 왼팔의 끝부터 순차적으로 부여를 하였으며 어깨, 팔, 핸드 부분으로 나누어 구성하였다.



[그림 9] 구현된 빌트인 머니플레이터
[Fig. 9] Implementation of the manipulator

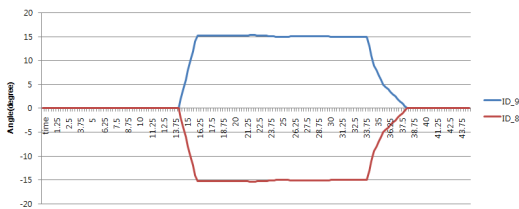
각각의 로봇팔의 길이는 상박은 400.6mm, 하박은 340.7mm, 손은 155mm로 설계되었다,

위의 그림 9와 표 2처럼 구동기의 ID가 부여되고 이를 이용한 제어를 통하여 점대점(Point to Point) 방식으로 정리정돈 작업을 수행하였다.

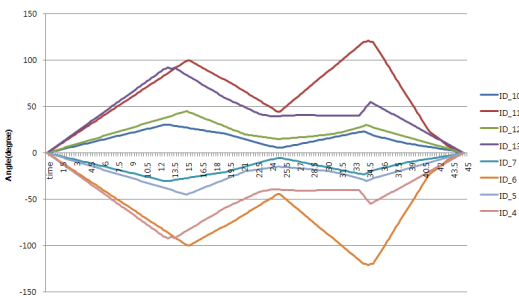
[표 3] 구현된 로봇 머니플레이터의 상세 스펙
[Table 3] Detailed specifications of the robot

length	874.0mm
width	590mm
weight(Arm_1)	2.11Kg
Actuator	16(upper, forearm, hands)
Motor	EX-106(106kgf.cm) * 4
	RX-64(64kgf.cm) * 6
	RX-28(28kgf.cm) * 6
material	ApexPA2, AL7075
Power Transmission	Metal Gear

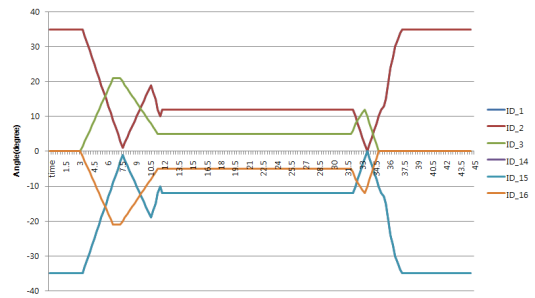
실제로 대상물체와 접촉하여 작업을 수행하는 로봇팔과 핸드 각각의 조인트별 액추에이터 위치 제어 실험 결과를 아래의 그림 10~12에서 볼 수 있다. 위의 그림은 양 팔 구동 모터들의 응답특성을 양 팔 대칭 형태의 그래프로 보여 주고 있다.



[그림 10] 어깨 관절의 응답 특성
[Fig. 10] Response of the shoulder joints



[그림 11] 로봇 팔 관절의 응답 특성
[Fig. 11] Response of the robotic arm joints



[그림 12] 로봇 핸드 핑거의 응답 특성
[Fig. 12] Response of the robot hand fingers

그래프에서의 ID_1 ~ ID_16의 요소들은 로봇 팔과 핸드 각각의 구동모터를 의미하며 그림과 같이 양팔 대칭으로 구성이 되어있다. 실험 결과 그래프에서 각각의 구동모터들(ID_1 ~ ID_16)의 움직임 그래프로 볼 수 있듯이 두 손을 이용하여 좌우 대칭 형태로 물병을 감싸 쥐는 동작을 효율적으로 수행하고 있으며, 양 팔과 핸드가 적절하게 협동 제어를 수행하고 있음을 알 수 있다. 하지만 실험에서 이루어진 동작이외의 동작수행에서는 비대칭적인 결과를 보일 수 있지만 대부분의 동작들은 대칭을 이루어 동작 하는 모습을 이루는 특징이 있다.

5. 결론

본 논문에서는 홈서비스 로봇 맥봇II 시스템의 정리정돈 태스크 수행을 목적으로 하여 전용 머니플레이터의 설계 및 구현을 하였다. 로봇 팔의 자유도를 최소화 하는 과정에서 발생하는 여러 문제점들을 극복하기 위해 작업 대상의 크기 및 무게 등을 고려하여 평행사변형 링크 관절을 이용한 작업공간 확보형 어깨 관절 구조를 제안 하였다.

로봇 핸드에서는 4절 링크 구조의 손가락과 쓰레받이형 손가락 구조를 제안하였다. 이 때 사용되어진 파라미터들은 인간(성인남자)의 핑거구조를 해석하여 결정되었다. 마지막으로 개발되어진 머니플레이터와 핸드의 검증을 위해 제어 S/W알고리즘과 특징을 사용하여 양팔과 손의 협업 실험 동작 실험을 수행하였다. 실험 결과들을 통하여 6자유도의 범용머니플레이터 보다 정리정돈 그대로 더욱 자연스럽게 안정적으로 수행함을 확인할 수 있었다.

References

- [1] K. Harada et al., "Dynamics and Balance of a Humanoid Robot during Manipulation Tasks," IEEE Trans. on Robotics, vol. 22, no. 3, 2006, pp. 568-575
- [2] Sang-ik Ahn, Yonghwan Oh, and SangJoo Kwon, "Design of a Humanoid Robot Hand by Mimicking Human Hand's Motion and Appearance" Journal of Institute of Control, Robotics and Systems Vol. 14, No. 1, January 2008
- [3] T. Asfour, R. Dillmann et al., "ARMAR-III: An Integrated Humanoid Plattform for Sensory-Motor Control," Prof. of IEEE-RAS Int. Conf. on Humanoid Robots (Humanoids 2006), Genoa, Italy, December 2006
- [4] Hyun-Koo Cha, Seungwoo Kim. "A Study on Implementation of Ubiquitous Home Mess- Cleanup Robot" *Journal of Control, Automation, and Systems Engineering, Vol. 11, No 12*, pp 1011-1019, 2005.
- [5] John J.Craig, "Introduction to Robotics : Mechanics and control, 3rd Edition", PEARSON, 2005
- [6] Ch. Ott, O. Eiberger, W. Friedl, B. B`aumli, U. Hillenbrand, Ch. Borst, A. Albu-Sch`affer, B. Brunner, H. Hirschm`uller, S. Kielh`ofer, R. Konietzschke, M. Suppa, T. Wimb`ock, F. Zacharias, and G. Hirzinger, "A Humanoid Two-Arm System for Dexterous Manipulation"
- [7] Gahara, Y., Kawato, Y., Takemura, K. and Maeno, T., 2003, "A Wire-Driven Miniature Five Fingered Robot Hand using Elastic Elements as Joints," Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ International Conference on Intelligent Robots and Systems, pp. 2672~2677.
- [8] Hirzinger, G., Butterfass, J., Fischer, M. and Grebenstein, M., 2000, "A Mechatronics Approach to the Desing of Light-Weight Arms and Multifingered Hands," Proceedings of the 2000 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 46~54.
- [9] Yamano, I., Takemura, K. and Maeno, T., 2003, "Development of a Robot Finger for Five-fingered Hand using Ultrasonic Motors," IROS'03., Proceedings of the 2003 IEEE/RSJ International Conference in Robotics and Automaiton, Vol. 23, No. 4, pp. 2648~2563.
- [10] Wilkinson, D. D., Weghe, M. V. and Matsuoka, Y., 2003, "An Extensor Mechanism for an Anatomical Robotic Hand," Proceedings of the 2003 IEEE International Conference on Robotics and Automation, pp. 238~243.
- [11] Kawasaki, H., Komatsu T. and Uchiyama K., 2002, "Dexterous Anthropomorphic Robot Hand With Distributed Tactile Sensor: Gifu Hand II," IEEE/ASME Transactons on Mechatronics, Vol. 7, No. 3, pp. 296~303.
- [12] J. Sturm, C. Plagemann, and W. Burgard, ""Body schema learning for robotic manipulators from visual self-perception,"" Journal of Physiology-Paris, vol. 103, no. 3-5, pp. 220 - 231, 2009, neurobotics.

김 승 우 (Seung-woo Kim)

[정회원]



- 1987년 2월 : 연세대학교 전자공학과(전자공학 학사).
- 1989년 2월 : 동 대학원 공학석사 (제어공학 석사).
- 1994년 2월 : 동 대학원 공학박사 (로봇공학 박사).
- 1989년 ~ 1990년 : 삼성종합기술원 선임연구원 (DD로봇)
- 1998년 ~ 1999년 : Case Western Reserve Univ. 박사 후 과정.
- 2003년 : 일본 나고야대학 로봇 연구소 방문교수.
- 2007년 ~ 2008년 : 캐나다 British Columbia 대학 교 환교수.
- 1994년 3월 ~ 현재 : 순천향대학교 정교수

<관심분야>

로봇제어, 퍼지제어시스템, SFFS Tech, 유비쿼터스 서비스로봇, 엔터테인먼트 로봇.

김 하이준 (Hi-jun Kim)

[준회원]



- 2010년 2월 : 순천향대학교 정보기술공학부 전기전자공학과 (전기전자공학 학사).
- 2010년 3월 ~ 현재 : 동 대학원 전기로봇공학과 석사 재학중 (전기로봇)

<관심분야>

로봇제어, 이동로봇, 서비스 로봇, 엔터테인먼트 로봇