

# 물체 잡기를 위한 비전 기반의 로봇 메뉴플레이터

## Vision-Based Robot Manipulator for Grasping Objects

백영민, 안호석, 최진영

Young Min Baek, Ho Seok Ahn, Jin Young Choi

**Abstract** – Robot manipulator is one of the important features in service robot area. Until now, there has been a lot of research on robot manipulator that can imitate the functions of a human being by recognizing and grasping objects. In this paper, we present a robot arm based on the object recognition vision system. We have implemented closed-loop control that use the feedback from visual information, and used a sonar sensor to improve the accuracy. We have placed the web-camera on the top of the hand to recognize objects. We also present some vision-based manipulation issues and our system features.

**Key Words** : Robot, Manipulator, Vision-Guided, Object Recognition

### 1. 서론

현재 로봇은 다양한 분야에서 활용되고 있다. 공장뿐만 아니라 가정, 공공기관에서 등 로봇의 범위는 점차 광범위 해지고 있다. 이러한 흐름 속에서 우리는 상점에서 일할 수 있는 로봇을 개발했다[6]. 상점에서 서비스를 제공하는 로봇은 SLAM, 얼굴 및 음성 인식 기능을 비롯하여, 고객 및 상점 관리, 물체 잡기 등의 다양한 기능이 필요하다. 이중에서 고객에게 서비스하기 위해서 가장 중요한 요소는 음식을 배달하는 기능이다. 높은 자유도의 로봇팔과 이동체가 있다면 로봇은 사람이 하는 서빙을 대신 할 수 있다.

이러한 요구에 따라 비전 정보를 기반으로 한 물체 잡는 시스템은 오래전부터 연구되어 왔다. 센서는 로봇이 외부와 의사소통하는 역할을 하기 때문에, 다양한 센서 정보를 이용한 로봇팔 제어가 시도되었으며, 그 중 물체를 탐지하고 인식하기 위해 비전 정보를 사용하는 연구가 진행되어 왔다.

Smith는 Vision-Guided Robotics에 대한 다섯 가지 이슈를 제안하였다[1]. (a) Open-Loop and Closed-Loop, (b) Blind and Visually-Guided Grasp, (c) Monocular, Stereo and Structured Light, (d) Camera Placement, (e) Object Geometry가 그것이다. 위의 논문은 비전 정보를 이용해서 물체를 잡으려고 할 때, 개발자가 고려해야 할 사항을 잘 나타낸다. 우리는 이러한 이슈들과 제한 사항을 고려해서 시스템을 설계하였다.

Sanz는 Computer Vision을 기반으로 한 학습되지 않는 물

체의 잡는 법을 제안하였다[2]. 그는 제한된 자원을 이용해서 문제를 풀 수 있는 방법을 보여주었다. 이 논문에서는 Computer Vision이 실시간으로 동작하기 위한 시스템에서 보다 중요한 역할을 수행하고 있다는 사실을 보여주었다. Stanley는 비전 정보를 기반으로 한 planar grasp planning을 제안하였다[3]. 원하는 물체를 표현하는 방법과 quadtree 확장법을 이용해서 물체를 잡을 수 있는 위치를 추출해 낼 수 있다. 하지만 이 방식은 식탁과 같은 평면에서만 가능하다는 제약이 있다.

우리는 물체 잡기를 위해 물체인식 시스템과 제어 시스템을 개발하였다. 물체인식 시스템은 외부 정보를 얻으며, 제어 시스템은 실제 모터를 구동하는 역할을 수행한다. 우리는 비전 정보를 활용해서 물체를 잡는 방식에 대해 초점을 맞춰 우리 시스템의 구조와 설계 방식에 대해 설명한다.

2장에서는 전체 시스템과 Vision-Based Grasping의 이슈에 대해 논한다. 3장에서는 로봇팔의 설계 방법을, 4장에서는 실험결과를 설명한다. 마지막으로 5장에서 본 논문의 결론을 맺는다.

### 2. System Overview

우리는 앞에 설명한 Vision-Based Grasping 이슈를 이용해서 시스템 설계 방식을 설명한다[1]. Smith는 제어 기법을 Open-Loop와 Closed-Loop의 두 가지 제어 방식으로 분류하였다. Open-Loop의 경우 Vision System은 물체의 위치를 정하는 곳에만 사용되고 물체를 잡는 중에는 사용되지 않는다. 반면 Closed-Loop는 지속적으로 영상 정보를 Feedback 받아 현재 팔의 Trajectory가 이상이 없는지 판단하기 때문에 잡음에 강하지만 빠른 시스템 퍼포먼스가 요구된다. 우리는 SIFT 알고리즘을 사용하여 실시간 물체 인식을 위해 인식 알고리즘을 최적화 시켰으며, Closed-Loop 방식을 택하였다.

#### 저자 소개

백영민 : 서울대학교 電氣 컴퓨터 工學部 碩士課程

안호석 : 서울대학교 電氣 컴퓨터 工學部 碩博士 統合課程

최진영 : 서울대학교 電氣 컴퓨터 工學部 教授

이로 인해 팔이 이동하는 동안에도 지속적으로 물체의 위치를 파악할 수 있었다. 또한 비전 정보에 따른 거리 정보를 보정하기 위하여 초음파 센서를 이용하여 거리를 측정하도록 하였다.

카메라는 손등에 설치하여 물체를 검색하거나 잡는 동안에도 가려짐이 일어나지 않도록 하였으며, 하나의 카메라를 이용하는 Monocular Camera를 채택하였다. Monocular는 Stereo 카메라와 비교해서 거리를 측정할 수 없는 단점이 있지만, Calibration작업이 필요하지 않고 저사양의 시스템 성능에서도 동작하기 때문에 실제 로봇에 구현하기에 적합하다. 거리는 DB와의 실제 카메라의 영상과 면적의 비를 이용해서 대략적으로 구하고, 최종적으로 초음파 센서를 사용하여 다음 행동을 결정한다.

어떤 물체를 타겟으로 할지는 물체의 Gripper의 모양과 인식의 복잡성 등 여러 방면에서 차이가 나는데, 우리는 상점에서 일하는 로봇을 목표로 하여 음료수 캔을 잡는 그리퍼를 제작하였다. DC모터 하나를 이용해서 구동하도록 하여, 최대한의 성능 향상을 발휘하도록 하였다.

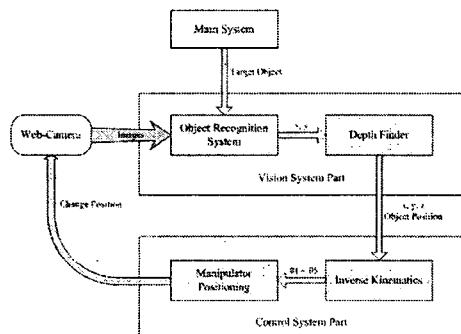


그림 1. 전체적인 시스템 구조

그림 1은 전체적인 시스템 구조를 보여준다. 먼저 웹캠을 통해 영상을 얻어온다. 들어온 영상은 물체 인식 시스템에 입력으로 들어가서, 목표 물체의 위치와 거리 정보를 계산한다. 비전 시스템을 통해 카메라를 기준으로 한 좌표계에서 물체의 x, y, z 좌표를 대략적으로 얻을 수 있다. 이 좌표를 팔 제어기에 입력하여 Inverse Kinematics의 해를 구한 후, 나온 결과값으로 모터를 이동시킨다. 위치가 변화는 카메라를 통해 지속적으로 물체의 정보를 얻어온다.

### 3. Design of Robot Arm

우리는 물체잡기를 위해 6자유도를 갖는 로봇팔을 설계, 제작하였다. 어깨부에 2개의 모터(Roll, Pitch), 팔목에 1개의 모터(Pitch), 손목에 2개의 모터(Roll, Pitch) 사용한다. Gripper 부분에도 DC모터를 하나 사용하여, 움기어와 평기어를 맞물려 손가락의 기능을 할 수 있도록 구현하였다.

로봇팔은 하나만 제작하였으며, 로봇의 앞면에 설치하였다. 로봇팔이 하나만 존재하기 때문에, 팔을 가장 효율적으로 이용할 수 있는 위치에 설치하였다. 각축은 ±90도 이상의 자유도를 확보함으로서, 물체가 어느 위치에 있더라도 잡을 수 있는 범위가 클 수 있도록 구현하였다. 실제 구현된 로봇팔이 설치된 로봇 '알바생'은 그림 2와 같다.



그림 2. 로봇팔이 구현된 '알바생' 로봇

물체를 잡기 위해서는 물체를 인식하는 시스템이 필요하다. 카메라를 사람의 눈과 같이 얼굴 위치에 설치할 경우, 고성능 카메라가 아니면 정확하게 멀리 떨어져 있는 물체의 위치를 파악하기 힘들다. 따라서 로봇의 손등에 웹캠을 설치하여 더 가까이서 물체를 탐색할 수 있도록 하였다. 화면상에 물체가 존재하지 않을 경우, 로봇팔의 위치를 변화시킴으로서 물체를 찾아낼 수가 있다. 또한 하나의 카메라를 사용하기 때문에 물체의 정확한 거리를 파악하기 힘들다. 따라서 비전 시스템에서는 대략적인 물체의 거리 및 좌표를 계산한 후 팔에 추가적으로 초음파 센서를 부착하여 위치 오차에 따른 오동작은 보정하도록 한다. 그림 3은 그리퍼 안쪽에 초음파 센서가 부착된 모습을 보여준다.

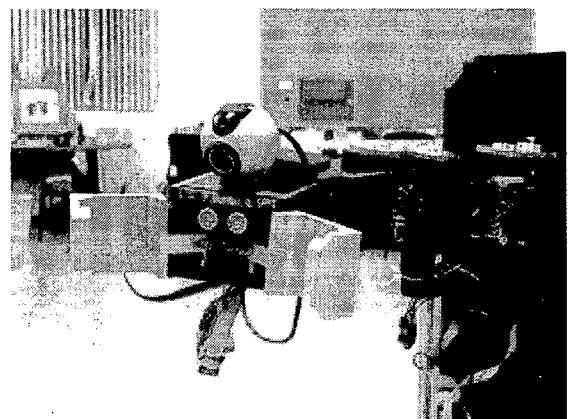


그림 3. 초음파 센서가 설치된 팔의 모습

### 4. 실험결과

물체 인식 시스템은 실시간으로 동작하기 때문에 많은 자원을 소비한다. 따라서 한정된 자원을 효과적으로 사용하기 위해서 시스템 통합이 매우 중요하다. 그림 4는 물체잡기의 순서를 나타낸다.

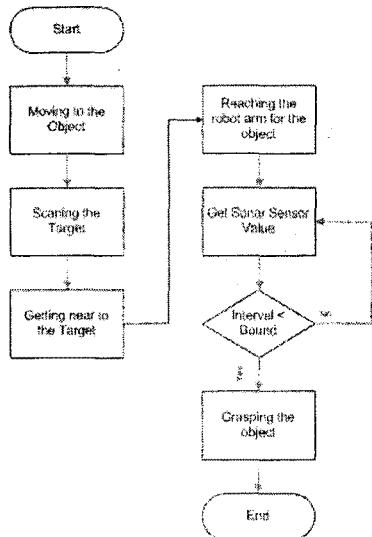


그림 4. 물체잡기 순서도

먼저 로봇을 원하는 물체가 있는 곳까지 움직이다. 여기서 물체의 대략적인 위치는 로봇이 미리 알고 있다고 가정한다. 움직임이 완료 된 후, 로봇은 물체의 위치가 있는 곳을 파악 위해 로봇팔을 움직여서 물체를 탐색한다. 물체의 위치가 발견되면 그립퍼의 범위 안에 물체가 위치하도록 로봇을 다시 이동한다. 물체를 탐색 할 때는 팔을 뻗어서 하는데, 이 경우 물체는 대개 그립퍼가 닿을 수 있는 영역을 벗어나 위치한다. 그림 5는 물체 탐색 후 물체를 잡기 위해 로봇이 이동하는 상황을 나타낸다.

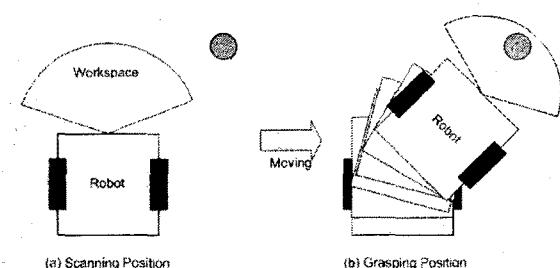


그림 5. 물체 탐색 후 로봇의 이동 경로

최종적으로 도착한 곳에서 Inverse Kinematics를 이용해 물체가 카메라의 중앙에 오도록 팔을 제어한다. 물체가 잡을 수 있는 위치에 놓이면, 팔을 앞으로 뻗으면서 초음파 센서로 물체를 잡을 수 있는 거리를 측정한다. 물체를 잡을 수 있다면 판단되면 손가락을 접어서 물체를 움켜잡는다. 위와 같은 과정을 통해 로봇은 원하는 물체를 잡을 수 있다.

그림 6는 로봇이 물체 탐색을 완료한 후의 시간에 따른 동작을 나타낸다. 처음에 로봇팔은 초기 위치에 있다. 만약 로봇이 메인 스케줄러로부터 물체를 탐색하라는 명령을 받으면, 물체 인식 시스템이 시작되며, 로봇팔의 위치를 바꾸면서 물체를 검색한다. 로봇이 물체를 찾기 되면 로봇팔을 조금씩 앞으로 내밀면서, 초음파 센서를 이용해 물체와의 정확한 거리를 측정한다. 물체가 원하는 거리 안에 들어온 경우 그립퍼를 닫아 물체를 잡는다. 물체를 잡은 후에도 일정한 토크를 유지해 줌으로서 물체가 떨어지지 않도록 유지한다.

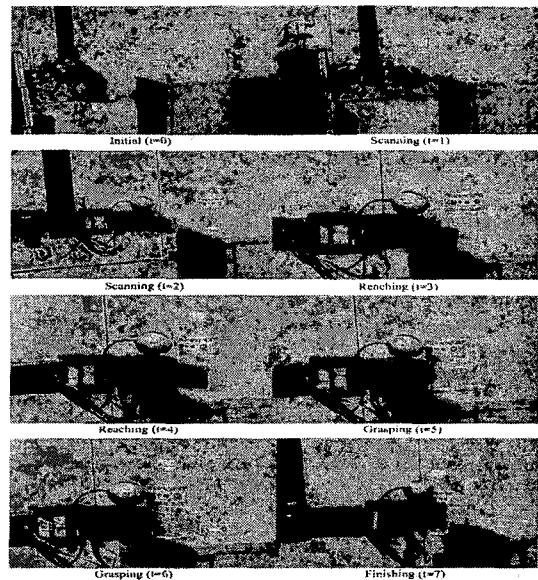


그림 6. 물체 잡는 모습

## 5. 결론

지금까지 Vision-Based Grasp Manipulation의 이슈를 살펴보고, 우리 시스템을 구현하는 방법에 대해 설명하였다. 실제로 인간이 물체를 잡듯이 로봇이 수행하기 위해서는 Vision 정보를 활용하는 것은 매우 중요하다. 따라서 우리는 실제 로봇팔에 카메라를 설치하여, 물체를 가까운 곳에서 인식하고 팔을 제어할 수 있도록 개발하였다. 실험결과 만족할 만한 성능을 보였지만 아직 풀어야 할 문제가 있다. 우리는 특정 물체만을 목표로 하여 설계하고 실험하였지만, 로봇이 다른 도구나 물체를 잡기 위해서는 해당 물체의 Grasp Point를 학습해야 할 필요성이 있다[2]. 또한 물체가 잡혔는지에 대한 정보를 얻을 수 없기 때문에, 물체 잡기를 실패하였다 하더라도 로봇의 상태는 물체를 잡고 있는 것으로 변하게 된다. 물체잡기에 실패했을 경우를 체크하고 이를 해결할 수 있는 작업이 필요하다.

## 참 고 문 현

- [1] Smith.C.E. and Papanikolopoulos.N.P "Vision-Guided Robotic Grasping: Issues and Experiments" Robotics and Automation, 1996. vol.4, no.22-28 , Apr. 1996, pp.3203-3208.
- [2] Sanz.P.J., Pohil.A.P., Inesta.J.M., "Real-time grasping of unknown objects based on computer vision " Advanced Robotics. 1997. ICAR '97, Jul. 1997, pp.319-324
- [3] Stanley.K., Wu.Q.M.J., Gruver.W.A., "Implementation of vision-based planar grasp planning " Systems, Man and Cybernetics, Nov. 2000, pp.517-524
- [4] D.G.Lowe, "Distinctive image features from scale invariant key-points" IJCV, 2004, pp.91-110
- [5] Ho Seok Ahn, In-Kyu Sa, Young-Min Baek, Jin Young Choi, "System Model Architecture of Intelligent Service Robot for Unmanned Store Management" Annual Workshop of Korea Robotics Society, Jun.2006 (Korean Paper)
- [6] Ho Seok Ahn, In-Kyu Sa, Young-Min Baek, Jin Young Choi, "The implementation of Intelligent Service Robot for Unmanned Store Management in Ubiquitous" The annual workshop of The institute of Electronics Engineers of Korea, Jun.2006 (Korean Paper)