

퍼지이론에 기반한 목표물 추적 및 사격을 위한 자율이동로봇의 설계

Design of Target Tracking and Shooting Robot using Fuzzy Logic System

송은지, 최병재, 류석환

경북 경산시 진량읍 내리리
대구대학교 정보통신대학
E-mail: songunchi@nate.com

요 약

본 논문에서는 목표물 추적 및 목표물 명중을 위한 사격을 할 수 있는 자율이동로봇의 설계 및 제작에 관하여 기술한다. 여기서는 목표물의 이동을 추적할 수 있도록 팬-틸트(pan-tilt)를 제어한다. USB 웹캠(web cam)영상에서 대상체의 특징을 추출하고, 추출한 특징으로부터 시각구동장치의 이동 위치 및 방향을 결정하기 위한 퍼지논리시스템을 설계한다. 시뮬레이션을 통해 제안한 방법의 유용성을 검증하고, 이를 실제 자율이동로봇의 시각구동장치에 적용하여 타당성을 입증한다.

Key Words : 자율이동로봇, 퍼지논리시스템, 시각구동장치, 비주얼서보잉, 팬-틸트

1. 서 론

지능형 로봇을 위한 여러 가지 구성품 중에서 센서는 매우 중요한 구성 요소의 하나이다. 특히, 사람에 가까운 로봇의 구현을 위하여 사람의 눈을 대신하는 시각센서의 중요성이 강조되고 있다. 다른 센서들에 비해 많은 정보를 받아들이는 시각 센서는 자율 이동 로봇에서 사람의 눈을 대신하는 센서로서 많이 이용된다. 이는 1990년대 산업용 로봇 시장의 성숙과 함께 로봇을 생산현장 뿐만 아니라 서비스 및 오락에 적용할 수 있는 편리한 대상으로 인식되면서 본격화 되었다.

로봇으로 하여금 산업현장에서의 위험한 작업은 물론 다양한 응용 분야에서 사람을 대신해서 업무를 수행하게 함으로써 그 응용범위는 지속적으로 넓어지고 있다[1]. 로봇의 응용범위가 넓어짐에 따라 로봇에 장착되어 사용되는 센서의 성능도 높아지고 있다. 정해진 작업환경에서 반복적인 작업만 하던 기존의 로봇들이 이제는 고성능의 센서를 장착하여 대상 물체를 인식, 판단하여 적절한 작업을 수행하기에 이르렀다. 이때 사용되어진 센서들은 각각 고유한 특징들을 가지고 사용된다. 일반적으로 초음파 센서, 적외선 센서, 레이저 센서, 비전 센서 등이 많이 사용된다. 적외선 센서와 초음파 센서는 인식범위가 좁고 주위 환경에 영향을

많이 받으며, 해상도(resolution)가 상대적으로 낮다. 또한 레이저 센서는 정확성은 매우 뛰어나지만, 빛의 위상차를 알아내기 위한 복잡한 계산과정이 요구되며, 그 장비가 상당히 고가인 단점을 가지고 있다[2][3].

본 논문에서는 비전센서를 사용하여 움직이는 물체를 항상 영상내의 중앙에 위치시키며 추적하고, 목표물이 정해진 사거리에 들어오면 목표물을 향하여 사격하는 무인 사격 로봇의 설계와 실험에 관하여 제안한다. 본 논문에서는 비전센서로 USB 웹캠의 움직이는 카메라를 사용한다.

무인 사격 로봇은 팬-틸트위에 장착된 웹캠을 이용하여 대상체를 추적하여 장착된 총(장난감 BB탄 총)의 방아쇠를 당겨 사격하는 시스템이다. 이때 물체를 추적할 때 나타난 밝기 값 변화에 따른 오분류 및 인식에 대한 문제를 해결하기 위하여 목표물을 항상 영상의 중앙에 위치하도록 제어한다.

무인 사격 로봇에 장착된 팬-틸트의 경우 사격을 위하여 물체의 중심을 화면의 중심에 일치시키는 과정에 웹캠에 들어가는 영상이 떨리는 현상이 많이 발생하고, 이로 인해 오분류 현상도 발생한다. 이를 줄이기 위하여 퍼지논리시스템을 적용한다. 아울러 가감속 제어를 함으로써 빠른 추적 성능을 얻고자 한다.

2. 시스템 구성

제안한 무인 사격 로봇은 USB 웹캠을 이용하여 물체를 추적하며, 웹캠을 통하여 획득한 영상을 토대로 물체의 특징값을 추출해 낸다. 그리고 나서 이를 기준으로 빠른 처리를 위하여 영상내의 데이터를 이진화시켜 결과 값을 제시한다. 이를 토대로 화면의 중심과 물체의 중심 좌표를 얻어내어 이들의 거리 변화량에 따라 팬-틸트를 제어함으로써 영상내에 목표물이 항상 존재하도록 한다.

그림 1은 이러한 일련의 과정들을 전체적으로 도시화 한 것이다. 먼저 획득한 영상에서 대상체만을 추출해 내기 위한 영상처리 시스템을 거친다. 영상처리를 통해 얻어낸 화면의 중심과 물체의 중심 사이의 거리 변화량을 제안한 퍼지논리시스템의 입력으로 사용한다. 제안한 퍼지논리시스템은 입력 값을 설계한 룰 베이스에 따라 팬-틸트를 제어하기 위한 모터입력 신호로 출력한다. 모터 신호는 팬-틸트를 제어하여 물체가 항상 화면의 중심에 있도록 추적한다.

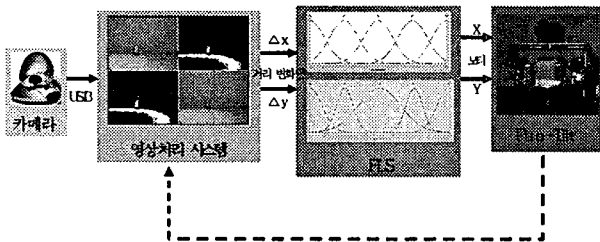


그림 1. 시스템 구성도

2.1 하드웨어 구성

앞서 살펴본 시스템 흐름도는 그림 2와 같은 하드웨어 흐름도를 기반으로 제어될 수 있다. USB 웹캠을 통해 받아들인 영상신호는 컴퓨터를 이용하여 처리된다. 이때 처리되는 데이터는 팬-틸트를 제어하기 위한 프로세서에 전달하는 값으로써, 화면의 중심과 물체의 중심 간의 거리의 변화량을 프로세서에 전달한다. 이를 직렬 통신으로 전달받은 프로세서는 거리에 따른 적절한 제어 신호를 모터에 전달한다.

팬-틸트의 구동 후 얻어진 카메라의 방향 및 위치는 다시 웹캠을 통해 획득된 영상신호를 통해 피드백 된다. 이를 기반으로 이동하는 물체를 추적하기 위한 하드웨어 시스템이 구성 된다.

하드웨어 시스템의 전체적인 구성도 및 신호 처리 흐름도를 그림 2에 도시하였다.

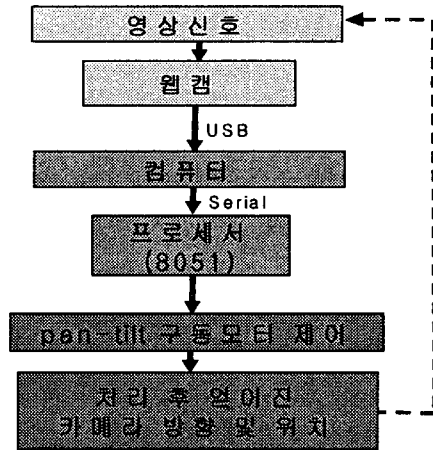


그림 2. 하드웨어 구성 및 처리 흐름도

무인 사격 로봇은 웹캠 한대를 이용하여 받아들인 영상 정보가 로봇위에 장착된 노트북의 USB를 통해 전달된다. 전달된 영상 정보는 노트북에서 영상처리하여 로봇의 각 부위에 신호들을 전달한다. 영상처리 후 물체의 좌표, 물체와 화면 중심간의 거리 차, 물체의 크기 등의 정보를 얻어낸다. 이를 통해 팬-틸트를 제어하여 물체가 화면의 중심에 오도록 제어하고, 화면의 중심에 왔을 때 물체의 크기를 확인하여 일정한 사격 거리를 유지하도록 로봇의 몸체에 장착된 구동부를 제어한다. 로봇이 원하는 거리까지 접근한 후, 목표물을 영상의 중앙에 오도록 해서 목표물을 향하여 사격하게 한다.

목표물을 추적하며 일정한 사격 거리를 유지하도록 LPT 포트를 이용하여 로봇의 몸체에 장착된 두 개의 바퀴를 제어하고, 직렬 통신을 이용하여 로봇의 앞쪽에 달린 팬-틸트를 제어한다. 각 직렬 통신을 위한 포트와 LPT 포트의 신호는 MCS-51 계열의 8051 프로세서를 통하여 각 모터를 제어하도록 한다.

목표물 사격을 위하여 팬-틸트에 웹캠과 함께 장난감 총을 장착한다. 장착된 총의 방아쇠를 당기기 위해 서보 모터가 장착된다. LPT 포트를 통해서 사격시점에 대한 신호를 8051에 인터럽트 신호로 전달한다. 인터럽트를 통해 전달받은 사격 요청 신호는 8051 프로세서에서 서보 모터로 하여금 총의 방아쇠를 당겨 물체를 사격하도록 한다.

로봇의 모든 기구부는 직접 제작하고, 영상처리 시스템은 MFC를 이용하여 구현한다. 로봇의 구동부와 팬-틸트부는 모두 DC 모터를 이용하여 제어 한다. 구동부의 모터는 양쪽에 하나씩 장착한 2륜구동 형태를 선택하였다. 로봇의 머리 부분이라고 할 수 있는 팬-틸트부는 좌우 조정을 위하여 하나의 모터, 그리고 상하 조정을 위하여 양쪽에 하나씩, 두 개의 모터를 사용한다. 그래서 팬-틸트부에는 3개의

모터를 사용한다.

그림 3은 설계, 제작한 무인 사격 로봇의 모습의 전체 모습을 보이고 있다. 로봇의 앞에 있는 두 개의 물체는 이동하는 물체의 기능을 담당하는 소형 로봇이다. 이동하는 물체인 두 개의 소형 로봇은 두 가지의 색상을 라벨링하여 추적하고자 하는 목표물을 구분할 수 있도록 한다.

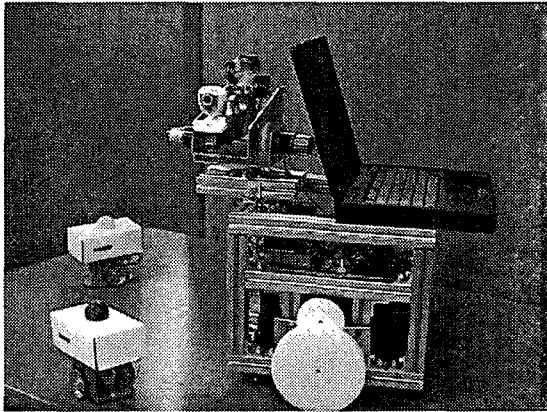


그림 3. 전체 제작 시스템의 모습.

본 논문에서는 무인 사격 로봇의 구성 중 팬-틸트 부분의 제어를 위하여 퍼지논리시스템을 적용한다.

2.2 영상 처리 시스템

본 논문에 설계된 퍼지논리시스템의 입력은 저가의 USB 웹캠을 이용하여 획득된 영상으로부터 목표물의 상태를 얻는다. 이때 카메라 자체의 백색조정(white balancing) 기능과 주변 환경의 영향으로 인하여 동일한 카메라를 이용하였음에도 불구하고 사람의 눈으로도 차이가 보이는 것을 알 수 있었다. 이러한 밝기 변화는 화면 전체에 영향을 줄 뿐 아니라 물체의 특징 값에도 영향을 미친다.

영상을 이용하여 목표물을 추적하고자 할 경우 주변 환경의 영향 등으로 오분류(誤分流)하는 경우가 발생한다. 이러한 상황들을 극복할 수 있도록 영상처리 시스템을 구성하였다. 또한 시각구동장치의 퍼지논리시스템의 동작은 영상면의 목표물 중심좌표가 항상 화면의 중심좌표와 가까이 있어야 한다는 조건을 만족하도록 설계되어야 한다. 그림 4는 이러한 상황들을 만족할 수 있는 영상처리 시스템의 전체 구성을 나타낸다.

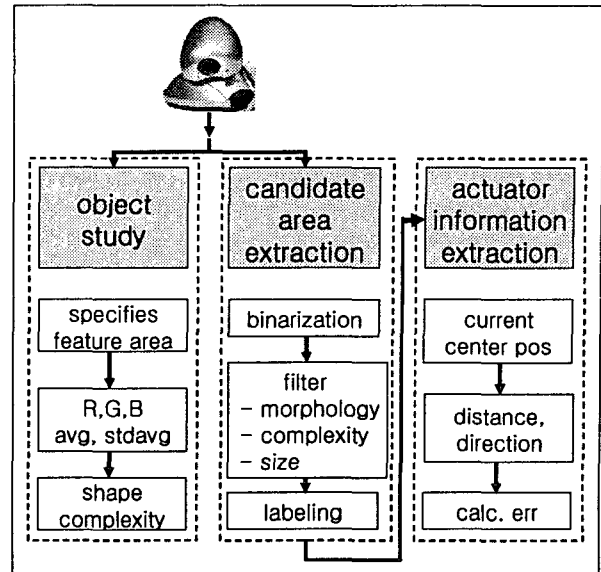


그림 4. 영상 처리 시스템의 구성

카메라로부터 입력된 영상을 이용하여 추적하고자 하는 목표물을 지정하고, 지정된 대상체의 R,G,B 각 채널의 평균과 표준편차를 계산한다. 평균과 표준편차는 이진화를 위한 임계치 설정에 사용된다. 또한 형태의 복잡도, 목표물의 영역을 이용함으로써 잡음 또는 유사한 색상을 가지는 물체들은 제거될 수 있도록 하였다. 이러한 단순한 구조를 통해서 목표물을 학습한 후 이를 기반으로 입력된 영상에서 이진화를 수행하고, 모폴로지, 복잡도, 크기를 이용하여 결과 영상으로부터 대상 추적을 위한 후보영역을 추출한다. 추출된 후보영역은 라벨링 과정을 거쳐 하나의 영역으로 만들어지며, 이러한 영역으로부터 대상체의 중심좌표를 구한다. 구해진 대상체의 중심좌표와 화면의 중심좌표 사이의 거리차이 및 방향을 구한다.

3. 퍼지논리시스템에 의한 성능 향상

그림 3에서 제시한 무인 사격 로봇을 위한 영상처리는 목표물의 보다 정확한 인식 및 화면 중앙에 배치시키기 위한 방안으로 퍼지논리시스템을 구현하였다.

퍼지논리시스템의 적용 전후의 실험 결과를 비교하였다. 이때 기존의 시스템에서의 가장 큰 문제인 물체의 중심과 화면의 중심이 근접해 있음에도 불구하고 화면의 중심과 물체의 중심을 일치시키고자 이루어진 불필요한 신호로 인해 정지된 물체에 대해서도 팬-틸트가 떨리는 현상을 나타내었다. 이를 그림 5를 통하여 확인하였다.

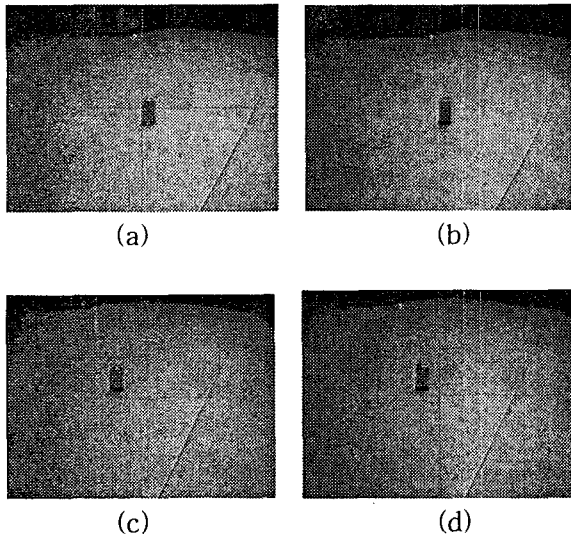


그림 5. 퍼지논리시스템 적용 전의 결과

그림 5의 (a)와 (b)에서 확인하는 바와 같이 정지된 물체에 대한 화면과 중심 간의 거리는 팬-틸트의 기구학적인 문제로 인하여 큰 오차를 보이고 있다. 그래서 불필요한 제어 동작이 빈번하게 발생하게 되고, 카메라가 심하게 떨리고, 급격한 위치 변화에 따라 입력된 영상의 밝기 값의 차이의 폭이 커져 목표물을 인식하지 못하는 현상까지 발생하였다.

그림 6은 제안한 퍼지논리시스템을 적용한 결과의 동영상을 캡처한 그림이다. 같은 실험 환경에서도 기존의 시스템에 비해 시간도 지나도 불필요한 제어가 없이 근접된 상태에서 정지됨을 보여주고 있다. 이를 통해 작은 양의 밝기의 변화에도 안정적으로 목표물을 인식하고 있음을 알 수 있다.

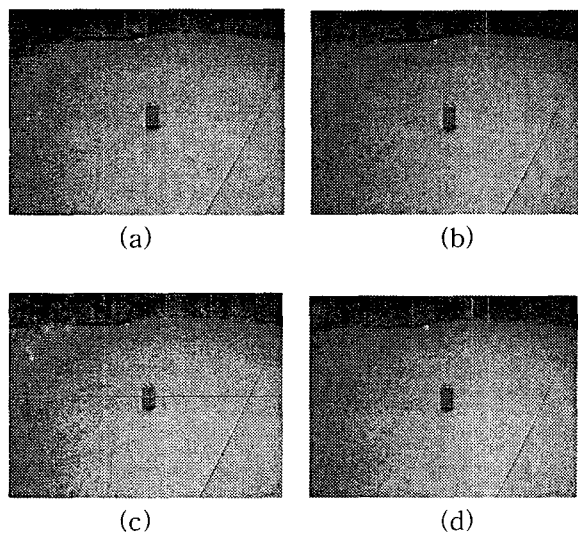


그림 7. 퍼지논리시스템 적용 후의 결과

4. 결론

본 논문에서 설계한 목표물 추적을 위한 자율 이동 로봇인 무인 사격 로봇은 2륜 차동 구동방식과 USB 웹캠의 비전 센서를 사용하여 동적인 목표물을 추적하며 사격하는 로봇이다.

본 논문에서 설계한 퍼지논리시스템으로 팬-틸트를 제어함으로써 기존에 추적하면서 생기는 모터의 떨림 현상으로 인한 영상의 블러링을 줄일 수 있었다. 또한 대상체의 급격한 변화에 민감하지 못한 문제들을 개선하였다. 또한 이동체의 이동 변화량에 따른 팬-틸트의 가감속으로 추적이 보다 안정화되었다.

성능 검증을 위하여 다수의 실험 과정을 거쳤으며 원하는 성능을 얻을 수 있었다.

참 고 문 헌

- [1] IT신기술 사업팀, 지능형 로봇 현황 및 활성화 방안, ETRI, 2005.
- [2] 김영집, HSI 컬러 모델을 이용한 실내 주행 이동로봇의 장애물 고속 인식, 한국과학기술원 석사학위논문, 1997.
- [3] 전승훈, 스테레오 비전을 이용한 이동로봇의 실내주행을 위한 장애물 인식, 한국과학기술원 석사학위논문, 1996.
- [4] 최규중, 조월상, 안두성, 이동 물체 포착을 위한 비전 서보 제어 시스템 개발, 한국동력기계공학회지, 제6권, 제1호, pp.96~101, 2002.
- [5] Tae-Won Kim & Il-Hong Suh, Fuzzy Neural Network-based Visual Servoing : part 1, KIEE, vol. 43, no. 6, 1994.
- [6] Jhon. J. Leonard, Hugh F, Durrant-Whyte, Mobile robot localization by tracking geometric beacons, IEEE Trans. Robotics and Automation, vol. 7, no. 3, pp. 376-382, 1991.
- [7] M. Betke et al, Mobile robot localization using landmarks, Proc. of the IEEE/RSJ/GI Int. Conf. on Intelligent Robots and Systems, pp.135-142, 1994
- [8] 김창식, 송은지, 석경재, 표유미, 한수진, 최병재, Visual C++ 기반 USB CAM 영상 처리를 이용한 무인 사격 로봇 시스템, 대구대학교 정보통신연구소, 2004.
- [9] R. Jain, R. Kasturi, B. B. Schunck, Machine Vision, 1995.