
퍼지 제어기를 이용한 실시간 이동 물체 추적에 관한 연구

김관형* · 강성인* · 이재현**

Study on the Real-Time Moving Object Tracking using Fuzzy Controller

Gwan-Hyung Kim* · Sung-In Kang* · Jae-Hyun Lee**

요 약

본 논문에서는 비전 시스템을 이용하여 이동 물체를 추적하는 방법을 제안하였다. 이동 물체를 계속적으로 추적하기 위해서는 이동 물체의 영상이 화상의 중심점 부근에 위치하도록 해야 한다. 따라서 이동 물체의 영상이 화상의 중심점의 부근에 위치하도록 하기 위하여 팬/틸트(Pan/Tilt)구조의 카메라 모듈을 제어하는 퍼지 제어기를 구현하였다. 향후, 시스템을 이동로봇에 적용하기 위하여 비전 시스템을 위한 영상처리보드를 설계 제작하였고, 대상 물체의 색상과 형태를 파악한 후 퍼지 제어기를 이용하여 카메라모듈이 물체를 추적할 수 있도록 StrongArm 보드를 이용하여 구성하였다. 그리고, 실험에 의해서 제안된 퍼지 제어기가 실시간 이동물체 추적 시스템에 적용 가능함을 확인 하였다.

ABSTRACT

This paper presents the moving object tracking method using vision system. In order to track object in real time, the image of moving object have to be located the origin of the image coordinate axes. Accordingly, Fuzzy Control System is investigated for tracking the moving object, which control the camera module with Pan/Tilt mechanism. Hereafter, so the this system is applied to mobile robot, we design and implement image processing board for vision system. Also fuzzy controller is implemented to the StrongArm board. Finally, the proposed fuzzy controller is useful for the real-time moving object tracking system by experiment.

키워드

Object tracking, Fuzzy controller, Image processing, Camera, StrongArm,

I. 서 론

현대 산업 사회에서는 하드웨어 기술과 컴퓨터를 이용한 비전 기술 및 제어의 발전에 따라 이를 이용한 이동로봇에 대한 연구가 활발히 진행되고 있다. 이러한 이동로봇을 구현에는 주변 환경을 인식하기 위한 여러 가지 센

서를 사용한다. 그 중에서도 대상 물체를 인식하고 이동 물체를 추적하기 위한 비전 시스템의 구현에 관심이 증가되고 있다. 근래에는 카메라(camera)의 성능과 처리 기술이 고도로 발달되어 있으며, 이를 제어하는 제어기술이 컴퓨터와 멀티미디어(multimedia) 그리고 신호처리 등의 기술의 급격한 발달로 인하여 다양한 형태의 영상 신호처

* 동명대학교 컴퓨터공학과
** 동명대학 모바일웹마

리 방법들이 제안되고 발달되고 있다[1]-[3]. 오늘날 산업 현장에서도 머신 비전 시스템(machine vision system)과 고성능의 마이크로 프로세서(micro processor)를 도입하여 영상응용과 멀티미디어 응용분야로 생산자동화에 주력하고 있는 실정이다. 하지만 현재 사용되는 대부분의 카메라 장비는 고정 또는 수동형 제어에 의해서 특정방향이나 일정한 거리의 대상물을 포착하고 있다. 또한 따라서 카메라에서 획득한 영상을 처리하여, 카메라가 자동으로 설정된 대상물을 검출하고 대상물을 추적하여 안정적으로 대상물체의 영상을 획득하기 위한 지능적인 시스템이 요구되고 있다. 기존의 이동물체를 추적하는 방법은 영역 라벨링 및 클러스터링과 매칭을 사용한방법, 반복연산이 많은 Hidden Markov Model과 같은 확률 통계적인 방법, 움직임 에너지 접근방법 등이 있다.[4]-[5].

본 논문에서는 CCD 카메라를 이용하여 이동 물체의 색상과 형태를 파악한 후 실시간으로 이동 물체를 추적하도록 팬(Pan)/틸트(Tilt) 카메라 모듈과 영상처리를 위한 영상처리보드를 설계, 제작하고 물체 추적 알고리즘으로 인공지능 기법인 퍼지 추론 기법을 제안하고자 한다. 또한, 본 연구에서 제안한 이동물체 추적 시스템은 향후 자체 제작할 이동로봇 시스템에 탑재를 위하여 PC기반이 아닌 임베디드 기반의 시스템에 적용 가능하도록 StrongArm 보드 상에서 구현하였다.

II. 이동 물체 추적 시스템의 설계

본 논문에 제안한 이동 물체 추적 시스템의 전체 시스템 구성도는 그림 1과 같다. 한 대의 CCD카메라와 상·하와 좌·우를 이동하기 위하여 두 개의 스텝 모터를 사용한 Pan/Tilt 카메라 모듈, CCD카메라로부터 받아진 영상

을 처리하는 영상처리보드, 실제 영상 처리된 결과를 기반으로 이동 물체를 추적하는 추적 알고리즘 및 전체 시스템을 제어하는 ARM보드 구성된다. 또한 영상데이터의 모니터링과 디버깅 용도로 호스트 PC에 TCP/IP를 통한 영상 및 데이터를 전송한다.

II-1. Pan/Tilt 카메라 모듈

설정된 대상물체의 이동에 따라 카메라를 움직이기 위해서는 Pan/Tilt장비가 필요하다. 그림 2는 Pan/Tilt 카메라 모듈의 구조이고, 그림 3은 설계·제작한 Pan/Tilt 카메라 모듈이다.

장비의 구성은 Pan 축과 Tilt축에 각각 스텝모터를 장착하여 2자유도를 부여한 것이다. 또한 각각의 스텝모터를 구동하기 위한 모터드라이브단과 모터를 제어신호를 인가해 주는 하나의 80C196KC보드로 구성된다. 스텝모터는 HB형 H-546을 사용하고, 스텝모터의 드라이브단은 L297과 SLA7024를 사용하여 구현하였으며, 따라서 각각의 스텝모터는 80C196KC의 HSO(High Speed Output) 0번과 1번을 사용한 펄스신호의 주파수를 조정함으로써 제어 하였다.

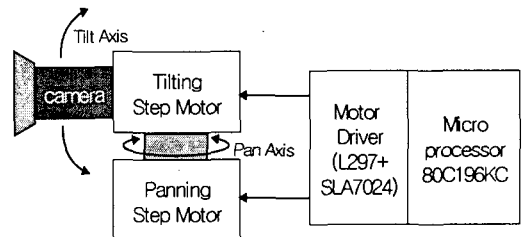


그림 2. Pan/Tilt 카메라 모듈의 구조
Fig. 2 The structure of Pan/Tilt camera module

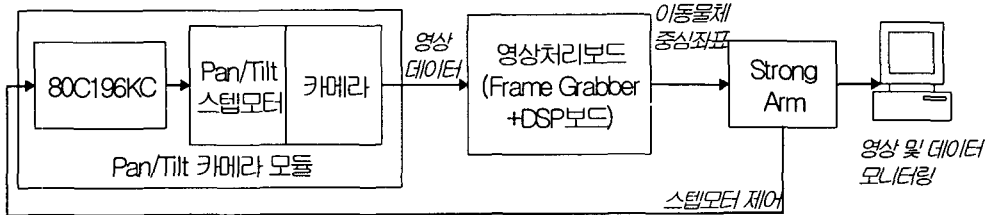


그림 1. 전체 시스템 구성도
Fig. 1 The structure of system

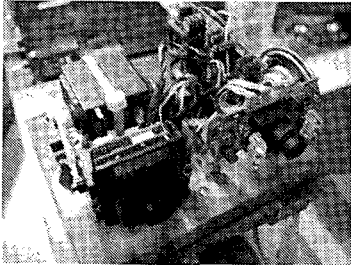


그림 3. Pan/Tilt 카메라 모듈
Fig. 3 Pan/Tilt camera module

II-2. 비전 시스템

영상처리의 전체적인 과정은 카메라로부터 받아진 영상을 이용하여 녹색으로 설정된 대상 물체를 찾아내는 것이다. 그림 4는 대상물체를 인식하기 위한 영상처리과정을 나타내고 있다.

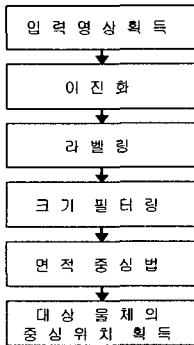


그림 4. 대상물체인식을 위한 영상처리과정
Fig. 4 Image processing for target object recognition

먼저 입력영상을 임계값 처리하여 이진화된 영상으로 변환 후 라벨링 과정을 통하여 각각의 물체를 구성하는 개개의 픽셀들을 하나의 영역으로 묶어 낸다. 또한 카메라의 해상도나 조명의 불균일성 등에 의해서 대상물체 영상에 잡음이 생길 수 있다. 이러한 잡음은 보통 불규칙적으로 발생하므로 잡음에 해당하는 연결성분들의 화소의 수를 임의로 정하여, 화소 수 미만인 연결성분들을 제거하는 크기 필터링과정을 거친다. 마지막으로 물체의 중심 좌표를 찾기 위해서는 물체의 크기와 위치를 알아야 한다. 2진화상에서 물체의 중심 위치는 그 물체의 면적 중심과 같으므로 면적 중심법을 이용해서 물체의 위치(\bar{x}, \bar{y})

를 구할 수 있다. 면적 중심법을 이용하여 계산된 대상 물체의 중심 좌표값은 ARM보드로 전송된다.

그림 5는 대상물체를 인식할 수 있는 비전 시스템의 구현을 위해 설계 제작한 영상처리보드의 구조를 나타낸 것이다.

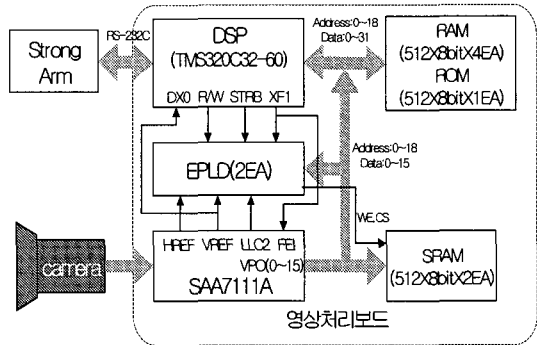


그림 5. 비전시스템의 구조
Fig. 5 The structure of vision system

CCD 카메라에서 전송된 영상정보는 필립스사의 SAA7111A를 사용하여 제작된 프레임 그래버에 의해서 매초 10-20프레임 간격으로 320 X 240픽셀의 영상을 16bit YUV영상 포맷으로 구성하여 화소 단위로 프레임 버퍼에 저장된다. 또한 CCD 카메라로부터 전송되는 영상을 TMS320C32-60 칩을 사용하여 소프트웨어 적으로 24bit RGB 포맷으로 변경 후, 영상처리 과정인 컬러 값 기반의 이진화, 라벨링, 사이즈 필터링, 면적 중심법에 의한 물체의 중심 좌표 값을 찾아 ARM보드로 전송한다. 그림 6은 제작한 영상처리보드의 사진이다.

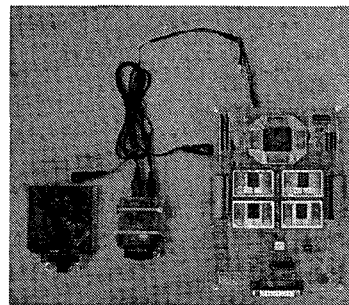


그림 6. 영상처리보드
Fig. 6 Image processing board

III. 퍼지 제어를 이용한 이동 물체 추적 알고리즘

퍼지 제어는 복잡한 수학적 모델링이 힘들 때 전문가의 지식이나 경험을 바탕으로 하여 제어를 수행함으로써 계산 속도를 단축할 수가 있고, 제어 환경이 수시로 변화는 대상에 있어서 적합한 제어 방식이라고 할 수 있다 [6]-[8].

본 논문에서는 영상처리 후 얻어진 대상 물체의 중심 좌표가 화상의 중심점에 위치하도록 하기 위하여 Pan/Tilt 구조의 카메라 모듈의 각 스텝모터를 최대한 빠르고 부드럽게 제어함으로써 해당 대상 물체를 추적할 수 있는 퍼지 제어를 설계한다.

퍼지 제어시스템은 전문가의 경험적 지식을 제어 규칙으로 가지며 설계된 제어 규칙에 의해서 추론과정과 비퍼지화 과정을 거쳐 제어량을 산출한다. 그림 7은 이동물체 추적을 위한 퍼지 제어기의 구조이다.

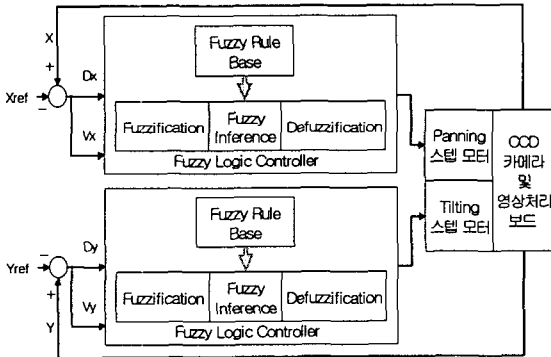


그림 7. 이동물체 추적을 위한 퍼지 제어기의 구조
Fig. 7 The structure of fuzzy controller for moving object tracking

Pan축과 Tilt축 모터를 제어하기 위해서 두 개의 퍼지 제어시스템을 설계하여 적용하였다. 입력된 영상의 영상처리과정을 거쳐 이동물체의 위치를 인식하고, 중심점(0, 0)으로부터 이동물체의 영상좌표의 (X, Y)로의 거리 및 거리 값의 변화량인 상대속도 값을 계산하여 두 퍼지 제어기의 입력으로 사용한다. 입력으로 D(Distance)는 이동물체의 중심좌표와 현재위치와의 X축 및 Y축 거리(Dx, Dy)이고, V(Velocity)는 이동물체의 X축, Y축 상대 속도(Vx, Vy)이며, 출력은 스텝모터의 방향과 속도를 제어하는 드라이브단의 펄스신호의 주파수 값 F_{Pulse} 이다.

표 1. 퍼지 추론 규칙
Table. 1 The fuzzy inference rule

D V	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
NB					NB	NM	
NM					NM		
NS					NS	ZO	PM
ZO	NB	NM	NS	ZO	PS	PM	PB
PS	NM		ZO	PS			
PM					PM		
PB			PM	PB			

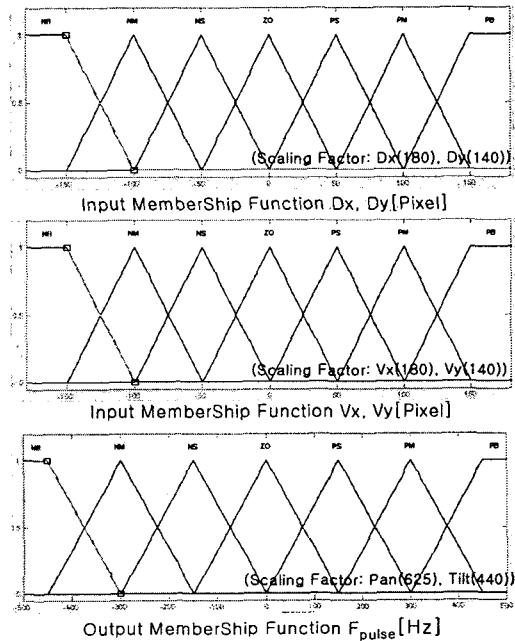


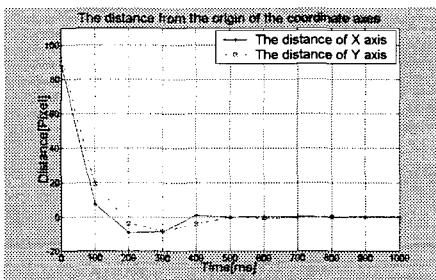
그림 8. 입력/출력 멤버십 함수
Fig. 8 The input/output membership function

표 1은 추론을 위한 퍼지 규칙이고 그림 8은 입력/출력 멤버십 함수를 나타내었다. 총 19개의 퍼지 규칙으로 구성되고, 추론 방법으로는 Mamdani의 Max-Min연산을 사용하였고, 크리스프(Crisp)한 출력값을 얻기 위한 비퍼지화 과정에는 무게 중심법을 이용한다. 입력 멤버십 함수의 입력 범위는 영상좌표의 X축과 Y축의 좌표 범위에 따라서 스케일링 계수(scaling factor)가 각각 적용되며, 출력 멤버십 함수의 출력 범위는 각각의 Pan/Tilt 스텝모터의 최대 이동위치에 따른 펄스신호의 최대 주파수 값으로 스케일링되어 실제 추론 시에 적용된다.

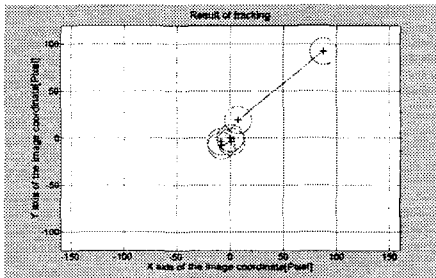
IV. 실험 및 결과

본 논문에서는 녹색 구면체를 이동 대상으로 설정하여 영상 처리 후 대상물체의 중심점을 파악하여 Pan/Tilt 카메라 모듈이 추적하도록 실험하였다.

대상 이동물체가 카메라의 중심점 영역을 벗어나면, 퍼지 제어기를 통해 새로운 제어 량을 얻어낸다. 이 값은 StrongArm을 통해서 80C196KC로 전달되고 이것은 Pan/Tilt 스텝모터를 움직이게 한다. 또한 StrongArm에서 호스트 PC에 TCP/IP를 통한 영상 및 데이터를 전송하여 각각의 실험 결과를 확인할 수 있도록 하였다.



(a) 영상 좌표의 중심점으로부터 대상물체의 거리
(a) The distance from the origin of the coordinate axes



(b) 추적 경로
(b) Trajectory following

그림 9. 대상 물체 추적 결과
Fig. 9 The result of target object tracking

먼저 이동 대상 물체와 카메라 사이의 거리를 1m로 고정 한 후 이동 대상 물체의 초기 좌표를 중심점에서 벗어나도록 설정하여 실험하였다.

그림 9는 대상물체의 영상 좌표 값을 영상의 샘플주기마다 획득하여 목표 좌표 값인 중심값(0, 0)으로 이동되어 가는 것을 확인한 결과 값이다. 그림 9-(a)는 영상 좌표의

중심점으로부터 대상물체의 거리를 나타낸 그림으로 대략 500~700ms 사이에 거의 중심점으로 이동된 것을 확인할 수 있었다. 또한 그림 9-(b)는 카메라의 추적 경로로써 큰 오차 없이 정확하게 중심점으로 대상물체가 이동되는 것을 확인할 수 있었다.

그림 10은 그림 9 실험 시에 대상물체의 추적 전(a)과 후(b)의 카메라에 의해 획득된 영상이다.

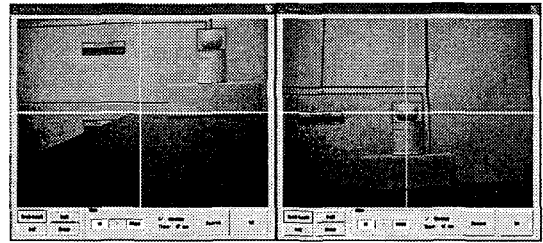


그림 10. Pan/tilt의 보상 전(a)후(b) 영상
Fig. 10 (a) and (b) Before and after a Pan/tilt movement

V. 결론

본 논문에서는 비전 시스템을 이용하여 대상물체의 색상과 형태를 파악한 후 퍼지 제어기를 이용하여 대상물체가 영상의 중심점에 위치하도록 실시간으로 물체를 추적할 수 있게 구성하였다.

제한된 시스템의 특징으로는 이후에 자율 이동 로봇에 적용하기 위한 방법으로 PC 기반이 아닌 임베디드 기반으로 시스템을 구현하기 위해 StrongArm 보드를 사용하였고, 또한 영상처리보드를 제작하여 비전 시스템을 구현하였다. 그리고 획득된 영상정보에 의해 대상물체를 인지하고 퍼지 제어 시스템을 구현하여 스텝모터의 속도를 제어하였다. 제한된 퍼지 제어기를 이용하였을 경우 카메라가 이동물체를 빠르고 안정적으로 물체를 추적할 수 있었다. 다만 빠르고 안정한 물체 추적을 위해서 퍼지 제어기 설계 시 퍼지 규칙과 임·출력 멤버십 함수의 스케일 계수를 설정하기가 쉽지 않았고 또한 카메라와 이동물체의 거리 가변 시에 추적 속도가 저하되는 현상이 발생하였다. 이러한 문제점은 본 논문에서 제한한 시스템을 자율 이동 로봇에 적용할 경우 대상물체는 2차원이 아닌 대

상물체의 거리가 가변되는 3차원 이동물체가 대상이 되었을 경우에 나타난다. 따라서, 초음파센서를 사용하거나 스테레오영상 처리를 통한 카메라와 대상 물체의 거리를 측정할 수 있는 시스템으로 확장하여 이동 물체의 공간상 좌표 및 예정 경로를 추정할 수 있도록 할 것이다. 그리고 퍼지 제어 시스템의 설계 시, 퍼지 규칙과 스케일 계수의 설정이 쉽지 않다. 또한 3차원 대상 물체의 거리 가변 시에는 퍼지 규칙 및 스케일 계수가 최적 값으로 변경될 수 있도록 인공지능형 알고리즘인 신경회로망이나 유전 알고리즘을 사용한 하이브리드형 퍼지 제어 시스템으로 설계되어야 할 것이다.

참고문헌

- [1] Milan Sonka, Vaclav Hlavac, Roger Boyer, "Image Processing, Analysis and Machine vision", Champ-man & Hall. Computing, 1993.
- [2] Don Murry, Anup Basu, "Motion Tracking With an Active Camera", IEEE Transaction on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.16, no.5, 1994.
- [3] R. M. Inigo, E. S. Mcvey, B. J. Berger, M. J. Wirtz, "Machine vision applied to vehicle guidance", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.6, pp820-826, 1984.
- [4] Anup Basu and Kavita Ravi, "Active Camera Calibration Using Pan, Tilt and Roll", IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, vol.27, No.3, pp559-566, JUNE 1997.
- [5] Jie Wei, Ze-Nian Li, "On Active Camera Control and Camera Motion Recovery with Foveate Wavelet Transform", IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, vol.23, no.8, pp896-903, August 2001.
- [6] Jae-Hyun Lee, Sang-Bae Lee, "Implementation of an intelligent digital switchboard system", Engineering Applications of Artificial Intelligence, vol 15, pp465-477, 2002.
- [7] de Silva, C.W., "Intelligent Machines", CRC press, 2000.
- [8] 김관형, 강성인, 이태오, "신경회로망을 이용한 지능형 가공 시스템 제어기 구현", 한국해양정보통신학회 논문지 Vol 8, pp1135-1141, 2004.

저자소개



김 관 형(Gwan-Hyung Kim)

2001년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
2000년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사

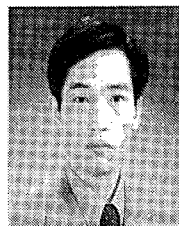
※ 관심분야: 최적제어, 인공지능, 반도체 설계



강 성 인(Sung-In Kang)

2004년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
2000년~현재 동명대학교 컴퓨터공학과 전임강사

※ 관심분야: 인공지능, 신호처리, 임베디드 시스템



이 재 현(Jae-Hyun Lee)

2003년 한국해양대학교 전자통신공학과 공학박사
2000년~현재 동명대학 모바일웹마스터과 전임강사

※ 관심분야: 인공지능, 원격제어, 시스템 프로그래밍