

論文

컬러 정보를 이용한 무인항공기에서 실시간 이동 객체의 카메라 추적

홍승범*

The Camera Tracking of Real-Time Moving Object on UAV Using the Color Information

Seung-Beom Hong*

ABSTRACT

This paper proposes the real-time moving object tracking system UAV using color information. Case of object tracking, it have studied to recognizing the moving object or moving multiple objects on the fixed camera. And it has recognized the object in the complex background environment. But, this paper implements the moving object tracking system using the pan/tilt function of the camera after the object's region extraction. To do this tracking system, firstly, it detects the moving object of RGB/HSI color model and obtains the object coordination in acquired image using the compact boundary box. Secondly, the camera origin coordination aligns to object's top&left coordination in compact boundary box. And it tracks the moving object using the pan/tilt function of camera. It is implemented by the Labview 8.6 and NI Vision Builder AI of National Instrument co. It shows the good performance of camera trace in laboratory environment.

Key Words : Object Tracking(객체 추적), UAV(무인 항공기), Camera Tracking(카메라 추적), Computer Vision(컴퓨터 비전), LabVIEW

1. 서 론

최근 인간과 컴퓨터 사이의 인간의 생각이나 감정 그리고 의사 표현을 공유하여 상호 작용하는 HCI(Human Computer Interaction) 그리고 HRI(Human Robot Interaction) 등에 많은 관심을 가지고 있다. 로봇이나 컴퓨터에서 다양한 인간의 의사 및 행위를 인식하기 위해서 카메라 혹은 초음파 등을 이용한 비전(vision) 기술이 활용되고 있다[1]. 또한 로봇항공기 혹은 무인항공기

(UAV, Unmanned Aerial Vehicle)의 경우, 적의 위치나 지형정찰 및 목표물을 탐지하거나 산불, 화재나 배관 감시 등을 위한 비전 기술이 많이 활용되고 있으며 연구도 많이 진행되고 있다[2].

무인항공기는 외부 조종사에 의해 비행하거나 탑재된 컴퓨터에 의해 자율 비행이 가능한 시스템으로 여러 종류의 센서들이 사용된다. 무인항공기는 위치파악을 위한 GPS 장치, 자세제어를 위한 INS 장치 혹은 GYRO 장치, 그리고 물체 추적이나 충돌 회피, 장애물 감지 등을 위한 시각 센서로 구성된다.

무인 항공기의 시각 시스템은 실시간으로 영상을 취득하고, 취득된 영상 데이터를 실시간으로 처리하여 영상으로부터 물체의 크기, 위치 그리고 색깔 등의 정보를 분석하여 물체를 인지하며 이를 통해 자율비행 분야, 사용자 의도 및 행위 인식 분야에까지 이용될 수 있다. 고가의 무

2010년 5월 20일 접수 ~ 2010년 6월 15일 심사완료

* 한서대학교 항공전자시뮬레이션학과

연락처, E-mail : sbhong@hanseo.ac.kr

충남 태안군 남면 신은리 한서대학교 태안비행장

인항공기인 경우 짐벌(gimbal)과 실시간 영상처리 탑재 장비를 이용하여 해결할 수 있지만, 저가 무인 항공기의 특성상 비행 중 진동이 심해 깨끗한 화질의 영상 정보를 습득하기가 어려운 문제점을 가지고 있다. 따라서 무인항공기에 실시간으로 이동 객체를 인식하는 기술과 카메라 추적의 기술이 활발히 연구되고 있다.

기존의 이동 객체 추적방식으로는 차영상을 이용한 기법, 모델 기반 기법, 상관관계를 이용한 기법, 그리고 특징 벡터를 이용한 기법 등이 있다. 차영상 기법은 배경의 변화에 민감한 단점이 있고, 모델 기법은 정해진 모델과 정합하는 기법으로 객체가 흔들리고 객체 속도가 일정하지 않은 경우 적합하지 않다. 상관관계 기법은 참조영상과 비교 영상을 통해 이동 물체를 추적하는 기법으로 연산량이 많은 문제점을 가진다[3][4]. 그리고 특징 벡터 기법의 경우[1], 컬러 정보, 1차 특징 벡터(KLT 알고리즘), 그리고 2차 특징 벡터(snake 알고리즘)를 이용한 복잡한 배경 환경에서 강인한 이동 물체 추적 알고리즘에 뛰어난 장점을 가지고 있다. 하지만 카메라가 고정된 상황에서만 제안되어 있어 무인기 적용에 어려움이 있다.

본 논문에서 무인항공기에 장착된 카메라를 통하여 객체를 인식하고 카메라의 pan/tilt기능으로 객체를 추적하는 알고리즘을 제안한다. 제안한 방법은 빛의 변화에 대한 물체 인식과 이동 물체에 대한 특징 벡터 또는 특징 영역을 고려하여 컬러 정보의 문제점을 해결하였고, 실시간으로 추적하기 위해 영상에서 인식된 객체의 좌표와 카메라 좌표를 일치시켜 연속적인 추적 방법을 고안하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서 제안한 이동물체 추적 알고리즘을 설명하고, 3장에서 알고리즘 구현과 실험을 수행과 실험에 대한 검토하고 마지막 장에서 결론을 맺는다.

II. 이동객체 추적 시스템

본 논문에서 제안한 시스템은 Fig. 1과 같이 실시간으로 습득한 영상에서 객체를 추출한 후 이동물체의 검출하고 추적 알고리즘을 제안한다.

본 논문의 실시간 이동객체 추적을 위해 본 논문에서는 크게 세 단계로 구성한다. 첫째로 RGB와 HSI 모델에서 컬러 정보를 통한 객체 추출을 수행한다. 둘째로 추출된 컬러에서 객체 영역 추출과 무게 중심법을 이용한 객체 중심 좌표를

추출한다. 마지막 단계로 좌표 중심값과 카메라 중심 좌표를 일치시켜 객체의 움직임에 따라 카메라가 추적하도록 한다. 객체를 추적에 실패한 상황이나 역광으로 인한 객체 인식되지 않은 상황, 그리고 카메라 시각에서 물체가 사라진 경우가 발생하였을 때 카메라는 초기 설정된 위치로 이동하도록 하였다.

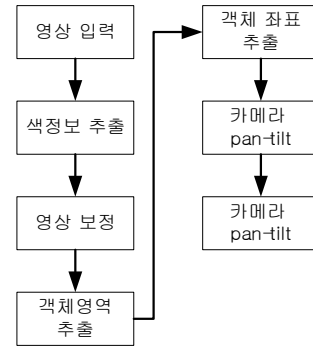


Fig. 1 제안된 이동객체 추적 시스템

2.1 RGB와 HSI 컬러 모델

객체 정보를 추출하기 위해서 본 논문에서는 컬러 정보를 이용한다. 컬러 정보는 컬러 모델을 이용하게 되는데, 대표적으로 RGB 모델, HSI 모델, YCbCr 모델 등이 많은 종류의 컬러 모델이 있으며, 본 논문에서는 RGB 모델과 HSI 모델을 사용한다[1][5].

RGB 모델은 3차원 직각 좌표 시스템으로 빛의 삼원색인 빨강, 초록, 파랑을 이용하여 색을 표현한 모델로 Fig. 2와 같다.

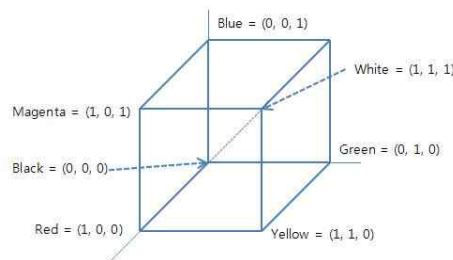


Fig. 2 RGB 모델

Fig. 2와 같이 3차원 좌표공간의 x, y, z축에 각각 R, G, B 성분을 대입하며 (0, 0, 0)에 검정색이, (1, 1, 1)에는 흰색이 있는 정육면체가 된다. RGB 모델은 카메라로 입력 받은 영상을 RGB 모델로 표준화된(normalized) 하는 효과도

있지만, 조명에 따라 색상이 변하는 문제점을 보완하기 위해 사용한다[6].

HSI 컬러 모델은 색을 인식하는 속성인 색상(Hue), 채도(Saturation) 그리고 밝기(Intensity) 성분을 별도로 분할하여 사용할 수 있다. HSI 컬러 모델은 Fig. 3과 같이 원뿔 모양의 좌표계로 표현된다. 색상은 0도에서 360도사이의 각도로 표현된다. 채도는 0에서 1까지의 값을 가지며 원뿔 중심으로부터의 수평거리로 표현된다. 명도는 세로축에 해당하며 가장 아래쪽이 명도 0인 검정색을 나타내고 명도 1인 흰색을 나타낸다.

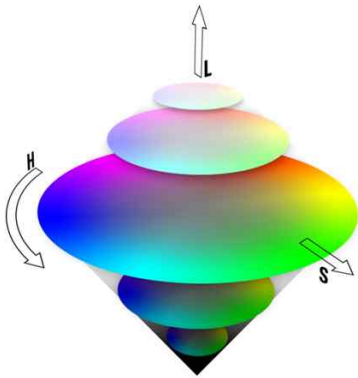


Fig. 3 HSI 모델

HSI 모델은 RGB 컬러 모델보다 조명에 덜 민감하기 때문에 조명뿐만 아니라 빛의 갑작스러운 변화에도 강인함을 갖는다. 즉, 색상과 채도에 영향을 주지 않으면서 밝기 정보만을 변화시킬 수 있기 때문에 HSI 모델을 사용하게 된다.

색 정보를 통한 목표물 추적 시에 조명에 따라 색상이 변하는 문제점이 발생한다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 표준화된(normalized) RGB 모델을 이용한다. RGB 모델과 HSI 모델은 수식 1과 같이 표준화된 RGB 모델을 수식 2의 HSI 변환 공식을 이용하여 적합한 색을 사용한다.

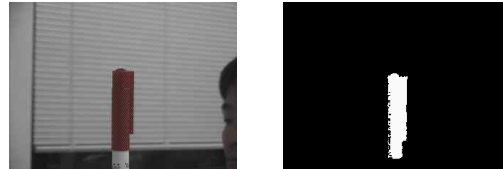
$$N_i = \frac{i}{R+G+B}, \quad i = R, G, B \quad (1)$$

$$\begin{aligned} I &= \frac{1}{3} \{N_R + N_G + N_B\} \\ \text{if, } N_B > N_G \quad H &= 360^\circ - H \\ S &= 1 - \frac{3}{N_R + N_G + N_B} [\min(N_R, N_G, N_B)] \\ H &= \cos^{-1} \left[\frac{\frac{1}{2} [(N_R - N_G) + (N_R - N_B)]}{\sqrt{(N_R - N_G)^2 + (N_R - N_B)(N_G - N_B)}} \right] \end{aligned} \quad (2)$$

본 논문에서는 단일 색상인 적색을 추적하도록 하였다. 따라서 HSI의 밝기(I) 정보와 RGB모델에서 G와 B 성분을 제거한 후 밝기 신호에 합성하여 적색 성분을 추출하였다. 수식 3과 같다.

$$O_r = I + \{N_R - N_G - N_B\} \quad (3)$$

여기서, O_r 은 적색 객체를 의미하고, N_R , N_G , N_B 는 표준화된 RGB 성분이다.



(a) 입력 영상 (b) 적색 검출

Fig. 4 객체 검출

Fig. 4는 카메라를 통하여 얻어진 입력 영상에서 추적하기 위한 객체 인식하는 부분으로 적색 부분을 나타낸 것이다. Fig. 4에서 적색 부분을 이진 영상으로 표현한 것이다. 습득된 영상은 그레이 레벨로 대략 10이상의 값을 갖고 있어 배경과 객체 부분을 나누어서 표현하였다.

2.2 영상 보정

앞에서 얻어진 결과는 HSI 모델의 명암도 영상이다. 이 영상은 실험 조명 혹은 유사한 색 등의 잡음이 그대로 남아 있다. 따라서 객체를 정확히 얻기 위해서 잡음을 제거하고 객체내의 조명의 반사에 의해 발생하는 흔들을 제거하는 작업이 필요하다.

잡음을 제거하기 위해 그레이 스케일 모폴로지(Closing) 작업을 수행한다. Closing 작업은 영상의 비어 있는 작은 공간들을 채워주는 효과가 있다. 즉, 조명의 반사에 의해 생긴 객체의 빈 공간을 채워주기 위해서 사용한다.

그레이 스케일 모폴로지[5]는 이진 모폴로지를 확장한 개념으로 이진 모폴로지와 동일하게 팽창(Dilation)과 침식(Erosion)을 활용한다. 그레이 영상에서는 화소의 이웃들의 최소값과 최대값으로 정의한다. 그레이 영상 팽창과 확장의 정의는 식 4와 5와 같다.

$$(f \oplus b)(x, y) = \max\{f(x-x', y-y') + b(x', y') \mid (x', y') \in D_b\} \quad (4)$$

$$(f \ominus b)(x, y) = \max\{f(x+x', y+y') - b(x', y') \mid (x', y') \in D_b\} \quad (5)$$

여기서, D_b 는 3 X 3 도메인이며, $f(x,y)$ 는 f 의 도메인 바깥에서 $-\infty$ 와 같다고 가정한다.

그레이 스케일 닫기는 수식 5와 같이 정의된다.

$$f \cdot b = (f \oplus b) \ominus b \quad (5)$$



(a) 객체 검출 (b) 영상 보정
Fig. 5 모폴로지 닫힘을 실행한 결과

Fig. 5는 객체내에 존재하는 홀을 제거하기 위해 모핑 기법중 닫힘(closeing)를 사용하였다. Fig. 5는 이진 영상으로 나타내었다. 검출된 영상은 객체 부분이 흰색으로 영상에서 불필요한 영역을 제거하기 위해 모폴로지 기법을 이용하였다.

2.3 영상내의 객체 추출

영상 내에서 객체를 추적하기 위해서 앞의 절에서 배경과 객체를 분리하였으며 분리된 객체의 좌표와 중심 좌표를 카메라에 제공해 카메라 추적을 실행하게 된다.

영상에서 객체의 좌표를 얻기 위해서 본 논문에서는 객체의 밝기를 255로 설정한다. 그리고 영상 내에서 객체 이외의 잡음에 따른 객체들이 존재하게 되므로 레이블링(Labeling) 기법을 통하여 잡음을 제거하였다. 본 논문에서는 8-인접 연결(8-neighbor connection)로 객체를 인식하였다[5].

그리고 영상에서 객체의 좌표를 얻기 위해서 최소 경계선 박스(compact boundary box)를 지정과 객체의 무게 중심과 좌측 상단좌표를 Fig. 6과 같이 구한다. 무게 중심법은 수식 6과 같다.

$$X = \sum \frac{\text{객체내 } x\text{모든좌표}}{B} \quad (6)$$

$$Y = \sum \frac{\text{객체내 } y\text{모든좌표}}{B}$$

여기서, B는 객체에 포함된 전체 픽셀들의 좌표를 의미한다.

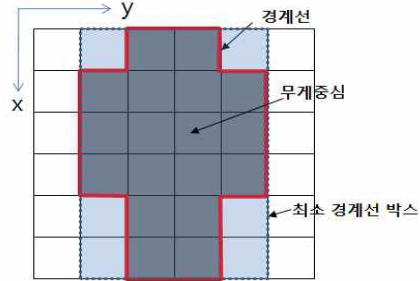


Fig. 6 객체의 경계선과 최소경계선박스

Fig. 6과 같이 객체가 존재한다면, 영상에 존재하는 모든 픽셀을 포함하는 상하좌우 객체 테두리를 통하여 최소 경계선 박스를 설정하게 된다. 그리고 객체 top&left의 좌표를 영상 좌표로 설정하고, 수식 6과 같이 객체의 중심 좌표값을 지정한다. 객체가 조명 등에 의해 반사가 발생하게 되면, 객체 내에 홀(hole)들이 발생하거나 긴 막대와 같은 현상이 발생하게 되므로 홀 채움을 통하여 객체의 분리를 방지하였다.



(a) 영상 보정 (b) 객체 추출
Fig. 7 객체 추출 결과

Fig. 7은 영상내의 ROI(Region of Interest)부분만을 검출하여 객체를 인식하는 부분이며, 객체를 포함하는 최소 경계선 박스와 레이블링 결과를 원영상에 오버랩(overlap)한 결과를 나타내었고, 중심에 객체의 중심점을 표시하였다.

2.4 객체 추적

실시간으로 객체를 인식하고 객체의 좌표를 인식하여 카메라로 추적하는 시스템을 제안한다. 앞 절에서 얻어진 각 객체의 top&left 좌표를 카메라의 중심 좌표와 일치하여 물체를 추적한다. 객체 추적 시스템 형태는 Fig. 8과 같다.

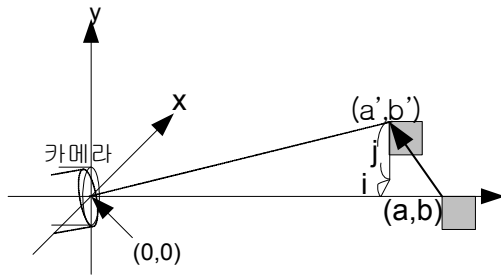


Fig. 8 객체 추적 시스템

Fig. 8과 같이 객체의 top&left 좌표를 (a, b)이고, 카메라의 중심 좌표는 (0,0)이라고 가정한다. 객체가 (a', b')로 이동했다면, 영상내의 변경된 (a', b')와 중심 좌표가 일치하도록 카메라를 움직이게 한다. 만약 i와 j만큼 pan/tilt가 이루어졌다면, 변화된 만큼 카메라를 이동된다. 카메라 중심 좌표와 객체 top&left가 일치할 때까지 움직인 후 정지한다.

카메라에 대한 동작을 자세하게 살펴보면, pan의 동작 범위는 최대 -100도에서 100도 사이로 각속도는 최소 2.0에서 최대 300 deg/sec로 동작하며 tilt의 동작 범위는 최대 -25도에서 25도 사이로 각속도는 최대 2.0에서 125 deg/sec로 동작한다. 각 각속도는 팬의 경우 01h부터 18h까지 18단계로 구분하였고, 틸트의 경우 01h부터 14h까지 14단계로 구분하고 있다. 본 논문에서는 09h로 팬과 틸트의 각속도는 11 deg/sec로 사용하였다[7].

카메라의 동작 특성상 표 1과 같이 카메라가 정면을 중심으로 상하좌우로 다른 명령하도록 하였다.

Table 1. 카메라 명령 패킷

명령	명령 패킷	비고
Up	81010601 VV WW 0301FF	VV: 팬속도 (0-18)
Down	81010601 VV WW 0302FF	
Left	81010601 VV WW 0103FF	WW: 틸트속도 (0-14)
Right	81010601 VV WW 0203FF	
Stop	81010601 VV WW 0303FF	
Home	81 01 06 04 FF	

따라서 표 2와 같이 객체의 좌표에 따라 pan/tilt 명령을 수행하도록 하였다. 따라서 카메라 초기값은 Home으로 정면으로 설정한 후 영상 좌표에 따라 상하좌우 동작이 되도록 하였다.

Table 2. 카메라 추적 파라미터 설정

카메라	각도	명령
Pan	0	Home
	$1 \leq \alpha < 309$	Left
	$310 \leq \alpha < 330$	Stop
	$331 \leq \alpha < 339$	Right
tilt	0	Home
	$1 \leq \beta < 219$	UP
	$220 \leq \beta < 240$	STOP
	$241 \leq \beta < 464$	DOWN

여기서, α 는 x축상의 pan 각도이며, β 는 y축상의 tilt각도이다.

III. 실험 및 검토

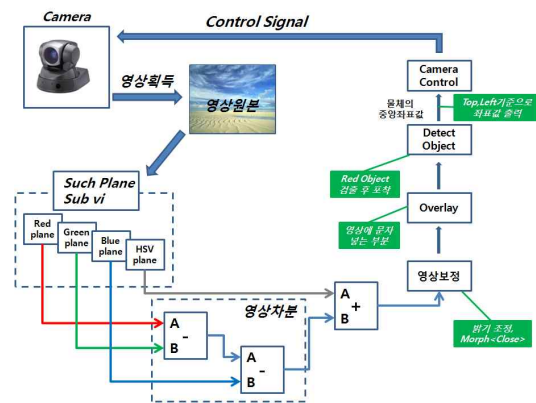


Fig. 9 이동 객체 추적 시스템

컬러 정보를 이용하여 이동 객체 추적을 위해서 Fig. 9와 같이 전체 시스템을 구성하였다. 이동 객체 추적 시스템을 구현하기 위해 팬티엄 4 3.4GHz, 2G 메모리를 이용하였다. 본 논문에서 사용한 CCD 카메라는 Sony EVI-D100로 380,000 픽셀의 고해상도 장비로 고속의 팬/틸트 (pan/tilt) 동작과 줌 감소 기능을 갖고 있다. 영상 보드는 NI(National Instrument)사의 PCI-1411로 1컬러 채널 또는 흑백 이미지 수집 보드로 실시간 온보드 타입이다. 개발 프로그램은 LabVIEW 8.6과 NI Vision Builder AI로 구현하였다. 여기서, NI Vision Builder AI는 영상 처리 및 컴퓨터 비전 전용 처리 프로그램으로 객체 인식, 거리 연산 그리고 영상 보정 등을 수행하는 프로그램이다.

카메라와 컴퓨터사이의 연결은 시리얼 케이블 방식으로 마우스나 키보드에서 사용되는 주변 장치(peripheral device)인 VISCA방식을 사용하며,

컴퓨터 쪽에는 RS-232C와 연결된다. RS-232C 통신 설정은 9600bps, 데이터 비트는 8 비트, 시작 비트 1 비트, 정지 비트는 1비트로 사용하며 패리티 검사는 수행하지 않는다. 그리고 MSB 가 먼저 전달된다.

실험 환경은 역광이 발생하지 않는 실험실에서 실내 조명하에서 실시하였고, 객체는 반사가 발생하지 않은 재질(종이)로 객체를 설정하였다. 영상 크기는 640x480 24bit 컬러 영상을 초당 30 프레임으로 영상을 습득하였다.

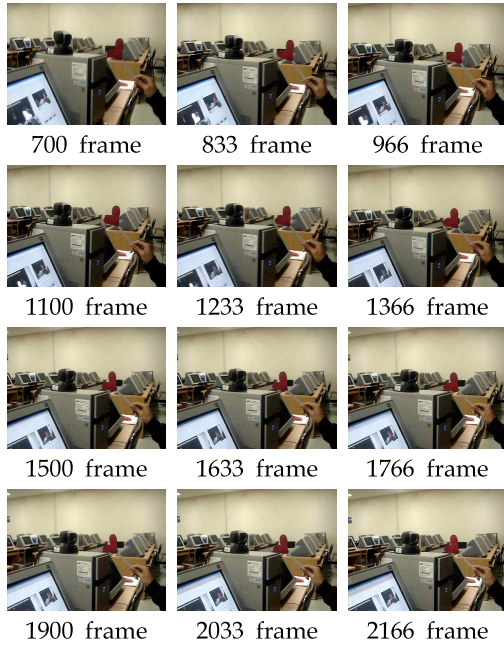


Fig. 10 카메라 추적 시스템 동작 예

본 실험에서는 물체의 색상을 이용하여 객체를 실시간으로 추적하는 시스템을 제작하였다. Fig. 10은 이동 객체 추적 시스템의 동작의 예이다. 주어진 조건하에서 객체 추적에 우수한 성능을 발휘하였다.

또한, 빨간색 볼펜과 같은 반사가 발생하는 객체의 경우 top&left와 중심 좌표값이 조명에 의해 많은 변화가 발생하여 카메라가 심하게 변화하는 현상이 발생하였다.

또한, 제안된 카메라 추적 알고리즘은 예측 기법을 추가하지 않았기 때문에 객체의 빠른 이동이 있을 경우에 객체를 추적에 실패하였다. 또한, 조명의 급격한 변화가 있을 경우, 갑자기 밝아지거나 어두워지는 경우가 발생하면 추적에 실패하였다.

IV. 결 론

본 논문은 실시간으로 컬러 정보를 이용하여 이동 객체를 추적하는 카메라 추적 시스템을 제안하였다. 본 논문은 무인기에서 지상의 객체를 이동 중에 인식하기 위한 추적 알고리즘을 고안한 것이다.

기존의 무인 항공기나 카메라를 통한 객체를 인식하는 방법은 영상내에서 목표 객체(target)의 패턴(pattern)을 사용자가 지정하고 지정된 패턴의 특징인 밝기 평균, 분산, 모양 그리고 모델 형태를 지정하여 객체를 인식하거나 외부 조종사에 의한 카메라 제어를 통하여 영상 취득을 수행한다. 전자의 경우 패턴 매칭에 의해 영상을 검색하여 유사한 형태를 검색하므로 물체를 인식한다. 따라서 영상내에서 패턴을 찾기 위한 많은 연산량이 필요한 문제점을 가지고 있다.

본 논문에서는 컬러 정보를 추출하여 영상 검색을 수행하지 않도록 하였고 패턴 매칭보다 연산량이 상대적으로 적으므로 고가의 비전 보드나 보조연산 장치가 필요하지 않은 장점이 있다.

제안한 컬러 정보를 추출하기 위해 RGB 모델과 HSI 모델을 이용하여 추적 대상 객체 컬러를 지정하였고, 객체내의 잡음을 제거하기 위한 모핑 기법을 사용하였다. 또한 영상내의 객체 좌표를 얻기 위해 8 이웃 연결기법에 따라 객체의 테두리를 구하고, 최소 경계선 박스를 획득하여 top&left 좌표와 중심 좌표를 구하였다. 그리고 top&left 좌표와 영상 좌표를 연결하여 이동 객체를 추적하였다. 그리고 실험실내에서 제안된 환경 내에서 실험을 실시하였으며 우수한 성능을 발휘하였다.

하지만, 조명에 따른 반사광으로 인한 객체 top&left 좌표가 변하는 현상에 따라 카메라의 흔들림 현상이 발생하였고, 객체의 빠른 이동이 있을 때 추적이 불가능한 문제점을 가지고 있다. 따라서 컬러 객체를 인식한 후 빛의 영향을 최소화 할 수 있는 모델 기반 기법과 객체 특징점 추출 기법등으로 보완하여 그 성능을 높일 계획이다. 또한 객체의 빠른 이동의 경우 예측기법을 추가하므로 성능을 향상시킬 계획이다.

후 기

“이 논문은 2007년도 한서대학교 교비 학술연구지원 사업에 의하여 연구되었음”

참고문헌

- 1) 김세진, 주영훈, "Particle filter를 이용한 이동 물체 추적 알고리즘," *한국지능시스템학회 논문지*, Vol. 19, No 4. pp. 586-591, 2009.
- 2) 구자혁, 강정일, 김지은, 홍승범, "칼러 정보를 이용한 동적 물체 추적," *한국항공학회 추계 학술대회*, pp.19~29, 2009.
- 3) 오훈걸, 이형진, 백중환, "움직임 예측을 d 용한 무인항공기 영상에서의 이동 객체 추적," *한국항공학회 논문지 제 10권 제 4호*, pp. 400-405, 2006.
- 4) 임용호, 백중환, 황수찬, "퍼지 예측을 이용한 이동물체 추적," *한국항공학회 논문지 제 5권 제 1호*, pp. 26-36, 2001.
- 5) 유현중, 김태우 공역, *Matlab을 이용한 디지털 영상처리*, ITC, 2004.
- 6) NI, *LabVIEW Machine Vision and Image Processing Course Manual*, 2006.
- 7) SONY, *Color Video Camera Technical Manual*, 2001.