

# 공중 무인감시 카메라의 이동물체 인식 및 추적에 관한 연구

박종오<sup>†</sup>, 김영민<sup>††</sup>, 이종극<sup>†††</sup>

## 요 약

디지털화된 영상정보는 인간의 시각적인 능력을 대신하거나 보조하는 등 다양한 용도로 이용되고 있다. 재난, 위험요소, 감시등의 목적으로 많은 무인 감시카메라가 사용되고 있으나, 대부분 인간의 시각에 의존한 인식을 통해 추적감시가 행하여지고 있다. 본 연구에서는 특정 물체에 대한 정보가 주어지면 무인 공중카메라가 물체인식과 위치추적을 자율적으로 수행할 수 있도록 하는데 있다. 이러한 목적을 달성하기위해서 물체의 이동에 따른 형태의 변화와 빛의 굴절, 간섭, 산란 등으로 인한 색상, 명도 정보의 변화와 그리고 날씨와 같은 환경적 요인 등에 의해 발생되는 잡음과 같은 많은 문제점들을 해결해야한다. 그러나 본 연구에서는 공중무인감시 카메라를 사용하여 첫번째 단계로 단순화된 주변 환경에서 물체 인식 및 위치추적에 대한 연구와 실험을 통해 목표를 이루고자한다. 실험을 통해 구현된 물체의 위치인식과 추적이 잘 수행되어 졌다.

## A Study on Moving Object Recognition and Tracking in Unmanned Aerial Camera

Jong-Oh Park<sup>†</sup>, Young-Min Kim<sup>††</sup>, Jong Keuk Lee<sup>†††</sup>

## ABSTRACT

Digitalized Image Information is variously used like to substitute or help human's visual ability. Unmanned observation Camera is useful for the preventing disaster, risk factor and object observation but it is mostly to depend on awareness for human's vision. The purpose of this paper is to show that Unmanned Aerial Camera carries out object recognition and autonomous position tracking. when the informations about a specific object are given. For this purpose, we have to solve complicated problems like change according to object movement and variation of color and brightness information with refraction, interference and scattering of light and noise from environmental factors like weather. But, as the first step we limit the scope of this study with simplified environment in this paper. Our goal is the study and experience about object recognition and tracking via simplified environment with unmanned aerial camera. We obtained successful results of this study and experiment.

**Key words:** Unmanned Aerial Camera(공중 무인감시 카메라), object recognition and tracking(물체인식 및 추적)

\* 교신 저자(Corresponding Author) : 이종극, 주소 : 부산광역시 진구 가야동 산24 공과대학 컴퓨터공학과(614-714), 전화 : 051)890-1708, FAX : 051)890-2629, E-mail : jklee@deu.ac.kr

접수일 : 2010년 2월 24일, 수정일 : 2010년 4월 21일  
완료일 : 2010년 5월 7일

<sup>†</sup> 동아대학교 전자공학과 겸임교수

(E-mail : g9672291@donga.ac.kr)

<sup>††</sup> 준희원, 동아대학교 전자공학과

(E-mail : kym1943@nate.com)

<sup>†††</sup> 종신희원, 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

\* 이 논문은 2008학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음 (과제번호 2008AA177)

## 1. 서 론

이동하는 물체의 위치를 식별하고 추적하는 방법으로는 높은 전자기파를 이용하는 Radar장치, 음파를 이용한 Sonar장치 등이 일반적으로 많이 사용되고 있다. Radar는 연속된 고주파 펄스를 공간에 방출한 뒤 물체로부터 반사되어 되돌아오는 신호를 검출하여 시간을 측정하고, 측정된 시간으로 물체의 거리 및 속도를 알 수 있다. 그리고 반사된 펄스신호를 조합하여 대략의 형체를 확인 할 수 있다[1,2]. Sonar의 경우는 사용하는 환경이 수중이지만, Radar와 같은 원리를 사용하여 물체를 인식하거나 거리, 방향, 속도 등의 정보를 얻을 수 있다.

이들과 달리 디지털 영상은 보다 많은 다양한 정보를 지니고 있어서 비행물체의 항법과 제어, 물체검출과 식별, 장애물회피, 우주선의 도킹, 자동차의 자율주행 등 다양하게 응용되고 있다. UAV(무인항공기)와 같은 비행체들은 소형 고성능의 카메라를 탑재하여 공중에서 지상의 시설물들을 감시, 교통 모니터링, 재난상황, 탐색과 구조, 이동물체의 위치를 추적하는 등의 다양한 활동을 영상정보를 통해 수행하고 있다.

본 연구에서는 디지털영상을 이용하여 이동하는 물체의 식별과 거리 및 위치정보를 구하기 위한 것이다. 디지털 영상을 이용하여 사물을 인식하고 위치추적을 하는 유사한 연구들을 살펴보면, GPS와 같은 항법장치를 사용하지 않고 컴퓨터 영상을 기반으로 하여 UAV가 차선이나 도로를 실시간으로 인식하고 위치추적하면서 비행을 하는 연구와 실험이 행하여 졌으며, 사용한 알고리즘은 Bayesian pixel classification, Connect-component analysis, Hough 변환 등을 사용하였다[3]. 유사하게 인공 표식을 이용하여 목표물의 위치를 추종하는 방법에 대한 연구가 이루어 졌다[4]. 자동차의 주차를 컴퓨터 영상과 퍼지제어 이론을 적용하여 자율적으로 수행하도록 하는 연구가 수행되어졌다[5,6]. 또한 배경과 물체의 분리를 위해 Wavelet 변환을 사용하고 물체의 추적을 위해 물체의 궤적정보를 이용하는 등의 연구가 행하여지고 있다[7].

## 2. 디지털 영상을 이용한 물체의 위치 추정

다양한 환경에서의 영상을 통한 물체의 식별은 해결해야 될 많은 문제를 지니고 있다. 본 연구에서는 단순화된 배경에서 움직이는 물체의 거리 및 위치

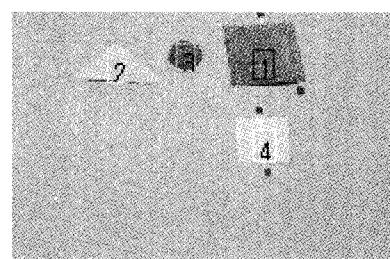
정보를 획득하는데 있으며, 다양한 환경에 대하여는 향후 지속적인 연구를 통하여 해결 하고자 한다.

### 2.1 물체 인식을 위한 영상처리

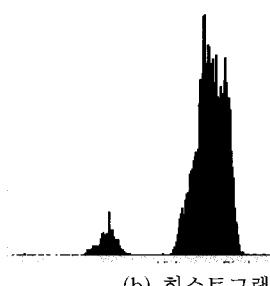
카메라로부터 입력된 영상은 RGB 모델이므로 특정 물체를 검출하기 위해서는 색상정보를 이용하는 것 보다 명암도 영상인 GRAY영상으로 변환하여 사용하는 것이 빛의 반사, 왜곡, 산란 등으로부터 보다 안정적이다.

따라서 본 연구에서는 배경과 물체를 구분하기 위하여 RGB 영상을 명암도 영상으로 변환하고, 영상의 명암대비(Contrast)정도가 가급적 다중모달 특성이 잘 드러나도록 히스토그램평활화(histogram equalization) 알고리즘에 의한 영상의 명암대비 정도를 향상시켰다. 영상의 밝기 변화에 따른 안정적인 명암도 영상을 얻기 위하여 히스토그램 스트래칭 기법과 카메라에 내장된 센서에 의한 자동 밝기 조절기능을 사용하였다. 특정 물체를 검출하기 위한 기법으로서 이진화(Binary)를 사용하였다. 이진화 영상처리 기법은 영상내의 구조적인 정보, 배경과 물체의 분리, 영상 데이터의 압축 등 다양하게 활용된다.

그림 1은 명암비가 배경과 서로 다른 물체에 대한 원 영상과 히스토그램을 나타낸 것이다.



(a) 물체의 원영상

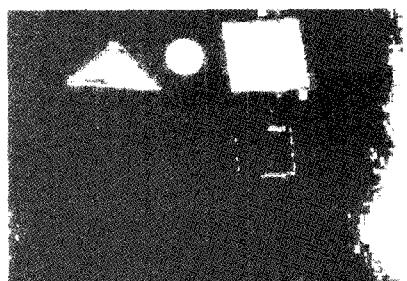


(b) 히스토그램

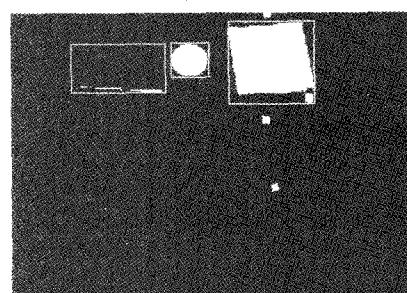
그림 1. 물체의 원영상 및 히스토그램

그림 2는 원영상에 히스토그램평활화 및 배경은 “0”으로 물체는 “1”이 되도록 이진화를 실시간 수행한 실험결과를 나타낸 것이다. (a) 그림은 단일 임계치에 의한 이진화 및 라벨링을 수행한 영상이며, 배경보다 밝은 4번 물체는 잘 인식이 되지 않음을 알 수 있다. 우측 세로 부분은 빛의 산란에 의한 잡음이다.

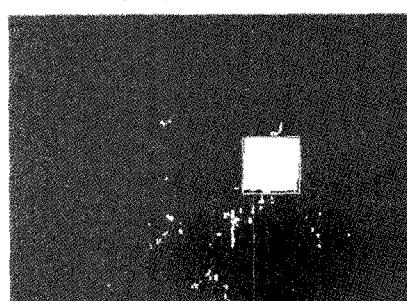
(b)는 물체 1, 2, 3을 인식한 영상으로 배경보다 어두운 물체를이며, (c)는 배경보다 밝은 물체를 인식한 영상을 나타낸 것이다. 배경보다 밝은 물체는 배경을 물체로 하고 물체를 배경으로 하여 인식하도록 하였다. 개별 물체에 대한 인식은 라벨링 기법을 이용하여 검출하였다. 이 방법을 사용함으로써 개별 물체는 전체 영상과는 독립된 좌표를 지니게 된다.



(a) 이진화 영상



(b) 이진화를 통한 물체 인식



(c) 이진화 통한 물체인식

그림 2. 명암도 영상 이진화 및 물체 인식

디지털 영상에서 검출된 물체의 중심위치를 추정하는 경우 물체 영역의 면적 중심을 이용하여 구하는 것이 편리하다. 그 이유는 물체영역의 중심은 점이므로 상대적으로 잡음에 덜 민감하기 때문이다. 이진영상에서 물체의 영역을 A라고 하면 다음 식(1)과 같이 나타낼 수 있다.

$$A = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B[i, j] \quad (1)$$

여기서,  $B[i, j]$ 는 물체의 영상 평면내의 화소(Pixel)의 위치좌표이다. 식(1)로부터 물체의 위치는 다음 식(2)와 같이 표현되어진다.

$$\begin{aligned} \bar{u} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i B[i, j] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j B[i, j] \\ \bar{v} &= \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i^2 B[i, j] = \sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i B[i, j] \end{aligned} \quad (2)$$

식(2)의 좌변에서  $\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m B[i, j] = A$  면적 이므로 영상평면 내부 물체의 화소의 위치좌표  $\bar{u}, \bar{v}$ 에 대하여 다시 정리하면 식(3)과 같이 물체의 평균 중심위치 좌표를 구할 수 있다.

$$\begin{aligned} \bar{u} &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m j B[i, j]}{A} \\ \bar{v} &= \frac{\sum_{i=1}^n \sum_{j=1}^m i B[i, j]}{A} \end{aligned} \quad (3)$$

그림 3은 물체 인식에 대한 순서도를 나타낸 것이다. 배경보다 어두운 물체와 배경보다 밝은 물체를 각각 검출한 다음 두 개의 결과를 논리연산을 통해 재구성하는 방법으로 물체를 인식하였다.

## 2.2 물체의 위치 및 거리인식

비행체에서 디지털 영상을 이용한 물체의 3차원 위치 및 거리정보의 추정은 물체의 중심좌표와 비행체에 설치된 카메라의 경사각 및 비행고도를 이용하여 획득할 수 있다. 경사각은 카메라의 좌·우(Panning) 및 경사(Tilting)조절을 위한 짐벌(Gimbal)장치로부터 얻어진다.

그리고 비행고도는 수직높이와 같으므로 비행체에 설치된 고도계로부터 얻을 수 있다. 그림 4는 카메라 및 영상좌표계를 나타낸 것이다.

카메라 좌표계( $X_C, Y_C, Z_C$ )와 물체의 실제좌표계( $X, Y, Z$ )가 일치되어 있다고 가정하면, 물체는 영상

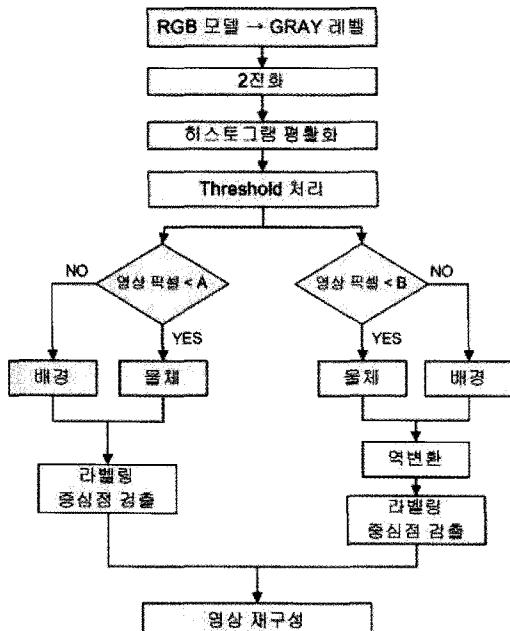


그림 3. 물체인식 순서도

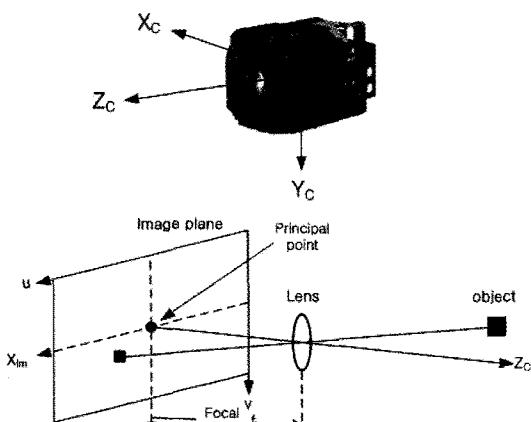


그림 4. 카메라 및 영상좌표계

평면  $u_i, v_i$  와 일치하는 평면에 존재하며  $Z_c$ 는 카메라의 광축과 일치한다. 그림 2에서 물체의 영상좌표는 다음 식(4)와 같이 나타내어지나, 영상좌표가  $Z$ 값에 의해 비선형 이므로 동차좌표계를 이용하여 선형행렬 형태로 나타내는 것이 편리하다.

$$\begin{aligned} u &= \frac{X}{f_L - Z} f_L \\ v &= \frac{Y}{f_L - Z} f_L \end{aligned} \quad (4)$$

여기서,  $f_L$ 은 카메라의 초점거리(Focal Length)이다. 초점거리는 카메라 제작사에서 알려진 값을 사용하거나, 정밀교정 작업을 통해 구할 수 있다. 교정 작업을 통해 초점거리를 구할 경우 경험적 지식과 관련 정밀장치들을 사용하여 정밀도를 높일 수 있다.

직교좌표를 갖는 물체의 중심을 동차좌표로 정의하면 다음 식(5)와 같이 나타낼 수 있다.

$$W_h = \begin{bmatrix} kX \\ kY \\ kZ \\ k \end{bmatrix} \quad (5)$$

원근변환 행렬을 식(6)과 같이 정의 하면, 카메라의 동차좌표는 식(7)과 같이 표현되어진다.

$$P = \begin{bmatrix} 10 & 0 & 0 \\ 01 & 0 & 0 \\ 00 & 1 & 0 \\ 00 & -1 & 1 \\ 00 & f_L & 1 \end{bmatrix} \quad (6)$$

$$C_h = P \cdot W_h = \begin{bmatrix} kX \\ kY \\ kZ \\ -kZ + k \\ f_L \end{bmatrix} \quad (7)$$

따라서, 물체의 동차좌표는 식(8)과 같이 나타낼 수 있다.

$$W_h = P^{-1} C_h \quad (8)$$

역 원근변환을 위하여 영상의 한 지점의 좌표를  $(u_0, v_0, z)$ 라 하자, 여기서  $z$ 값은 0으로 표현되어지나, 실제 공간에서의 카메라와 물체와의 거리  $Z$ 는 임의 값을 지니고 있으므로 식(7)을 다음 식(9)와 같이 수정된 동차좌표로 나타냄으로써 역변환시  $Z$ 의 값이 0이 되는 문제를 피할 수 있다.[8]

$$C_h = \begin{bmatrix} ku_0 \\ kv_0 \\ kz \\ k \end{bmatrix} \quad (9)$$

따라서, 물체의 동차좌표는 다음 식(10)과 같이 나타내어진다.

$$W_h = P^{-1} C_h = \begin{bmatrix} ku_0 \\ kv_0 \\ kz \\ kz + k \\ f_L \end{bmatrix} \quad (10)$$

물체의 위치를 직교좌표로 나타내면 다음 식(11)과 같이 나타내어진다.

$$X = \frac{u_0}{f_L} (f_L - Z) \quad (11)$$

$$Y = \frac{v_0}{f_L} (f_L - Z)$$

이와 같이 하여 물체의 위치좌표  $X, Y$ 를 구할 수 있게 된다. 카메라와 물체와의 거리  $Z$ 는 다음 그림 5와 같은 원리로 구할 수 있다.

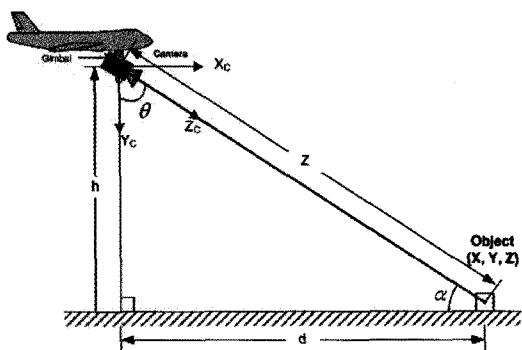


그림 5. 삼각측량에 의한 물체의 거리추정

비행체에 고정된 짐벌장치로부터 카메라 경사각( $\theta$ )를 알 수 있으며, 높이( $h$ )는 고도계로부터 얻어진다. 따라서 카메라와 물체와의 거리는 다음 식(12)와 같이 근사화하여 나타낼 수 있다.

$$Z \approx \frac{h}{\sin \alpha} = \frac{h}{\sin(90^\circ - \theta)} \quad (12)$$

여기서,

$h$  : 비행 고도

$\theta$  : 카메라의 경사각

$\alpha$  : 수평면과 카메라 광축과의 경사각

이러한 방법을 통해 물체의 실제 위치좌표를 추정할 수 있으며, 단위 시간당의 영상의 프레임수를 이용하면 이동하는 물체의 속도 및 방향정보도 추정할 수 있게 된다.

### 3. 실험결과 및 고찰

본 연구에서는 실험을 위하여 2-축 짐벌장치를 기구부 및 전자구동 부문을 설계·제작하였다. 기구부 설계는 그림 6과 같이 좌·우 회전을 위한 플레닛기어부와 경사 조절을 위한 링크부로 구성되어있다. 2-축 짐벌의 구동은 펄스엔코더로부터 피드백을 받아 디지털-PID 제어기를 통해 위치제어가 되도록 하였다[9].

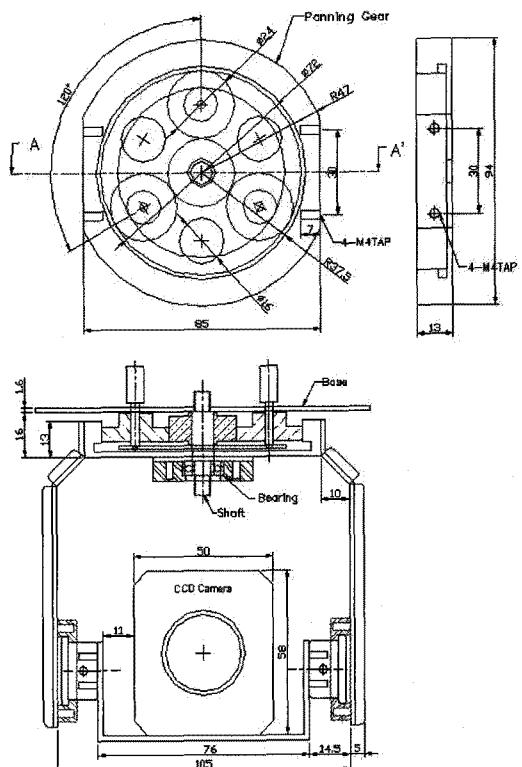


그림 6. 2-축 짐벌(gimbal)장치 설계도

전자구동부는 기어드모터(Geared Motor)와 u-computer를 사용하였으며, 회전각 검출을 위해 펄스 엔코더를 사용하였다. 펄스엔코더는 A, B, I 위상을 지닌 것으로서 1회전당 500펄스를 출력한다. 연구에서는 A, B위상차를 이용해 1회전당 1000펄스가 되도록 회로를 설계하였다. 그림 7은 실험을 위해 제작된

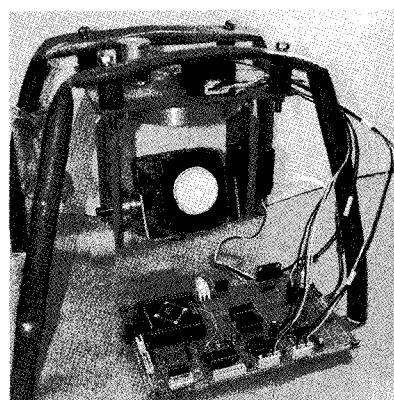
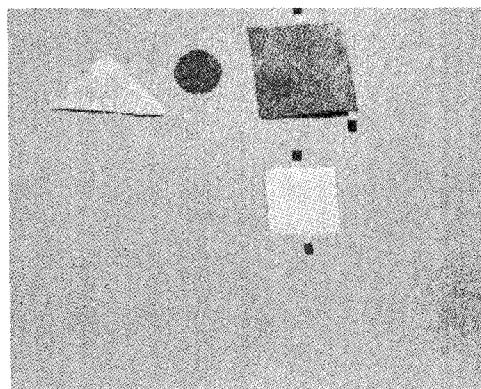


그림 7. 실험을 위해 제작된 카메라 짐벌장치 및 구동부

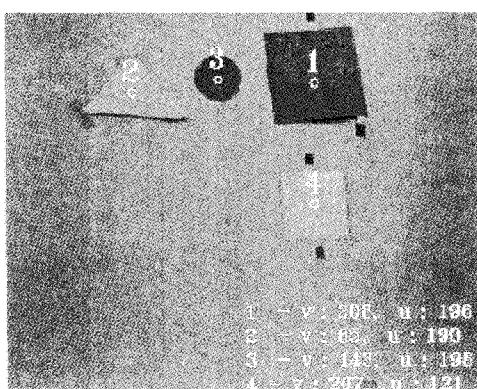
2-축 짐벌장치 및 전자구동부를 나타낸 것이다. 카메라는 소니의 FCB-EX980모델을 사용하였으며, 실시간 영상데이터 처리를 간편하게 하기위하여 화소(pixel)수를  $320 \times 240$ 으로 제한하여 실험하였다.

그림 8은 다중물체의 중심좌표를 실시간으로 추정한 결과를 나타낸 것이다. (a)영상은 다중물체(1, 2, 3, 4)의 원영상이며, (b)영상은 다중물체 인식 후 물체의 중심좌표를 추정한 것이다. 여기서  $u, v$ 는 인식된 물체의 수평 및 수직 화소(Pixel) 좌표이다.

그림 9는 이동물체의 위치를 추정한 실험결과를 나타낸 영상이다. 실험의 편의를 위하여, 짐벌의 경사각은  $53.2^\circ$ , Panning 각은  $0^\circ$ 로 두었다. 이동거리는 반경  $1[m]$  이내로 하였다. X축 방향의 1픽셀당의 거리는  $0.25[\text{cm}]$ 이며, Y축 방향으로는  $0.4[\text{cm}]$ 이다. 실험 결과 위치 오차는 X축은 3픽셀, Y축은 4픽셀이내이다. 이동물체는 실험용 소형 RC(Remote Control) 자동차를 사용하였다.

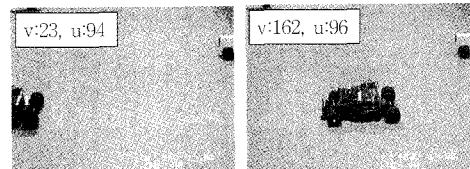


(a) 다중물체의 원영상



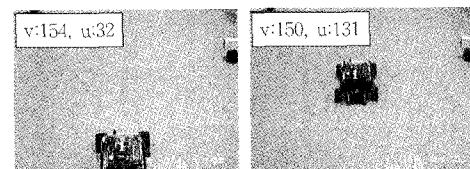
(b) 다중물체 중심좌표 추정

그림 8. 다중물체 중심좌표 추정



v:300, u:98

(a) X축 위치추적



v:154, u:32

(b) Y축 위치 추적

그림 9. 이동 물체의 위치추적

(a)영상은 X축에 대한 물체의 이동 위치추적을 나타낸 것이며, 영상내부의 픽셀 좌표  $u, v$ 는 물체의 중심좌표를 나타낸 것이다.  $u$ 픽셀의 좌표는 거의 변화가 없음을 알 수 있다. (b)그림은 Y축에 대한 물체의 이동 위치추적을 나타낸 것이며,  $v$  픽셀의 좌표는 거의 변화가 없음을 확인할 수 있다.

#### 4. 결 론

비록 실내 환경에서 실험을 하였으나, 물체가 배경 보다 어둡거나 밝은 상태에서도 다중물체에 대한 영상인식과 위치 추정이 잘 행하여졌다. 그리고 이동물체에 대한 위치추적을 위한 실험에서  $1[m]$  이내의 작은 거리를 이동 하였으나, 측정 결과 실제 거리와의 최대오차는  $1/63$ 이내의 결과를 얻었다. 그러나 물체와 배경 및 물체들 간의 명암비가 작아지거나 주변의 조명상태에 의한 반사 및 광량 포화 등으로 인하여 물체인식이 잘되지 않는 문제가 발생되어 개선을

위한 연구가 필요하다. 향후 실제 환경에서의 물체 식별을 효과적으로 위한 연구를 계속할 예정이며, 실험을 위해 제작된 짐벌장치의 개선을 통해 보다 정도 높은 위치 추적이 되도록 할 것이다.

### 참 고 문 헌

- [ 1 ] E. Richter, R. Schubert, and G. Wanielik, "Radar and Vision based Data Fusion-Advanced filtering Techniques for a Multi Object Vehicle Tracking System," Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2008, Eindhoven University of Technology, The Netherlands, pp120-125, 2008.
- [ 2 ] A. Gern, U. Franke, and P. Levi, "Advanced Lane Recognition -Fusing Vision and Radar", Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000, Dearborn, USA, pp. 45-51, 2000.
- [ 3 ] Eric Frew, Tim McGee, ZuWhan Kim, X. Xiao, and Raja Sengupta, "Vision-Based Road-Following Using a Small Autonomous Aircraft," Proceedings of the IEEE Aerospace Conference 2004, Vol.5, pp. 3006-3015, 2004.
- [ 4 ] S.M Rock, E.W. Frew, H.L. Jones, E. LeMaster, and B. Woodley, "Combined CDGPS and Vision-Based Control of a Small Autonomous Helicopter," Proceedings 1998 American Control Conference, pp.694-698, 1998.
- [ 5 ] Y.M Kim, H.J. Kang, and Y.D. Lim, "Fuzzy Control and Image Processing based Auto-Parking System," 한국정보기술학회 Vol.7, No.4, pp. 64-69, 2009.
- [ 6 ] J. Xu, G. Chen and M. Xie, "Vision-Guided Automatic Parking for Smart Car," Proceedings of the IEEE Intelligent Vehicles Symposium 2000, Dearborn, USA, pp. 725-730, 2000.
- [ 7 ] Y. Wang, J.F. Doherty, and R.E. Vandyck, "Moving Object Tracking in Video," AIPR,

29th Applied Imagery Recognition Workshop (AIPR'00), pp. 95-101, 2000.

- [ 8 ] R.C. Gonzalez and R.E. Woods, *Digital Image Processing*, Addison Wesley Longman, 1992.
- [ 9 ] B.J. Smith, W.J. Schrenk, W.B. Gass, and Y.B. Shtessel, "Sliding Mode Control in a Two Axis Gimbal Control," Proceedings of the IEEE Aerospace Conference 1999, Vol.5, pp. 457-470, 1999.

### 박 종 오



1989년 동아대학교 전자공학과  
공학사  
1998년 동아대학교 전자공학과  
석사  
2003년 동아대학교 전자공학과  
박사  
2005~2008년 KAIST 항공우주  
공학과 연구원

2008년 3월~현재 동아대학교 전자공학과 겸임교수  
관심분야: 위성자세 결정 및 제어, 퍼지이론 및 응용, 전자회로 설계

### 김 영 민



2008년 동아대학교 전자공학과  
(공학사)  
2010년 동아대학교 전자공학과  
석사  
관심분야: 퍼지제어, 영상처리,  
뉴럴 네트워크

### 이 종 극



1978년 경북대학교 전자공학과  
공학사  
1988년 미국 North Carolina St.  
University M.S  
1994년 미국 Texas A&M  
University Ph.D  
1995년 3월~현재 동의대학교 컴퓨터공학과 교수

관심분야: 병렬처리시스템, 분산시스템, 유비쿼터스 컴퓨팅