

무인헬기의 시선안정화를 위한 시각제어용 영상정보에 관한 연구

신준영* (부산대 대학원 지능기계공학과), 이현정(부산대 대학원 지능기계공학과),
이민철 (부산대 기계공학부)

A Study on Visual Servoing Image Information for Stabilization of Line-of-Sight of Unmanned Helicopter

J. Y. Shin(Intelligent Mechanical Eng. Dept. PNU), H. J. Lee(Intelligent Mechanical Eng. Dept., PNU),
M. C. Lee (Mechanical Eng. PNU)

ABSTRACT

UAV (Unmanned Aerial Vehicle) is an aerial vehicle that can accomplish the mission without pilot. UAV was developed for a military purpose such as a reconnaissance in an early stage. Nowadays usage of UAV expands into a various field of civil industry such as a drawing a map, broadcasting, observation of environment. These UAV, need vision system to offer accurate information to person who manages on ground and to control the UAV itself. Especially LOS(Line-of-Sight) system wants to precisely control direction of system which wants to tracking object using vision sensor like an CCD camera, so it is very important in vision system.

In this paper, we propose a method to recognize object from image which is acquired from camera mounted on gimbals and offer information of displacement between center of monitor and center of object.

Key Words : Line-of-Sight Stabilization (시선안정화), Pattern Matching (패턴매칭), Object Recognition (영상인식), Object Tracking(물체추적)

1. 서론

무인항공기 (UAV: Unmanned Aerial Vehicle)란 일반적으로 조종사가 없이 사전에 입력된 프로그램에 따라서 혹은 비행체 스스로 주위 환경(장애물, 항로)을 인식하고 판단하여 자율비행(autonomous flying)하는 비행체를 말한다. 초기에는 정찰과 같은 군사 목적에 주로 개발 사용되었으나, 최근에는 통신중계, 환경감시, 지도제작 등의 민간분야까지 활용되고 있다. 이러한 무인항공기의 경우 영상시스템은 지상의 관리자에게 필요한 정보를 제공해주고, 항공기의 통제를 위해 필수적인 장비이다. 특히 시선안정화(LOS: Line-Of-Sight) 시스템은 CCD 카메라와 같은 영상 센서를 이용하여 센서의 시선을 추적하고자 하는 목표물을 지향하면서 동시에 시스템이 동작하는 환경하의 모든 외란에 대해 시선이 안정된 상태가 되도록 영상센서의 방향을 정밀 제어하도록 설계된 장치로 무인항공기 분야에서 매우 중요하다. 이 시스템은 주로 영상 신호를 이용하여

복잡한 배경하의 목표물을 자동으로 추적하면서 목표물의 위치, 각속도, 거리정보를 획득하기 위해 사용된다.

물체추적에 관한 연구는 물체의 이동으로 인하여 생기는 밝기의 시공간적 변화 사이의 상호관계로부터 이동 변위를 추출하는 시공간 경사법(spatiotemporal gradient method)^[1], 각 시변 영상을 표적과 배경으로 분리하여 이진화 후 표적의 중심을 추출하여 그 중심의 변화에서 표적의 이동정보를 검출하는 무게중심법(centroid method)^[2], 에너지 최적화에 의한 변형 윤곽 모델(deformable contour moder)에 기반한 추적 알고리즘^[3], 추적하고자 하는 물체의 특징을 추출하여 미리 지정된 특정 모델과 매칭시키는 특징 기반 정합법(feature based matching method)^[4], 지정된 영상과의 화소 자체의 정보 비교를 통한 형판 정합법(matching method based on reference block)^[5]등이 제안되었다.

시공간 경사법은 추적 물체가 회전운동을 하거나 물체의 움직임이 클 경우 추적이 어려워진다.

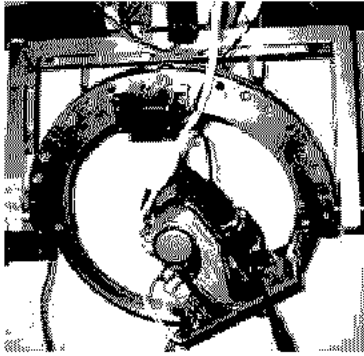


그림 1. 카메라를 장착한 짐벌 시스템
Fig. 1 Gimbals system with camera

무게 중심법은 표적의 다양한 운동에도 추적이 가능하며, 최대 추정 변위에 특별한 제한을 들 필요가 없다. 그러나 목표물과 배경을 정확히 분리하는 영상분할의 어려움과 복잡한 배경일 경우 추적 성능이 떨어진다. 변형 윤곽 모델은 추적하고자 하는 물체의 모양이 변화할 경우 유용한 기법이지만, 물체의 특정부위에 대한 추적 성능은 현저히 떨어지며, 비슷한 밝기를 가진 배경하에선 물체 추적에 어려움이 있다. 많은 계산량을 요구하며 빛이나 그림자의 영향을 크게 받는다. 특징값 추출 정합법은 경계추출후 이 정보를 바탕으로 미리 지정된 특정 모델과 매칭시키는 방법으로 계산량에서는 이득을 볼 수 있지만 한정된 모델에 국한되어 있고, 지정된 모델의 수가 증가하게 되면 잘못된 매칭이 될 수 있다. 화소 자체의 정보를 이용한 형판 정합법의 경우 비교적 복잡한 영상이나 산란한 배경 하에서도 좋은 추정 성능을 가지나 물체의 크기가 커질 경우 계산량이 많아져 계산 속도가 떨어지고, 빛이나 그림자로 인해 추적성능이 저하되는 단점이 있다.

형판정합법과 같은 패턴 정합 방법은 여러 추적 방법들 중 초기에 발표된 것이지만 쉽게 실제 시스템에 적용할 수 있어 본 논문에서도 이 알고리즘을 이용하여 실험을 수행하였다.

2. 본론

2.1 시스템 구성

본 연구에서 사용한 무인헬기에 장착될 짐벌 시스템은 Fig. 1 과 같다. 영상을 입력받는 카메라는 디지털캠코더(VM B-1330)를 사용하였고, 영상의 획득 및 처리를 위한 영상획득장치로는 매트록스사의 Meteor-II Muliti/Channel 을 사용하였다. 좀 더 최적화된 프로그램과 실험을 위해서 Active MIL/MIL (Matrox Image Library)를 사용하였다.

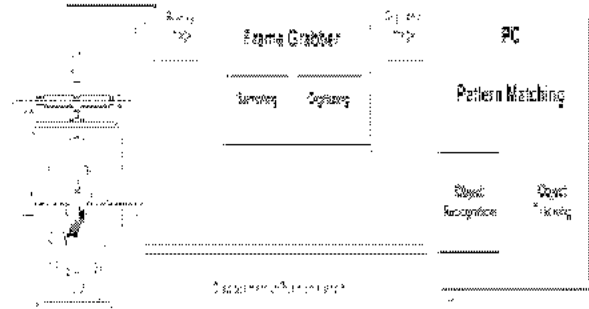


그림 2. 시스템 개략도
Fig. 2 Schematic diagram of the system

Fig. 2 에서는 시스템의 개략도를 나타내었다. 짐벌에 장착된 카메라에서 들어온 영상은 영상획득장치에서 획득하고 이미지 처리를 위해 샘플링되고, 양자화되어 PC 에 전송된다. PC 에서는 현재 출력되고 있는 화면상에서 추적하고자 하는 목표물을 프로그램 실행시 생성되는 탐색창 내에 입력하면 패턴 정합 알고리즘을 통해 배경 이미지에서 목표물을 찾아내고, 추적을 시작한다. 물체 추적의 결과로서 화면의 중심과 탐색창 중심과의 위치 차이를 시리얼 통신을 통해 다시 짐벌 제어기에 전달하고 그 값을 이용해 탐색창의 중심이 화면의 중심에 오도록 제어한다.

2.2 패턴 정합 알고리즘

패턴 정합은 미리 입력된 영상에 대해서 검사할 영상 내부에 있는 유사한 영상패턴을 찾아내는 것이다. 모델 영상과 입력 영상이 동일한 패턴을 가진 영상인가 비교하기 위한 기준치로서 다음과 같은 간단한 식이 사용된다. 여기서, $I(x, y)$ 는 배경 영상의 한 위치에서의 명도값, $T(x, y)$ 는 모델 영상의 명도값을 나타내고, M, N 은 모델 영상의 가로 및 세로의 크기이다.

$$MAD = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N |T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)| \quad (1)$$

$$MSE = \frac{1}{MN} \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N [T(x_i, y_j) - I(x_i, y_j)]^2 \quad (2)$$

MAD(Mean Absolute Difference)는 차이의 절대값을 더하고, MSE(Mean Square Error)는 차이의 제곱값을 더하는 것이다. 만약 모델 영상과 겹쳐지는 배경 영상의 값이 비슷하다면 0 에 가까운 값이 나오고, 다르다면 값이 커질 것이다.

입력 영상에 대해서 바로 MAD 나 MSE 를 적용하는 경우 같은 영상이라도 빛의 영향에 따라 값이

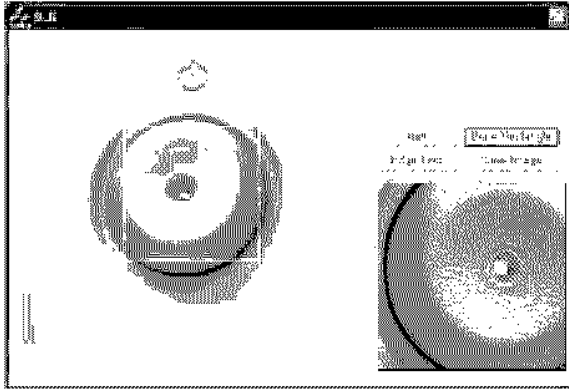


그림 3. Active MIL / MIL 을 사용하지 않은 프로그램의 초기화면과 캡처 이미지

Fig. 3 Initial dialog without Active MIL control and MIL in pattern matching program and captured image by searching window

달라진다. 값이 달라지면 매칭시 오류가 발생할 수 있다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서 모델 영상과 입력 영상의 각각의 밝기 평균을 구해서 평균값을 빼버린 정규화된 영상을 만들고 이 영상들을 비교에 사용하는 방법을 사용한다. 이러한 방법을 농담정규화 정합법(NGC: Normalized Gray-level Correlation)이라고 한다. 모델 영상과 비교하고 있는 배경 영상과의 유사도를 구하기 위해 크기가 $M \times N$ 인 모델 영상은 $M \times N$ 차원을 가지는 다차원 공간상의 하나의 점이 되는 벡터로 생각하면, 두 영상은 벡터의 내적을 이용해서 유사성을 구할 수 있다. 이를 이용한 농담정규화를 구하는 식은 다음과 같다. 여기서, $a(i, j) = g(i, j) - \bar{m}$, $b(i, j) = t(i, j) - \bar{i}$ 이다.

$$r = \frac{a \cdot b}{|a| |b|} = \frac{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N a(i, j) b(i, j)}{\sqrt{\sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N a(i, j)^2 \sum_{i=0}^M \sum_{j=0}^N b(i, j)^2}} \quad (3)$$

g 는 배경 영상의 임의의 비교 영상 부분이고, t 는 모델 영상의 임의의 비교 영상 부분이다. \bar{m} 은 배경 영상의 밝기의 평균값이고, \bar{i} 는 모델 영상의 평균값이다. M 과 N 은 모델 영상의 가로 및 세로의 크기이다. 평균밝기를 빼서 정규화 시킨 두 영상을 식 (3)의 두 벡터 비교식을 이용하여 유사도를 검사하는 수식은 다음과 같다.

$$r = \frac{(MN) \sum g t - (\sum g) \sum t}{\sqrt{[(MN) \sum g^2 - (\sum g)^2] [(MN) \sum t^2 - (\sum t)^2]}} \quad (4)$$

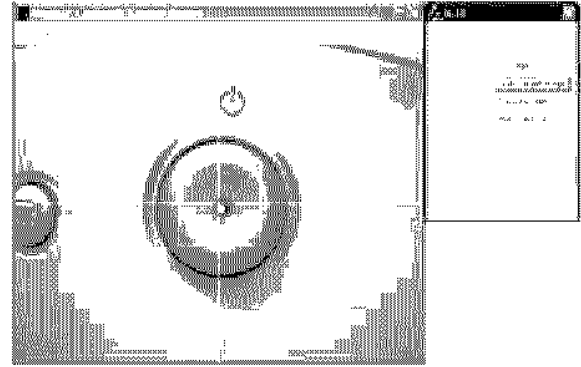


그림 4. Active MIL / MIL 을 사용한 프로그램의 초기화면

Fig. 4 Initial dialog using Active MIL control and MIL in pattern matching program

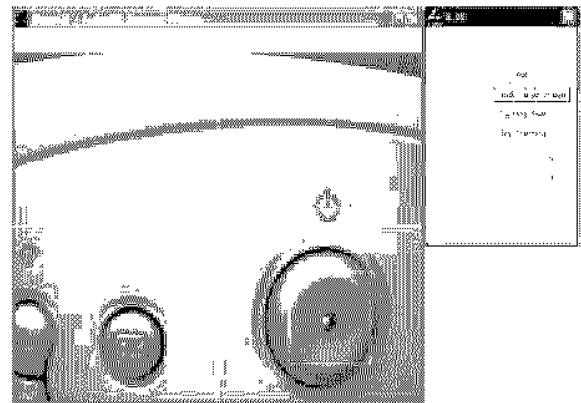


그림 5. 물체 추적 결과

Fig. 5 Tracking results

탐색 루프 안에서 계속 반복해서 계산이 필요한 부분은 $\sum g, \sum g^2, \sum g t$ 의 세부분뿐이므로 이 부분을 제외한 나머지 부분들은 탐색 루프 밖에서 미리 계산해 놓는다면 계산량을 크게 줄이는 것이 가능하다. 수식에 들어있는 제곱근 연산은 계산량을 상당히 증가시키므로 이 값을 배제하기 위해 r 값을 제공해 준다. 따라서 최종적인 정합의 계수치는 다음식과 같다.

$$Score = [\max(r, 0)]^2 \times 100\% \quad (5)$$

NGC 를 통해 계산량이 많이 줄었지만 모든 픽셀에 대해 계산하는 관계로 실시간에 가까운 처리가 어렵다. 그래서 영상 피라미드(image pyramid)를 사용하였다.

영상 피라미드는 배경 영상과 모델 영상을 낮은 해상도의 버전으로 생성하여 매칭 시켜서 계산량을

줄이는 방법이다. 각 단계의 해상도는 이전 단계의 1/2 로 설정하고, 레벨이 상승할수록 해상도는 떨어지게 된다. 피라미드의 상위 레벨에서 대략적인 매칭을 수행하고 최적 위치 근방에서 다음 단계의 피라미드에 대해 인접한 위치 근방만을 탐색하므로써 계산량을 줄인다. 이 피라미드 기법은 NGC 가 실시간 처리가 가능하게 하므로, 움직이는 영상에 대한 실시간 물체 추적이 가능해진다.

3. 프로그램 구현 및 실험

3.1 프로그램 구현

Visual C++을 이용하여 Dialog 기반의 프로젝트를 구현하였다. 프로그램 구현 및 실험은 영상획득 장치를 통해 들어온 영상을 프로젝트 내에서 새로 배열을 선언하여 그 배열에 저장시켜 Active MIL 및 MIL 의 도움을 받지 않고 직접 패턴 정합을 수행하였고, 그 프로젝트의 초기 화면은 Fig. 3 과 같다. 다음으로 제공된 MIL 라이브러리를 이용하여 패턴 정합을 통한 물체 인식과 추적 프로그램을 구현한 초기 화면은 Fig. 4 에 나타나 있다. MIL 라이브러리를 사용하지 않은 프로젝트의 경우에도 초기 화면과 시스템, 이진화 및 버퍼링은 Active MIL 컨트롤을 이용해 설정해 주었다. 두 경우 다 탐색창은 128×128 로 설정하였다. 그리고 MIL 라이브러리를 사용하지 않은 프로젝트의 연속적인 영상은 timer 를 이용해 연속적인 영상으로 보이게 구현하였고, 프로그램상의 어려움으로 인해 이미지 피라미드는 MIL 라이브러리를 이용한 프로젝트에서 구현된 함수를 이용하였다.

MIL 라이브러리를 사용한 프로젝트에선 초기 화면에 화면의 중심을 나타내는 중심선이 있고, 가운데 탐색창이 있다. 컨트롤 부분에는 물체추적을 시작하는 버튼과 화면상의 중심과 탐색창의 중심과의 차이값을 나타내는 편집창을 생성해서 실시간적으로 변하는 값을 출력할 수 있도록 하였다.

3.2 실험

MIL 라이브러리를 사용하지 않고, 패턴 정합을 수행한 경우 영상을 탐색창내에 캡처해서 모델 영상으로 하고, 타이머가 실시되었을 때 들어온 불연속적인 배경 영상에 대해서 패턴 정합을 실시하였으나 처리시간이 오래 걸려 실시간적으로 목표물을 추적하는데는 실패하였다. 그러나 MIL 라이브러리를 사용한 프로젝트의 경우에는 실시간에 가까운 물체 인식과 추적 성능을 나타내었고, Fig. 5 와 같이 화면의 중심과 탐색창 중심과의 변위차도 실시간으로 확인할 수 있었다.

4. 결론

본 논문에서는 출력되는 영상의 탐색창 내에 모델 영상을 입력하고, 패턴 정합을 통해 배경 영상 내의 목표물을 인식하고, 추적하여 화면 중심과 탐색창의 중심과의 변위차를 얻을 수 있었다. 이를 무인 헬기에 장착될 짐벌 제어기에 전송하여 원하는 목표물을 따라 추적할 수 있도록 정보를 제공하였다.

무인 헬기는 2 차원 평면만을 따라 움직이는 것이 아니기 때문에 현재와 같이 X, Y 의 좌표 정보만으로는 실제 3 차원 공간상에서의 추적이 어렵다. 향후 연구과제로서 X, Y 값 뿐만 아니라 Z 축에 대한 각도값까지 얻을 수 있는 연구가 필요하다. 그리고 3 차원 공간상에서 패턴 정합은 목표물에 대한 다양한 각도에서의 모델 영상이 필요하므로 특징점 추출등을 이용한 물체 인식과 추적에 대한 연구가 필요하다.

후기

본 연구는 산업자원부 중기저점개발 사업(10006711)에 의해 지원되었으며, 이에 관련한 여러분께 깊은 감사 드립니다.

참고문헌

1. 최일, 강재열, 윤상로, 천인서, "시공간 경사방식을 이용한 자동영상 추적기 구현," 제 4 차 유도 무기 학술대회 논문집, 국방과학연구소, pp. 113-118, 1994
2. 김문갑, 정진화, 이보용, 김준년, "무게 중심 영상 추적에서 영상 분할 및 추적창 조절," 제 1 차 해상무기체계 발전 세미나, 국방과학연구소, pp. 277-284, 1996.
3. 이진우, 이재용, 박광일, 오준호, "Active Bar Model 을 이용한 이동표적인식," 한국자동제어 학술회의논문집, pp. 811-816, 1994.
4. D. Koller, K. Danilidis, and H.-H. Nagel, "Model-Based Object Tracking in Monocular Image Sequences of Road Traffic Scenes," International Journal of Computer Vision, Vol.10, pp. 257-281, 1993.
5. V.V. Vinod and Hiroshi Murase, "Visual Tracking using Active Search for Color," IAPR Workshop on Machine Vision Applications, pp. 1-4, 1996.
6. 이진우, "영상 추적 성능 개선을 위한 다중블록 모델에 관한 연구," 부산대학교, 1988.
7. 이현정, "스트레오 영상을 이용한 이동형 머니폴 레이더의 시각제어," 부산대학교, 2004.