

에지 기반 고속 지평선 검출 알고리즘

나 상 일, 이 응 호, 서 동 진, 이 응 희, 정 동 석
 인하대학교 전자공학과
 e-mail : yaongyaong@empal.com

A Fast Horizontal line detection algorithm based on edge information

Sang-Il Na, Woong-Ho Lee, Dong-Jin Seo, Woong-Hee Lee, Dong-Seok Jeong
 Dept. of Electronic Engineering, Inha Univ.

Abstract

In the research for Unmanned Air Vehicles(UAVs), the use of Vision-sensor has been increased.

It is possible to calculate the position information of air vehicle by finding a horizontal line. In this paper, we proposed a vision-based algorithm for finding the horizontal line. Experimental results show that the proposed algorithm is faster than an existing algorithm.

I. 서 론

무인 항공기에서 시각센서는 주로 지형을 저장하는 경우에만 사용되었다. 최근 소형 무인 항공기의 연구에서, 기기의 무게를 줄이기 위한 방법 중 하나로 시각 센서의 사용이 검토 되고 있다. 무인 항공기에서는 자동 비행 기술과 이착륙 제어 기술이 매우 중요한데, 이를 위해서는 항공기의 자세 제어가 필수적이다. 항공기의 자세 정보는 지평선 및 수평선을 검출함으로써 계산이 가능하다.

현재 입력 영상에서 지평선의 위치를 알면, 이전의 영상과 비교하여 UAVs의 피치 각과 롤 각 등 항공기 자세에 관한 값을 계산해 자세 제어를 할 수 있다.

본 논문은 항공기의 시각 센서로부터 받아들이는 영상을 Di Zenzo 행렬에 기반을 둔 에지 검출 알고리즘을 사용하여 고속으로 지평선 및 수평선을 검출하는 방법을 제안한다.

II. Di Zenzo 행렬

일반적인 컬러 영상에서는 신호 처리 작업을 직접 수행할 수 없기 때문에, YUV와 같은 형식으로 변환해 처리한다. 이러한 방법 중 대표적인 것이 식(1)과같이 컬러 영상의 밝기 값을 추출하여 처리하는 방법이다.

$$\begin{aligned} f &= L^* = 116g(Y) - 16 \\ Y &= 0.2125R + 0.7154G + 0.0721B \end{aligned} \quad (1)$$

여기서, $g: R \rightarrow R$ 은 식 (2)와 같이 정의된다.

$$\begin{cases} g(s) = s^{\frac{1}{3}} & \text{if } s > 0.008856 \\ g(s) = 7.787s + \frac{16}{116} & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

하지만 이 방법은 색의 혼합에 의해 문제를 일으킨다는 단점을 가지고 있다. 위 식으로 밝기 값을 추출하면 RGB값의 혼합에 의해, 영상 내부의 정보가 불완전하게 추출될 수 있다.

위와 같은 문제를 해결하기 위하여, 'Di Zenzo 행렬'은 컬러의 벡터에 기반을 둔 방법을 사용하였다.

식 (3)과 같은 기술기 벡터가 있을 때,

$$\nabla I = [I_x, I_y]^T \quad (3)$$

G 는 식 (4)와 같이 정의된다.

$$G = \sum_{i=1}^n \nabla I_i \nabla I_i^T \quad (4)$$

식 (4)에서 n 은 채널의 수이고, R, G, B 세 개의 값

을 갖는 컬러 영상에서의 값은 3이다.

여기서, G 는 각 채널의 스칼라 텐서 $\nabla I_i \nabla I_i^T$ 의 합이다. 즉, G 는 식 (5)와 같이 구성된다.

$$\begin{aligned} g_{11} &= \sum_{i=1}^n I_x^2 \\ g_{12} = g_{21} &= \sum_{i=1}^n I_x I_y \\ g_{22} &= \sum_{i=1}^n I_y^2 \end{aligned} \quad (5)$$

만약, 컬러 영상이, R, G, B의 세 채널의 값을 갖는다면, G 는 식 (6)과 같이 정의된다.

$$G = \begin{pmatrix} R_x^2 + G_x^2 + B_x^2 & R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y \\ R_x R_y + G_x G_y + B_x B_y & R_y^2 + G_y^2 + B_y^2 \end{pmatrix} \quad (6)$$

이 식으로부터, Di Zenzo 행렬의 고유값 (eigenvalues) $\lambda_{+/-}$ 은 식 (7)과 같이 계산된다.

$$\begin{aligned} \lambda_{+/-} &= \frac{g_{11} + g_{22} \pm \sqrt{\Delta}}{2} \\ \Delta &= (g_{11} - g_{22})^2 + 4g_{12}^2 \end{aligned} \quad (7)$$



(a) 입력 영상 (b) Di Zenzo 행렬(N)적용



(c) 밝기값 기준 에지 추출

그림 1. Di Zenzo 행렬과 일반적 방법의 비교

이 기본 식으로부터, Di Zenzo 행렬의 접근 방법은 식 (8)과 같이 세 가지가 있다.

$$\begin{aligned} N &= \sqrt{\lambda_+} \\ N_- &= \sqrt{\lambda_+ - \lambda_-} \\ N_+ &= \sqrt{\lambda_+ + \lambda_-} \end{aligned} \quad (8)$$

그림 1은 실제 컬러 영상에서, Di Zenzo 행렬에 의한 접근으로 어떤 모양이 추출되는지를 보이고 있다. 실험 영상의 512X512 Lena 영상으로 하였다. 그림 1 (a)는 입력 영상을 나타내고, 그림 1 (b)는 Di Zenzo 행렬의 N값, 그림 1 (c)는 밝기값을 기준으로 에지를 찾은 영상이다. 영상의 좌측 상단의 기둥 모양에서 보듯이, Di Zenzo 행렬을 사용하는 것이 에지 성분을 더 잘 추출하고 있음을 보여주고 있다.

III. 제안하는 알고리즘

본 논문에서는 지평선을 고속으로 추출하기 위하여 Di Zenzo 행렬 기반의 에지를 추출해 간단한 처리 과정만으로 지평선을 찾도록 하였다. 그림 2는 본 논문에서 제안한 알고리즘의 전체 순서도이다.

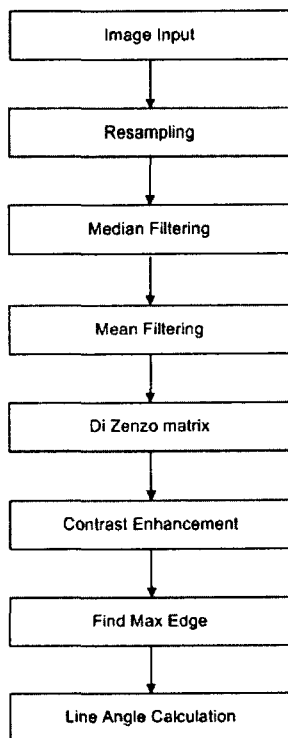


그림 2. 제안하는 알고리즘의 순서도

영상의 크기는 처리 시간을 결정하는 중요한 요소이다. 보통, 카메라에서 받는 영상의 크기는 최소

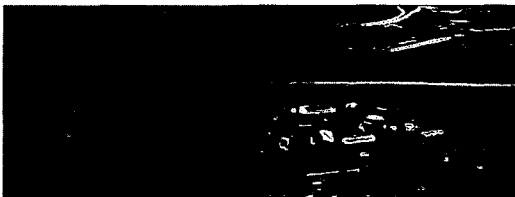
320X240 화소 이상이다. 지평선만을 찾기 위해서라면 영상의 크기가 이보다 작아도 상관없으므로, 본 논문에서는 가로와 세로를 각각 1/4로 하여 실제 처리 데이터를 1/16으로 줄였다.

UAVs는 비행을 하며 영상을 얻기에 진동과 영상의 전송 중에 영상 잡음이 생긴다. 이러한 잡음을 없애기 위해 다른 전처리 과정을 넣게 되면, 많은 시간이 걸려 고속으로 지평선을 추출하는 것이 불가능 하다. 본 논문에서는, 이에 영상의 크기를 줄이면서, 4X4 블록의 16 화소를 하나의 값으로 대응시키며 메디안 필터를 취하였다. 그림 3 (a)는 입력 영상, 그림 3 (b)는 크기를 줄이며, 잡음감소를 위해 메디안 필터를 취한 영상이다.



(a) 입력 영상 (b) 축소 영상
그림 3. 입력 영상과 잡음을 제거한 축소 영상

다음 단계로서, 평균 필터를 사용해서 다시 한번 잡음을 제거하였다.



(a) 입력 영상 (b) N 영상



(c) N_+ 영상 (d) N_- 영상

그림 4. Di Zenzo 행렬 적용 영상

크기를 줄이고 잡음을 제거 하였으면, 이 영상에 Di Zenzo 행렬기반의 방법으로 영상의 에지를 찾게 된다.

지평선은, 하늘과 땅이 만나는 곳으로 두 그룹의 영상이 급격하게 변하게 된다. 본 논문은 이에 착안해, 영상의 컬러 성분에 비교적 무관한 Di Zenzo 행렬의 벡터 접근을 사용해 영상의 에지를 찾았다.

Di Zenzo 행렬만을 사용하였을 경우, 에지의 밝기값이 다른 부분에 비해 두드러지게 나타나지 않는다. 이러한 단점으로, 영상 잡음이 더 강한 에지 성분으로 나타나 문제가 일어나는 경우가 있어, 명암 대조 개선 과정을 통하여 이러한 문제를 해결 하였다.

그림4는 Di Zenzo 행렬을 사용하여 에지를 찾은 영상이다. 그림 4 (a)는 입력영상, 그림 4 (b), (c), (d)는 각각 Di Zenzo 행렬을 적용한 N , N_+ , N_- 영상의 명암 대조 개선 과정을 거친 영상이다.

영상의 지평선을 찾는 마지막 과정으로, 각 모서리마다 5개의 최대 값을 찾는다. 그 후, 각 모서리의 최대 값을 서로 연결하여 지나가는 선에 있는 화소 값의 평균을 구해, 값이 가장 큰 선을 지평선으로 처리한다. 이렇게 지평선을 찾으면, 추후 과정으로 선의 각도와 위치를 판별해 UAVs의 자세를 판단하게 된다.

VI. 실험 결과

본 실험에 사용한 영상은, Florida 대학에서 연구한 MAVs[2]로 촬영된 영상과, Microsoft Flight Simulator 2000으로 자체 제작한 영상을 사용하였다. 영상의 크기는 320x240이고, 실험에 사용한 프로세서는 Intel Pentium 3 450MHz이다.

그림 5는 제안한 알고리즘의 실험 결과이다. 그림 5 (a)는 날씨가 맑고, 영상 잡음이 거의 없을 경우의 결과이고, 그림 5 (b)는 날이 흐린 경우, 그림 5 (c)는 영상 잡음이 많이 생겼을 경우의 실험 결과이다.

표 1은 각각의 영상의 인식률과, 실험 영상의 수를 보여주고 있다.

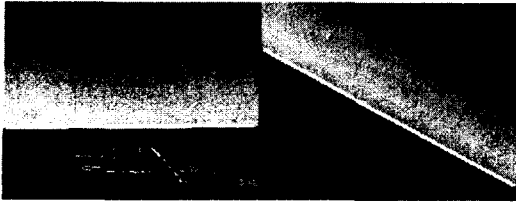
표 1. 여러 가지 영상의 인식률

영상	인식률	실험 영상 수
맑은 날	100%	200
흐린 날	99%	200
영상 잡음이 있을 때	90%	20

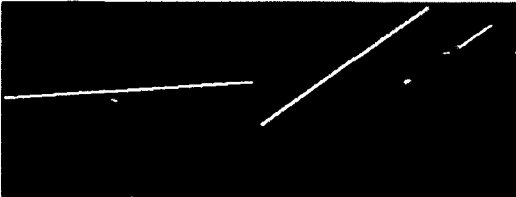
평균 인식률은 약 99%이고, 평균 처리 시간은 10ms 다. 맑은 날 영상은 인식률이 100%인 반면, 흐린 날은 구름에 의한 에지를 지평선으로 인식해 잘못된 결과를 보이는 경우가 있었다.

참고문헌

- [1] S. Di Zeno, "A note on the gradient of a multi-image," Computer Vision, Graphics, and Image Processing, pp. 116-125, 1986.
- [2] S. Ettinger, M. Nechyba, P. Ifju, and M. Waszak, "Vision-guided flight stability and control for micro air vehicles," IROS, 2002.



(a) 맑은 날씨일 때



(b) 흐린 날씨일 때



(c) 영상에 잡음이 생겼을 때
그림 5. 추출된 지평선

V. 결론 및 추후 연구

본 논문은, UAVs에 Vision 시스템을 달아 고속으로 지평선을 찾는 것을 목적으로 하였다. 실험 결과, 평균 99% 이상의 인식률을 보였다. 처리시간 또한 평균 10ms 라는 짧은 시간에 처리가 가능하였다. 이는 플로리다 대학에서 연구한 알고리즘을[1] 같은 사양에서 실험한 결과 (평균 처리 시간 60ms)보다 빠른 결과이다.

또한, 동영상에서 실험한 결과 99% 이상의 인식률을 보여 실제 UAVs에 적용이 가능함을 보였다.

실험에서 나온 에러는 주로 구름과 프로펠러를 지평선으로 인식하는 것이었다. 이 에러는 연속된 영상이라는 점을 이용해, 앞의 영상의 지평선 위치와 비교해 보정하면 없어질 것으로 생각된다.

추후 연구 과제로는, 무인 항공기의 기수가 너무 높거나 낮아, 입력 영상에 지평선이 없을 경우의 처리를 하면 더 좋은 결과를 얻을 수 있을 것이다.