

B-12

모션 벡터를 이용한 화염 검출 알고리즘 Flame Dection Algorithm with Motion Vector

박장식* · 배종갑** · 최수영***

Park, Jang Sik · Bae, Jong Gab · Choi, Soo Young

Abstract

Many Victims and property damage are caused in fires. In this paper, an flame detection algorithm is proposed to early alarm fires. The proposed flame detection algorithm is based on 2-stage decision strategy of video processing. The first decision is to check with color distribution of input vidoe. In the second, the candidated region is settled as fire region with activity. As a result of simulation, it is shown that the proposed algorithm is useful for fire recognition.

Key words : Early fire detection, Flame detection, Motion vector

1. 서 론

화재가 발생하면 많은 물적 인적 피해가 발생한다. 본 논문에서는 CCTV 카메라로부터 입력된 영상신호를 처리하여 발화 초기에 화재를 인식하여 경보를 발생하여 화재에 대응하여 진압할 수 있도록 함으로써 화재 피해를 최소화 하도록 조기 화재인식을 위한 화염검출 알고리즘을 제안한다.

기존의 화재감지 시스템은 연기와 온도를 검출하는 센서를 이용하는 방법과 카메라를 이용하여 화염을 감지하는 방법이 있다. 연기 혹은 온도를 센서를 이용하여 화재를 감지하는 방법은 화재 발생시 연기가 발생하거나 온도가 높아진 상태에는 이미 화재가 광범위하게 확산된 이후가 된다.

카메라를 이용하는 방법은 일반적인 화염의 특성 즉, RGB 색좌표계에서 빨간색(Red) 성분의 계열에 속한다. 이러한 특성을 이용하여 색영상에서 빨간색을 가진 화소수를 계산하여 화소수가 설정한 값 이상이 되면 화재가 발생한 것으로 판단하는 방법으로 화재 발생 초기에 화염을 검출하여 화재발생 여부를 판정하는 방법으로 조기 화재경보를 발생할 수 있으므로 효과적으로 화재를 진압하거나 대피할 수 있도록 한다. 그러나 기존의 카메라를 이용하는 방법은 인공조명이나 화염과 유사한 색을 가진 물체에 대하여 화재가 발생한 것으로 오인하여 화재경보를 발생하는 경우가 종종 있다는 문제점이 있다.

일반적으로 화염의 특성은 RGB 색좌표계에서 빨간색(Red) 성분의 계열에 속하고 낮은 온도에서는 빨간색에서 노란색(yellow) 계통이고 고온에서는 백색(white)과 유사하게 되는 특성이 있다.

본 논문에서는 화재검출은 입력된 영상으로부터 색정보와 움직임을 이용하여 후보영역을 검출하고 인공물과 화염을 구분하기 위하여 활동성(activity)를 측정하여 화염을 확정한다. 그리고 컴퓨터 시뮬레이션을 하여 제안하는 알고리즘에 검출을 확인한다.

2. 화재의 특징

화염은 화재가 발생하였을 때 가장 먼저 나타나는 징후로써 화재의 중요한 특징이다. 따라서, 화염을 검출함으로써 화재를 감지하는데 중요한 역할을 한다.

* 정희원·동의과학기술대학 디지털정보전자과·교수·E-mail: jsipark@dit.ac.kr

** 동의과학기술대학 디지털정보전자과·교수

*** (주)에이치엠씨, 부설연구소 팀장

2.1 색정보

화염의 색 특징은 전반적으로 인공조명 혹은 주변 환경과 다른 색 특징들이 나타난다. 아래 그림 2은 인공조명과 화염의 RGB 분석한 결과이다.

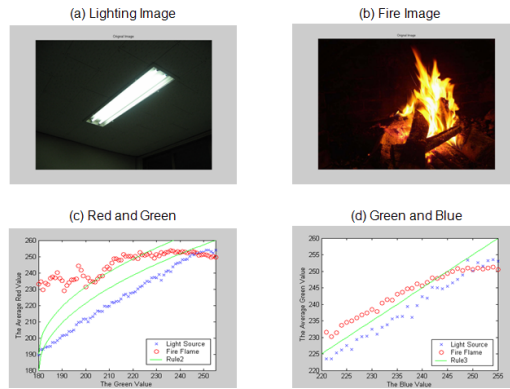


그림 1. 인공조명과 화염의 색분포

앞의 그림에서 (a)와 (b)는 각각 인공조명과 화염의 영상이며 (c)와 (d)는 각각 R-G와 G-B 색좌표계 상에서 분석한 결과이다. 빨간색(R, red)이 파란색(B, blue)과 초록색(G, green)보다 높게 나타난다. 그리고 밝기값도 주변에 비하여 높게 나타나고 있다. 앞의 그림에서 “x” 표시된 값들이 인공조명의 색좌표계의 위치이며, “o”로 표시되어 있는 값들이 화염의 색좌표계 위치이다. 인공조명은 R-G, G-B 좌표계에서 선형의 특징을 갖는다. 그리고 인공조명과 화염을 구분하기 위한 임계값은 초록색 실선으로 표시하였다. 초록색 실선을 화염 검출을 위한 임계값으로 설정하면 인공조명과 화염을 구분할 수 있을 것으로 판단된다.

2.2 움직임 특징

화재 발생 현장의 근거리에서 카메라가 설치된 경우에 대하여 화염영상과 이를 움직임벡터 분석을 한 결과를 그림 3에서 나타내고 있다. 화염으로 검출된 영역에 대하여 움직임벡터를 계산한 결과이다. 화염 영상은 영역 내에서 동적인 움직임이 크게 나타나고 있음을 알 수 있다. 그리고 움직이는 방향이 다양한 방향으로 움직이고 있다. 그러나, 아래의 영상과 달리 원거리에 있는 경우에는 움직이 있지만 그림 3과 같은 동적인 움직임은 나타나지 않는다.

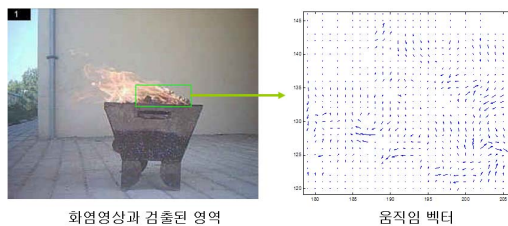


그림 2. 화염의 움직임벡터

3. 화염검출 알고리즘

앞에서 분석한 화염의 특성을 반영하여 화염검출 알고리즘을 개발하였다. 화염검출 순서는 색분석에 의한 화염 발생 후보 영역 검출, 추정된 배경과 입력 영상의 차를 통한 움직임 검출 그리고 후보 영역내에서의 활동성 계산

3.1 화염색을 이용한 후보 영역 검출

화염의 색 분석을 통하여 입력 영상의 색으로부터 화염 후보 영역을 설정한다. 입력된 색영상값으로부터 화재영역을 판별하는 것은 입력된 색영상값에 대하여 기본적으로 빨간색(R)이 주변과 비하여 높게 나타나고 (조건 1) 빨간색(R)이 초록색(G)보다 크다(조건 2). 그리고, 밝기값이 주변에 비하여 높게 나타난다(조건 3). 3 가지 조건을 모두 만족하는 화소에 대하여 화염 후보 영역으로 설정한다.

$$\text{조건 1: } R > 75, \text{ 조건 2: } R > G, \text{ 조건 3: } \frac{(R+G+B)}{3} > 175$$

3.2 움직임 추정

움직임 추정을 위하여 먼저 배경을 추정한다. 배경 추정은 임계값을 입력 영상에 따라서 변화하도록 적응적 배경 추정 기법을 사용하였다. 배경을 추정하는데 있어 밝기값의 변화를 위주로 움직임을 검출하는데 임계값을 가변하지 않을 경우 시간에 따라서 밝기값이 변화는 것도 화소 이동하는 것으로 판단할 수 있기 때문에 가변 임계값을 이용한 적응 배경 추정 기법을 이용한다. 그리고 움직이는 화소에 대해서는 배경 갱신에 포함하지 않는다. 움직이는 화소에 대한 판단은 아래의 식(1), (2) 조건 중에서 하나라도 만족하면 움직이는 화소로 처리한다.

$$\text{if } |I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| > T_n(x,y), \text{ pixel at } (x,y) \text{ is moving} \quad (1)$$

$$\text{if } |I_n(x,y) - B_n(x,y)| > T_n(x,y), \text{ pixel at } (x,y) \text{ is moving} \quad (2)$$

$I_n(x,y)$ 는 x, y 위치의 입력 영상 화소이며, n 은 프레임 인덱스 이며, n-1 은 n 프레임 직전 프레임의 의미한다. $T_n(x,y)$ 은 x,y 위치의 가변 임계값이다. $B_n(x,y)$ 는 x,y 의 배경영상이다. 배경 영상의 실질적인 추정은 식(3)과 같이 추정한다. 식(1), (2)에서 움직이지 않는 화소에 대하여 배경을 입력 영상에 가중치를 주어 갱신하고 움직이는 화소는 해당 화소를 갱신하지 않는다.

$$B_{n+1}(x,y) = \begin{cases} aB_n(x,y) + (1-a)I_n(x,y), & I_n(x,y) \text{ is stationary} \\ B_n(x,y), & I_n(x,y) \text{ is moving} \end{cases} \quad (3)$$

그리고, 화소의 움직임을 결정하는 임계값은 식(4)와 같이 갱신한다.

$$T_{n+1}(x,y) = \begin{cases} T_n(x,y) + (1-a)b|I_n(x,y) - B_n(x,y)|, & \text{stationary} \\ T_n(x,y), & \text{moving} \end{cases} \quad (4)$$

움직이는 화소에 대해서는 갱신을 하지 않고 변화가 없는 화소에서는 입력영상과 배경영상의 차에 가중치를 두고 갱신한다. 즉, 입력 영상의 밝기값의 변화가 작은 경우에는 움직임이 없는 것으로 간주하고 배경으로 갱신하는 것이다. 이는 카메라가 설치되어 있는 공간의 시간적인 변화를 반영하기 위한 것이다.

3.3 후보 영역내의 활동성 검출

영상에서의 움직임 벡터 검출을 위하여 다음의 식(5)을 정의한다.

$$I_x u + I_y v + I_t = 0 \quad (5)$$

I_x 와 I_y 는 각각 영상에 대하여 공간적으로 수평, 수직성분에 대한 영상밝기의 미분값이며, I_t 는 영상의 각 프레임 간 화소의 밝기 변화, 즉, 미분값이며, u 와 v 는 각각 수평, 수직성분에 대한 광학적 흐름(optical flow), 즉, 움직임이다. (x,y) 위치에 있는 임의의 화소에 대한 움직임을 $u_{x,y}$, $v_{x,y}$ 라 하면 이를 반복적으로 구하는 식은

$$u_{x,y}^{k+1} = \bar{u}^k - \frac{I_x [I_x \bar{u}_{x,y}^k + I_y \bar{v}_{x,y}^k + I_t]}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2} \quad (6)$$

$$v_{x,y}^{k+1} = \overline{v}_{x,y}^k - \frac{I_y [I_x \overline{v}_{x,y}^k + I_y \overline{v}_{x,y}^k + I_t]}{\alpha^2 + I_x^2 + I_y^2} \quad (7)$$

이다. $\overline{u}_{x,y}^k, \overline{v}_{x,y}^k$ 는 (x, y) 에 위치에 있는 임의의 화소에 주변화소 8개 화소의 평균 움직임이다. α 는 0으로 나누어지는 것을 방지하기 위한 값이다. I_x, I_y 그리고 I_t 와 $\overline{u}_{x,y}^k, \overline{v}_{x,y}^k$ 를 구하는 절차에 따라서 각 프레임의 화소들에 대하여 계산을 하고, 움직임 벡터, $u_{x,y}^{k+1}$ 와 $v_{x,y}^{k+1}$ 를 식(6), (7)의 순서에 따라서 구한다.

4. 시뮬레이션 및 결과 검토

화염 검출 알고리즘을 검증하기 위하여 화염이 있는 동영상을 활용하여 확인하였다. 그림 4는 제안 알고리즘을 검증하기 위하여 동영상을 이용하여 시뮬레이션 한 결과이다. Results로 표시되어 있는 좌측 상단 영상은 원영상이며 실선으로 표시된 영역이 화염으로 검출된 영역이다. 오른쪽 상단의 영상이 색분석에 의한 후보 영역이며 왼쪽 하단 영상은 추정한 배경 영상이다. 그리고 오른쪽 하단이 색정보와 움직임을 통하여 검출된 영역이다. 따라서 개발한 화염 검출 알고리즘이 유효함을 알 수 있다.

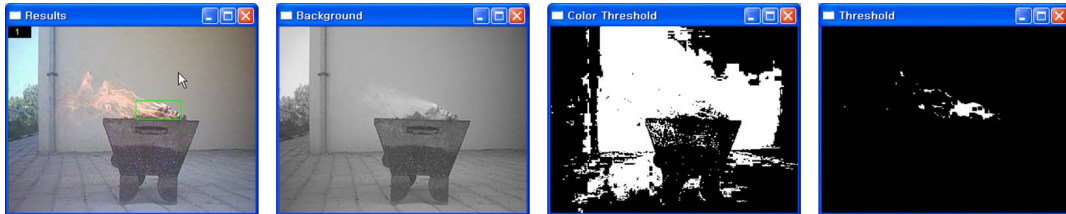


그림 3. 화염검출 시뮬레이션 결과

5. 결론

본 논문에서는 조기 화재검출을 위한 화염의 특징인 색분포와 움직임 특징을 이용하여 화염을 검출하는 알고리즘을 제안하였다. 화염의 색분포와 배경 정보를 이용하여 화재 후보 영역을 검출하고 후보 영역에서 움직임(활동성) 등의 요소를 확인하여 최종적으로 화재를 확정한다. 제안한 알고리즘을 시뮬레이션을 통하여 검증하였다. 이후 개발한 알고리즘을 DSP를 이용하여 구현하고자 한다.

참 고 문 헌

1. K. Beall, W. Grosshadler and H. Luck, "Smoldering Fire Detection by Image-processing", 12th International Conference on Automatic Fire Detection, March, 2001.
2. A. Bruhn and J. Weickert, "Lucas/Kanade Meets Horn/Schunck: Combining Local and Global Optical Flow Method", International Journal of Computer Vision 61(3), pp.211-231, 2005.
3. E. D. Breejen, M. Breuers, F. Cremer, R. Kemp, M. Roos, K. Schutte, J. S. de Vries, "Autonomous Forest Fire Detections", International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Fire and Forest Meteorology VOL. II, pp.2003-2012, Nov., 1998.
4. H. Yamagishi, J. Yamaguchi, "Fire Flame Detection Algorithm Using a Color Camera", International Symposium on Micromechatronics and Human Science, 1999.
5. K. Satho, A. Takemoto and D. Kozeki, "Intelligent Fire Detection System Using Multi Sensor Fire Detector(including CO sensor) and Fuzzy Expert System", Technical Report of FRI of Japan No. 26, 1991.