

컬러 화재영상의 화염 색상 및 시공간적 특성 분석

황준철, 김원호
공주대학교 전기전자제어공학부
hwang@kongju.ac.kr, whkim@kongju.ac.kr

A Flame Color, Spatial and Temporal Characteristic Analysis of Color Fire Images

Jun-cheol Hwang, Won-ho Kim
Division of Electrical, Electronic and Control Engineering,
Kongju National University

요 약

본 논문에서는 컬러 화재영상에 포함된 화염의 색상 분석과 시공간적 특징 분석을 통하여 신뢰성 높은 화재 판정 조건을 제시한다. 이를 위하여 컬러영상에서 화염을 판정하는 컬러속성으로서 Y-휘도 성분과 Cr-색차 성분을 조합한 문턱치를 도출하고 화염 후보영역을 선정하였다. 선정된 화염 후보영역에 대해서는 화염의 공간적인 질감분석과 시간적인 동적변화를 DCT와 프레임간 휘도성분 변화량을 분석하여 최종 화재 판정 기준으로 제시하였다. 컴퓨터 모의실험 결과, 제시한 화재 판정 조건의 신뢰성과 실용성을 확인하였다.

1. 서론

매년 화재나 산불로 인한 심각한 손실이 발생하고 있다. 특히 산불은 예상치 못한 발생으로 엄청난 손해와 위협을 주는 자연 재해 중 하나이다.[1]

영상처리를 이용한 화재 감지 방법에는 크게 열영상을 이용하는 방법과 컬러 영상을 이용하는 방법으로 분류할 수 있다. 본 논문에서는 컬러 영상을 이용한 화재 감지 방법에 관해 논하고자 한다.

기존 컬러 영상 화재 검출 알고리즘에는 RGB나 YCbCr, CIEL*a*b* 등 컬러 공간의 명도 정보에서 화염이 갖는 색상의 레벨 값이 일정한 문턱치를 초과하는 경우에 화염 후보영역으로 판단하여 처리하는 알고리즘들이 있다.[1][2][4][5][6]

공간 영역 분석을 이용한 알고리즘은 화염의 컬러와 비화염의 컬러를 구분하기 위한 알고리즘으로, 화염 후보영역의 질감분석을 통해 화재를 판단하거나 화염 영역의 윤곽의 주파수 성분을 분석하는 알고리즘들이 있다.[3][5][6]

시간 영역의 주파수 분석을 이용한 알고리즘은 시간에 따라 변화하는 화염 후보영역의 특정 레벨 값의 주파수를 분석을 통해 화재를 판단하는 알고리즘

들이 있다.[1][3][4][5][6]

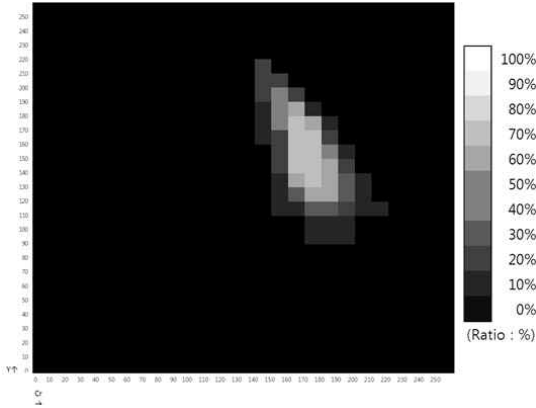
기존 컬러 영상에서의 화재 검출 알고리즘은 공간 영역에서 화재와 유사한 컬러 특성을 갖거나, 시간 영역에서 화재와 유사한 동적인 특성을 갖게 되는 경우가 발생하여 오검출이 발생하여 화재 검출의 신뢰성이 떨어진다. 이를 개선하기 위하여 본 논문에서는 컬러 영상의 화염 후보영역들이 가지고 있는 컬러 속성 및 동적인 특성을 분석하여 신뢰도 높은 화재 판정 조건과 기준을 도출하여 제시한다.

2. 화염의 색상 및 시공간 분석

2.1. 화염의 색상 분석

컬러 화재 영상의 화염의 색상 분석을 위해 수집한 200개의 화재 이미지를 통계 분석한 결과로 만들어진 분포도를 그림 1에 나타내었다. 이 분포도에 근거한 최적의 화재 검출 식(1)의 조건이 도출되었고, 화염의 색상 분석을 위한 조건으로 사용하였다.

$$CR_1(i, j) = \begin{cases} 1, & Cr \geq Cr_{TH} \cap Y \geq Y_{TH} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (1)$$

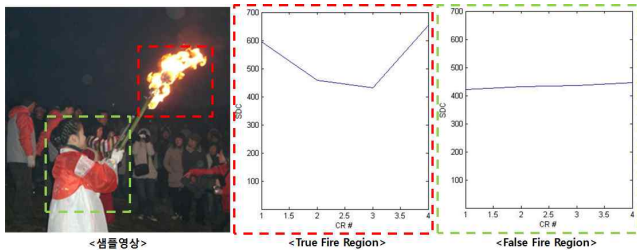


[그림 1] Y-Cr 평면에서 화염이 속하는 값과 분포비율

여기서, 가로축은 Cr-색차 성분 값이며, 세로축은 Y-휘도 성분 값을 나타낸다.

2.2. 화염의 공간적인 질감 분석

화염의 색상 분석 단계에서 화염 후보로 선정된 영역중에 실제 화재인 후보영역과 화재가 아닌 후보 영역의 SDC(Sum of DCT Coefficient)를 구하여 비교 분석 하였다.



[그림 2] 화염의 공간적인 질감 분석을 위한 SDC 그래프

그림 2의 샘플영상에 대한 SDC 값을 실제 화재 후보영역(우상단)과 화재가 아닌 후보영역(중양)으로 나누어 그래프로 나타내었다. 가로축은 화염 후보영역의 인덱스를 나타내고, 세로축은 화염 후보영역의 인덱스에 대응하는 SDC 값을 나타낸다. 그래프에서 알 수 있듯이 실제 화재인 경우의 SDC의 값이 화재가 아닌 경우의 SDC 값 보다 변화량이 큰 것으로 분석 되었다. 이에 근거하여 다음 식(2)를 제안하고 화염의 공간적인 질감 분석의 판정 조건으로 사용하였다.

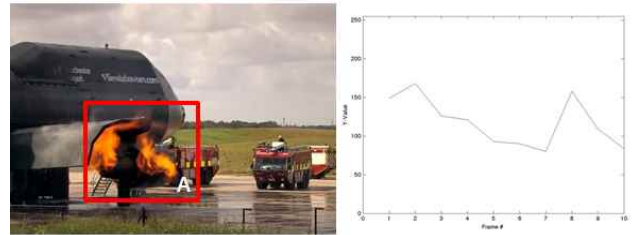
$$CR_2(i, j) = \begin{cases} 1, & SDC_n \geq SDC_{TH} \\ 0, & otherwise \end{cases} \quad (2)$$

여기서, SDC_{TH} 는 200개의 화재 샘플 이미지에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 실제 화재에 대응하는 SDC 최저값으로 결정하였다.

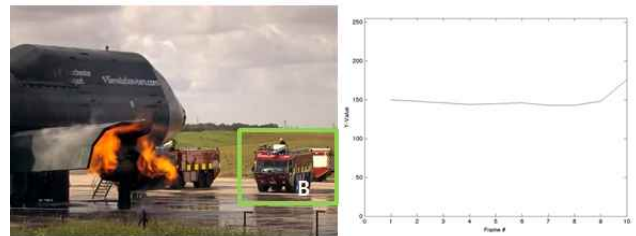
2.3. 화염의 시간적인 동적변화 분석

공간분석이 완료된 화염 후보영역에 대해 시간적인 동적변화 특성을 분석하고자 10프레임 동안 Y-휘도의 변화량 분석을 통하여 화재 판정 조건과 기준을 도출하였다.

화재 영상의 Y-휘도 분석을 위한 화재 후보 영역은 그림 3과 그림 4의 사각형 박스로 표시된 A, B 영역이다.



[그림 3] 시간영역에서 화재의 동적인 특성 분석을 위한 시험영상과 화염 후보영역-A의 Y-Value 변화 그래프(우)



[그림 4] 시간영역에서 화재의 동적인 특성 분석을 위한 시험영상과 화염 후보영역-B의 Y-Value 변화 그래프(우)

그림 3, 4 의 그래프에서 보는 것과 같이 화염의 동적 특성을 수치화하기 위해 식(3)을 이용해서 프레임별 Y-휘도의 차를 누적하고, 이를 분석해 화염과 유사한 영역과 구분하기 위해 사용하였다.

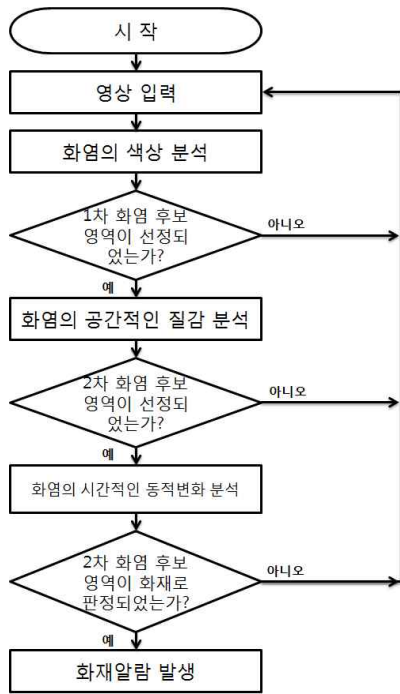
$$YD(i, j) = \sum_{f=1}^{F=9} |CR_2 Y(i, j)_f - CR_2 Y(i, j)_{f+1}| \quad (3)$$

$$Fire Alarm = \begin{cases} On, & YD(i, j) \geq YD_{TH} \\ Off, & otherwise \end{cases} \quad (4)$$

여기서, YD_{TH} 는 15개의 샘플 영상에 대한 컴퓨터 시뮬레이션을 수행하여 실제 화재에 대응하는 YD 최저값으로 결정하였다.

3. 모의실험 및 결과 분석

색상분석, 질감분석, 시간적인 동적변화 특성을 분석한 결과를 반영하여, 제안하는 화염 검출 절차는 다음의 그림 5와 같다.



[그림 5] 컬러영상 화염 검출 순서도

컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 제시한 화재 판정 조건을 화재 영상에 적용시켜 화재 검출 기능을 실험하였다. 실험에 사용된 15개의 영상은 30프레임/초, 720x480 크기이며 양자화 레벨은 8비트이다.



[그림 6] 시험영상의 모의실험 결과

그림 6는 제안하는 알고리즘으로 실험한 결과로, 오검출 요소인 소방차를 제외한 화재 영역만 정확히 감지되었고, 15개의 영상에 대한 모의실험 결과 검출율은 100%, 오검출율은 6.6%의 성능을 보였다.

4. 결론

본 논문에서는 화염의 색상 및 시공간영역에서의 특성을 계량화 하여 화재를 검출하는 조건을 제시하고 컴퓨터 모의실험을 통하여 실용성을 확인하였다.

모의실험 결과, 제안하는 알고리즘이 검출율을

100%로 유지하면서 오검출율은 6.6%로 확인되어 실용성이 있음을 확인하였다. 향후, 오검출 경우에 대한 추가적인 분석 연구가 이루어진다면 영상처리 기반의 화재 검출 성능의 신뢰성과 정확도를 더욱 높일 수 있을 것이다.

※ 본 논문은 2011년 교과부 지역거점사업단(에너지자립형 그린빌리지 핵심기술사업단)과 지경부의 재원으로 한국에너지 기술 평가원(KETEP)의 지원을 받아 수행한 연구 결과임.

참고문헌

- [1] Jin Li et al., "Technique for Automatic Forest Fire Surveillance Using Visible Light Image", IGSNNRR CAS, Beijing China, IEEE, pp. 3135-3138, 2005
- [2] Turgay Celik et al., "Computer Vision Based Fire Detection in Color Images", Temasek laboratories, Nanyang Technological University, Singapore, IEEE Conference on Soft Computing in Industrial Applications, Muroran, JAPAN, pp. 258-263, 2008
- [3] Hideaki Yamagishi et al., "Fire Flame Detection Algorithm Using a Color Camera", Engineering Institute, Sogo Keibi Hosho Co., Ltd., JAPAN, Micromechatronics and Human Science, pp. 255 - 260, 1999
- [4] Che-Bin Liu et al., "Vision Based Fire Detection", Beckman Institute, University of Illinois at Urbana-Champaign, Proceedings of the 17th International Conference on Pattern Recognition(ICPR), pp. 134 - 137 Vol.4, 2004
- [5] B. Ugur Toreyin et al., "Flame Detection In Video Using Hidden Markov Models", Bilkent University, Turkey, ICIP (IEEE international Conference on Image Processing), pp. 1230-1233, 2005
- [6] Zhong Zhang et al., "Contour Based Forest Fire Detection Using FFT and Wavelet", Bo Cai Computer School, Wuhan University, Wuhan, Hubei, PR China, International Conference on Computer Science and Software Engineering, pp. 760-763, 2008