

영상정보를 이용한 산불 감지 알고리즘

서민석, 이충호*

한밭대학교 정보통신공학과

A Forest Fire Detection Algorithm Using Image Information

Min-Seok Seo, Choong Ho Lee*

Division of Information and Communication Engineering

Hanbat National University

요약 영상정보에서 색상만을 이용하여 산불을 감지하는 것은 매우 어려운 이슈이다. 본 논문은 산불을 포함하고 있는 동영상에서 영역의 색상과 움직임을 분석하여 산불영역을 감지하는 알고리즘을 제안한다. 제안하는 알고리즘에서는 조명 상태에 의존하지 않고 배경 영역을 추출 가능한 가우시안 믹스처 기반의 배경 분할 알고리즘을 이용하여 제거한다. 또한 RGB채널을 HSV채널로 변경하여 색상 기반으로 화염 후보들을 추출한다. 그렇게 추출된 화염후보들은 라벨링 및 트래킹을 하면서 면적이 일정하면서 이동하면 화염이 아니라고 판단한다. 이런 방법으로 추출된 화염후보 영역들이 2분 이상 같은 위치에 있으면 화염으로 판단한다. 구현된 알고리즘을 이용하여 실험한 결과 그 유효성을 확인하였다.

- **주제어** : 화염 검출, 영상처리, 화염 라벨링, 화염 추적, 배경 제거

Abstract Detecting wildfire using only color in image information is a very difficult issue. This paper proposes an algorithm to detect forest fire area by analyzing color and motion of the area in the video including forest fire. The proposed algorithm removes the background region using the Gaussian Mixture based background segmentation algorithm, which does not depend on the lighting conditions. In addition, the RGB channel is changed to an HSV channel to extract flame candidates based on color. The extracted flame candidates judge that it is not a flame if the area moves while labeling and tracking. If the flame candidate areas extracted in this way are in the same position for more than 2 minutes, it is regarded as flame. Experimental results using the implemented algorithm confirmed the validity.

- **Key Words** : Fire Detection, OpenCV, Fire Area Labeling, Fire Tracking, Background Removal

Received 18 September 2019, Revised 27 September 2019, Accepted 30 September 2019

* **Corresponding Author** Choong Ho Lee, Department of Information and Computer Engineering, Hanbat National University, 125, Dongseodae-ro, Yuseong-gu, Daejeon, Korea. E-mail: chlee@hanbat.ac.kr

I. 서론

신속한 산불감지와 대응을 위하여 산불을 신속하게 탐지하는 것은 산림이 많은 한국에서 매우 중요한 이슈이다[1]. 기존의 산불을 조기에 탐지하기 위한 다양한 방법이 제시되어 왔다[2-5]. 가장 널리 알려진 방법은 IoT 화재감지 센서를 활용하여 실시간으로 산불을 감지하는 방법이다. 하지만 설치하는데 많은 비용과 유지보수를 위한 인력이 필요하기 때문에 효율성 문제가 제기되어 왔다. 또한 온도를 활용한 화재감지 센서는 여름의 태양빛이나 곤충, 동물들의 체온, 마찰열에 민감하기 때문에 오검출이 매우 많았다[6]. 최근에 인기를 끌고 있는 인공지능 방법 중 CNN(convolutional neural network)은 단순 이미지 분류에서는 높은 성능을 보이지만, 산불과 같은 순서 정보가 있는 동영상 인식 문제에서는 아직 까지 많은 문제가 있다고 알려져 있다. 하지만 동영상의 특성을 이용한 배경추출 기술과 산불영역에 제한을 줌으로써 기존에 설치된 CCTV영상을 활용하여 추가 비용 없이 산불을 조기에 감지할 수 있다. 제안하는 알고리즘은 기존의 화염 색상만으로 화염을 감지하는 알고리즘[3-5]의 오차를 화염의 특성을 정의하고 이를 활용함으로써 보완하고 개선한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. II장에서는 지금까지 보고된 산불감지 방법을 기술한다. III장에서는 제안하는 알고리즘에 대하여 설명한다. IV장에서는 제안하는 방법의 유효성을 검증하기 위한 실험결과를 제시한다. V장에서는 도출된 결론 및 향후 연구방향에 대하여 기술한다.

II. 관련 연구

이 장에서는 산불을 감지하는 다양한 접근 방법들을 소개하고 이런 방법들의 장단점을 설명한다. IoT, 인공 위성, 영상처리를 활용한 산불 감지 방법들을 소개한다.

2.1 IoT 화재감지센서

IoT 화재감지센서는 현재로서 가장 널리 활용되고 있는 방법이다. 스마트 더스트(smart dust)라는 센서를 활용한 산불을 감지 시스템이 가장 대표적이다.

스마트 더스트는 Fig. 1의 (a)와 같은 1-2mm 크기의 초소형 센서로서 크기는 먼지처럼 작지만 컴퓨팅 능력

과 양방향 무선통신 기능 및 태양전지 등의 전력 공급 장치를 탑재하고 있다. 여러 개의 스마트 더스트가 서로 네트워크를 형성하여 상호 통신과 정보교환이 가능하다. Fig. 1의 (b)와 같이 스마트 더스트를 광범위한 산악지역에 설치하고 무선 네트워크를 통하여 각각의 스마트 더스트 센서뿐만 아니라 중앙의 서버에 이상 정보를 전송함으로써 산불의 감지를 쉽게 할 수 있도록 설계된다. 하지만 초기 설치비용과, 지속적인 유지 보수를 위한 인건비가 꾸준히 소모되기 때문에 비용적인 측면에서 많은 문제가 제기되고 있다.

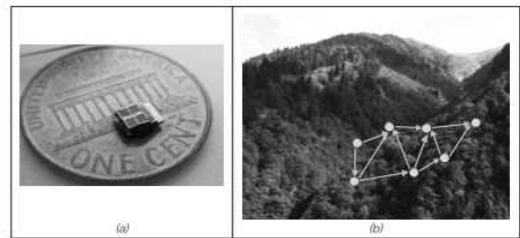


Fig. 1. (a) IoT sense (b) IoT sensors installed

2.2 인공위성을 활용한 산불 감지

인공위성을 활용한 산불 감지 방법은 추가 비용이 거의 들지 않는다는 장점과 한 번에 넓은 지역을 감지할 수 있다는 장점을 가지고 있어 미국이나 중국과 같은 땅이 넓은 나라는 인공위성을 활용하는 방법을 선호하지만, 인공위성이 없는 나라는 대여하거나 사용하지 못한다는 단점이 있다. 또한 날씨에 영향을 많이 받고, 다소 실시간성이 떨어진다는 점에서 단점이 있다.

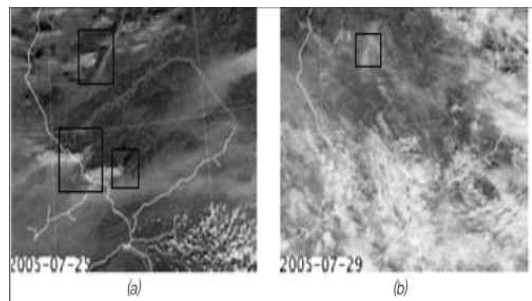


Fig. 2. Detection of forest fire by satellite. (a) Forest fires detected on a clear day. (b) Forest fire incorrectly detected due to atmospheric interference

2.3 영상처리를 활용한 산불감지

영상처리를 활용한 산불감지 알고리즘은 영상에 인접한 두 프레임 사이의 차 영상을 구하여 배경을 제거

하고, RGB 영상을 HSV로 변경 후 화염의 색상을 기반으로 화염을 검출하였다. 하지만 이렇게 색상에 의존적이면 붉은색 옷을 입은 사람과 같이 붉은색에 취약하기 때문에, 높은 곳에 설치하여 큰 붉은색만 검출하였다. 이렇게 하면 산불감지 카메라를 설치하기 위하여 산불감지 타워를 만들어야하고, 작은 불은 감지할 수 없다는 단점이 있다.

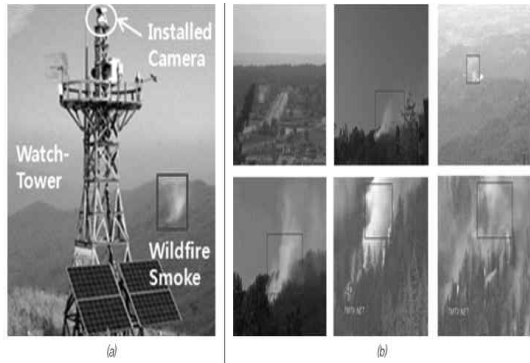


Fig. 3. Camera-based surveillance tower for monitoring wildfires. (a) Camera installation location. (b) Fire detection results using computer vision technology

III. 제안하는 알고리즘

우리가 제안하는 산불감지 알고리즘은 기존 알고리즘과는 달리 산불의 여러 가지 특성을 활용한다. 예를 들면 기존의 알고리즘은 처음부터 RGB 채널을 HSV 채널로 변경한 후 색상으로 화염을 감지한다. 하지만 이러한 방법은 오검출 확률을 높일 수 있기 때문에 배경을 우선으로 제거한 후 색상으로 화염을 잡는다. 또한 물체를 트래킹하고 라벨링하면서 물체의 면적도 고려하고 이동하는 속도 등을 고려하여 성능을 더욱더 높였다. 물체를 트래킹할 때에는 영상의 옵티컬 플로우(optical flow)를 활용하여, 크기변환, 회전변환, 또는 부분적으로 가려지는 경우에도 안전하게 트래킹 할 수 있다. 이러한 여러 알고리즘을 순차적으로 적용하면 실시간성을 매우 떨어지지만, 산불이라는 문제가 초 단위로 긴급한 문제는 아니기 때문에 실시간성은 고려하지 않는 것으로 한다. 우리의 알고리즘을 쉽게 설명하기 위하여 Fig. 4는 산불감지 알고리즘 플로우차트이다.

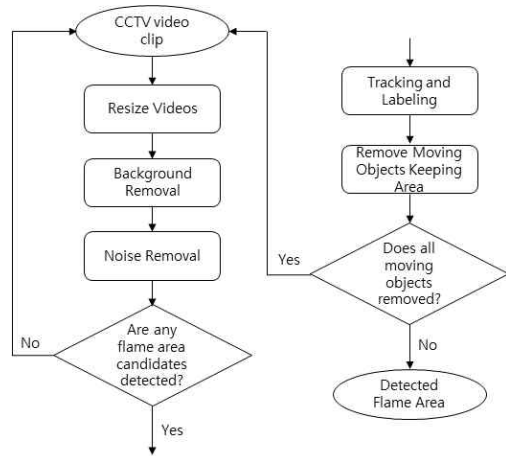


Fig. 4. Flow chart of the algorithm proposed

3.1 영상 입력

CCTV 영상에서 이미지 정보를 입력받아 512x512 픽셀로 크기를 조정한다. CCTV영상의 이미지정보는 실제로 이미지의 크기가 매우 크지만, 추후에 후처리를 해야 하는 과정에서 이미지의 크기가 너무 크면 계산시간이 많이 걸리는 오버헤드가 너무 심하여, 실시간으로 작동하기 매우 어렵기 때문이다. 또한 색을 구별해야 하기 때문에 3채널 그대로 입력을 받는다.

3.2 배경 제거

가우시안 믹처스 기반의 배경 분할 알고리즘(background subtract algorithm based on Gaussian mixture model)[7]을 사용하여 움직이는 영상들을 제외한 모든 것들은 삭제한다. 그 이유는 화염은 끊임없이 움직인다고 판단하였기 때문이다. 가우시안 믹처스 기반의 배경 분할 알고리즘을 사용하면 Fig. 6에 보이는 것처럼 자동차, 화염, 사람들만 남고 모든 것이 사라진다. 또한 처음부터 색상을 바로 검출할 수도 있지만 그렇게 하지 않는 이유는 Fig. 5의 사진처럼 붉은색 지붕도 오탐지될 수 있기 때문이다.



Fig. 5. Input image



Fig. 6. Background removal

3.3 영상품질 개선

배경을 제거한 영상은 Fig. 6에 보인 것과 같이 소금 후추 노이즈가 생성되고 색상을 알아볼 수 없는 상태가 된다. 첫 번째로는 미디안 블러를 사용하여 소금 후추 노이즈를 제거하고[8], 노이즈가 제거된 영상과 원본 영상을 비트별로 AND 연산하여, 그 값이 0 이면 0을 0이 아닌 값을 가지면 원본 영상을 덮어씌워서 원본영상에서 움직이는 타깃을 제외한 모든 배경을 0으로 만든다. 이런 환경을 만들면 움직이지 않는 배경의 붉은 것 들이 제외되기 때문에 오탐지를 줄일 수 있다.

3.4 색상으로 화염후보 검출

RGB 채널을 HSV 채널로 변경 후 화염 색상을 검출한다. HSV 채널로 변경하는 이유는 RGV 채널보다 더 세세한 정보를 HSV채널을 나타낼 수 있기 때문에 미세한 조정을 위하여 HSV 채널로 변경한다. 그 결과 Fig. 9에 나타난 영상처럼 붉은색 옷을 입고 꾸준하게 이동하는 사람과 꾸준하게 이동하는 화염만 남는다. 하지만 Fig. 9에 보이는 영상과 같이 면적이 매우 작은 노이즈 들이 발생하는데 침식 연산을 통하여 면적이 작은 노이즈를 제거하고 팽창을 통하여 손실된 불꽃을 복원한다, 그다음 모든 객체를 라벨링 한 후 트래킹

하면서 감시한다[9].



Fig. 7. Enhanced image

```

1 색으로 불꽃 후보 검출하기.
2 lower = [5, 50, 50]
3 upper = [100, 255, 255]
4 for(i=1 to width)
5     for(j=1 to height)
6         if lower<image[i][j]<upper
7             pass
8         else
9             image[i][j] = 0
    
```

Fig. 8. Pseudo codes to detect flame candidates

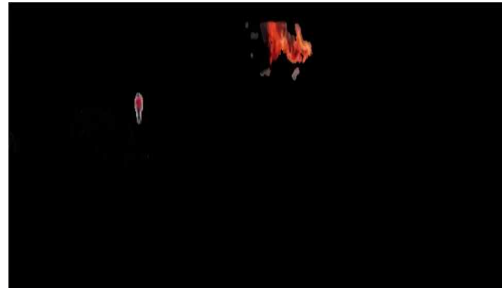


Fig. 9. Flame candidate image

3.5 일정한 면적으로 이동하는 물체 제거

라벨링한 객체들을 추적하면서, 면적이 증가하지 않고 일정하면서 중심좌표가 화면의 1/3 비율 이상 이동하는 물체는 화염이 아니라고 판단한다. 그렇게 한 이유는 화염의 중심좌표가 이동하면 화염의 특성상 옆으로 번지고 면적이 점점 커지면서 이동하지만 Fig. 11처럼 붉은색 옷을 입은 사람은 면적이 커지지 않고 중심좌표만 이동하기 때문에 불이 아니라고 판단할 수 있기 때문이다[10]. 마지막으로 원본 영상과 픽셀단위로 AND 연산하고 중심좌표를 기준으로 바운딩박스를 생성한다. 2분 이상 바운딩박스가 생성되면 산불이라고 알린다.

```

1 트래킹, 라벨링하면서 같은 면적으로 이동하는 객체 제거.
2 optical_flow = TVL1OpticalFlow_create()
3 flow = optical_flow.calc(prvs, next, None)
4 nlabels, labels, stats, centroids = connectedcomponentswithstats(image)
5 x, y, width, height, area =stats[index]
6 if area <100
7     면적이 너무 작기 때문에 노이즈다.
8.if total Euclidean distance((x',x),(y',y)) > 임계값 and 일정한 면적
9     일정한 면적에 이동거리가 많으면 산불이 아니라 노이즈다.
    
```

Fig. 10. Psuedo codes for flame detection



Fig. 11. Flames detected

IV. 실험 결과

YouTube에서 얻은 산불영상 50개를 기존의 색상 히스토그램을 통하여 산불을 감지하는 것과 우리가 제시한 알고리즘을 비교하여 본 결과, 기존 색상 히스토그램만 사용하여 산불을 감지하는 것은 많은 오차가 있었지만 우리의 알고리즘은 100%의 정확도를 보였다. 실제로 기존 방법은 Fig. 8처럼 붉은색 옷을 입은 사람도 검출되었고 우리의 방법 Fig. 11은 붉은색 옷을 입은 사람은 검출되지 않는다. 하지만 문제점도 있었다. 블랙박스 영상, CCTV영상, 낮은 곳에서 촬영한 영상을 가지고 실험해 본 영상들에서는 모두 잘 화염을 찾았지만, 헬리콥터에서 촬영한 영상이나, 높은 타워와 같이 관점(view point)이 높은 곳에서 촬영한 영상에서는 매우 낮은 정확도를 보였다. 그 이유는 CCTV영상에서 제안한 알고리즘을 적용할 계획이었기 때문에 연기는 고려하지 않았기 때문이다. 연기를 고려하게 되면 담배연기나, 매연 등 화재로 감지 할 수 있기 때문에 문

제가 생기기 때문이다. Fig. 12를 보면 왼쪽은 낮은 곳에서 영상이 촬영되었기 때문에 불이 대부분이지만 오른쪽은 높은 곳에 촬영하였기 때문에 연기가 대부분이다. 높은 곳에서는 오히려 화염보다 연기를 찾는 것이 직관적으로 더 좋다는 것을 느낄 수 있을 것이다. Table. 1은 다양한 시점에서 실험한 결과이다. 산불 영상을 수집하는데 어려움을 겪어 유튜브에서 다운받은 50개의 산불 영상에서 실험을 진행하였기 때문에, 관점에 따른 결과만 표기하였다.



Fig. 12. Forest fire images: the left is from a low view point and the right is from a high view point

Table 1. Experimental results

videos	Color-based method	Our method
Black box	Not found	found
High place	found	Not found
Low place	Not found	found
CCTV	Not found	found

V. 결론 및 향후 연구방향

산불이 특정 색상을 가지고 움직이지 않으면서, 일정한 영역에서 제한된 변화만을 가진다는 사실에 착안하여 간단하고 성능이 우수한 산불감지 알고리즘을 구현하고 실험을 통하여 유효성을 보였다. 제안한 방법은 기존 방법보다 간단하면서 동등 또는 그 이상의 성능을 보였다. 오검출의 경우를 보완하기 위하여 제안된 알고리즘과 온도센서 등의 방법과 같이 활용된다면 유용할 것으로 기대된다. 본 논문의 알고리즘 저위치의 CCTV 동영상을 이용하여 산불을 감지하는 데 사용되나 연기는 고려하지 않았다. 높은 곳에 설치된 CCTV 동영상을 대상으로 연기감지 연구가 추후 연구할 방향이다.

REFERENCES

- [1] S. Lee, H. Lee, "Analysis of Forest Fire Occurrence in Korea," T. o Korean Institute of Fire & Eng., Vol. 20, No. 2, pp. 54-63, 2006.
- [2] K. Nakau, M. Fukuda, K. Kushida, "Forest Fire Detection Based on MODIS Satellite Imagery, and Comparison of NOAA Satellite Imagery with Fire Fighters' Information," Institute of Low Temperature Science Hokkaido University, Japan, 2005.
- [3] A. Alkhatib, "A Review on Forest Fire Detection Techniques," International Journal of Distributed Sensor Networks. March 2014.
- [4] T. Celik and H. Demirel, "Fire Detection in Video Sequences Using a Generic Color Model," Fire Safety Journal, Vol. 44, Issue 2, pp. 147-158, 2009.
- [5] B.U. Töreyn, Y. Dedeoglu, U. Gudukbay, and A.E. Cetin, "Computer Vision Based Method for Real-time Fire and Flame Detection," Pattern Recognition Letters, Vol. 27, No. 1, pp. 49 ~ 58, 2005.
- [6] W. Kim, D. Kim, "Implementation of Infrared Thermal Image Processing System for Disaster Monitoring", The Korea Institute of Convergence Signal Processing, Vol. 11, No.1, pp.9-12, 2010.
- [7] P. TraKuPong, R. Bowden, "An Improved Adaptive Background Mixture Model for Real-Time Tracking with Shadow Detection," In Proc. 2nd European Workshop on Advanced Video Based Surveillance Systems: Computer Vision and Distributed Processing, Kluwer Academic Publishers, pp. 1~5, Sept. 2001.
- [8] M. Sonka, V. Hlavac, and R. Boyle, Image Processing Analysis, and Machine Vision, PWS Publishing, Boston, Mass., 1999.
- [9] M. Sarazin and F. Roddier, "The ESO Differential Image Motion Monitor," Astron. Astrophys, Vol. 227, No. 1, pp. 294-300, 1990.
- [10] Harle. N and Min Xi, "Robot Vision System Using Differential Image Information and Geometrical Relations of Moving Edges," Signal Processing and Its Applications, Fourth International Symposium on, Vol. 2, pp. 573-574, 1996.

저자 소개

서민석 (Min-Seok Seo)



2015년 3월 ~현재: 한밭대학교
정보통신공학과(공학사)
관심분야 : 영상인식, OCR,
객체탐지, 객체분할

이충호 (Choong Ho Lee)



1995년 2월 : 연세대학교
전자공학과(공학사)
1998년 2월 : 연세대학교
전자공학과(공학석사)
1998년 3월 : 도호쿠대학교(일본)
정보과학연구과(공학박사)
1997년 2월 ~ 2000년 2월 : KT

전임연구원

1997년 2월~현재 : 한밭대학교 정보통신공학과 교수
관심분야 : 영상처리, 컴퓨터비전, 인공지능, 빅데이터,
소프트웨어교육