

다중 프레임 차를 이용한 딥러닝 화재 긍정오류 개선 알고리즘 연구

이영학*, 심재창**

*국립안동대학교 컴퓨터공학과

**국립안동대학교 컴퓨터공학과

e-mail : yhsjh.yi@gmail.com, jcshim@andong.ac.kr

False Positive Detection Improvement Algorithm Research using the Multiple Frame Difference for the Fire Alarm System based on Deep Learning

Yeunghak Lee*, Jaechang Shim**

*Dept. of Computer Engineering, Andong National University

**Dept. of Computer Engineering, Andong National University

요 약

딥러닝은 IT, 의료, 농업 등 다양한 분야에서 연구가 이루어지고 있다. 본 연구는 딥러닝을 이용한 화재 검출에서 발생하는 긍정 오류(False Positive)를 개선하고자 한다. 첫째, 입력된 비디오 영상은 전역 프레임 차와 유사도를 이용한 전처리과정을 수행한다. 둘째, 전처리 과정에서 움직임이 관측되면, 딥러닝 과정을 수행하여 화재 검출을 수행한다. 셋째, 딥러닝을 이용해서 화재가 검출되면 제안된 방법을 이용하여 국부적 영역에 대한 다중 프레임 차와 유사도를 이용한 최종 검증과정을 거친다. 이 과정을 만족하면 최종적으로 화재 검출 영상을 화면에 표시한다. 본 연구는 현장에 직접 설치된 카메라로부터 발생하는 긍정오류를 딥러닝과 제안된 다중 프레임 차 및 유사도 알고리즘을 이용하여 많은 개선을 하였다.

1. 서론

화재는 언제 어디서 발생할지 모르므로 항상 주의를 해야 한다. 화재가 발생하면 많은 재산의 손실이 초래되며, 때로는 귀중한 생명을 앗아가기도 한다. 특히, 화재를 자동으로 감지 혹은 모니터링하는 연구는 지금까지 많은 주목을 받고 있다.

여러 가지 광학 및 이온 센서들(온도, 연기, 불꽃 등)를 사용한 화재 감지 시스템은 매우 국한적 영역을 감지한다.

IT 기술의 발달로 인하여 컴퓨터 성능 향상 및 영상 분석 기술이 지난 10년간에 걸쳐 크게 향상되었다. 카메라를 이용한 컴퓨터 비전 기반의 화재 탐지 시스템은 여러 가지 장점을 제공한다 [1-2]. 비디오, 이미지, 색상, 텍스처, 기하학, 모션 그리고 신경망과 같은 다양한 접근 방법을 이용한 알고리즘이 사용되었다 [3-7].

특징 추출을 이용한 화재 검출 외에 머신러닝을 이용한 화재 검출이 많이 연구되어왔다. 최근에는 머신러닝의 연구에 힘입어 딥러닝을 이용한 화재 검출이 점점 확산되고 있다. [Convolutional Neural Network for Video Fire and Smoke Detection] 딥러닝 알고리즘은 비디오 영상의 화재 및 연기를 감지하기 위해 데이터의 형상 혹은 표현을 학습하는 것이다. 입력 영상으로부터 여러 가지의 특징 벡터를 추출하여 인식률이 높은 CNN (Convolutional

Neural Networks) 방법을 이용한 딥러닝 학습을 많이 이용한다. 그러나 이 방법의 단점은 초기 화재의 위치와 화재 발생률 등에 대한 정보를 얻을 수 없다. 본 연구는 딥러닝 기반의 화재 검출에서 전처리와 후처리에서 프레임 차 및 유사도를 이용하여 긍정 오류를 줄이는 새로운 알고리즘을 제안하며 순서도는 그림 1에 나타내었다.

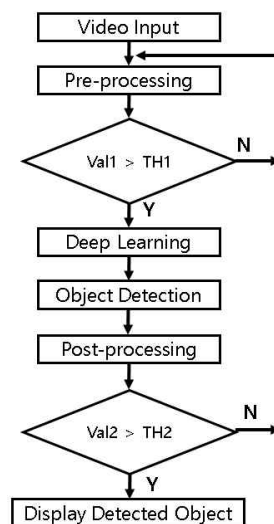


그림 1. Flowchart of proposed algorithm

2. 딥러닝

영상을 분류하는 것보다 영상 내에 있는 객체를 구별하는 것이 어려운 경우가 많다. 기본적으로 딥러닝의 R-CNN은 여러 단계를 거친다. 첫 번째는 바운딩 박스 생성이다. 이것은 비슷한 색상, 밝기, 패턴 등의 인접한 픽셀을 결합하여 찾는 방법이다. 두 번째는 크기의 단일화이다. 세 번째는 SVM을 사용한 영역 분류이다. 마지막으로, 분류된 객체의 바운딩 박스가 정확한 좌표를 설정하도록 선형 회귀 모델을 사용한다.

본 논문에서 사용한 Faster R-CNN은 단순히 영역 제안을 생성하는 부분을 모델 내에서 통합하는 영역제안 네트워크(RPN)라는 새로운 방법을 적용하는 방법이다. Faster R-CNN은 외부의 느린 선택 검색 (CPU에 의해 계산됨)을 사용하지만, 내부의 빠른 RPN (GPU에 의해 계산됨)을 사용하여 속도를 향상시킨다.

3. 다중 프레임 차

입력된 두 영상으로부터 프레임 차를 구하는 과정은 다음과 같다. 고정된 카메라로부터 입력되는 비디오 영상 프레임 k 와 $k+1$ 에 대한 노이즈 제거를 수행합니다. 두 프레임의 차를 구한 후 가우시안 블러링을 이용하여 노이즈를 제거하며, 프레임 차 영상은 식 1과 같다

$$dif_img(x,y) = |f_k(x,y) - f_{k-1}(x,y)| \quad (1)$$

노이즈가 제거된 차 영상에 대해 식 (2)를 이용하여 이진화 영상을 얻을 수 있다.

$$B(x,y) = \begin{cases} 255 & \text{if } dif_img(x,y) \geq TH1 \\ 0 & \text{else} \end{cases} \quad (2)$$

결과 영상은 그림 2와 같다.

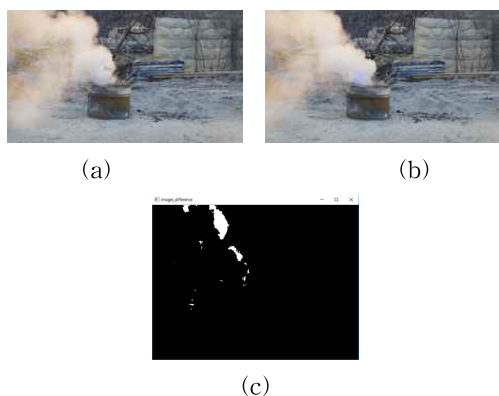


그림2. 두 입력 영상 및 차 영상, (a) f_k 영상, (b) f_{k-1} 영상, (c) 차 영상

본 논문에서는 다중 프레임 차를 이용한 방법을 제안한다. 이것은 첫 번째 프레임과 중간 프레임, 중간 프레임과 마지막 프레임 그리고 마지막 프레임과 중간 프레임의 차를 식 (1)를 이용해서 구한다. 식 (2)를 이용하여 $B_1(x,y)$, $B_2(x,y)$, $B_3(x,y)$ 를 계산한다. 정규화 과정을 거친 후 식(3)를 이용하여 최종 $Val(x,y)$ 값을 얻는다.

$$Val(x,y) = (B_1(x,y) + B_2(x,y) + B_3(x,y))/3 \quad (3)$$

4. 실험 및 고찰

본 논문은 딥러닝 기반의 Onvif 카메라를 이용한 화재 감지 시스템에서 발생하는 긍정오류(False Positive)를 최소화하기 위한 다중 프레임의 차 및 관심영역 유사성을 이용한 새로운 개선 알고리즘을 제안하였다. 사용된 시스템은 Intel Core i7-7700 (3.5 GHz), 메모리 16G, Geforce TITAN-X 이며, 중요 프로그램은 OpenCV 및 Python 3.5이다. 본 연구에 사용된 불꽃 및 연기 데이터베이스는 인터넷과 일반 노지 및 공장에서 직접 녹화된 비디오를 사용하였다. 비디오 녹화 장치는 휴대폰 카메라, 라즈베리파이 카메라 그리고 Cannon G5 카메라를 이용하였다.

알고리즘을 구현과정은 아래와 같다. 첫째, LabelImg 프로그램을 이용하여 획득된 데이터베이스 영상에 대해 불꽃과 연기에 해당하는 영역을 라벨링 한다. 라벨링 결과는 이미지 이름과 함께 각 사각형의 네 점 좌표와 객체의 이름이 포함되어 .xml 파일에 저장된다.

둘째, TFRecord 파일 형식을 사용하여 전체 학습 데이터는 70% 훈련 데이터와 30% 유효성 검증데이터로 분류한다. 셋째, 모델 선택이다. 본 연구에서는 Faster R-CNN Resnet101 텐서플로우 모델을 사용하였다 [8]. 이것은 가장 높은 검출률을 나타낸다. 내부 파라미터를 이용하여 딥러닝 스텝, 입출력 크기, 저장 위치 등을 결정한다. 넷째, 훈련 과정이다. 본 연구에서는 화재와 관련하여 5종류의 물체(연기, 불꽃, 글라인더, 용접, 사람)를 검출해야하므로 카테고리는 5로, 학습 단계는 20,000으로 설정하였다. 그리고 훈련에 사용된 화재 영상은 20,301장을 사용하였다. 다섯째, 훈련된 모델의 추출하는 것이다. 최종적으로 메타데이터를 제외한 모델과 가중치를 결합하는 ".pb"파일이 생성된다.

그림 3에 딥러닝을 적용한 화재 검출 결과들을 나타내었다. 그림 3 (a)는 촬영된 비디오 및 GUI 프로그램을 이용하여 불꽃 검출 실험한 결과이며, (b)는 실제 현장에 설치된 Onvif카메라를 이용하여 실험한 긍정 오류 결과이다.

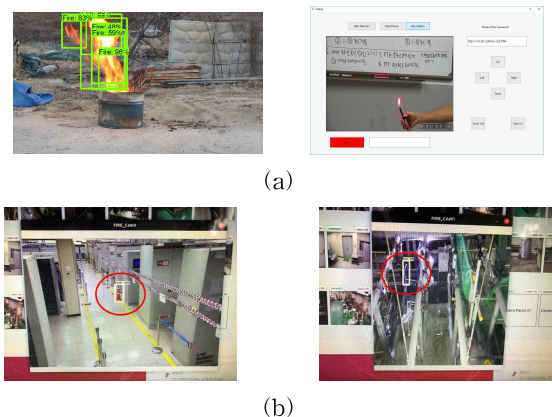


그림 3. 딥러닝을 이용한 실험 결과 (a) 긍정 참, (b) 긍정 오류

긍정 오류는 여러 곳에서 나타났지만, 그 유형은 2가지로 나누어진다. 첫 번째, 시설물이 햇빛의 반사에 의해 연기 혹은 불꽃으로 검출되는 경우이다. 두 번째, 시설물 가운데서 연기와 불꽃처럼 형상과 색상이 비슷한 경우이다.

본 논문에서는 입력 영상에 대하여 다중 프레임 차와 프레임 유사도 비교를 이용하여 임계 값 이상이 되는 경우만(움직임이 있는 경우) 딥러닝을 수행하도록 하였다. 이 과정을 통해서 햇빛 반사와 시설물 반사 등이 제거되었다. 딥러닝을 통하여 화재 영역의 바운딩 박스가 관심 영역으로 저장되면, 이차적인 국부적 영역 차 비교와 SSIM 지수와 평균 제곱(MSE) 오차를 이용하여 긍정 오류 여부를 판별하게 된다. 실험에서 하나의 배열에 10장의 프레임 영상이 저장되며, 첫 번째, 중간, 그리고 마지막 프레임을 이용하여 SSIM 지수와 평균 자승 오차 (MSE)를 사용한 유사성 계산은 아래 식과 같다 [9].

$$S_k = ssim(f_k, f_{k-1}) \quad (6)$$

$$M_k = MSE(f_k, f_{k-1}) \quad (7)$$

$$V_S = \begin{cases} 1, & \text{if } 0.5 \leq S_{avg} < 0.90 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (8)$$

$$V_M = \begin{cases} 1, & \text{if } M_{avg} < Th \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (9)$$

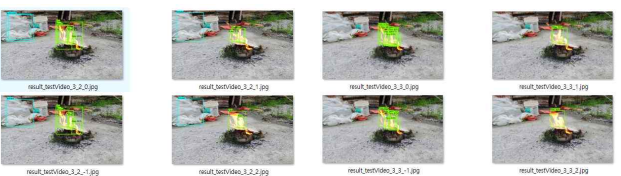
$$V = \begin{cases} 1, & \text{if } V_S = 1 \text{ and } V_M = 1 \\ 0, & \text{else} \end{cases} \quad (10)$$

여기서 avg 는 세 프레임을 이용한 계산 결과의 평균이다. 논문에서 사용된 Th 값은 15000이며, 실험값이다. V 가 1인 경우는 최종적으로 화재로 나타내며, 0인 경우는 딥러닝의 결과가 화재이더라도 최종적으로는 화재로 나타내지 않는다.

제안된 알고리즘을 이용한 실험 결과를 그림 4에 나타내었다.



(a)



(b)

그림 4. 제안된 알고리즘을 적용한 결과, (a) Onvif 카메라를 이용한 실험, (b) 녹화된 비디오를 이용한 실험.

그림 4 (a) 는 실제 현장에서 녹화된 비디오를 대상으로 실험한 결과이며, 그림 4 (b) 는 일반 카메라를 이용하여 녹화된 비디오를 이용한 실험이다. 그림 4 (a) 와 (b) 의 왼쪽 그림은 긍정 오류가 발생한 경우이며, 오른쪽 그림은 본 연구에서 제안한 알고리즘을 적용한 결과이다. 제안된 알고리즘을 적용하여 현장에서 녹화한 비디오 5개와 화재가 있는 영상 5개를 실험하였다. 실험 결과는 표 1과 같다.

Table 1. 제안된 알고리즘을 적용한 비디오 실험 결과.

| | 검출 | 거짓오류 | 긍정오류 |
|------|----|------|------|
| 화재영상 | 5 | 0 | 0 |
| 일반영상 | 4 | 0 | 1 |

표 1에서 나타낸 것처럼 화재의 거의 100% 검출이 되었으며, 대부분의 긍정 오류도 검출되었다. 1개의 비디오에서 긍정 오류가 나타났으며, 이것은 사람의 움직임으로 인해 영상의 잔영이 나타나서 발생한 것이다. 추가적인 알고리즘 개선이 필요한 부분이다.

6. 결론

작은 불씨 하나가 큰 불이 되어 우리의 재산을 앗아가고 때로는 이것으로 인해 소중한 생명을 잃기도 한다. 본 논문은 딥러닝 기반으로 화재를 검출할 경우 발생하는 긍정 오류를 줄이기 위한 새로운 알고리즘을 제안하였다. 여러 프레임 차를 이용하여 전처리에서는 전역에 대해 그리고 후처리에서는 검출된 영역에 대한 국부적 프레임 차와 유사도를 이용한 새로운 긍정 오류 검출 알고리즘을 연구하였다. 기존의 일반적인 딥러닝만을 적용했을 때 보다 제안된 알고리즘이 긍정 오류를 현저히 줄였으며, 이것을 실험을 통해 알 수 있었다. 추후 과제로서는 사람의 연기 긍정 오류를 줄이기 위해 색상 분석과 프레임의 상관관계 등을 이용한 실험 및 딥러닝 모델 연구가 필요하다.

Acknowledgement

이 논문은 2018년도 정부(교육부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업임(No. NRF-2018R1D1A1B07051087)

참고문헌

[1] B. C. Ko, S. J. Han, and J. Y. Nam, "Modeling and Formalization of Fuzzy Finite Automata for Detection of Irregular fire Flames," *IEEE Transaction on Circuits and System Video Technology*, Vol. 21, No. 12, pp.

1903-1912, 2011.

[3] T. Celik and H. Ozkaramanli, "Automatic Fire Detection in Video Sequences," *Proceeding of European Signal Processing Conference*, 2016.

[4] T. Chen, P. Wu, and Y. Chiou, "An Early Fire-Detection Method Based on Image processing," *2004 International Conference on Image Processing*, pp. 1707-1707, 2004.

[5] C. B. Liu and N. Ahuja, "Vision Based Fire Detection," *2004 International Conference on Pattern Recognition*, pp. 34, 2004.

[6] F. N. Yuan, G. X. Liao, and Y. M. Zhang, "Feature Extraction for Computer Vision Based Fire Detection," *Journal of University Science and Technology of China*, pp. 39-43, 2006.

[7] T. B. Ugur and Y. Dedeoglu, "Computer Vision based Method for Real-time Fire Flame Detection," *Pattern Recognition Letters*, Vol. 27, No. 1, pp. 49-58, 2006.

[8] Tensorflow model, <https://github.com/tensorflow/models> (accessed April 10, 2019)

[9] Y. Lee, I. Ansari, and J. Chang, "Rear-Approaching Vehicle Detection using Frame Similarity base on Faster R-CNN," *International Journal of Engineering & Technology*, Vol. 7, pp. 177-180, 2018.