

화염의 색상 및 동적 특성을 이용한 FFmpeg 기반 실시간 화염 검출

김현태*

Real-time Flame Detection Using Colour and Dynamic Features of Flame Based on FFmpeg

Hyun-Tae Kim*

요약

본 논문에서는 고품질 IP 카메라로부터 입력되는 영상으로부터 실시간으로 화염을 검출할 수 있는 시스템을 제안한다. 먼저 FFmpeg 라이브러리를 이용하여 비디오 파일을 오픈하는 것처럼 IP 카메라로부터 전송되는 RTSP 스트림을 직접 오픈한다. 두 번째는 입력영상으로부터 혼합 가우시안 모델을 이용하여 배경영상을 추출한다. 그 다음에는 입력 영상과 배경영상간의 차신호로부터 전경영상을 구한다. 분리된 전경영상은 수학적 모폴로지 연산을 거쳐 후보영역으로 간주한다. 후보영역의 색정보와 화염의 동적 특성을 분석하여 최종적으로 화염을 검출한다. 실험 결과를 통하여 제안하는 방법이 화염을 검출하는 데 효과적인 것을 보인다.

ABSTRACT

In this paper, we propose a system which can detect the flame in real time from the high-quality IP camera. First, open directly the RTSP streams transmitted from the IP camera using the library FFmpeg as opening a video file. The second thing is to extract the background images from video signal using Gaussian mixture model. Then the foreground images are obtained through subtracting operation between the input image and the background image. Separated foreground image through a mathematical morphology operation are considered as candidate area. By analysing colour information and dynamic characteristics of the candidate area, flame is determined finally. Through the experiments with input videos from IP camera, the proposed algorithms were useful to detect flames.

키워드

혼합 가우스 모델, 동적 특성, RTSP 스트림, 화염 검출
Gaussian Mixture Model, Dynamic Characteristics, RTSP Streams, Flame Detection

1. 서론

화재가 발생하면 인적 물적 피해가 크기 때문에 화재를 예방하는 것이 필요하고, 화재가 발생하면 조기 검출하여 대응하는 것이 필요하다. 화재감지는 실내에

서의 화재 감지를 위하여 광학적 센서를 이용하고 있으나, 야외에서는 센서를 사용하는 것이 어렵다. 최근 교통사고 감시, 화재 감지를 비롯한 다양한 분야에서 IP 카메라를 이용한 영상기반의 스마트 시스템들이 제안되고 있다[1-4]. 그 중 영상기반의 화재검출 시스

* 동의대학교 멀티미디어공학과(htaekim@deu.ac.kr)

접수일자 : 2014. 07. 23

심사(수정)일자 : 2014. 08. 21

게재확정일자 : 2014. 09. 19

템은 화염과 연기의 색상정보를 이용하는 방법[5]과 동적인 움직임에 의하여 검출하는 방법[6]이 있다. 영상기반의 화재검출 방법은 유사한 색상을 가지거나 주변 조명환경에 따라서 오검출이 발생한다.

본 논문에서는 IP 카메라 기반의 실시간 화염 검출 시스템을 제안한다. 화염 검출 시스템의 오검출을 줄이기 위하여 화염 영상의 색 정보 외에 화염 객체의 동적 특징을 이용하여 화염을 검출하는 방법을 제안한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 제 2장에서 본 논문에서 제안하는 실시간 화염 인식 시스템에 대하여 설명하고 제 3장에서 실험 환경 및 조건에 대해 언급하며 제 4장에서 실험 결과를 분석하고 제 5장 결론을 맺는다.

II. 제안하는 실시간 화염 검출 시스템

제안하는 실시간 화염 검출 시스템의 전체 블록도는 그림 1과 같다. IP 카메라로부터 TCP/IP 네트워크를 통해 스트리밍되는 데이터를 FFmpeg 라이브러리를 이용하여 실시간으로 영상을 획득하는 단계를 거쳐 배경 추정 단계, 전경 추출 단계를 지나 후보 영역에 대한 화염의 색정보와 동적 특성 정보를 활용한 화염 판별 단계로 진행된다.

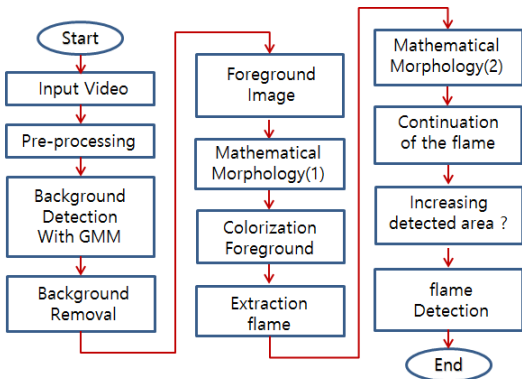


그림 1. 제안하는 전체 시스템 블록도
Fig. 1 Block diagram for proposed total system

2.1 FFmpeg 라이브러리 이용 RTSP 스트림 디믹싱, 디코딩

FFmpeg은 크로스 플랫폼을 지원하는 오픈소스 멀티미디어 프레임워크이다[7]. FFmpeg을 이용해 인코딩/디코딩, 트랜스코딩(transcode), 믹싱/디믹싱, 스트림(stream)은 물론 '재생'까지 멀티미디어와 관련한 거의 모든 기능을 다 갖추고 있다. 네트워크 카메라로부터 FFmpeg을 이용하여 스트리밍 데이터를 디믹싱(demuxing)과 디코딩(decoding)하여 원본 데이터 영상을 획득하는 과정을 그림 2에 나타내었다.

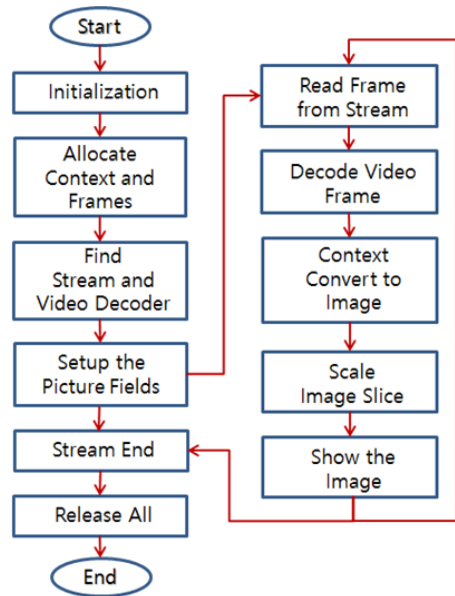


그림 2. RTSP 디코딩을 위한 FFmpeg 라이브러리 이용 절차
Fig. 2 Applied procedure of FFmpeg library for RTSP decoding

2.2 주변환경에 강건한 GMM

배경추정을 위한 혼합 가우시안 모델은 통계적 패턴 인식 기반으로 음성인식이나, 차량 인식 시스템에 많이 사용되어지는 모델이다.

배경에 속한 각 픽셀의 칼라 분포를 가우시안 분포를 가진 다수의 분포의 결합으로 모델링하여 각 가우시안 분포의 파라미터들 가중치, 평균, 공분산을 갱신하여 배경 영상을 결정한다. 다수의 배경 모델로 다수의 배경 물체를 대처할 수 있도록 하였다[3].

$$P(x_t) = \sum_{i=1}^M \omega_{i,t} * g(x_t, \mu_{i,t}, \Sigma_{i,t}) \quad (1)$$

여기서 x_t 는 현재 픽셀값, M 은 혼합 모델의 개수, $\omega_{i,t}$, $\mu_{i,t}$ 와 $\Sigma_{i,t}$ 는 시간 t 에서 i 번째 가우시안모델의 가중치, 평균과 공분산행렬을 나타낸다.

M 개의 가우시안 모델들 가운데 식 (2)의 조건을 만족하는 가우시안 모델들이 배경 모델로 이용된다. 이때 가우시안 모델들은 ω_k/σ_k 값에 의해서 미리 정렬 되어 있다. 가중치가 높은 모델은 동일 시간 내에 더 많은 빈도로 발생하였으므로 배경일 가능성이 높으며, 분산이 적을수록 정적이므로 마찬가지로 배경일 가능성이 높게 된다.

$$B = \operatorname{argmin}_a \left(\sum_{i=1}^b \omega_k > T \right) \quad (2)$$

통계적 파라미터들은 업데이트 방식으로 EM알고리즘을 사용하였다[4].

2.3 화염의 색 정보 특성 및 동적 특성

화염의 색 분포 특징을 검토하여 화염 영역의 R, G, B 값 분포 뿐 만아니라, Y, Cb, Cr, 및 H, S, V 값의 분포 특징을 함께 고려하여 임계값을 정한다.

화염의 동적 특성은 화염 객체의 일정 밝기값 이상의 픽셀 수 증가 여부 반응을 반영한다. 화염 영역은 발화이후 영역이 확대되는 경향이 있으며, 화염 영역이라도 일정 크기 이상 확대되지 않는 경우라면 자연 소화(消火)되는 경우가거나 일정 영역 이상 번지는 경우가 아니므로 위험하지 않다. 화염의 색상 특성에 대한 동적 특성까지 고려하여 이를 화염 객체 분류를 위한 특성으로 활용한다. 이와 관련된 적용 절차는 표 1과 같다.

표 1. 동적 특성 적용 절차

Table 1. Applied procedure for dynamic characteristics

1. Define the frame number of input images M , the number of pixel in the j th image frame $N_j (0 \leq j \leq M)$, j th input image Img_j , color data of the pixel in the image $Img_{R_j}(i)$, $Img_{G_j}(i)$, $Img_{B_j}(i) (0 \leq i \leq N_j)$.
2. Conversion to gray images

$$Img_{gray_j}(i) = \frac{Img_{R_j}(i) + Img_{G_j}(i) + Img_{B_j}(i)}{3}$$

3. Define a function that takes the value 1 if a specified function of the arguments exceeds a given threshold and 0 otherwise.

$$Threshold(x) = \begin{cases} x \geq T & 1 \\ x < T & 0 \end{cases}$$

4. Stores the number of pixels having more than a threshold value for each image.

$$Count_j = \sum_j^{N_j} Threshold(Img_{gray_j}(i))$$

5. Define increase and decrease measurement function $I(x)$

$$I(x) = \begin{cases} |x| \geq E & \begin{cases} x > 0 & 1 \\ x < 0 & -1 \end{cases} \\ |x| < E & 0 \end{cases}$$

6. Final results $F(x)$

$$F(x) = \sum_j^{M-1} I(Count_{(j+1)} - Count_j)$$

If $F(x)$ value is greater than 0, it is recognized as a flame.

III. 실험 환경 및 조건

실험은 두 가지 형태로 진행하였다. 첫 번째는 IP 카메라부터 산업용 제어보드까지 포함한 전체 실시간 시스템의 화염 검출 성능에 대한 것이며, 두 번째는 화염 검출 알고리즘만의 성능을 위해 다양한 화염 관련 비디오 영상 파일을 이용한 실험이다.

첫 번째 실험에서 사용한 IP 카메라는 Sunell(사)의 200만화소, 0.005Lx 이며, 시스템실시간 처리를 위해 640x480 사이즈로 선택 시 초당 7프레임 속도로 실험하였다. 산업용 제어보드는 Intel(R) Core(TM) i3-4130 CPU @ 3.40GHz가 탑재되어 있으며 window7 기반이며 Visual Studio2010과 영상처리 공개 라이브러리인 OpenCV를 사용하여 구현하였다.

첫 번째 실험은 방재시험연구원에 시험을 의뢰하여 지정된 장소에서 실험하였다. 지정된 시험실 크기는 길이 10m × 폭 6m × 높이 3m 이며, 그림 4에 배치

도를 표시하였다. 시험실의 수평면 조도는 시험실 중앙에서 (22 ± 2) lx 이며 그림 4에 표시한 측정 방향에 따른 연직면 조도는 ① (13 ± 1) lx, ② (15 ± 1) lx, ③ (10 ± 1) lx, ④ (40 ± 1) lx 이다. 또한 설치한 카메라는 화원으로부터 수평거리 5m, 바닥으로부터 수직거리 1m 에 위치한다.

시험방법은 크기 가로 0.33m × 세로 0.33m × 높이 0.05m 의 연료 펜에서 n-heptane 연료를 사용하여 시험하였다.

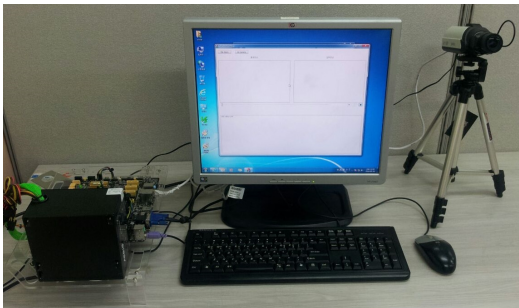


그림 3. 실제 구현한 실시간 화염 검출시스템
Fig. 3 Actually implemented real-time flame detection system

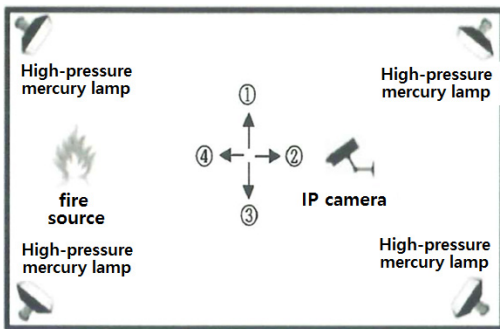
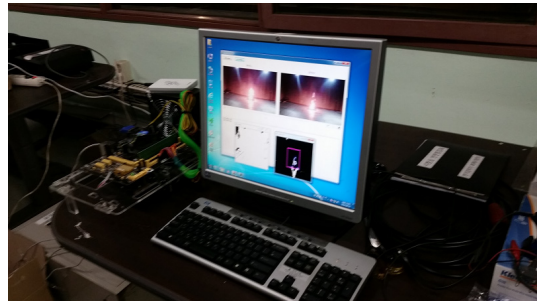


그림 4. 방재시험연구원의 시험실 배치도
Fig. 4 Layout of the testing room in FILK(Fire Insurers Laboratories of Korea)

두 번째 실험은 IP 카메라를 이용한 직접 입력 없이 동영상 파일을 오픈하여 알고리즘에 적용하였다. 두 번째 실험에 사용한 테스트 동영상 파일 환경은 표 2와 같다. 다양한 환경을 위해 실내 영상 뿐만 아니라 실외에서 수집된 영상도 동일한 비율로 테스트 하였다.



(a)



(b)

그림 5. 방재시험연구원에 설치한 검출 시스템
(a) 모니터링 실에 설치한 검출 시스템
(b) IP 카메라가 설치된 시험실 모습

Fig. 5 The detection system installed in FILK
(a) The system installed in monitoring room
(b) The IP camera installed in testing room

표 2. 테스트 영상의 환경
Table 2. Environments of the test videos

file name	video length	size	frame rate	total frame num-ber	flame num-ber
flame 1 (outdoor)	0:04:10	320×240	29	6,020	5,684
flame 2 (outdoor)	0:00:17	320×240	29	493	493
flame 1 (indoor)	0:04:41	352×240	24	6,744	3,672
flame 2 (indoor)	0:04:11	640×360	24	6,024	2,616

* flame number : the number of frames present larger than a certain size flame objects.

IV. 실험 결과

방재시험연구원에서 시험한 첫 번째 실험 결과는 그림 6에 나타내었다. 화원(火原)에 점화한 후 자연연소상태를 지속시켜 시험체(검출 시스템)가 화재신호를 발신하는 데 소요되는 시간을 측정한 결과 발화 후 9 초 만에 검출신호가 표시되었다. 화염의 동적 특성까지 고려하기 때문에 오검출을 줄이기 위해 다소 충분한 시간을 두고 모니터링하기 때문이다.

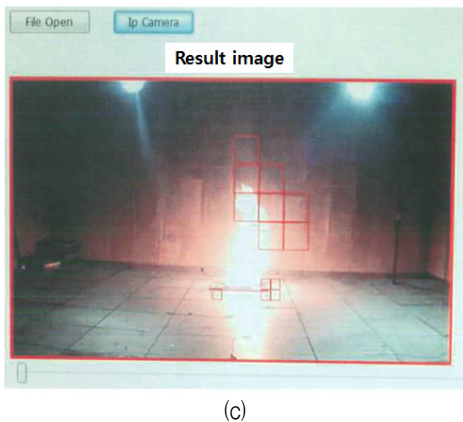
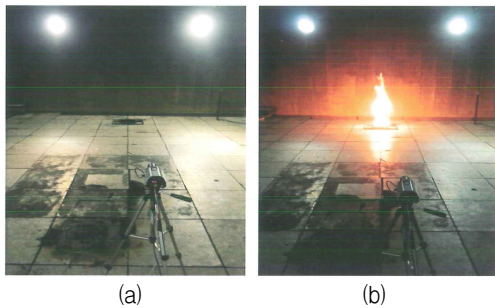


그림 6. 방재시험연구원에서 실제 시험한 모습
 (a) 화염 검출 작동 시험 전 (b) 화염 검출 시험 중
 (c) 검출 시스템의 모니터상에 화염이 검출된 모습
 Fig. 6 Scenes from actual tests at FILK.
 (a) Before testing (b) Under testing (c) Scene for detected flame in monitor of the detection system

화염 검출 알고리즘 자체의 검출 성능을 위해 다양한 환경에서 수집된 화염 관련 동영상에 대해 실험하였다. 그 중 한 가지 동영상에 대한 실험 결과 화면을 그림 7에 나타내었다. 야외에서 수집한 영상에 대해서도 잘 검출되는 것을 확인할 수 있다. 실험한 4가지 서로

다른 동영상에 대한 실험 결과는 표 2에 나타내었다. 평균 화염 인식률은 94.03% 정도를 나타내고 있다.

표 3. 제안한 화염 검출 알고리즘 방법에 대한 성능 평가 결과(프레임 수 / 퍼센트, %)

Table 3. Performance evaluation results for proposed flame detection algorithm(frame number / percent, %)

file name	flame number	proposed method (number of frame)		proposed method (percent, %)	
		fail	detection*	fail	detection*
flame 1 (outdoor)	5,684	451	5,233	7.9	92.1
flame 2 (outdoor)	493	41	452	8.3	91.7
flame 1 (indoor)	3,672	150	3,522	4.1	95.9
flame 2 (indoor)	2,616	95	2,521	3.6	96.4
The average recognition rate				5.97	94.03

* detection : Refers to the number of frames detected flame from the frames contains at least a certain size flame.

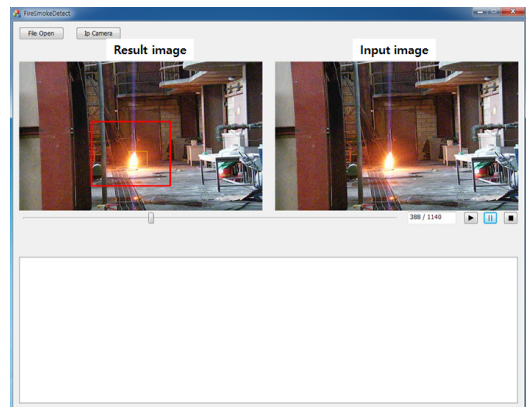


그림 7. 야외 화염 영상에 대한 테스트 예
 Fig. 7 Test example for the outdoor fire video

V. 결론

본 논문에서는 IP 카메라를 이용한 네트워크 기반 실시간 화염 검출 시스템을 제안하였다. 방재시험연구원에서 시험한 결과와 다양한 실내외 화염 동영상에 대한 실험 결과를 통해 제안하는 실시간 화염 검출 시스템 및 화염 검출 알고리즘이 실제 화염에 대해 효과적으로 검출할 수 있는 것을 확인하였다. 향후 보다 다양한 환경에서 수집된 영상에 대한 실험을 지속적으로 실시하여 화재를 오검출없이 조기에 검출하여 미리 예방할 수 있는 기술 및 시스템을 구축하고자 한다.

감사의 글

이 논문은 2014학년도 동의대학교 교내연구비에 의해 연구되었음(2014AA494).
본 논문은 한국전자통신학회 2014년도 춘계종합학술대회 우수논문학술상을 수상하였습니다.

References

[1] G. Kim, J. Kim, H. Kim, J. Park, and Y. Yu, "Vehicle Tracking Using Euclidean Distance," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 7, no. 6, 2012, pp. 1293-1299.

[2] H. Kim, G. Lee, J. park, and Y. Yu, "Vehicle Detection in Tunnel using Gaussian Mixture Model and Mathematical Morphological Processing," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 7, no. 5, 2012, pp. 967-974.

[3] K. Park and H. Kim, "A Study for Video-based Vehicle Surveillance on Outdoor Road," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 8, no. 11, 2013, pp. 1647-1653.

[4] H. Kim and J. Park, "Smoke Detection in Outdoor Using Its Statistical Characteristics," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Science*, vol. 9, no. 2, 2014, pp. 149-154.

[5] G. Healey, D. Slater, T. Lin, B. Drda, and A.

D. Goedeke, "A System for Real-time Fire Detection," *Proc. on IEEE Computer Vision and Pattern Recognition Conf. (CVPR93)*, New York, June 1993, pp. 605-606.

[6] B. U. Toreyin, Y. Dedeoglu, U. Gudukbay, and A. E. Cetin, "Computer vision based method for real-time and flame detection," *Pattern Recognition Letters, Elsevier*, vol. 27, issue 1, 2006, pp. 49-58.

[7] J. Jung, J. Kim, D. Kim, S. Kwon, J. Lee, S. Ju, H. Im, N. Jung, C. Park, and K. Ryu, "Design and implementation of smart multimedia editor system based on education cloud services system," *Proc. on Human and Computer Interface Conf. (HCI2014)*, Gangwon Province, Korea, Feb. 2014, pp. 913-916.

저자 소개

김현태(Hyun-Tae Kim)



1989년 부산대학교 전자공학과 졸업(공학사)
1995년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학석사)
2000년 부산대학교 대학원 전자공학과 졸업(공학박사)
2002년~현재 동의대학교 멀티미디어공학과 교수
※ 관심분야 : 영상 및 음향신호처리, 적응신호처리