

은닉마르코프모델과 DWT를 이용한 실시간 연기 검출

김 형 오*

Realtime Smoke Detection using Hidden Markov Model and DWT

Hyung-O Kim*

요 약 본 논문은 DWT에너지 기반의 연기 검출 방법을 제안하였다. 일반적으로 연기는 형태가 명확하지 않고 주변 환경에 의하여 색상, 형태, 확산방향 등의 특징이 가변적이기 때문에 특정 정보만을 이용할 경우에는 오검출율이 높아진다. 따라서 본 논문에서는 환경변화에 강인한 전경 추출 방법을 이용하여 객체를 검출하고 추출된 객체의 색상, 형태, DWT 에너지 정보를 통합적으로 사용하여 연기를 판단한다. 제안된 방법은 평균 30fps의 처리속도를 가지므로 실시간 처리가 가능하고 화재 발생 시점으로부터 연기 감지까지의 평균 소요시간이 약 7초로 빠른 조기감지가 가능하며 낮은 오검출율을 나타내었다.

Abstract In this paper, We proposed a realtime smoke detection using hidden markov model and DWT. The smoke type is not clear. The color of the smoke, form, spread direction, etc., are characterized by varying the environment. Therefore, smoke detection using specific information has a high error rate detection. Dynamic Object Detection was used a robust foreground extraction method to environmental changes. Smoke recognition is used to integrate the color, shape, DWT energy information of the detected object. The proposed method is a real-time processing by having the average processing speed of 30fps. The average detection time is about 7 seconds, it is possible to detect early rapid.

Key Words : Smoke Detection, Hidden Markov Model, DWT, Object Detection, GMM, foreground

1. 서론

카메라 영상으로부터 화재를 감지하는 방법은 화염을 검출하는 방법, 연기를 검출하는 방법으로 구분할 수 있다. 연기의 경우는 화재의 초기단계, 원거리에 위치한 화재를 감지하는데 효율적으로 화재예방 및 조기경보에 이점을 가진다.

Rubaiyat는 R, G, B 영상에서 연기의 색상 특성을 기반으로 연기 후보군을 검출한 후 특정 방향성분 없이 확산되는 후보군을 연기로 판단하는 방법을 제안하였다[1]. Chao-Ching Ho는 영상에서 움직임 궤적을 이용하여 연기의 후보군을 검출하

고 이를 스펙트럼과 움직임의 변화를 분석하여 연기를 판단하는 방법을 제안하였다[2]. 이 외에도 다양한 움직임 기반의 연기검지 방법이 제안되었다[3, 4]. Turgay는 연기가 특정 색상만을 가진다는 특징을 이용하여 다양한 환경의 테스트 동영상에서 색상모델을 생성한 후 움직임 분석을 통하여 연기 후보군을 검출하고 색상모델로 검증하여 연기를 판단하는 방법을 제안하였다[5]. B.Ugur는 배경 모델링 방법을 이용하여 배경영상을 생성하고 Wavelet 방법을 사용하여 현재 프레임의 경계선을 검출한 후 배경영상과 현재 프레임을 비교하여 상대적으로 경계선이 흐린 영역에 대하여 배경영상

*Corresponding Author : Department of Electrical Engineering, Seoll University

Received July 28, 2016

Revised August 16, 2016

Accepted August 25, 2016

과 현재프레임의 화소값 변화를 이용하여 연기를 판단하는 방법을 제안하였다[6, 7].

기존 제안된 방법들은 연기의 색상, 경계선, 확산방향 등의 특징을 이용하였으며 외부환경에 의한 영향을 최소화하기 위하여 감지 환경을 제한하고 색상정보를 효율적으로 이용하기 위하여 조명 변화를 제한하였다. 조명의 변화가 클 경우에는 실제 환경에서의 색상변화는 없지만 카메라 입력 영상에서는 조도의 변화에 의하여 색상이 변하기 때문에 연기를 오검출 할 수 있다. 또한 배경 색상이 연기 색상과 유사하거나 밝은 색상일 경우에는 연기의 색상특성이 명확히 표현되지 못함으로 검출 확률이 낮아진다. 경계선 정보를 이용하기 위해서는 고정된 배경을 사용하거나 배경 모델링을 정확히 해야 한다.

위와 같이 연기 검출을 위하여 사용할 수 있는 색상, 경계선, 확산방향 등의 특징은 외부환경에 많은 영향을 받는다. 따라서 연기의 특정 정보만을 이용하거나 현재 프레임만을 이용할 경우에는 정확한 연기검출이 어렵고 오검출 횟수가 증가 할 수 있다. 이를 극복하기 위하여 본 논문에서는 통계기반의 방법을 이용하여 전경영상을 추출해내고 전경영상에서 연기의 색상, 에너지, 형태 정보를 이용하여 연기 이외의 객체를 제거하여 연기 후보군을 검출하고 이를 판별기를 통하여 연기 유무를 판단하는 방법을 제안하며 빠른 조기검지와 안정적인 검출율, 낮은 오검출율을 목표로 한다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 제안된 연기 알고리즘을 설명하고 3장에서는 실험결과를 보이고 이를 분석하며 4장에서 결론을 설명한다.

2. 연기 감지 알고리즘

2.1 연기감지 프로세스

본 논문에서 제안하는 방법은 크게 3단계로 나누어진다. 1단계는 입력 영상에서 움직임 영역을 검출해 내는 과정과 움직임 영역의 처리 여부를 판단하는 과정이다. 2단계는 움직임 영역에서 연기

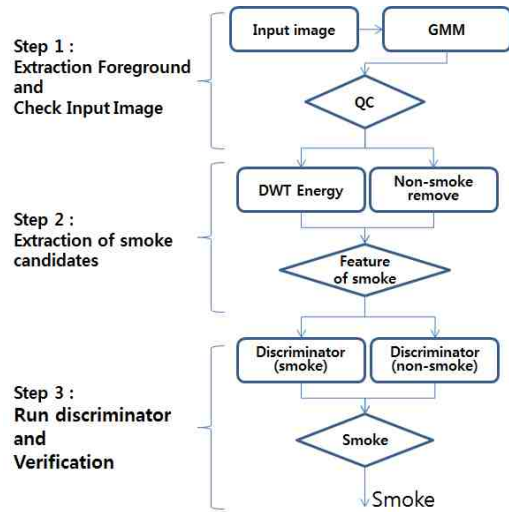


그림 1. 연기감지 프로세스
Fig. 1. Smoke Detection Process

이외의 영역을 제거하고 연기의 특징을 만족하는 후보군을 검출하는 단계이며 3단계는 판별기를 이용하여 연기에 해당하는 후보군을 검증하고 검증된 후보군을 조합하여 연기유무를 판별하는 단계이다. 이를 위한 과정은 그림 1과 같다

2.2 전경 검출

입력영상에서 움직임이 있는 전경영상을 추출하기 위하여 GMM(Gaussian Mixture Model)[8]에 기반한 방법을 사용하였다. 적응적인 GMM을 이용하여 배경영상과 현재 프레임과의 차이를 이용하는 방법은 배경영상에 해당하는 각각의 화소를 통계기반으로 반영하기 때문에 잡음 및 환경 변화에 강인하게 전경을 추출할 수 있다.

추출된 전경에 관하여 연기검출 알고리즘을 수행할지 여부를 판단하여야 한다. 카메라의 갑작스런 변화, 급격한 조명의 변화 등에 의하여 영상 내부의 많은 영역이 전경으로 추출되거나 혹은 영상 전체가 전경이 될 수도 있다. 이런 경우에는 연기 검출 알고리즘의 수행이 불필요함으로 이를 확인하여야 하며 이 과정이 그림 1의 QC(Quality Check)이다.

2.3 연기 후보군 검출

QC과정을 통하여 검증된 전경에 대하여 연기 후보를 검출하는 과정을 수행한다. 이를 위하여 연기의 색상, DWT(Discrete Wavelet Transform) 에너지, 형태 정보를 이용한다.

일반적으로 연기는 흐릿하고 균일하지 않으므로 윤곽선 검출 방법을 사용하여 윤곽선을 검출하기 어렵다. DWT[9, 10]는 다중해상도를 지원하는 동시에 세로, 가로, 대각 성분의 윤곽선 정보를 각각 표현할 수 있다. 이런 특징을 이용하여 DWT 에너지로 연기를 표현하면 일반적인 윤곽선검출 방법보다 더 명확하게 나타난다. DWT에너지를 생성하는 방법은 식 (1)과 같다

$$DWTEnergy(x,y) = \text{abs}(LH(x,y)) + \text{abs}(HL(x,y)) + \text{abs}(HH(x,y)) \quad (1)$$

x, y는 영상 내부의 위치를 의미하며 LH(), HL(), HH()는 각각 DWT의 고주파 성분으로 가로, 세로, 대각 성분의 윤곽선 정보를 포함하고 있다.

전경은 배경영상과 현재 입력 프레임을 비교하여 움직임이 존재하는 영역을 검출한 영상이기 때문에 연기 이외에 이동중인 사람 혹은 사물, 흔들리는 나뭇가지, 깃발 같은 객체가 포함되어 있다. 이런 비연기 객체는 오검출의 원인이 되기 때문에 제거하여야 한다. 이를 위한 과정은 그림 2와 같다.

일반적으로 전경에서 단일 객체가 하나의 블록 단위로 표현되지 않는다. 이는 카메라 특성, 조명 등의 외부환경에 기인한다. 동일 객체의 분리현상을 보상하기 위하여 CCA(Connected component analysis)를 이용하여 군집화 시키고 Labeling을 이용하여 객체를 분류한다[11]. CCA는 위치상 인접한 화소들을 군집화하는 방법론으로 상하좌우 화소의 인접성만을 고려한 4-connectivity 방법론과 주변 8개의 화소를 고려한 8-connectivity 방법론이 있다. 여기에 인접한 화소들간의 빈 화소를 채워주는 작업을 추가적으로 수행하여 객체의 조각화를 감소시킬 수 있다.

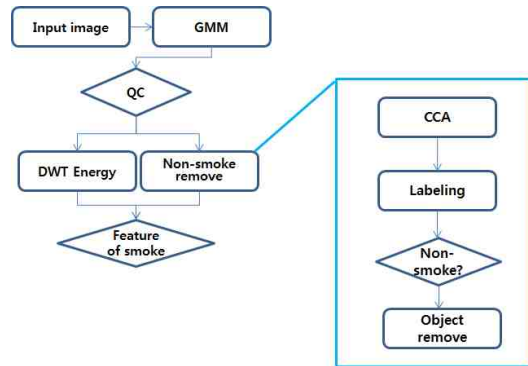


그림 2. 전경내의 비연기 객체 제거
Fig. 2. Remove Non-smoke Object in Foreground

Labeling은 인접한 화소들을 하나의 그룹으로 표현하는 방법으로 객체를 분류하는 방법론이다.

분류된 객체를 연기와 비연기로 구분하기 위하여 Labeling된 객체의 크기, DWT 에너지, 객체의 밀도 정보를 이용한다. 연기의 경우는 형태가 뚜렷하지 않기 때문에 비교적 작은 크기의 블록으로 나누어지며 윤곽선 부분의 에너지가 낮다.

따라서 크기와 DWT 에너지 정보를 이용하여 비연기를 제거 할 수 있다. 산발적으로 발생하는 픽셀들이 CCA에서 군집화되어 블록으로 분류될 수 있다. 하지만 전경과 블록을 비교하며 실제 전경부분의 비율이 낮기 때문에 객체의 밀도 정보를 이용하여 비연기를 제거 할 수 있다. 위의 과정을 통하여 전경에서 비연기를 제거하여 다음 단계에서 사용될 판별기의 성능을 높일 수 있다. 연기의 색상필터는 영상의 밝기와 색차 정보를 이용하며 식 (2), 식 (3)과 같다.

$$\frac{U(x,y) + V(x,y)}{Y(x,y)} > \text{Threshold1} \quad (2)$$

$$\{U(x,y) + V(x,y)\} - Y(x,y) > \text{Threshold2} \quad (3)$$

x,y는 영상내부의 위치를 의미하여 Y, U, V는 각각 밝기와 색차성분으로 일반적으로 쓰이는 YUV[12] 색상모델이다. 일반적인 연기는 무채색 계열이기 때문에 영상의 밝기성분을 비교하는 것

이 더욱 효과적이다. Y영상은 R, G, B 영상의 조합으로 구성되면 U, V영상은 각각 Y영상과 B영상, Y영상과 R영상과의 차이로 나타난다. 따라서 밝기, 색차 정보를 결합하여 비연기 영역을 제거할 수 있다.

앞에서 언급한 전경, 비연기 제거, 색상필터, DWT 에너지를 조합하여 판별기의 입력을 생성한다. 입력영상에서 전경을 검출하고 비연기 제거를 수행하여 연기의 후보영역을 생성한다. 생성된 연기후보영역에 대하여 DWT 에너지와 색상필터를 적용하여 최종적인 연기 후보군을 검출한다.

- 조건 1. $(DWT\ Energy(x,y) > threshold1)$
 $\&\& (DWT\ Energy(x,y) < threshold2)$
- 조건 2. $FOE(x,y) == TRUE$
- 조건 3. $Color\ Filter(x,y) == TRUE$

그림 3은 HMM 입력 생성과정을 나타낸다. 입력을 위하여 전경영상, 전경 내부의 비연기 제거영상, DWT 에너지 영상, 색상필터가 사용되면 최종적인 입력은 연기라고 가정할 수 있는 아래의 조건을 만족하는 화소에 한정한다. x, y는 영상의 위치, FOE는 전경내부의 비연기 제거영상을 의미한다.

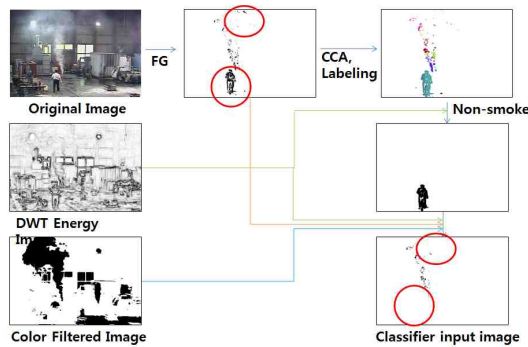


그림 3. HMM 입력 생성
 Fig. 3. Generation of Input Data for HMM

2.4 연기 유무 판단

연기의 유무는 HMM(Hidden Markov Models)[13,

14] 판별기를 사용하여 최종적인 연기후보를 검출하고 검출된 결과를 검증하는 과정을 통하여 판단한다. HMM은 시간의 변화에 따른 상태의 변화를 이용한 통계적인 방법으로 특정 현상이 정형화된 패턴으로 나타날 때 사용할 수 있다. 관측된 패턴이 특정 현상일 확률과 특정 현상이 아닐 확률의 비를 통하여 현상의 진실 여부를 결정한다. HMM을 사용하기 위해서는 특정 기간 동안의 입력, 상태의 개수, 상태의 변화조건, 특정 현상일 확률, 특정 현상이 아닐 확률이 필요하다.

일반적으로 연기는 특정한 패턴으로 나타내기가 어렵다. 이를 해결하기 위하여 앞 장에서 제안된 방법으로 검출한 연기후보군내의 화소 상태가 시간의 변화에 따라 나타나는 패턴을 이용하여 연기의 유무를 판단한다. 본 논문에서는 연기를 판단하기 위하여 1개의 비연기 상태(NonS), 2개의 연기상태(S1, S2)를 사용한다. 상태변화는 현재 입력과 이전 입력, 이전 상태에 따라서 결정되면 이는 아래와 같다.

```

입력 : In(i), In(i-1), State(i-1).
출력: State(i)

if Current input Pixel != Moving Pixel;
    State(i) = NonS;
else if State(i-1) == NonS;
    State(i) = S1;
else if |In(i)-In(i-1)| < threshold1;
    State(i) = State(i-1);
else if |In(i)-In(i-1)| < threshold2;
    State(i) =  $\overline{State(i-1)}$ ;
else State(i) = NonS
    
```

HMM에 의하여 검출된 연기는 화소 단위로 표현되며 산발적인 외란에 의하여 잘못된 화소가 검출 될 수 있다. 또한 특정 크기 이하의 비연기를 검지할 수도 있다. 따라서 HMM 검출 결과를 검

증하여 연기유무를 판단한다.

검증을 위하여 HMM에 의하여 검출된 각 화소의 군집도와 밀도를 이용한다. 각 픽셀에 대한 군집도와 밀도를 구하기 위하여 $N \times N$ 적응행렬을 사용한다. $N \times N$ 적응행렬은 행렬의 중심은 0의 가중치를 가지고 중심에서 멀어질수록 작은 가중치를 가지며 원점에서 같은 거리에 원소의 합은 1이다.

$N \times N$ 적응행렬을 HMM에 의하여 검출된 연기후보 픽셀에 적용하여 각 원소에 해당하는 화소가 연기후보이면 가중치를 반영하고 연기후보가 아닐 경우에는 가중치를 반영하지 않는다. 가중치들을 모두 합하여 군집도를 계산한다. 밀도는 $N \times N$ 크기에서 실제 연기후보 화소의 비율로 계산한다. 밀집도와 군집도는 각각 식 (4), 식 (5)와 같다.

$$\text{Clustering}(x,y) = \frac{\sum_{i,j=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} AM(i,j) \times HMM_{OUT}(x+i,y+j)}{N \times N} \quad (4)$$

$$\text{Density}(x,y) = \frac{1}{N \times N} \sum_{i,j=-(N-1)/2}^{(N-1)/2} HMM_{OUT}(x+i,y+j) \quad (5)$$

ij 는 적응행렬의 위치를 나타내며 행렬의 중앙을 원점으로 한다. x, y 는 영상내부의 위치를 의미한다.

$AM()$ 은 $N \times N$ 적응행렬, $HMM_{OUT}()$ 은 HMM에서 연기로 검출된 화소들로 구성된 영상을 의미한다. $N \times N$ 적응행렬을 이용하여 연기라고 판단된 화소의 수가 임계치 이상일 때 최종적으로 연기라고 판단한다.

3. 실험 결과 및 분석

제안된 방법은 Intel Core i5 2.6GHz CPU의 PC에서 구현되었으며 다양한 환경의 테스트 동영상에서 성능을 검증하였다. 본 논문에서 제안한 방법의 목적은 낮은 오검출율을 바탕으로 화재 발생시에 빠른 조기경보를 알려주는 것이다. 따라서 연기감지여부와 초기감지시간, 오검출율에 중점을 두고

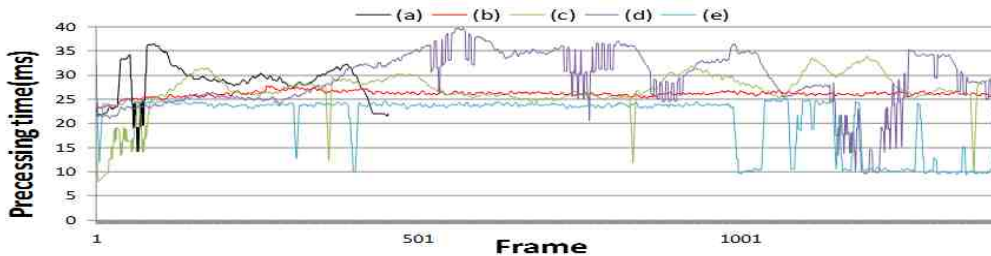


그림 4. 처리시간 (a)실외(연기만 존재) (b)실내(소수의 사람, 연기 존재) (c)실외(다수의 사람, 연기 존재) (d)실외(소수의 사람, 연기 존재) (e)실외(다수의 사람만 존재)
 Fig. 4. Smoke Detection Time (a)Outdoor(Only Smoke) (b)Indoor(Human with smoke) (c)Outdoor(Humans with smoke) (d)Outdoor(Humans with smoke) (e)Outdoor(Humans with smoke)

실험을 수행하였다. 실험에 사용된 영상의 크기는 320 x 240이며 30fps의 프레임 속도를 가진다.

표 1. 제안된 방법의 실험 결과
Table 1. Experimental Result of Proposed Method

테스트 영상 개수	30 개
연기 검지	25개
연기 미검지	5 개
연기 검지율	83%
연기 오검출율	0 %
평균 연기 검출 시간	7.74 초
평균 처리속도	30ms

표 1은 다수의 테스트 동영상에서 제안된 방법을 적용한 결과를 나타내었다. 테스트 영상은 실내 및 실외 환경을 모두 포함하며 연기가 발생하는 장면이 녹화된 것이다. 테스트 동영상은 총 30개이며 그 중에서 25개 동영상에서 연기를 검지하여 83%의 검지율을 나타내었고 연기 이외의 물체를 연기로 인식한 오검출은 발생하지 않았다. 연기 발생 시점으로부터 초기 연기감지 시간까지는 평균 7.74초이며, 평균 처리속도는 30ms로 실시간 처리가 가능하다.

배경이 연기의 색상과 유사하고 연기의 움직임이 느린 5개의 동영상에서 연기를 인식하지 못했다. 본 논문에서는 환경 변화에 강한 전경검출을 위하여 통계 기반의 군집화 기법인 GMM을 사용하였다. 배경이 연기의 색상과 유사하고 확산속도가 매우 느린 경우에는 인접한 프레임들간의 유사도가 높기 때문에 배경과 움직임을 구분하기 위한 통계적인 특징을 가지지 않으므로 전경으로 인식하지 못한다. 따라서 이런 경우에 연기를 감지하지 못했다.

그림 4는 다양한 환경에서의 프레임당 처리속도를 보여준다. 상단 그래프의 가로축은 프레임넘버를 뜻하며 세로축은 연기감지 프로세싱의 처리시간을 뜻한다. (a)그림은 실외에 연기가 지속적으로 발생하는 동영상으로 최대 37ms이상의 처리속도를 보이지만 평균적으로 약 28ms의 처리속도를 가진다. (b)그래프는 창고에서 흐린 연기가 지속적으로 발생하고 소수의 사람이 움직이는 동영상으로 25ms 내외의 처리속도를 가진다. (c)그래프는 실외에서 다수의 사람들이 인위적으로 연기를 발생시키는 동

영상으로 연기의 상태에 따라서 처리속도가 다양하지만 약 27ms의 평균처리속도를 가진다. (d)는 소수의 사람이 연기 주변을 배회하는 동영상으로 연기가 영상에서 차지하는 비율이 60%이상 차지하는 프레임이 다수 존재한다. 이 경우에 평균적으로 약 29ms의 처리속도를 가진다. (e)는 다수의 관광객이 있는 문화시설의 동영상으로 약 21ms의 평균처리속도를 가진다. 이를 통하여 연기가 존재하지 않는 환경에서는 20ms 내외의 처리속도를 유지할 수 있고 연기의 발생빈도가 높고 면적이 클 경우에도 40ms 이하의 처리속도를 가짐을 확인하였다.

그림 5는 기존의 연기 Feature 검출 방법과 제안한 방법에 대한 추출결과를 비교하여 보여주고 있다. Sobel 방법은 경계가 분명한 부분의 윤곽선은 표현하지만 연기의 윤곽선은 표현하지 못한다. 또한 Canny 방법은 연기의 윤곽선을 일부분 표현하지만 주변 사물의 윤곽선과 구분이 모호하며 연기의 형태를 세밀하게 표현하지 못한다. 이에 반해 제안한 방법은 연기의 전체적인 윤곽선을 잘 표현하며 내부에 작은 에너지들을 잘 표현하고 있다.

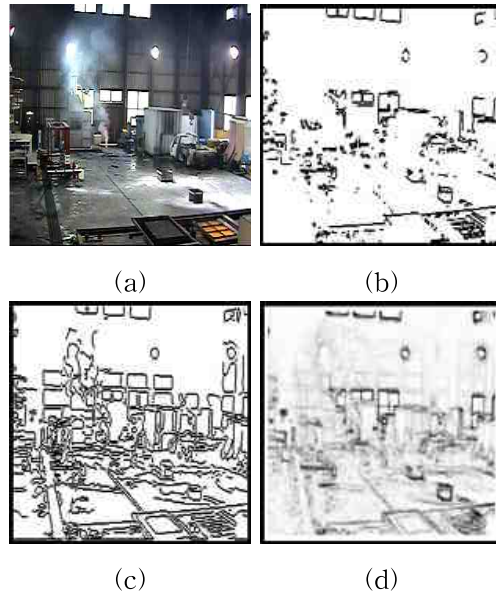


그림 5. 연기 Feature 감지 성능 비교 (a)원영상 (b)Sobel (c)Canny (d)제안한 방법
Fig. 5. Comparison of the Performance Detecting Smoke (a)Input Image (b)Sobel (c)Canny (d)Proposed Method

그림 6은 실험영상에서 연기로 추정된 부분을 연두색 사각형으로 출력하였다. 이 외에도 연기 오검출을 실험하기 위하여 향교, 오죽헌 등 문화재 관련 시설과 일반보도, 도로 등의 영상에서 실험을 수행하였으며 이 경우에 관광객이나 차량, 보행자 등에 의한 오검출이 발생하지 않았다.



그림 6. 실험영상에 대한 연기감지 결과
Fig. 6. Smoke Detection result of Experimental Video

4. 결론

본 논문은 카메라 입력영상에서 전경을 추출한 후 연기의 색상, 에너지, 형태 정보를 이용하여 연기 후보군을 검출하고 이를 판별기를 통하여 연기 유무를 판단하는 방법을 제안하였다. 제안된 방법은 빠른 조기감지, 안정적인 검지율, 낮은 오검출율을 목표로 하였다.

제안된 방법은 환경 변화에 강인한 GMM에 기반한 전경영상을 사용하여 산발적인 외란에 의한 오검출을 줄였으며 연기의 색상, 형태, DWT 에너지의 특징정보를 결합하여 연기 이외의 객체에 의한 오검출을 줄였다. 또한 판별기에 의한 처리결과를 추가적으로 검증하는 과정을 적용하여 블록단위로 발생할 수 있는 오검출을 줄였다.

제안된 방법은 연기의 다양한 특징정보를 결합하여 사용하지만 평균 30ms의 처리속도를 가지고 연기검출 평균시간이 약 7초로 실시간 조기감지에 적합함을 실험을 통하여 검증하였다.

REFERENCES

- [1] Rubaiyat Yasmin, "Detection of Smoke Propagation Direction Using Color Video Sequences," *International Journal of Soft Computing* 4(1), pp. 45-48, 2009
- [2] Chao-Ching Ho, Tzu-Hsin Kuo, "Real-time video-based fire smoke detection system," *Advanced Intelligent Mechatronics IEEE/ASME International Conference*, pp.1845-1850, July 2009
- [3] Nobuyuki Fujiwara, Kenji Terada, "Extraction of a Smoke Region Using Fractal Coding," *International Symposium on Communications and Information Technologies, Sapporo, Japan*, pp.659-662, October 2004
- [4] F Gómez-Rodríguez, "Smoke Monitoring and measurement Using Image processing. Application to Forest Fires," *Automatic Target Recognition XIII, Proceedings of SPIE Vol.5094*, pp.404- 411, 2003
- [5] Turgay Çelik, Hüseyin Özkaramanlı, Hasan Demirel, "FIRE AND SMOKE DETECTION WITHOUT SENSORS : IMAGE PROCESSING BASED APPROACH," *EUSIPCO 2007*, pp.3-7, 2007
- [6] B. U Töreyn, Yi ğithan Dedeođlu, A. Enis C, etin, "Wavelet based real-time smoke detection in video," *Signal Processing: Image. Communication, EURASIP, Elsevier*, vol. 20, pp. 255-258, 2005
- [7] B. U Töreyn, Yi ğithan Dedeođlu, A. Enis C, etin, "Contour based smoke detection in video using wavelets," *14th European Signal Processing Conference EUSIPCO*, pp. 1-5, 2006
- [8] Stauffer, C. Grimson, W.E.L., "Adaptive background mixture models for real-time tracking," *Computer Vision and Pattern Recognition IEEE Computer Society Conference*, vol. 2, June 1999
- [9] Chui, Charles K, "An Introduction to Wavelets,"

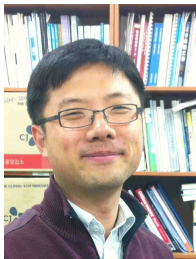
San Diego: Academic Press, 1992

- [10] Yuan Wei, Yu Chunyu, Zhang Yongming ,
“Based on wavelet transformation fire smoke
detection method,” Electronic Measurement &
Instruments, 2009. ICEMI '09. 9th International
Conference on, pp. 2-872~285, August 2009
- [11] http://en.wikipedia.org/wiki/Connected_Component_Labeling
- [12] <http://en.wikipedia.org/wiki/YUV>
- [13] Lloyd R. Welch, “Hidden Markov Models and
the Baum-Welch Algorithm,” IEEE Information
Theory Society Newsletter, vol. 53, no.4,
December 2003
- [14] B. U T'oreyin, Yi ğithan Dedeoğlu, A. Enis C,
etin, “FLAME DETECTION IN VIDEO USING
HIDDEN MARKOV MODELS,” ICIIP 2005, pp.
II-1230-1233, 2005

저자약력

김 형 오 (Hyung-O Kim)

[정회원]



- 2003년 2월 : 전남대학교 일반대학원 석사
- 2016년 2월 : 서울과학기술대학교 NID융합기술대학원 박사
- 2016년 3월 ~ 현재 : 서일대학교 전기과 조교수

<관심분야>

자동 제어, 영상 처리, 머신러닝