화재 패턴 인식을 위한 학습 알고리즘

Learning algorithm for flame pattern recognition

강석원, 이순이, 이태호
삼성영상보안㈜ 대표이사/연구소장,
삼성영상보안㈜ 연구실장, 삼성영상보안㈜ 연구원

Kang Suk Won, Lee Soon Yi, Lee Tae Ho
Samsung Image Security Co.,Ltd.

요약

본 논문에서는 화재의 화재를 검출 하기 위한 시스템 및 화재 패턴을 인식하는 소프트웨어적 학습 알고리즘을 소개한다. 화재의 패턴 이라 함은 일반적으로 인식하는 불에 대한 주기적이고 일관적인 패턴을 나타내며 이를 정의 하여 소프트웨어적으로 처리 하고자 함이다. 또한 이에 대하여 학습은 일정 패턴에서 일부 벗어나더라도 이를 불로서 인식하기 위한 알고리즘으로 화재에 대한 정의 알고리즘을 통하여 스스로 패턴을 기억하고 스스로 화재를 인식 할 수 있도록 하는 시스템이다. 본 논문에서 제시하는 화재 검출용 학습 알고리즘은 기존 알고리즘 보다 정확하고 신속히 검출 능력을 키우기 위한 방법이며 정확한 위치 탐지와 초기단계에서 검출이 가능하도록 설계하였다. 또한 우리는 실험 결과를 통해 성능 향상을 위한 방법을 도출하였으며 이를 적용하여 조기 경보 시스템으로서의 타당성을 보여 주었다.

Abstract

In this paper, we introduce fire detection system and software learning algorithm that recognize fire patterns. Flame patterns means that periodical and consistent pattern about general conception of fire, and to process it with the definition. Learning algorithm for flame pattern recognition that we propose is the method which is faster and more exactly than existing algorithm. Also, we trying to elicit the method through experiment result and by applying it, we show the validity of an early fire warning system.

I. 서론-지능형 화재 영상처리의 필요성

화재에 대한 예방 솔루션은 센서 모듈 등을 이용한 검지 및 경보 시스템을 적용해왔다. 하지만 영상처리에 대한 관심도가 높아지면서 산불 및 특정 장소, 공장 및 문화재 등의 화재에 대한 재산 피해가 우려되어 대규모의 인명, 재산 피해가 발생할 수 있으므로 화재에 의한 피해를 최대한 경감하기 위해 조기 발견 시스템이 요구된다. 화재를 조기에 발견하여 초기 소화 및 조기 피난을 가능케 하는 설비를 개발함으로써 피해를 최소화 할 수 있다.

산불 탐지의 경우 컬러 정보를 이용하여 녹색의 숲과 적색의 산불을 탐지 하거나 이전 필드와의 차이 영상을 이용하여 빠르게 발생하는 연기 등을 탐지 하는 것이 가능하였다. 또한 화재에 대한 불꽃 데이터를 수집하여 데이터 베이스에 저장하고 화재에 대한 패턴을 분석하여 유사 불꽃 및 화염에 대하여 빠르게 검출 할 수 있도록 하는 학습 알고리즘을 적용하여 보다 빠른 검출 시간을 갖도록 하였다. 그 외 터널 및 공장 내부 등 특정 위치에 대하여 일일이 패턴 데이터를 미리 만들 수 없으므로 이와 같은 학습 알고리즘은 더욱 효과적이라 할 수 있다.

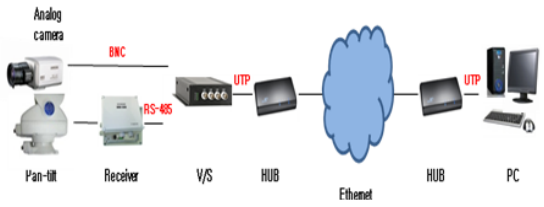
본 논문에서는 화재패턴을 인식하기 위한 시스템을 포함하여 이를 통해 화재의 형태 패턴을 스스로 기억하도록 하는 알고리즘에 대한 설명이다. 화재패턴 인식을 위한 시스템은 카메라와 그 영상을 전송하는 비디오서버 시스템 그리고 영상을 받아 소프트웨어적으로 처리

하는 PC를 포함하며 카메라를 제어하기 위한 리시버 및 pan-tilt의 구성으로 이루어진다. 이는 일반적은 CCTV 시스템을 그대로 적용 되었다.

본 논문에서 화재 영상의 패턴인식은 Intel사에서 개발된Open Source Library인OpenCV를 사용하였으며 이를 이용하여 영상에서 화재에 대한 패턴을 읽어 낼 수 있도록 하였다. 또한 카메라 영상으로부터 인식된 화재 패턴에 대하여 스스로 인식하고 Database에 저장하여 다음 검출 시 패턴 분석의 자료로 쓸 수 있도록 하는 것이다.

Ⅱ. 화재 패턴을 처리하기 위한 시스템

화재 패턴을 처리하기 위한 시스템은 화재패턴을 인식하기 위한 시스템을 포함하여 이를 통해 화재의 형태 패턴을 스스로 기억하도록 하는 알고리즘에 대한 설명이다. 화재패턴 인식을 위한 시스템은 카메라와 그 영상을 전송하는 비디오서버 시스템 그리고 영상을 받아 소프트웨어적으로 처리하는 PC를 포함하며 카메라를 제어하기 위한 리시버 및 pan-tilt의 구성으로 이루어진다. 이는 일반적인 CCTV시스템을 그대로 적용 되었다.



▶▶ 그림 1. 화재 검출 시스템

Ⅲ. 화재 검출 알고리즘

화재는 조명 및 날씨 등에 대한 밝기에 대하여 상당히 민감하다. 이는 빛에 따라 카메라가 받아들이는 영상의 픽셀 분포도가 달라지기 때문이다. 하지만 어디에서든 적용되기 위한 요구사항을 만족하기 위하여 카메라 외부에 빛 차단 필터를 사용하여 가시광선에 대한 픽셀 분포를 일정할 수 있도록 조절하였다.

▶▶ 그림 2. 필터 적용 전, 후

본 논문에서 제시하는 화재 검출 알고리즘은 영상 내에 존재하는 화재를 검출하기 위해 카메라로부터 받은 영상을 이진화 기법을 통하여 흑백으로 변환하고 변화된 흑백 영상에 대하여 원 칼라 영상과의 대조를 통해 차영상 을 획득하도록 하였다.[1]

$$F(x,y)=\begin{cases}255 & R,G,B \geq T \\ 0 & otherwise\end{cases} \quad (1)$$

$$N(x,y)=\begin{cases}255 & R,G,B \geq T \\ 0 & otherwise\end{cases} \quad (2)$$

$$D(x,y)=N(x,y)-F(x,y)$$
$$if\ D(x,y)<0\ then\ D(x,y)=0 \quad (3)$$
$$else\ D(x,y)=D(x,y)$$

식 (1)과 식 (2)는 정상 상태 모델 F(x, y)과 입력 영상 N(x, y)에 대한 이진 영상을 나타내는 식이며, 여기사 T는 임계 값을 나타낸다. 식 (3)은 식 (1)과 식 (2)을 통해 얻어진 이진 영상의 차영상 을 나타낸 식이다. 이렇게 얻어진 이진 영상은 Noise를 포함하게 된다. 이러한 Noise는 햇빛 및 조명에 의한 Noise로 볼 수 있다. 그림 3은 입력 영상(좌)과 Noise가 포함된 이진 영상의 차영상(우)을 보여주고 있다.

▶▶ 그림 3. Morphology 적용 후 Noise

이러한 Noise는 열림 Morphology 기법 열림 닫힘을 이용하여 효과적으로 제거 할 수 있다.[2] 빛에 의해 확실히 제거되지 않는 Noise를 볼 수 있지만 이는 앞에서 제시한 바와 같이 Filter Lens를 통해 해결 할 수 있다. 또한 실제 화재가 아닌데 화재로 오인 될 수 있는 물체 및 배경에 대하여서는 모멘트 기법을 통하여 화재에 대한 패턴을 인식 하도록 하였다.

Ⅳ. 패턴 학습 알고리즘

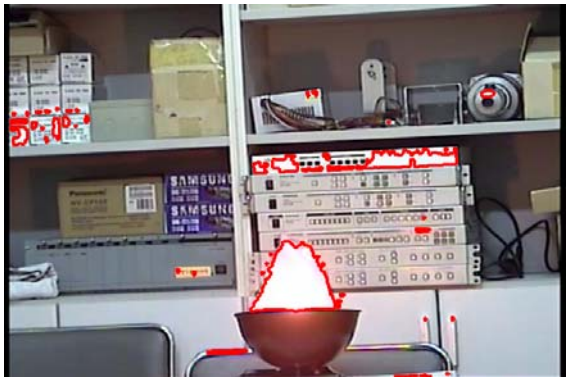
패턴 학습 알고리즘은 크게 두 가지를 적용한다. 하나는 화재에 대한 경계선 추출 및 데이터 변환이며 다른 하나는 OpenCV의 SVM(Support Vector Machine) 기능을 사용하는 것이다.[3] 경계선 추출은 Noise를 제거한 흑백 영상에서 칼라 영상 즉 이전 영상과의 차를 계산하여 그 결과를 얻는데 Contour 함수를 사용하여 화재 영상에 대한 경계선을 얻는다.

경계선을 얻으면 얻은 경계선에 대한 데이터를 추출하는 방법이 두 가지가 있는데 그 중 하나는 푸리에 기술자(Fourier Descriptor), 다른 하나는 불변 모멘트(Invariant Moments) 이다. 푸리에 기술자(Fourier Descriptor)가 객체의 외각 정보만을 사용하는 것과 달리 모멘트 기술자는 객체의 모든 픽셀 좌표의 정보를 이용하여 객체의 모양을 기술하는 방법이다. 이를 이용하여 크기, 회전, 이동, 대칭 변환에 대하여 불변인 7개의 불변 모멘트를 생성하여 DB (Data Base)에 저장하고 이를 비교하는 형태로 구현하였다.

푸리에 기술자(Fourier Descriptor)을 이용한 경계선 추출은 영상에서 임의의 시작점을 선택하여 이점의 좌표를 통해 주어지는 조건에 의한 즉, 차영상 에 대한 경계선 추출을 수행한다.

$$c_k = \frac{1}{N}\sum_{i=1}^{N} z_i \exp(-2\pi j \frac{ik}{N}) \quad (1)$$

$$z_i = \sum_{k=-\frac{N}{2}+1}^{\frac{N}{2}} c_k \exp(2\pi j \frac{ki}{N}) \quad (2)$$



▶▶ 그림 4. 푸리에 변환에 의한 경계선 추출

식 (1)은 객체의 경계선 좌표를 나타내는 원본 함수이다. 위와 같이 C(k)는 무한대로 변하는 경계에 대한 좌표를 나타내어 준다. 이를 역 변환하여 주파수 공간의 함수로 나타내면 식 (2)와 같다. 이는 영상에서 특정 영역의 경계선 좌표를 의미하며 이러한 적용을 통해 차영상 에 대한 영역 경계선을 얻을 수 있었다. 위와 같이 얻어진 경계선에서 각 영역에 대하여 데이터를 추출한다. 이는 Fourier 변환에서 얻은 영역 경계 좌표이며 이를 이용하여 영역 내에 픽셀분포 조사를 수행한다.

불변 모멘트(Invariant Moments)에서 얻어진 값을 비교하기 위해 SVM을 사용한다. 이는 일정 패턴에 대하여 통계를 가지고 있고 그 데이터에 대하여 확률 값을 산출하여 이에 대하여 불인지 아닌지를 판단 한다.
검출에 있어서 잡혀진 윤곽선에 대하여 다음과 같이 잘라서 일정 부분만 검출데이터로 사용하는데 이는 전체적인 윤곽을 처리하기에는 루틴의 검사 시간 및 오류율에 대하여 무시 할 수 없는 결과를 나타내므로 윤곽의 상단 끝부분 만을 사용한다.

▶▶ 그림 5. 윤곽선의 끝 부분 만 검출

그림 5는 화재의 윤곽에 대하여 상단 끝 부분만을 이용하여 검출 데이터를 확인함을 보여 주고 있다.

Ⅴ. 실험결과

본 실험은 실험실 내부에 가상 화재에 대하여 영상처리된 결과 즉, 윤곽선 추출 알고리즘을 통하여 얻어진 윤곽선에 대하여 불변 모멘트를 적용하고 이에 따라 화재의 윤곽선에 대한 데이터를 비교하였다. 또한 이러한 데이터를 이용하여 실제 외부 환경에서 화재를 발생시키고 본 검출 루틴이 정상적인 동작을 하는지 여부를 확인하고 또한 새로운 윤곽에 대한 학습 능력을 실험한다.

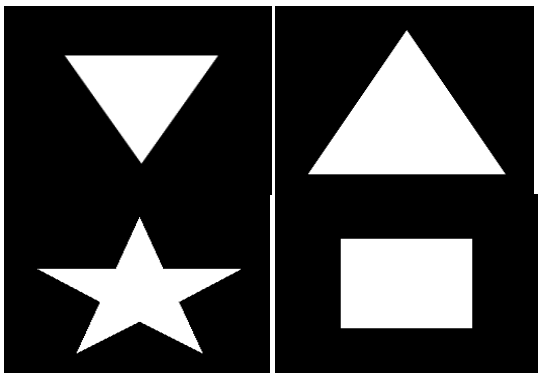
▶▶ 그림 6. 확연히 구분된 윤곽선

표 1. 불변 모멘트의 값

Hu moment	1차
Hu1	6.957368 e-004
Hu2	1.541123 e-008
Hu3	9.098927 e-011
Hu4	6.737092 e-013
Hu5	1.313337 e-024
Hu6	3.471478 e-017
Hu7	5.108657 e-024

그림 6은 검출된 윤곽에 대하여 불변 모멘트의 7가지 데이터를 데이터화 한 것이다. 표 1 에서 보는 것과 같이 화재에 대한 모양을 데이터화 된 값을 알 수 있다. 이수치는 SVM을 통하여 확률을 계산 하고 유사 패턴에 대하여 화재인지 아닌지를 판단 할 수 있다.

다음은 다양한 형태의 다각형 현상에 대하여 설명한다.



▶▶ 그림 7. 다양한 형태의 다각형 영상

다음은 각각의 모멘트의 값이 서로 다르게 나타나는 것을 확인 할 수 있다.

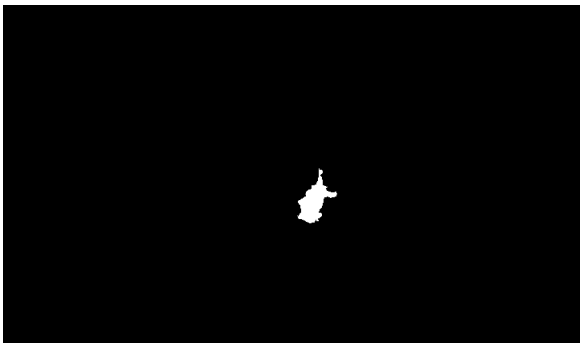
표 2. 그림7에서 계산한 불변 모멘트[1]

	삼각형	사각형	별	역삼각형
1	762.5001564206	653.5548789828	843.5708517018	762.5486980142
2	0.0118622467	0.0000000000	0.0008176546	0.011853788
3	0.0002795928	0.0000000000	0.0000000105 3	0.0002795988
4	0.016544	0.000000	0.000013	0.016570
5	0.000000	0.000000	-0.00000	0.000000
6	0.000002	0.000000	0.000000	0.000000
7	-0.00000	0.000000	-0.00000	-0.00000

위 표에서 불변 모멘트 데이터[1]를 보면 삼각형과 역삼각형의 데이터가 유사 함을 알 수 있다. 이는 실제 SVM에서 비교하여 그 결과 값을 얻을 수 가 있다.

다음은 위의 실험에서 얻어진 값을 이용하여 실재 화재에 대한 검출 유무를 확인하고 그 데이터를 비교해본다. 이 는 서울 소방학교에서 실재 실험하였고 영상을 얻어 화재가 검출되는 실험 및 화재에 대한 윤곽 및 데이터를 추출하여 패턴의 비교 및 검출력을 확인 하는 실험이 되었다.

▶▶ 그림 8. 야외 화재 TEST



▶▶ 그림 9. 검출된 화재 윤곽선

그림 8은 실재 야외 화재이다. 화재 발생 시 프로그램은 그림9 와 같은 화재의 윤곽선을 얻고 불변 모멘트를 이용하여 다음과 같은 값을 얻는다.

표 3. 화재 패턴 분석

Hu moment	1차
Hu1	5.166645e-002
Hu2	2.052222e-003
Hu3	1.004589e-005
Hu4	2.268331e-006
Hu5	-7.065558e-012
Hu6	-4.758921e-008
Hu7	8.205271e-012

표 3는 표 1과 비교하여 유사한 패턴을 갖고 있으므로 본 프로그램은 화재로 경보 하였다.

Ⅵ. 결론

본 논문에서는 화재를 검출하고 이를 스스로 불인지 아닌지를 판단하는 알고리즘 및 검출에 필요한 시스템 전체에 대하여 말한다. 본 시스템의 구성에서 카메라의 사양 및 컨트롤러는 화재 검출 알고리즘에 큰 영향을 준다. 이전에 설명한 바와 같이 영상의 조도, 명도에 따라 검출 능력이 확연히 차이가 난다. 이에 대하여 일정한 조도를 얻기 위하여 하드웨어적 필터를 적용함으로써 일정한 조도 및 검출에 용의한 환경을 만들어 냈다. 또한 화재 검출은 특정 한 부분만을 검출하는 것이 아니라 pan-tilt을 이용하여 여러 각도 및 넓은 지역을 감시 해야 함으로 본 시스템의 구성은 중요하다 하겠다.

또한 알고리즘은 이러한 시스템에 대하여 동작하도록 구현되었고 실험을 통하여 화재를 검출하고 이에 대하여 스스로 데이터를 저장하는 결과를 확인할 수 있었다.

모든 화재는 색상 및 모양 등에 따른 일정한 패턴을 갖는다. 이는 윤곽선의 데이터를 얻은 실험에서 본 것과 같이 사람의 눈에는 모양 및 색상이 다를 수 있지만 카메라로 받아들여 영상으로 처리 함에 있어서는 불꽃 내부에서 색 및 모양 분포에 따른 일정한 규칙을 갖는다는 것이다. 또한 이러한 규칙성을 데이터화 하여 유사한 움직임의 검출 시 불인지 아닌지에 대하여 판단할 수 있게 되는 본 학습 알고리즘은 화재 감시 시스템과 접목되어 화재에 의한 재산 및 인명 피해를 줄 것으로 예상된다.

■ 참 고 문 헌 ■

[1] 황선규 : 한빛 미디어 : 영상처리 프로그래밍 Visual C++

[2] 이병무, 한동일 : 2006년도 한국정보과학회 가을 학술발표논문집 Vol.33,N0.2 영상처리 기법을 이용한 터널 내 화재의 조기 탐지 기법의 개발 p299~504

[3] 이용구, 이선엽, 최우승 : 2006년 한국 컴퓨터 정보학회 논문집 2006-11-5-1-11, 뇌파의 입력패턴 벡터 추출 및 패턴인식 p96~103