상황인지 센서를 활용한 지능형 화재감지 알고리즘 설계 및 구현

김형준[*] · 신규영[**] · 오영준[***] · 이강환[****]

[*]한국기술교육대학교

Development of Fire Detection Algorithm using Intelligent context-aware sensor

Hyeng-jun Kim[*] · Gyu-young Shin[**] · Young-jun Oh[***] · Kang-whan Lee[****]

[*]Korea University of Technology & Education

E-mail : khj910823@koreatech.ac.kr

요 약

본 논문에서는 상황 인식 센서를 활용한 산불 감지 시스템을 제안한다. 기존 기상 및 비전 센서 기반의 산불 방재 시스템의 경우 카메라 센서로 획득한 영상을 조명변화에 강인한 색상공간인 HSI(Hue, Saturation, Intensity) 모형으로 변환시켜 처리하여 산불영역에 대한 특징을 추출하고 있다. 그러나 이 경우 단일 카메라 센서가 넓은 범위에 화재를 감지하기 때문에 넓은 범위의 화재가 발생하기 전까지는 화재발생을 감지하는데 어려움이 있다. 또한 복합적인 상황에서의 화재 감지가 힘들 뿐만 아니라 별도의 지속적인 경계가 필요한 지역에 대한 설정이 어렵다. 따라서 본 논문에서는 센서를 활용하여 실시간으로 온도, 습도, Co2, 불꽃유무정보를 습득하고 이 데이터들을 복합적인 상황에 따라 비교, 분석하고 그에 따른 가중치를 부여하여 화재를 판단하는 알고리즘을 제안한다. 또한 화재 상태를 나누어 집중적인 화재 감지가 필요한 구역에 차별적인 관리가 가능하게 한다.

ABSTRACT

In this paper, we introduce a fire detection system using context-aware sensor. In existing weather and based on vision sensor of fire detection system case, acquired image through sensor of camera is extracting features about fire range as processing to convert HSI(Hue, Saturation, Intensity) model HSI which is color space can have durability in illumination changes. However, in this case, until a fire occurs wide range of sensing a fire in a single camera sensor, it is difficult to detect the occurrence of a fire. Additionally, the fire detection in complex situations as well as difficult to separate continuous boundary is set for the required area is difficult. In this paper, we propose an algorithm for real-time by using a temperature sensor, humidity, Co2, the flame presence information acquired and comparing the data based on multiple conditions, analyze and determine the weighting according to fire it. In addition, it is possible to differential management to intensive fire detection is required zone dividing the state of fire.

키워드

화재 감지 응용 시스템, 가중치, 센서, 상황인식

Ⅰ. 서 론

2000년 중반 이후 세계적으로 이상기후 발생 빈도가 증가함에 따라 빈번한 산불 발생 및 산불의 대형화 사고가 자주 발생하고 있다[1]. 국내에서도 전국 평균 한 달에 6,500여 건 정도의 화재가 발생하고 있고, 이에 대한 인명, 재산 피해 또한 발생하고 있다.

화재의 주원인에는 전기, 담뱃불, 방화 등이 있다. 이러한 원인은 실내외를 가리지 않는 화재 발생시킨다. 또한, 한국은 사계절이 뚜렷하고 주기적으로 변동하는 계절적인 영향으로 인하여 여름철에 고온, 다습하고 겨울철에는 저온, 저습한 특징을 가지고 있다. 이런 환경에서 고온, 다습한 여름에 화재 발생 건수가 감소하고 저온, 저습한 겨울철에 화재 발생 건수가 점차 증가하는 경향을 나타내고 있다. 이와 같이 화재 발생과 관계가 있는 인자로 기상을 들 수 있으며, 특히 습도와 온도는 화재에 큰 영향을 준다[2].

전 세계적으로 기상 정보를 수집하여 화재를 판단하는 알고리즘 및 시스템에 관한 연구가 활발히 진행되고 있다. 기존 연구에서는 온도, 습도 정보를 센싱하여 화재 기준값과 비교하여 화재를 판단한다.[3] 하지만 단순히 온도와 습도를 통해 화재를 판단하는 경우 정확한 화재 판단을 하기 어렵다. 또한, 지역의 특성, 계절, 시간 등 복합적인 상황에서의 화재 판단이 어렵다.

본 논문에서는 화재가 발생한 상황에서 화재와 가장 밀접한 관계가 있는 요소인 온도, 습도, 이산화탄소, 불꽃의 여부를 확인하여 화재를 감지하는 알고리즘을 제안한다. 또한, 복합적인 상황에 맞춰 각 요소에 가중치를 다르게 설정함으로써 화재 감지의 신뢰성을 확보한다.

Ⅱ. 관련 연구

2.1 조기 경보를 위한 화재 판단 알고리즘

온도, 습도 데이터 분포를 기반으로 화재판단 주기를 동적으로 설정한다. 설정된 주기 동안의 온도 변화를 기준 값과 비교하여 화재를 판단한다. 또한, 화재가 발생한 상황에서 온도상승이 유지될 경우 변화량이 기준 값을 초과하지 않으므로 화재임을 알 수 없으므로 임계 값 이상인 경우에도 화재 상황으로 판단한다.[4]

2.2 기상 및 비전 센서 기반의 산불 방재 시스템

그림1과 같이 산불의 색상 특징을 기반으로 히스토그램 모델을 만들고, 입력 영상 전체에 패치 윈도우를 이동시키면서 윈도에 포함되는 부분의 히스토그램과 산불 특징 히스토그램을 비교한 화재 감지 시스템이다. 프레임 당 처리 시간은 0.03초 이내로 빠른 처리 결과를 얻을 수 있다.

(a) 산불 영상 (Forest fire image)

(b) 산불 역투영 (Back-projection image of forest fire)

그림 1. 히스토그램 역투영 결과[1]

하지만 경제적인 문제로 단일 카메라 모듈의 넓은 범위를 감지할 수밖에 없고, 이 경우 역투영이 이루어지기 힘든 화재의 초기 단계일 때는 화재를 판별하기 어려워 화재가 발생했음에도 카메라 센서가 화재를 감지하지 못하는 경우가 발생한다.

Ⅲ. 제안하는 알고리즘

본 논문에서 제안하는 화재 감지 알고리즘은 복합적인 상황에 따라 가중치를 다르게 주는 방식으로 신뢰성 있는 화재 감지를 하며, 제안하는 알고리즘을 바탕으로 화재의 상태를 3간계로 나누어 화재 발생 위험지역에 차별성 있는 화재 감지를 할 수 있다.

3.1 화재 감지 알고리즘

본 논문에서 제안하는 화재 감지 알고리즘은 센싱 주기에 따른 온도, 습도, 이산화탄소의 변화량을 분석하는 기법이며, 상황에 따라 다른 가중치를 곱해 복합적인 상황의 화재를 감지할 수 있다. 화재 감지 알고리즘 다음 수식(1)과 같다.

$$G = \sum_{k=0}^{n} \left| a_{k,(t+1)} - a_{k,t} \right| u_k \bullet w_k \qquad (1)$$

$$\sum_{k=1}^{n} w_k = 1 \qquad (2)$$

여기서, a는 각 센서에서 수집되는 데이터 값을 의미하며, t는 센싱 주기에 떠라 센싱 데이터의 변화량을 의미한다. 또한, u는 요소별 단위를 통합하기 위한 비례상수를 의미하고, w는 화재가 발생하는 장소, 날씨, 계절 등 복합적인 요인에 따라 발생하는 가중치를 의미한다.

위 수식 2와 같이 모든 가중치의 합은 1이 된다. 불꽃감지 센서의 경우 불꽃을 직접 감지할 수

있는 센서임으로 화재 여부를 판단하는 데 있어 신뢰성을 높이는 방법으로 사용될 수 있다. G값은 센싱 데이터의 변화량의 절댓값과 가중치의 곱들을 모두 합해준 값이 된다.

본 논문에서 센싱하는 데이터는 온도, 습도, 이산화탄소에 한정되어 있지만 추가로 화재와 관련된 요소를 센싱하고 싶은 경우 데이터 값과 특정 상황에서의 가중치를 구해 알고리즘에 적용할 수 있다. 또한, 가중치에 대한 조절이 가능함으로 특정 장소나 환경에 국한하지 않고 광범위한 상황에 적용 가능하다.

3.2 G값에 기반한 화재 상태

G값을 토대로 화재의 상태를 안전 상태 G(Green), 주의 상태 Y(Yellow), 위험 상태 R(Red) 3단계로 구분한다. 안전 상태의 경우 화재가 발생할 확률이 매우 미비한 경우를 뜻하고, 주의 상태는 화재가 발생할 수 있는 충분한 가능성이 있는 상태를 말하며, 위험 상태는 화재의 발생 확률이 매우 높거나 이미 발생한 상황이다.

$$\begin{aligned} G &< I_w && \text{(안전상태)} \\ I_w \le G &< I_d && \text{(주의상태)} \quad (3) \\ I_d &\le G && \text{(안전상태)} \end{aligned}$$

식3과 같이 안전 상태는 G값이 I_w 미만인 경우 안전 상태 G값이 I_w 이상 I_d 미만인 경우 주의 상태 G값이 I_d 이상인 경우를 위험 상태로 둔다. 화재의 상태에 따라 센싱 주기를 조절하여 안전 상태일 경우 센싱 주기를 늘려 데이터의 부하를 방지하고 위험 상태로 갈수록 센싱 주기를 줄여 화재 정도를 파악할 수 있다. 화재가 발생할 위험이 큰 주유소나 유류창고 등에는 G값의 기준을 낮게 설정하여 항상 주의상태로 설정해 화재에 대한 센싱을 자주 하도록 설정할 수 있고, 반대로 화재가 발생할 위험이 낮은 지역은 G값의 기준을 높여 센싱 주기를 줄여 줄 수 있다.

Ⅳ. 시뮬레이션

본 논문에서 제안하는 알고리즘의 효율성을 증명하기 위하여 화재를 감지하고 화재 상태의 정확성을 확인하기 위하여 시뮬레이터를 제작하였다. 사용한 시뮬레이터는 C# 언어로 작성 되었으며 화재 발생지역 설정을 통해 화재 상태를 Green, Yellow, Red의 3가지 색으로 표시하여 화재의 상태를 확인한다. 시뮬레이션은 요소별 가중치를 다르게 부여함으로써 정확한 화재감지가 가능하다는 것을 증명하려 한다.

상황 1은 온도, 습도, 이산화탄소의 가중치를 모두 같게 설정한 경우이고 상황 2는 온도, 습도, 이산화탄소의 가중치를 다르게 설정한 경우이다. 실험 환경은 4월 30일 맑은 날의 일주일 간 서울의 오후 3시경의 온도, 습도, 이산화탄소의 평균값을 바탕으로 시뮬레이션 하였다. 시뮬레이션 상황은 화재로부터 거리가 가까울수록 온도의 변화량이 크기 때문에 온도에 대한 가중치를 높게 설정하고 화재와의 거리가 먼 경우 확산속도가 빠른 이산화탄소의 가중치를 높게 설정하였다.

다음 표 1은 요소별 최대 변화량에 따라 임계기준 값 온도 2.5℃, 습도 7%, 이산화탄소 100ppm 로 설정하고 계산한 비례상수를 보여준다.

표 1 요소별 비례상수

	온도	습도	이산화탄소
u	0.72	0.257	0.018

다음 표 2는 주의, 위험 상태를 나타내는 기준값으로 요소별 최대 변화량이 된 경우 주의 상태, 그보다 2배 더 큰 값이 된 경우 위험 상태의 임계값으로 설정하였다.

표 2 화재 상태에 대한 임계값

I_w	I_d
1.8	3.6

다음 그림2는 상황에 따른 가중치를 모두 동일하게 부여했을 경우 임의의 구역에 화재를 발생시키고 이를 감지하는 15개의 센서 모듈을 보여준다.

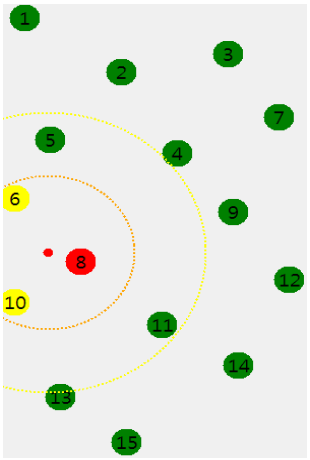

그림 2. 동일한 가중치를 부여한 경우

그림 2에서 보는바와 같이 주황색 원은 화재위험범위에 대한 표시이고 노란색 선은 화재주의범위에 대한 표시이다. 그 결과 주의상태를 감지한 모듈은 2개, 위험상태를 감지한 모듈은 1개임을 확인할 수 있다.

다음 그림3은 가중치를 상황에 따라 다르게 부

여한 경우에서 센서모듈을 나타낸 것이다.

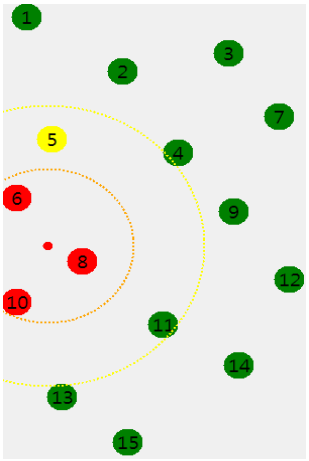

그림 3. 가중치를 상황에 맞게 부여한 경우

그림 3에서 보는바와 같이 주의상태를 감지한 모듈은 1개, 위험상태를 감지한 모듈은 3개임을 확인할 수 있다.

다음 그림 4는 화재발생 위치를 다르게 설정하여 화재를 감지하는 센서의 수를 파악한 결과를 보여 준다.

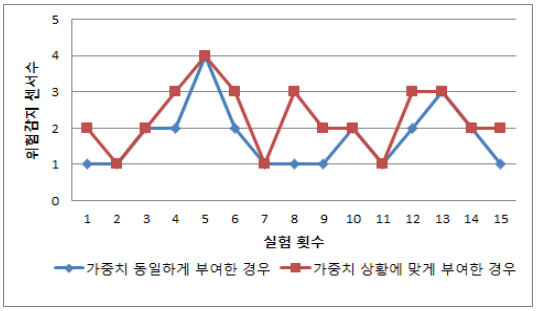

그림 4. 비교 실험 결과

그림 4에서 보는바와 같이 가중치를 상황에 맞게 부여한 경우 화재 범위 안에서 많은 센서모듈이 화재를 감지하는 것을 확인 할 수 있다. 그러므로 정확한 화재 감지가 이루어짐을 보여 주고 있다.

V. 결 론

본 논문에서는 상황인지 센서를 활용한 화재 감지 알고리즘과 이를 통해 화재 상태를 3단계를 나누는 기법을 제안하였다. 화재감지 알고리즘을 활용한다면 복합적인 상황에 국한하지 않고도 화재를 감지할 수 있고, 화재 상태를 3단계로 나눴을 경우 화재 상태에 따라 센싱 주기를 조절하여 데이터 부하 방지와 화재 위험지역에 대한 차별화 된 감지 시스템을 적용하여 집중적인 화재감지가 이루어질 것이라 기대한다.

또한 시뮬레이션을 통해 요소별로 가중치를 다르게 주는 것이 화재감지의 정확성을 높일 수 있음을 증명 하였다.

인명 및 재산의 피해를 최소화하기 위해서는 신속한 화재 감지를 위해서는 IT 기술을 활용한 화재 감지 시스템 개발이 요구되는 상황이다.[5]

현재까지는 화재 감지 알고리즘을 구현한 것이 전부이지만 추후에는 상황인지 센서를 활용하여 화재감지 뿐만 아닌 복합적인 자연재해를 검출할 수 있도록 하는 것을 목표로 삼고 있다.

〈감사의 글〉

본 연구는 미래창조과학부 및 정보통신산업진흥원의 산학협력 특성화 지원사업(NIPA-2014-H0808-14-1007) 및 한국기술교육대학교 교육연구진흥비의 연구결과로 수행되었음. 의 연구결과로 수행되었음

참고문헌

[1] 안명수, 강대성, “기상 및 비전 센서 기반의 산불 방재 시스템에 관한 연구”, 한국정보기술학회논문지, 제12권, 제6호, pp. 175-180, 2014.6

[2] 송동우, 김기성, 이수경, “공공데이터를 이용한 습도 및 온도와 실화 발생간의 관계 분석”, 한국화재소방학회, 제 28권, 제2호, pp.82-90, 2014.4

[3] Turgay Celik, “Fast and Efficient Method for Fire Detection Using Image Processing”, ETRI, ETRI Journal, 2010

[4] 김아름, 조경진, 장재우, 심춘보, “조기 경보를 위한 화재 판단 알고리즘을 이용한 무선 센서네트워크 기반 화재 감시 응용 시스템 설계 및 구현”, 한국콘텐츠학회논문지, 제 9권 제12호, pp.504-514, 2009.12

[5] 윤동열, 김성호, “무인헬기 및 센서네트워크 기반 화재 감시 시스템 설계”, 퍼지 및 지능 시스템학회 논문지, 제 17권, 제2호, pp.173-178, 2007.4