

(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2021-0092534

(43) 공개일자 2021년07월26일

(51) 국제특허분류(Int. Cl.)

G08B 17/12 (2014.01) G06K 9/48 (2006.01)

G06K 9/62 (2006.01) G06N 3/08 (2006.01)

G06T 5/00 (2019.01)

(52) CPC특허분류

G08B 17/125 (2013.01)

G06K 9/481 (2013.01)

(21) 출원번호 10-2020-0006055

(22) 출원일자 2020년01월16일

심사청구일자 2020년01월16일

(71) 출원인

계명대학교 산학협력단

대구광역시 달서구 달구벌대로 1095, 계명대학교
산학협력관 201호(신당동)

(72) 발명자

고병철

대구광역시 수성구 범어천로 107 (범어동, 범어
STX KAN) 103동 701호

남재열

대구광역시 수성구 수성로 412 수성보성타운 107
동 503호

(뒷면에 계속)

(74) 대리인

김건우

전체 청구항 수 : 총 20 항

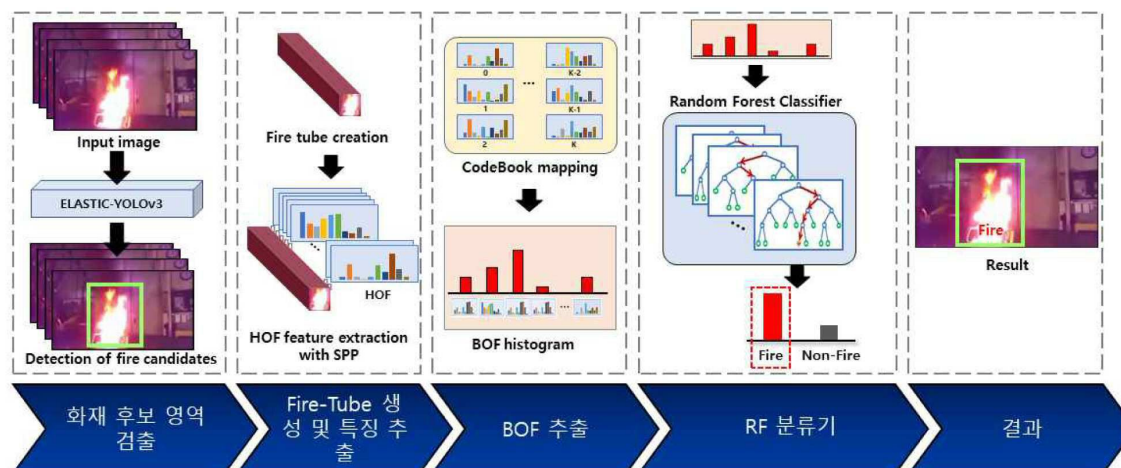
(54) 발명의 명칭 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법

(57) 요약

본 발명은 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 화재 검출 장치로서, 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 후보 검출부; 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성하는 화재-튜브 생성부; 상기 화재-

(뒷면에 계속)

대표도 - 도1



튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성하는 특징 추출부; 및 학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 상기 특징 생성부에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 화재 검출부를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

또한, 본 발명은 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 화재 검출 방법으로서, (1) 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 단계; (2) 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성하는 단계; (3) 상기 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성하는 단계; 및 (4) 학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 상기 단계 (3)에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.

본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법에 따르면, 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출한 다음, 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연속적으로 연결하여 화재-튜브를 생성하고, 화재-튜브로부터 생성한 특징 벡터를 사전 학습된 분류기에 적용해 최종 화재 영역을 검출함으로써, 화재의 동적인 특성을 반영하여 신속하게 화재 후보 영역이 화재인지 비-화재인지 검증할 수 있다.

또한, 본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법에 따르면, 심층신경망 기반의 YOLOv3에 Elastic block을 도입한 Elastic-YOLOv3로 화재 후보 영역을 검출함으로써, 작은 객체의 검출률을 높일 수 있으며, 화재-튜브에서 추출된 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 BoF(Bag of Features)에 적용해 특징 벡터를 생성함으로써, 특징 벡터의 차원을 줄여 빠르게 화재 검출을 할 수 있다.

(52) CPC특허분류

G06K 9/627 (2013.01)

G06N 3/08 (2013.01)

G06T 5/005 (2013.01)

손동현

대구광역시 동구 화랑로80길 8 우방강촌마을, 112동 303호

(72) 발명자

박민지

대구광역시 달서구 선원로15안길 11, 3층

이 발명을 지원한 국가연구개발사업

과제고유번호 7101-2019-00001

부처명 과학기술정보통신부

과제관리(전문)기관명 한국전자통신연구원

연구사업명 국내위탁연구

연구과제명 화재 감지를 위한 데이터 베이스 구축 및 심층 신경망 기반 화재 감지 분석 기술 연

구

기 여 율 1/1

과제수행기관명 계명대학교 산학협력단

연구기간 2019.05.01 ~ 2019.11.30

명세서

청구범위

청구항 1

화재 검출 장치(100)로서,

입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 후보 검출부(110);

복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성하는 화재-튜브 생성부(120);

상기 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성하는 특징 추출부(130); 및

학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 상기 특징 생성부에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 화재 검출부(140)를 포함하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 2

제1항에 있어서, 상기 후보 검출부(110)는,

심층신경망 기반의 YOLOv3를 이용하되, 상기 YOLOv3의 컨볼루션(convolutional) 블록을 Elastic block으로 변경한 Elastic-YOLOv3를 사용해 화재 후보 영역을 검출하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 3

제1항에 있어서, 상기 화재-튜브 생성부(120)는,

이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 겹침 비율이 미리 정해진 값 이상이면, 같은 화재로 판단하고 하나의 화재-튜브를 구성하도록 화재 후보 영역을 누적 연결하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 4

제1항에 있어서, 상기 화재-튜브 생성부(120)는,

이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역에 대해 현재 프레임에서 화재 후보 영역이 검출되지 않으면, 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역과 대응되는 가상 화재 영역을 현재 프레임에 설정하고, 설정된 가상 화재 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 5

제4항에 있어서, 상기 화재-튜브 생성부(120)는,

상기 생성된 화재-튜브에서 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임 비율이 미리 정해진 값 이상이면 비-화재라고 판단하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 6

제4항에 있어서, 상기 화재-튜브 생성부(120)는,

상기 화재-튜브의 생성 후, 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임이 미리 정해진 개수 이상 연속되면, 비-화재라고 판단하고 상기 화재-튜브를 삭제하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 7

제1항에 있어서, 상기 화재-튜브 생성부(120)는,

이진화를 통해 상기 후보 검출부(110)에서 검출된 화재 후보 영역에서 불필요한 영역을 삭제해 화재 후보 영역을 재조정하고, 재조정된 화재 후보 영역을 연결하여 상기 화재-튜브를 생성하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 8

제1항에 있어서, 상기 화재-튜브 생성부(120)는,

미리 설정된 임계값을 기준으로, 상기 화재-튜브에 대해 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 차이가 상기 임계값보다 큰 화재 후보 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 9

제1항에 있어서, 상기 특징 추출부(130)는,

상기 화재-튜브를 구성하는 연속된 화재 후보 영역에 대하여, 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역을 모두 포함하는 영역을 광 흐름(optical flow) 추출 영역으로 설정하고, 상기 광 흐름 추출 영역으로부터 SPP(Spatial Pyramid Pooling) 기반으로 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 10

제1항에 있어서, 상기 미리 학습된 분류기는,

학습 데이터에서 추출된 HOF 특징을 분류하여 코드북을 생성한 다음, 학습 데이터에서 생성 가능한 화재 및 비화재를 포함하는 모든 튜브에서 추출된 HOF 특징을 상기 코드북과 맵핑하여 BoF 특징 벡터를 생성하고, 생성된 화재 및 비화재 BoF 특징 벡터로 학습시킨 랜덤 포레스트 분류기인 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100).

청구항 11

화재 검출 방법으로서,

- (1) 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 단계;
- (2) 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성하는 단계;
- (3) 상기 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성하는 단계; 및

(4) 학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 상기 단계 (3)에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 단계를 포함하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 12

제11항에 있어서, 상기 단계 (1)에서는,

심층신경망 기반의 YOLOv3를 이용하되, 상기 YOLOv3의 컨볼루션(convolutional) 블록을 Elastic block으로 변경한 Elastic-YOLOv3를 사용해 화재 후보 영역을 검출하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 13

제11항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 겹침 비율이 미리 정해진 값 이상이면, 같은 화재로 판단하고 하나의 화재-튜브를 구성하도록 화재 후보 영역을 누적 연결하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 14

제11항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역에 대해 현재 프레임에서 화재 후보 영역이 검출되지 않으면, 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역과 대응되는 가상 화재 영역을 현재 프레임에 설정하고, 설정된 가상 화재 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 15

제14항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

상기 생성된 화재-튜브에서 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임 비율이 미리 정해진 값 이상이면 비-화재라고 판단하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 16

제14항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

상기 화재-튜브의 생성 후, 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임이 미리 정해진 개수 이상 연속되면, 비-화재라고 판단하고 상기 화재-튜브를 삭제하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 17

제11항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

이진화를 통해 상기 단계 (1)에서 검출된 화재 후보 영역에서 불필요한 영역을 삭제해 화재 후보 영역을 재조정하고, 재조정된 화재 후보 영역을 연결하여 상기 화재-튜브를 생성하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 18

제11항에 있어서, 상기 단계 (2)에서는,

미리 설정된 임계값을 기준으로, 상기 화재-튜브에 대해 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 차이가 상기 임계값보다 큰 화재 후보 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 19

제11항에 있어서, 상기 단계 (3)에서는,

상기 화재-튜브를 구성하는 연속된 화재 후보 영역에 대하여, 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역을 모두 포함하는 영역을 광 흐름(optical flow) 추출 영역으로 설정하고, 상기 광 흐름 추출 영역으로부터 SPP(Spatial Pyramid Pooling) 기반으로 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하는 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

청구항 20

제11항에 있어서, 상기 미리 학습된 분류기는,

학습 데이터에서 추출된 HOF 특징을 분류하여 코드북을 생성한 다음, 학습 데이터에서 생성 가능한 화재 및 비화재를 포함하는 모든 튜브에서 추출된 HOF 특징을 상기 코드북과 맵핑하여 BoF 특징 벡터를 생성하고, 생성된 화재 및 비화재 BoF 특징 벡터로 학습시킨 랜덤 포레스트 분류기인 것을 특징으로 하는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법.

발명의 설명

기술 분야

[0001] 본 발명은 화재 검출 장치 및 방법에 관한 것으로서, 보다 구체적으로는 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

[0002] 전기·가스·유류 등 각종 위험물의 사용량 증가, 건축물의 대형화와 용도의 복잡 다양화에 따라 화재 시 발생하는 인명 및 재산상의 피해 규모 또한 비례적으로 증가하고 있다. 특히, 재래식 시장, 복합 밀집 상가의 경우 초기 진압에 실패하면, 걷잡을 수 없이 그 피해 규모가 확대되므로 실시간 화재감지가 중요하다.

[0004] 기존의 화재감지 시스템은 온도, 가스, 일산화탄소, 연기 감지 등의 여러 센서를 기반으로 하고 있으며, 센서로부터 입력되는 데이터에서 특정 임계값을 가지고 화재를 판단하고 있어 일반 생활에서 발생하는 열과 연기 등으로 인하여 오감지가 많이 존재한다. 또한, 이러한 센서 기반의 화재 검출 방법은 화재가 센서 위치와 근접하게 접근해야만 화재를 감지할 수 있어 초기 진압에는 부적절한 한계가 있다. 잦은 오보로 인하여 실제 사용 환경에서는 화재감지 시스템을 꺼놓는 경우가 종종 발생하고 있으며, 이러한 경우에 화재 발생 여부를 초기에 감지하지 못하므로, 대형 화재로 연결되어 많은 인명 피해와 금전적 손실을 초래할 수 있다.

[0006] 화재 오보를 최소화하기 위해서 최근에는 기존의 열 및 연기 감지 센서 등을 이용한 방법 대신에 카메라로부터 입력된 영상을 이용하여 화재를 감지하는 컴퓨터 비전 기반 방식이 활발히 연구되고 있으며, 여러 연구에서 기존의 센서 기반 방법보다 개선된 성능을 보여주고 있다. 카메라에서 입력되는 영상 분석 기반의 화재감지 시스템은 화재의 오보가 발생하더라도 사람이 직접 모니터링을 통하여 현장의 상황을 확인할 수 있어 사용자가 직접

현장을 방문하지 않더라도 화재 여부를 재확인할 수 있어 사용자의 불편을 줄여줄 수 있다.

[0008] 현재 국내에서는 여러 센서를 결합하여 오보를 방지할 수 있는 화재 감지기가 대부분이며, 센서 기반의 화재감지 시스템의 적절한 사용이나 제도적인 측면을 강화하여 오동작을 감소시키는 정도에서 화재감지에 인공지능이나 퍼지이론의 접목을 시도하는 단계이다. 특히, 화재감지를 위한 세부 기술보다는 감지 센서와 수신기, 발신기 등과 같이 전체 감지 시스템을 설계하고 운용하는 데 초점이 맞춰져 있으며, 이 또한 대부분이 외국에서 개발된 것을 수입하여 사용하고 있는 실정이다. 또한, 컴퓨터 비전 기반 화재감지 기술 개발 연구는 현재 비연속적인 이미지를 입력받아서 화재인지 아닌지만 구별하는 단계이며, 화재가 발생한 정확한 위치까지는 추적하지 못하는 한계가 있다.

[0010] 또한, 국외 연구도 국내 연구와 마찬가지로 화재감지 오보를 줄이기 위한 연구가 주로 이루어지고 있지만, 여전히 오보는 존재하고 신뢰성 있는 화재감지 시스템에 적용하기에는 미흡한 단계이다. 특히, 화재 검출을 위해서 심층신경망 기반의 방법들이 많이 제안되고 있지만, 많은 연구가 단일 영상기반의 화재 검출 연구가 대부분이며, 시간 관계성을 고려한 화재 검출 시스템에 관한 연구는 상대적으로 적다.

[0012] 그뿐만 아니라, 기존의 방법들은 비교적 단순한 배경을 바탕으로 하여 연구가 이루어지고 있는데, 시장과 같이 밀집 상황이 아닌 단순 배경 및 실험적 환경에서 연구된 내용이므로 그 성능이 제한적일 수밖에 없고, 실제 환경에 적용하기에는 어려움이 존재한다. 또한, 화재 및 화재 유사 객체(가로등, 차량의 전조 및 후미등, 간판 네온사인 등)에 대한 구분 성능이 낮아 오보가 여전히 많이 존재하고 있으며, 특히 야간 실내에서 발생하는 화재에 대한 경우는 염두에 두지 않고 연구가 진행 중인 한계가 있다.

[0014] 한편, 본 발명과 관련된 선행기술로서, 등록특허 제10-1953342호(발명의 명칭: 멀티 센서 화재감지 방법 및 시스템, 등록일자: 2019년 2월 22일) 등이 개시된 바 있다.

발명의 내용

해결하려는 과제

[0015] 본 발명은 기존에 제안된 방법들의 상기와 같은 문제점들을 해결하기 위해 제안된 것으로서, 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출한 다음, 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연속적으로 연결하여 화재-튜브를 생성하고, 화재-튜브로부터 생성한 특징 벡터를 사전 학습된 분류기에 적용해 최종 화재 영역을 검출함으로써, 화재의 동적인 특성을 반영하여 신속하게 화재 후보 영역이 화재인지 비-화재인지 검증할 수 있는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

[0017] 또한, 본 발명은, 심층신경망 기반의 YOLOv3에 Elastic block을 도입한 Elastic-YOLOv3로 화재 후보 영역을 검출함으로써, 작은 객체의 검출률을 높일 수 있으며, 화재-튜브에서 추출된 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 BoF(Bag of Features)에 적용해 특징 벡터를 생성함으로써, 특징 벡터의 차원을 줄여 빠르게 화재 검출을 할 수 있는, 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법을 제공하는 것을 또 다른 목적으로 한다.

과제의 해결 수단

[0018] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치는,

[0019] 화재 검출 장치로서,

[0020] 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 후보 검출부;

[0021] 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성하는 화재-튜브 생성부;

- [0022] 상기 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성하는 특징 추출부; 및
- [0023] 학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 상기 특징 생성부에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 화재 검출부를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- [0025] 바람직하게는, 상기 후보 검출부는,
- [0026] 심층신경망 기반의 YOLOv3를 이용하되, 상기 YOLOv3의 컨볼루션(convolutional) 블록을 Elastic block으로 변경한 Elastic-YOLOv3를 사용해 화재 후보 영역을 검출할 수 있다.
- [0028] 바람직하게는, 상기 화재-튜브 생성부는,
- [0029] 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 겹침 비율이 미리 정해진 값 이상이면, 같은 화재로 판단하고 하나의 화재-튜브를 구성하도록 화재 후보 영역을 누적 연결할 수 있다.
- [0031] 바람직하게는, 상기 화재-튜브 생성부는,
- [0032] 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역에 대해 현재 프레임에서 화재 후보 영역이 검출되지 않으면, 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역과 대응되는 가상 화재 영역을 현재 프레임에 설정하고, 설정된 가상 화재 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성할 수 있다.
- [0034] 더욱 바람직하게는, 상기 화재-튜브 생성부는,
- [0035] 상기 생성된 화재-튜브에서 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임 비율이 미리 정해진 값 이상이면 비-화재라고 판단할 수 있다.
- [0037] 더욱 바람직하게는, 상기 화재-튜브 생성부는,
- [0038] 상기 화재-튜브의 생성 후, 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임이 미리 정해진 개수 이상 연속되면, 비-화재라고 판단하고 상기 화재-튜브를 삭제할 수 있다.
- [0040] 바람직하게는, 상기 화재-튜브 생성부는,
- [0041] 이진화를 통해 상기 후보 검출부에서 검출된 화재 후보 영역에서 불필요한 영역을 삭제해 화재 후보 영역을 재조정하고, 재조정된 화재 후보 영역을 연결하여 상기 화재-튜브를 생성할 수 있다.
- [0043] 바람직하게는, 상기 화재-튜브 생성부는,
- [0044] 미리 설정된 임계값을 기준으로, 상기 화재-튜브에 대해 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 차이가 상기 임계값보다 큰 화재 후보 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성할 수 있다.
- [0046] 바람직하게는, 상기 특징 추출부는,
- [0047] 상기 화재-튜브를 구성하는 연속된 화재 후보 영역에 대하여, 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역을 모두 포함하는 영역을 광 흐름(optical flow) 추출 영역으로 설정하고, 상기 광 흐름 추출 영역으로부터 SPP(Spatial Pyramid Pooling) 기반으로 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출할 수 있다.

- [0049] 바람직하게는, 상기 미리 학습된 분류기는,
- [0050] 학습 데이터에서 추출된 HOF 특징을 분류하여 코드북을 생성한 다음, 학습 데이터에서 생성 가능한 화재 및 비화재를 포함하는 모든 튜브에서 추출된 HOF 특징을 상기 코드북과 맵핑하여 BoF 특징 벡터를 생성하고, 생성된 화재 및 비화재 BoF 특징 벡터로 학습시킨 랜덤 포레스트 분류기일 수 있다.
- [0052] 상기한 목적을 달성하기 위한 본 발명의 특징에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법은,
- [0053] 화재 검출 방법으로서,
- [0054] (1) 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 단계;
- [0055] (2) 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성하는 단계;
- [0056] (3) 상기 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성하는 단계; 및
- [0057] (4) 학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 상기 단계 (3)에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 단계를 포함하는 것을 그 구성상의 특징으로 한다.
- [0059] 바람직하게는, 상기 단계 (1)에서는,
- [0060] 심층신경망 기반의 YOLOv3를 이용하되, 상기 YOLOv3의 컨볼루션(convolutional) 블록을 Elastic block으로 변경한 Elastic-YOLOv3를 사용해 화재 후보 영역을 검출할 수 있다.
- [0062] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,
- [0063] 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 겹침 비율이 미리 정해진 값 이상이면, 같은 화재로 판단하고 하나의 화재-튜브를 구성하도록 화재 후보 영역을 누적 연결할 수 있다.
- [0065] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,
- [0066] 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역에 대해 현재 프레임에서 화재 후보 영역이 검출되지 않으면, 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역과 대응되는 가상 화재 영역을 현재 프레임에 설정하고, 설정된 가상 화재 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성할 수 있다.
- [0068] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,
- [0069] 상기 생성된 화재-튜브에서 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임 비율이 미리 정해진 값 이상이면 비-화재라고 판단할 수 있다.
- [0071] 더욱 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,
- [0072] 상기 화재-튜브의 생성 후, 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임이 미리 정해진 개수 이상 연속되면, 비-화재라고 판단하고 상기 화재-튜브를 삭제할 수 있다.
- [0074] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,
- [0075] 이진화를 통해 상기 단계 (1)에서 검출된 화재 후보 영역에서 불필요한 영역을 삭제해 화재 후보 영역을 재조정하고, 재조정된 화재 후보 영역을 연결하여 상기 화재-튜브를 생성할 수 있다.

- [0077] 바람직하게는, 상기 단계 (2)에서는,
- [0078] 미리 설정된 임계값을 기준으로, 상기 화재-튜브에 대해 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 차이가 상기 임계값보다 큰 화재 후보 영역을 누적하여 상기 화재-튜브를 생성할 수 있다.
- [0080] 바람직하게는, 상기 단계 (3)에서는,
- [0081] 상기 화재-튜브를 구성하는 연속된 화재 후보 영역에 대하여, 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역을 모두 포함하는 영역을 광 흐름(optical flow) 추출 영역으로 설정하고, 상기 광 흐름 추출 영역으로부터 SPP(Spatial Pyramid Pooling) 기반으로 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출할 수 있다.
- [0083] 바람직하게는, 상기 미리 학습된 분류기는,
- [0084] 학습 데이터에서 추출된 HOF 특징을 분류하여 코드북을 생성한 다음, 학습 데이터에서 생성 가능한 화재 및 비화재를 포함하는 모든 튜브에서 추출된 HOF 특징을 상기 코드북과 맵핑하여 BoF 특징 벡터를 생성하고, 생성된 화재 및 비화재 BoF 특징 벡터로 학습시킨 랜덤 포레스트 분류기일 수 있다.

발명의 효과

- [0085] 본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법에 따르면, 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출한 다음, 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연속적으로 연결하여 화재-튜브를 생성하고, 화재-튜브로부터 생성한 특징 벡터를 사전 학습된 분류기에 적용해 최종 화재 영역을 검출함으로써, 화재의 동적인 특성을 반영하여 신속하게 화재 후보 영역이 화재인지 비-화재인지 검증할 수 있다.
- [0087] 또한, 본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법에 따르면, 심층신경망 기반의 YOLOv3에 Elastic block을 도입한 Elastic-YOLOv3로 화재 후보 영역을 검출함으로써, 작은 객체의 검출률을 높일 수 있으며, 화재-튜브에서 추출된 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 BoF(Bag of Features)에 적용해 특징 벡터를 생성함으로써, 특징 벡터의 차원을 줄여 빠르게 화재 검출을 할 수 있다.

도면의 간단한 설명

- [0088] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법의 전체 구성을 도시한 도면.
- 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치의 세부적인 구성을 도시한 도면.
- 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치의 후보 검출부에 적용되는 Elastic block을 설명하기 위해 도시한 도면.
- 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, Elastic-YOLOv3를 설명하기 위해 도시한 도면.
- 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, 화재-튜브를 설명하기 위해 도시한 도면.
- 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치의 화재-튜브 생성부가 화재-튜브를 생성하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면.
- 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, 특징 추출부가 설정하는 광 흐름 추출 영역을 예를 들어 도시한 도면.
- 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, 광 흐름

의 추출을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, 특징 추출부가 HOF 특징을 추출하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, skip-frame 알고리즘을 도시한 도면.

도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, 코드북을 생성하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치에서, 랜덤 포레스트 분류기의 학습을 설명하기 위해 도시한 도면.

도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법의 흐름을 도시한 도면.

도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법을 적용한 실험 결과를 도시한 도면.

발명을 실시하기 위한 구체적인 내용

[0089] 이하, 첨부된 도면을 참조하여 본 발명이 속하는 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자가 본 발명을 용이하게 실시할 수 있도록 바람직한 실시예를 상세히 설명한다. 다만, 본 발명의 바람직한 실시예를 상세하게 설명함에 있어, 관련된 공지 기능 또는 구성에 대한 구체적인 설명이 본 발명의 요지를 불필요하게 흐릴 수 있다고 판단되는 경우에는 그 상세한 설명을 생략한다. 또한, 유사한 기능 및 작용을 하는 부분에 대해서는 도면 전체에 걸쳐 동일한 부호를 사용한다.

[0091] 덧붙여, 명세서 전체에서, 어떤 부분이 다른 부분과 ‘연결’되어 있다고 할 때, 이는 ‘직접적으로 연결’되어 있는 경우뿐만 아니라, 그 중간에 다른 소자를 사이에 두고 ‘간접적으로 연결’되어 있는 경우도 포함한다. 또한, 어떤 구성요소를 ‘포함’한다는 것은, 특별히 반대되는 기재가 없는 한 다른 구성요소를 제외하는 것이 아니라 다른 구성요소를 더 포함할 수 있다는 것을 의미한다.

[0093] 도 1은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법의 전체 구성을 도시한 도면이다. 도 1에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치 및 방법은, 입력 영상으로부터 심층신경망(Elastic-YOLOv3) 기반으로 화재 후보 영역을 검출하고, 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브를 생성하며, 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF 특징 벡터를 생성할 수 있다. 생성한 BoF 특징 벡터를 미리 학습된 분류기(랜덤 포레스트(Random Forest, RF) 분류기)에 적용하여 최종 화재 영역을 검출할 수 있다. 이와 같이, 화재-튜브를 활용해 화재의 동적인 특성을 반영하여 신속하게 화재 후보 영역을 검증하고, 화재인지 비-화재인지 검출할 수 있다.

[0095] 도 2는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)의 세부적인 구성을 도시한 도면이다. 도 2에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)는, 후보 검출부(110), 화재-튜브 생성부(120), 특징 추출부(130) 및 화재 검출부(140)를 포함하여 구성될 수 있다.

[0097] 후보 검출부(110)는, 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출할 수 있다. 보다 구체적으로, 후보 검출부(110)는, 심층신경망 기반의 YOLOv3를 이용하되, YOLOv3의 컨볼루션(convolutional) 블록을 Elastic block으로 변경한 Elastic-YOLOv3를 사용해 화재 후보 영역을 검출할 수 있다.

- [0099] 심층신경망 모델 중 하나인 YOLOv3는 빠른 검출을 할 수 있다는 장점이 있으나, 작은 객체의 검출률이 다른 CNN(Convolutional Neural Network) 모델보다 낮다는 단점이 있다. 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서는, YOLOv3의 속도와 연산량을 유지하면서도, 작은 객체의 검출률을 높이기 위해 Elastic block을 도입하였다.
- [0101] 도 3은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)의 후보 검출부(110)에 적용되는 Elastic block을 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 4는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, Elastic-YOLOv3를 설명하기 위해 도시한 도면이다. 도 4에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서는, YOLOv3의 콘볼루션층 블록을 도 3에 도시된 바와 같은 Elastic block으로 변경하여 화재 검출을 위한 Elastic-YOLOv3 모델을 구성하고, 이를 통해 화재 후보 영역을 신속하고 정확하게 검출할 수 있다.
- [0103] 화재-튜브 생성부(120)는, 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성할 수 있다. 화재-튜브는, 화재의 동적인 특성을 반영하고 빠르게 화재 영역을 검증하기 위한 것으로, 후보 검출부(110)에서 Elastic-YOLOv3에 의해 검출된 미리 정해진 개수의 프레임의 연속된 화재 후보 영역으로 구성될 수 있다.
- [0105] 도 5는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, 화재-튜브를 설명하기 위해 도시한 도면이다. 도 5에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)의 화재-튜브 생성부(120)는, 50 프레임의 연속된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브를 생성할 수 있다.
- [0107] 이때, 화재-튜브 생성부(120)는, 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 겹침 비율이 미리 정해진 값 이상이면, 같은 화재로 판단하고 하나의 화재-튜브를 구성하도록 화재 후보 영역을 누적 연결할 수 있다. 예를 들어, 연속된 두 화재 후보 영역의 겹침 비율이 50% 이상이면, 같은 화재에 대한 화재-튜브로 판단할 수 있다.
- [0109] 한편, 화재-튜브 생성부(120)는, 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역에 대해 현재 프레임에서 화재 후보 영역이 검출되지 않으면, 이전 프레임에서 검출된 화재 후보 영역과 대응되는 가상 화재 영역을 현재 프레임에 설정하고, 설정된 가상 화재 영역을 누적하여 화재-튜브를 생성할 수 있다. 즉, 화재 후보 영역이 검출된 다음, 다음 프레임에서 화재 후보 영역이 검출되지 않더라도 다음 프레임에 가상 화재 영역을 설정해 누적해 화재-튜브를 구성함으로써, 도 5에 도시된 바와 같이 화재-튜브에는 실제로 화재 검출부(140)에서 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임의 가상 화재 영역이 포함되어 있을 수 있다. 이때, 가상 화재 영역은, 3 프레임 연속으로 후보 검출부(110)가 화재 후보 영역을 검출하지 못하면 해제될 수 있다.
- [0111] 화재-튜브 생성부(120)는, 화재-튜브의 생성 후, 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임이 미리 정해진 개수 이상 연속되면, 비-화재라고 판단하고 화재-튜브를 삭제할 수 있다. 예를 들어, 화재-튜브 구성 후에, 화재 후보 영역이 연속적으로 30 프레임 이상 검출되지 않으면, 비-화재라 판단하고 화재-튜브를 삭제할 수 있다.
- [0113] 또한, 화재-튜브 생성부(120)는, 생성된 화재-튜브에서 화재 후보 영역이 검출되지 않은 프레임 비율이 미리 정해진 값 이상이면 비-화재라고 판단할 수 있다. 예를 들어, 화재-튜브 구성 후에, 전체 화재-튜브를 구성하는 영역들 중에서 가상 화재 영역의 비율이 50% 이상이면, 비-화재라고 판단할 수 있다.

- [0115] 한편, 화재-튜브 생성부(120)는, 이진화를 통해 후보 검출부(110)에서 검출된 화재 후보 영역에서 불필요한 영역을 삭제해 화재 후보 영역을 재조정하고, 재조정된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브를 생성할 수 있다.
- [0117] 도 6은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)의 화재-튜브 생성부(120)가 화재-튜브를 생성하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다. 도 6에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)의 화재-튜브 생성부(120)는, 화재 후보 영역을 재조정하는 전처리 과정을 거친 다음, 재조정된 화재 후보 영역을 이용해 화재-튜브를 생성할 수 있다. 후보 검출부(110)에서 사용하는 Elastic-YOLOv3는 화재 후보 영역을 정확하게 검출하지 못하는 문제가 발생할 수 있다. 또한, 검출 영역이 실제 화재보다 큰 경우 정확하지 않은 광 흐름(optical flow)의 추출로 인하여 성능 저하가 발생할 수 있다. 즉, 도 6에 도시된 바와 같이, 화재 후보 영역이 주변부를 포함하고 있는 경우, 추후 특징 추출부(130)에서 추출할 HOF(Histogram of Optical Flow)는 전체 영역에서 고르게 추출되는 것이 아니라, 한쪽 영역에서만 발생하여 올바른 HOF가 추출되지 못할 수 있다. 따라서 화재-튜브 생성부(120)는, 도 6에 도시된 바와 같이, 화재 후보 영역의 이진화를 통해 화재 후보 영역에서 불필요한 영역을 삭제하고 화재 후보 영역의 박스를 재조정하여 화재-튜브의 생성에 이용할 수 있다.
- [0119] 특징 추출부(130)는, 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성할 수 있다. 보다 구체적으로, 특징 추출부(130)는, 화재-튜브를 구성하는 연속된 화재 후보 영역에 대하여, 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역을 모두 포함하는 영역을 광 흐름(optical flow) 추출 영역으로 설정하고, 광 흐름 추출 영역으로부터 SPP(Spatial Pyramid Pooling) 기반으로 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출할 수 있다.
- [0121] 도 7은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, 특징 추출부(130)가 설정하는 광 흐름 추출 영역을 예를 들어 도시한 도면이다. 도 7에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)의 특징 추출부(130)는, 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역을 모두 포함하는 영역을 광 흐름(optical flow) 추출 영역으로 설정하고 광 흐름을 추출할 수 있다. 화재 영역의 크기에 따라 광 흐름 크기(Optical flow magnitude) 차이가 발생하게 되는데, 작은 화재의 경우 광 흐름의 크기가 작고 큰 화재의 경우 광 흐름의 크기가 크다. 이와 같은 불규칙한 크기를 고려하기 위해, 특징 추출부(130)는 화재 후보 영역 내의 화재 영역의 크기를 정규화(300*300)하여 일반화하는 과정을 거칠 수 있다. 또한, 화재의 지역 특성과 불규칙한 사이즈를 고려하기 위해 SPP를 기반으로 하여 HOF 특징 벡터를 구성할 수 있다.
- [0123] 도 8은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, 광 흐름의 추출을 설명하기 위해 도시한 도면이고, 도 9는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, 특징 추출부(130)가 HOF 특징을 추출하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다. 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)의 특징 추출부(130)는, 도 9에 도시된 바와 같이, 화재 영역을 1×1의 1개 영역과 2×2로 구분한 4개 영역, 총 5개의 서브 영역에 대해 각각 HOF를 추출하고, 이를 연결하여 HOF 특징을 구성할 수 있다. 각 서브 영역에서는, 도 8에 도시된 바와 같이 8개 방향의 광 흐름을 추출하고, 각 방향별 벡터 크기를 9차원 히스토그램에 누적할 수 있다. 5개의 서브 영역마다 각각 9차원 히스토그램이 생성되므로, 총 45차원의 HOF가 생성될 수 있다. 이때, 광 흐름 추출자로 Gunnar Farneback의 알고리즘(dense optical flow)을 사용할 수 있다.
- [0125] 한편, 화재-튜브 생성부(120)는, 미리 설정된 임계값을 기준으로, 화재-튜브에 대해 이전 프레임의 화재 후보 영역과 현재 프레임의 화재 후보 영역의 차이가 임계값보다 큰 화재 후보 영역을 누적하여 화재-튜브를 생성할 수 있다. 입력 영상의 프레임과 화재의 크기, 영상의 해상도 등에 따라 화재 후보 영역에 대해 추출되는 광 흐름의 크기에 차이가 있을 수 있다. 따라서 이를 해결하기 위해 임계값을 미리 설정하고, 설정된 임계값을 기준

으로 하나의 화재-튜브를 구성할 때 움직임이 작은 영역은 제외하고 움직임이 큰 영역만을 화재-튜브에 누적하는 skip-frame을 적용할 수 있다. 도 10은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, skip-frame 알고리즘을 도시한 도면이다.

[0127] 특징 추출부(130)는, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성할 수 있다. 화재-튜브에서 추출된 광 흐름에 대한 히스토그램을 생성하기 위해, 특징 추출부(130)는 미리 생성된 코드북을 사용해 BoF 특징 벡터를 생성할 수 있다. HOF 특징은 전체 N개의 프레임에서 추출되기 때문에, HOF 특징을 특징 벡터로 사용하면 특징 벡터가 매우 커지게 되고 계산량 및 시간이 커지게 된다. 따라서 특징 추출부(130)는, HOF 특징을 BoF에 적용하여 차원을 줄이고, BoF 특징 벡터를 분류기의 입력으로 사용할 수 있다.

[0129] 도 11은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, 코드북을 생성하는 과정을 설명하기 위해 도시한 도면이다. 도 11에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서는, 학습 데이터에서 추출된 모든 광 흐름을 이용해 코드북(code book)을 정의할 수 있다. 이때, 학습 데이터에서 생성 가능한 화재 및 비-화재의 튜브를 모두 이용할 수 있으며, 화재 및 비-화재의 튜브로부터 추출된 HOF 특징을 K-mean 클러스터링을 이용해 분류해 코드북을 생성하되, 화재 30개와 비화재 5개로, 총 35개의 visual word를 생성할 수 있다.

[0131] 한편, 분류기의 사전 학습을 위해, 학습 데이터에서 추출된 HOF 특징을 분류하여 코드북을 생성한 다음, 학습 데이터에서 생성 가능한 화재 및 비화재를 포함하는 모든 튜브에서 추출된 HOF 특징을 코드북과 맵핑하여 BoF 특징 벡터를 생성하고, 생성된 화재 및 비화재 BoF 특징 벡터로 랜덤 포레스트 분류기를 학습시킬 수 있다.

[0133] 도 12는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서, 랜덤 포레스트 분류기의 학습을 설명하기 위해 도시한 도면이다. 도 12에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)에서는, 학습 데이터에서 생성 가능한 모든 화재 및 비-화재 튜브에서 추출된 HOF를 코드북과 맵핑하여, 35개의 visual word에 대한 BoF 히스토그램을 생성할 수 있다. 생성된 화재 및 비-화재 BoF 히스토그램으로 랜덤 포레스트(Random Forest, RF) 분류기를 학습시킬 수 있다. 이때, 랜덤 포레스트 분류기의 트리 수는 100개로 할 수 있다. 학습된 랜덤 포레스트 분류기는 후보 검출부(110)에서 검출된 화재 후보 영역이 화재인지 비-화재인지 검증하기 위해, 이하에서 상세히 설명할 화재 검출부(140)에서 사용될 수 있다.

[0135] 화재 검출부(140)는, 학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 특징 생성부에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출할 수 있다. 이때, 미리 학습된 분류기는, 학습 데이터에서 추출된 HOF 특징을 분류하여 코드북을 생성한 다음, 학습 데이터에서 생성 가능한 화재 및 비화재를 포함하는 모든 튜브에서 추출된 HOF 특징을 코드북과 맵핑하여 BoF 특징 벡터를 생성하고, 생성된 화재 및 비화재 BoF 특징 벡터로 학습시킨 랜덤 포레스트 분류기일 수 있다.

[0137] 화재 검출부(140)는, 후보 검출부(110)에서 Elastic-YOLOv3가 검출하지 못한 화재이더라도 화재-튜브가 구성되어 있다면 화재를 검증할 수 있으므로, 화재 검출 정확도를 높일 수 있다. 즉, 기존의 심층신경망을 이용해 화재를 검출하는 방법은, YOLOv3 등의 심층신경망이 화재를 탐지하지 못하고 중간에 화재를 놓치면 화재 영역을 검증할 수 없는 한계가 있었다. 그러나 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100)는, YOLOv3가 화재 후보 영역을 검출하지 못하더라도, 해당 영역에 이전에 화재-튜브가 구성되어 있다면 가상 화재 영역을 설정하여 화재-튜브에 누적하고, 랜덤 포레스트 분류기를 통해 검증을 하기 때문에, 화재 검출 정확도를 높일 수 있는 효과가 있다.

[0139] 도 13은 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법의 흐름을 도

시한 도면이다. 도 13에 도시된 바와 같이, 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 방법은, 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 단계(S110), 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브를 생성하는 단계(S120), 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF 특징 벡터를 생성하는 단계(S130) 및 미리 학습된 분류기에 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 단계(S140)를 포함하여 구현될 수 있다.

[0141] 단계 S110에서는, 후보 검출부(110)가 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출할 수 있다.

[0143] 단계 S120에서는, 화재-튜브 생성부(120)가 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브(Fire-tube)를 생성할 수 있다.

[0145] 단계 S130에서는, 특징 추출부(130)가 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF(Bag of Features) 특징 벡터를 생성할 수 있다.

[0147] 단계 S140에서는, 화재 검출부(140)가 학습 데이터로부터 생성된 BoF 특징 벡터로 미리 학습된 분류기에, 단계 S130에서 생성된 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출할 수 있다.

[0149] 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100) 및 방법의 검증을 위해, 감시 카메라에서 수집된 야간 화재 데이터를 사용하여 실험을 수행했다. 첫 번째 데이터셋은 유튜브(YouTube)에서 수집된 정지 이미지로 구성되며, 실제 야간 환경에서의 화재를 포함하여 4000개의 정지 이미지를 포함한다. 수집된 화재 이미지에는 대형 공장 창고, 광장 및 도로를 포함하여 다양한 환경에서 발생하는 여러 유형의 화재가 포함되었다. 두 번째 데이터셋은 20개의 실시간 야간 화재 비디오와 유튜브에서 수집한 14개의 비-화재 비디오를 포함하는 연속 이미지 시퀀스로 구성하였다. 화재-튜브 특징을 사용해 랜덤 포레스트 분류기를 학습시키기 위한 학습 데이터는 10개의 야간 화재 비디오 및 4개의 비-화재 비디오를 포함하여 구성하였다. 또한, 본 발명의 검증을 위한 테스트 데이터는 10개의 야간 화재 비디오와 10개의 비-화재 비디오를 포함하여 구성하였다. 화재 비디오는, 야간 환경의 도로, 대형 공장 창고, 쇼핑몰, 공원, 주유소 등 다양한 조건의 화재를 포함하고, 비-화재 비디오는 야간 화재와 유사한 차량 전조등, 가로등, 네온사인 등을 포함한다.

[0151] 실험에서, 객체 인식에 사용되는 SSD, Faster R-CNN, YOLOv3, 본 발명의 후보 검출부(110)가 사용하는 Elastic-YOLOv3, 및 Elastic-YOLOv3와 화재-튜브를 사용한 RF 분류기를 사용하는 본 발명의 성능 실험을 하였으며, 그 결과를 다음 표 1에 표시하였다.

표 1

	Precision (%)	Recall (%)	F1-score	ms/frame
SSD [8]	99.0	67.73	80.43	15ms
Faster R-CNN [9]	81.72	93.48	87.21	30ms
YOLOv3 [6]	97.96	77.11	86.29	7ms
ELASTIC-YOLOv3	97.29	97.54	97.42	10ms
Proposed method	98.7	96.35	97.5	14ms

[0152]

[0154] 도 14는 본 발명의 일실시예에 따른 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100) 및 방법을 적용한 실험 결과를 도시한 도면이다. 도 14에서 위의 두 행은 화재 영상, 마지막 행은 비-화재 영상이고, 각 영상의 아래쪽에 표시된 녹색 상자는 Elastic-YOLOv3에 의해 검출된 화재 후보 영역, 영상 내의 붉은색 상자는 본 발명에 의해 검증된 최종 검출 화재 영역을 나타낸다. 도 14의 마지막 행에서 확인할 수 있는 바와 같이, Elastic-YOLOv3는 자동차의 헤드라이트를 화재로 감지했지만, 본 발명에 의하면 랜덤 포레스트 분류기에 의해 최종 화재 영역에서 제외되었다.

[0156] 전술한 바와 같이, 본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100) 및 방법에 따르면, 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출한 다음, 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연속적으로 연결하여 화재-튜브를 생성하고, 화재-튜브로부터 생성한 특징 벡터를 사전 학습된 분류기에 적용해 최종 화재 영역을 검출함으로써, 화재의 동적인 특성을 반영하여 신속하게 화재 후보 영역이 화재인지 비-화재인지 검증할 수 있다.

[0158] 또한, 본 발명에서 제안하고 있는 심층신경망과 화재-튜브를 결합한 실시간 야간 화재 검출 장치(100) 및 방법에 따르면, 심층신경망 기반의 YOLOv3에 Elastic block을 도입한 Elastic-YOLOv3로 화재 후보 영역을 검출함으로써, 작은 객체의 검출률을 높일 수 있으며, 화재-튜브에서 추출된 HOF(Histogram of Optical Flow) 특징을 BoF(Bag of Features)에 적용해 특징 벡터를 생성함으로써, 특징 벡터의 차원을 줄여 빠르게 화재 검출을 할 수 있다.

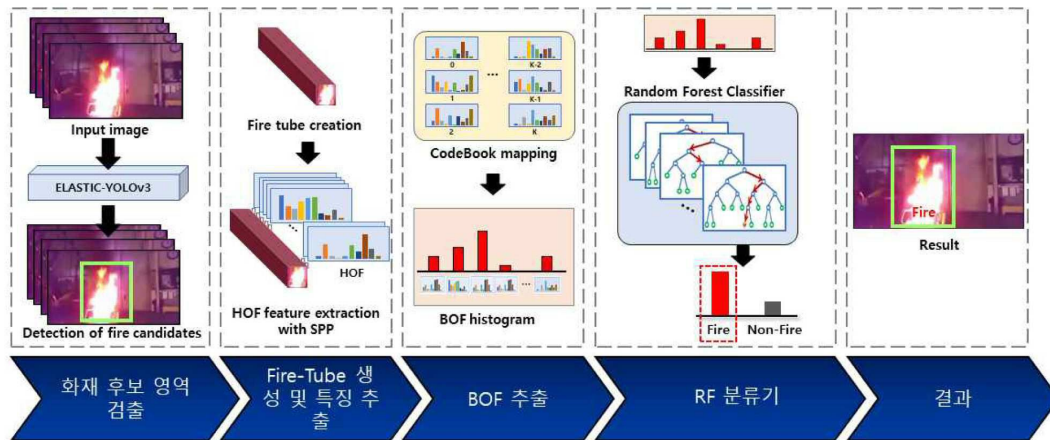
[0160] 이상 설명한 본 발명은 본 발명이 속한 기술분야에서 통상의 지식을 가진 자에 의하여 다양한 변형이나 응용이 가능하며, 본 발명에 따른 기술적 사상의 범위는 아래의 특허청구범위에 의하여 정해져야 할 것이다.

부호의 설명

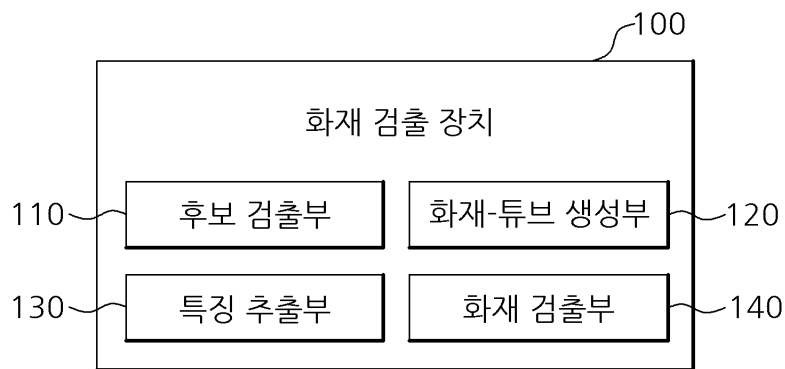
[0161] 100: 화재 검출 장치
 110: 후보 검출부
 120: 화재-튜브 생성부
 130: 특징 추출부
 140: 화재 검출부
 S110: 입력 영상으로부터 심층신경망 기반으로 화재 후보 영역을 검출하는 단계
 S120: 복수의 프레임에서 검출된 화재 후보 영역을 연결하여 화재-튜브를 생성하는 단계
 S130: 화재-튜브를 구성하는 화재 후보 영역으로부터 HOF 특징을 추출하고, 추출된 HOF 특징으로부터 BoF 특징 벡터를 생성하는 단계
 S140: 미리 학습된 분류기에 BoF 특징 벡터를 적용하여 최종 화재 영역을 검출하는 단계

도면

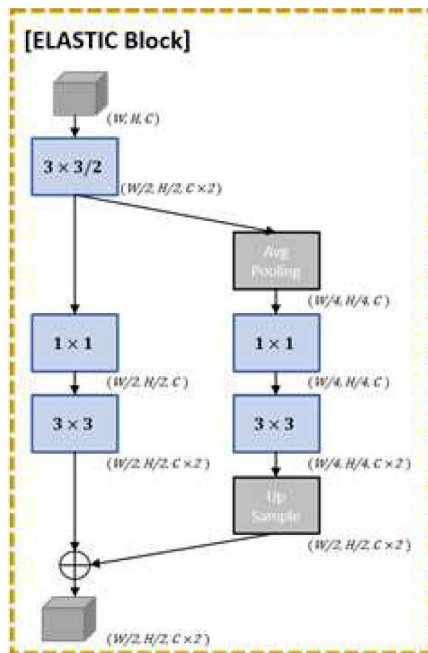
도면1



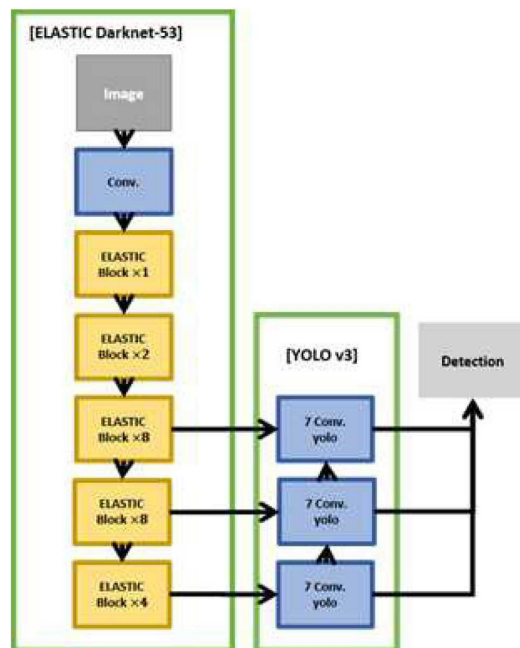
도면2



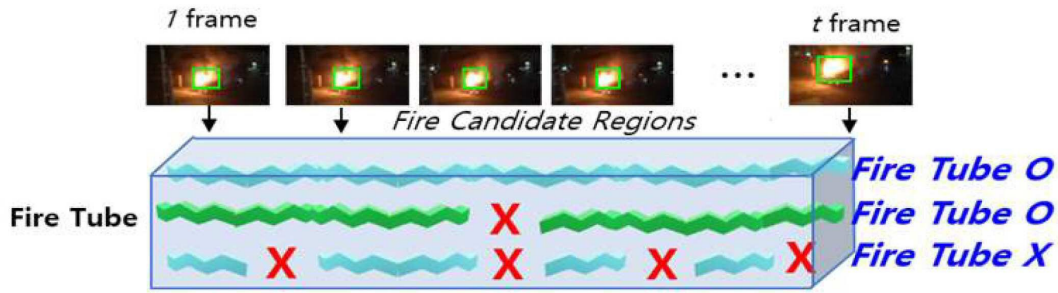
도면3



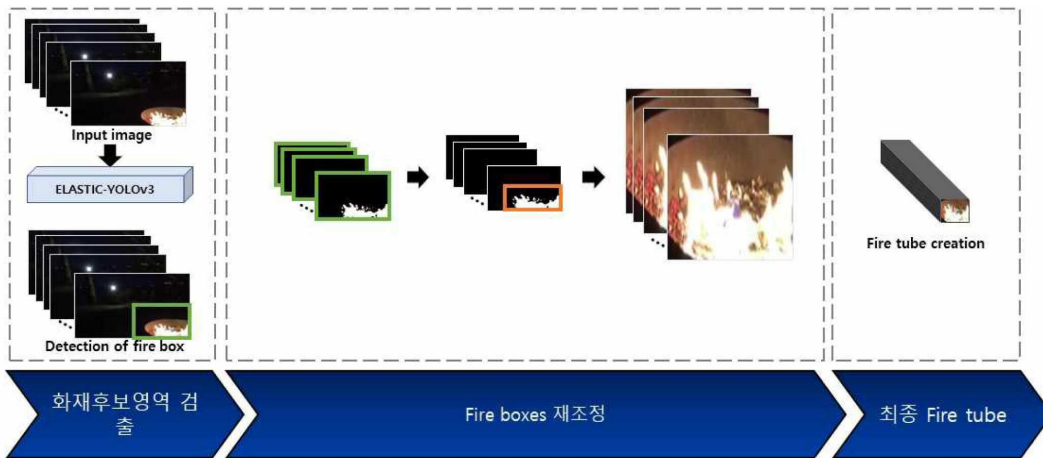
도면4



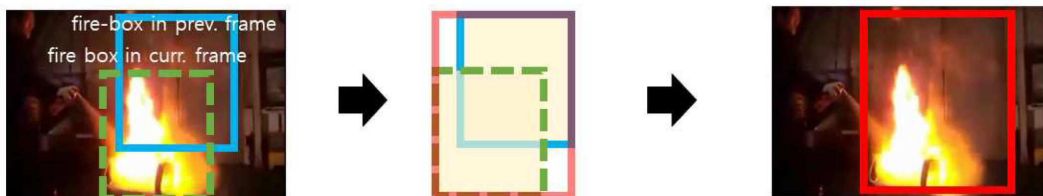
도면5



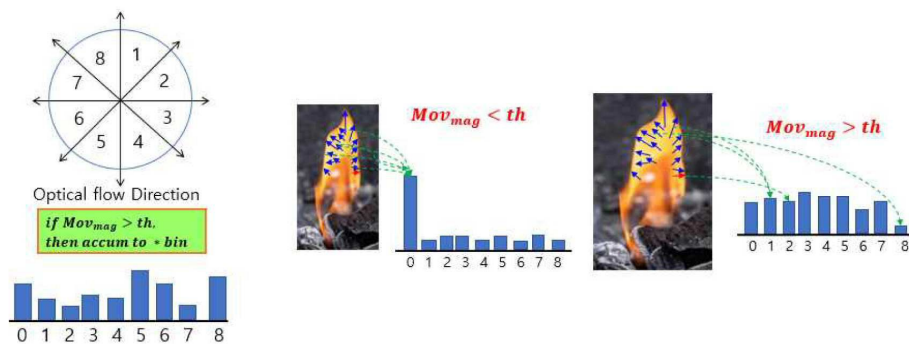
도면6



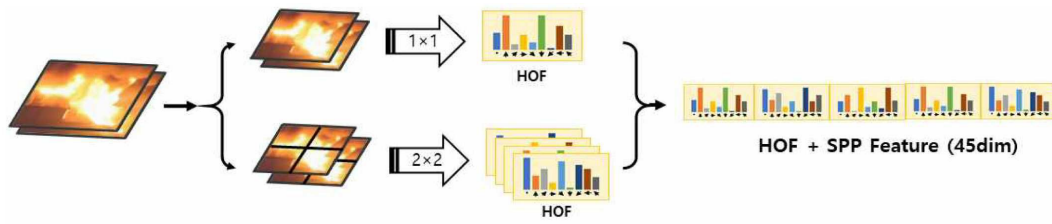
도면7



도면8



도면9



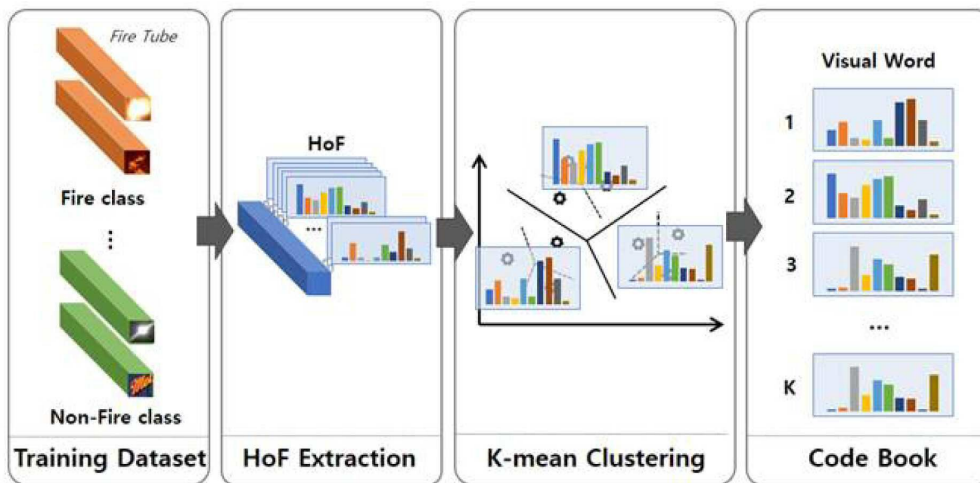
도면10

Algorithm1. Function_Skip()

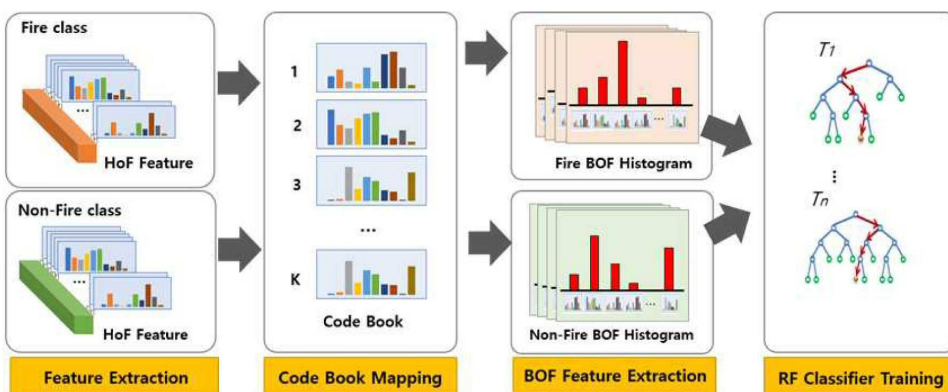
```

Tube[1] = frame[1];
k = 2; i = k + 1;
Repeat
    if (Tube[k] - frame[i] >  $\theta_1$ )
        Then Tube[k+1] = frame[i]; k++; i++;
    Else i++;
End of frame
    
```

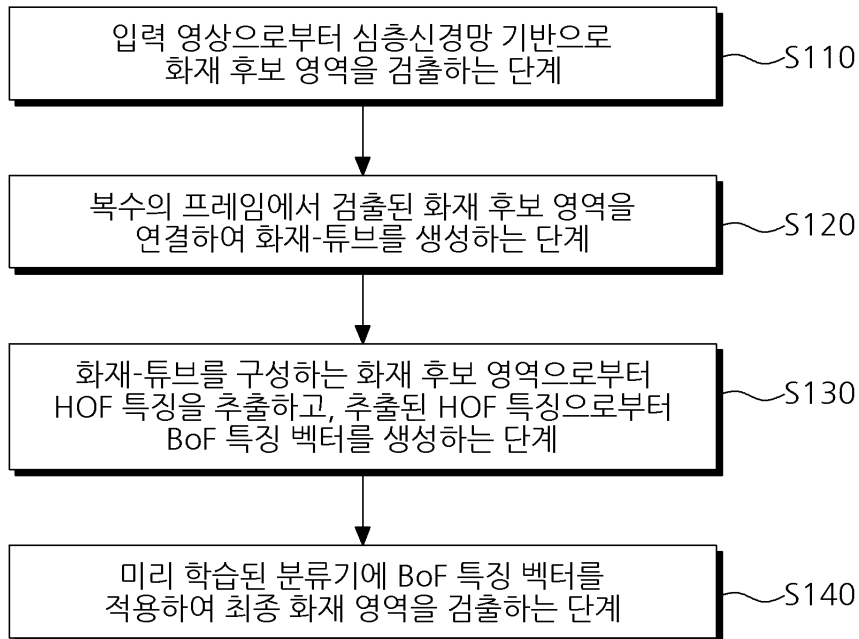
도면11



도면12



도면13



도면14

