



(19) 대한민국특허청(KR)
(12) 공개특허공보(A)

(11) 공개번호 10-2009-0054522
(43) 공개일자 2009년06월01일

(51) Int. Cl.

G08B 17/02 (2006.01) G06T 7/40 (2006.01)

G06K 9/00 (2006.01) G08B 17/00 (2006.01)

(21) 출원번호 10-2007-0121221

(22) 출원일자 2007년11월27일

심사청구일자 2007년11월27일

(71) 출원인

계명대학교 산학협력단

대구 달서구 신당동 1000번지

(주)위니텍

대구광역시 남구 대명동 2139-12 재단법인대구디지털산업진흥원본관1층

(72) 발명자

정광호

대구 수성구 시지동 목련아파트 103-105

고병철

대구 달서구 호산동 374번지 현대하이츠 빌 302호

남재열

대구 수성구 범물2동 서한화성아파트 103-1401

(74) 대리인

김일환

전체 청구항 수 : 총 12 항

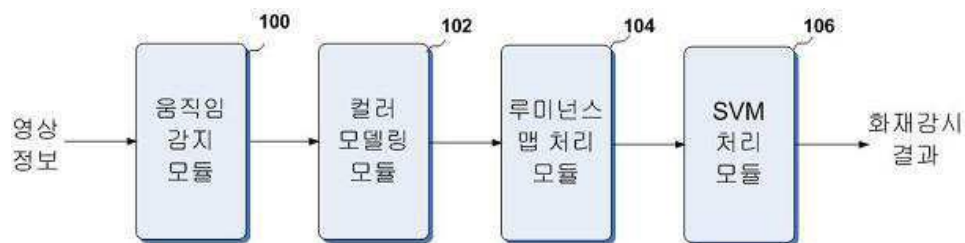
(54) 비전 기반의 화재 감지 시스템 및 방법

(57) 요약

본 발명은 영상 정보로부터 화재 영역을 감지하는 비전 기반 화재 감지 시스템 및 방법에 관한 것이다.

상기한 화재 감지 시스템은, 이전 프레임의 그레이 영상을 배경으로 초기화한 후에 현재 프레임을 반영하여 이전 배경 프레임을 업데이트하여 출력하는 움직임 감지모듈; 상기 움직임 감지모듈이 출력하는 프레임에 대해 컬러 모델을 적용하여 제1화재 후보 영역을 검출하는 컬러 모델링 모듈; 상기 현재 프레임에 대해 루미넌스 맵을 적용하여 주변에 비해 밝은 제2화재후보영역을 검출하는 루미넌스 맵 처리 모듈; 상기 제1 및 제2화재후보영역에 대해 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 시간적인 웨이블릿 변환 에너지의 변화량 모델에 따라 최종 화재 감지 영역을 추출하는 SVM 처리 모듈을 구비하는 것을 특징으로 한다.

대표도 - 도1



특허청구의 범위

청구항 1

화재 감지 시스템에 있어서,

이전 프레임의 그레이 영상을 배경으로 초기화한 후에 현재 프레임을 반영하여 이전 배경 프레임을 업데이트하여 출력하는 움직임 감지모듈;

상기 움직임 감지모듈이 출력하는 프레임에 대해 컬러 모델을 적용하여 제1화재 후보 영역을 검출하는 컬러 모델링 모듈;

상기 현재 프레임에 대해 루미넌스 맵을 적용하여 주변에 비해 밝은 제2화재후보영역을 검출하는 루미넌스 맵 처리 모듈;

상기 제1 및 제2화재후보영역에 대해 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 시간적인 웨이블릿 변환 에너지의 변화량 모델에 따라 최종 화재 감지 영역을 추출하는 SVM 처리 모듈을 구비하는 것을 특징으로 하는 화재 감지 시스템.

청구항 2

제1항에 있어서,

상기 움직임 감지모듈은,

현재 프레임에 대한 이전 프레임의 그레이 영상 값의 차분이 임계치보다 크면 해당 프레임에 움직임 픽셀 값을 부여함을 특징으로 하는 화재 감지 시스템.

청구항 3

제1항에 있어서,

상기 컬러 모델링 모듈은,

화재 영역 내에서 각 RGB 색상 채널의 분포는 서로 독립적이고 가우시안 분포를 가진다고 가정하고, 학습용 화재 프레임내의 화재 영상으로부터 화재 색상을 추출한 뒤에 화재 색상의 확률 모델을 생성하는 화재 감지 시스템.

청구항 4

제1항에 있어서,

상기 루미넌스 맵 처리 모듈은,

입력 영상정보를 그레이 영상정보로 변환하는 그레이 영상 변환부;

상기 그레이 영상정보를 다운 샘플링하는 다운 샘플링 모듈;

상기 다운 샘플링된 영상정보를 서로 다른 크기로 필터링하는 다수의 필터;

상기 다수의 필터의 출력값에 대한 평균을 연산하는 평균 연산부;

상기 평균 연산부의 출력을 원래 크기로 복원하여 루미넌스 맵을 생성하는 복원부;

상기 루미넌스 맵에 대해 가우시안 필터링하는 가우시안 필터;

상기 가우시안 필터링된 루미넌스 맵의 시간적인 변화량을 분석하는 변화량 검출부;

상기 변화량에 따라 제2화재 후보 영역을 결정하고 나머지 영역을 제거하는 비화재 영역 제거부로 구성됨을 특징으로 하는 화재 감지 시스템.

청구항 5

제1항에 있어서,

상기 SVM 처리모듈의 웨이블릿 에너지 검출식은 수식식 11에 따름을 특징으로 하는 화재 감지 시스템.

수식식 11

$$e_{\text{w}}(x, y) = |LH_{\text{w}}(x, y)|^2 + |HL_{\text{w}}(x, y)|^2 + |HH_{\text{w}}(x, y)|^2$$

청구항 6

제1항에 있어서,

상기 SVM 처리 모듈의 결과에 대해 모폴로지 열림(opening) 연산을 통해 색상과 변화량에 대한 노이즈 영역을 제거하고 최종적으로 화재를 감별하는 것을 특징으로 하는 화재 감지 시스템.

청구항 7

화재 감지 방법에 있어서,

이전 프레임의 그레이 영상을 배경으로 초기화한 후에 현재 프레임을 반영하여 이전 배경 프레임을 업데이트하여 움직임이 표식된 프레임을 출력하는 단계;

상기 움직임이 표식된 프레임에 대해 컬러 모델을 적용하여 제1화재 후보 영역을 검출하는 단계;

상기 현재 프레임에 대해 루미넌스 맵을 적용하여 주변에 비해 밝은 제2화재후보영역을 검출하는 단계;

상기 제1 및 제2화재후보영역에 대해 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 시간적인 웨이블릿 변환 에너지의 변화량 모델에 따라 최종 화재 감지 영역을 추출하는 단계를 구비하는 것을 특징으로 하는 화재 감지 방법.

청구항 8

제7항에 있어서,

상기 움직임의 표식은,

현재 프레임에 대한 이전 프레임의 그레이 영상 값의 차이가 임계치보다 크면 해당 프레임에 움직임 픽셀 값을 부여함으로써 이행됨을 특징으로 하는 화재 감지 방법.

청구항 9

제7항에 있어서,

상기 컬러 모델의 적용은,

화재 색상 모델을 이용하여 전체 색상 채널의 확률값을 계산하고 이 값이 임계값보다 클 경우에 제1화재 후보 영역으로 판별함으로써 이행됨을 특징으로 하는 화재 감지 방법.

청구항 10

제7항에 있어서,

상기 루미넌스 맵의 적용은,

입력 영상정보를 그레이 영상정보로 변환하는 단계;;

상기 그레이 영상정보를 다운 샘플링하는 단계;

상기 다운 샘플링된 영상정보를 서로 다른 크기로 필터링하는 단계;

상기 다수의 필터의 출력값에 대한 평균을 연산하는 단계;

상기 평균 연산부의 출력을 원래 크기로 복원하여 루미넌스 맵을 생성하는 단계;

상기 루미넌스 맵에 대해 가우시안 필터링하는 단계;

상기 가우시안 필터링된 루미넌스 맵의 시간적인 변화량을 분석하는 단계;

상기 변화량에 따라 제2화재 후보 영역을 결정하고 나머지 영역을 제거하는 단계로 구성됨을 특징으로 하는 화재 감지 방법.

청구항 11

제7항에 있어서,

상기 웨이블릿 에너지 검출식은 수학적 식 12에 따름을 특징으로 하는 화재 감지 방법.

수학적 식 12

$$e_w(x,y)=|LH_w(x,y)|^2+|HL_w(x,y)|^2+|HH_w(x,y)|^2$$

청구항 12

제7항에 있어서,

상기 SVM 처리 결과에 대해 모폴로지 열림(opening) 연산을 통해 색상과 변화량에 대한 노이즈 영역을 제거하고 최종적으로 화재를 감별하는 것을 특징으로 하는 화재 감지 방법.

명세서

발명의 상세한 설명

기술 분야

- <1> 본 발명은 화재 감지 기술에 관한 것으로, 더욱 상세하게는 영상 정보로부터 화재 영역을 감지하는 비전 기반 화재 감지 시스템 및 방법에 관한 것이다.

배경 기술

- <2> 건물의 대형화와 복잡화는 실생활의 편의성을 높이는 반면에 화재와 같은 안전사고에 있어서 막대한 재산 및 인명 피해를 야기한다. 이에 따라 화재 경보 시스템을 구축의 필요성이 대두되고 있다.
- <3> 화재발생은 조기진압이 가장 중요하지만 현재의 화재 경보 시스템은 센서기반의 감지기들이 대부분이며, 이러한 감지기는 화재가 발생한 후 일정시간이 지나 열이나 연기가 확산되어야 감지가 가능하다.
- <4> 따라서 조기 진화가 어려우며 넓은 장소와 개방된 공간에서는 그 성능이 떨어지게 된다. 이에 반하여 카메라를 이용한 화재 감지 시스템에서는 다음과 같은 장점들이 존재한다.
- <5> 첫째, 카메라를 이용한 화재 감지 시스템은 건물 내외에 설치되어있는 감시카메라를 이용하여 구현이 가능하므로 추가적인 비용이 적게 든다.
- <6> 둘째, 화재나 연기가 발생할 경우 열이나 연기의 확산을 기다릴 필요 없이 카메라를 통해 원격지에서 즉각적인 감지가 가능하다.
- <7> 셋째, 화재 경보 발생 시 근무자는 직접 그 장소로 갈 필요없이 원격지에서 눈으로 확인할 수 있으므로 즉각적인 대응이 가능하다.
- <8> 상기한 카메라를 이용한 화재 감지 시스템의 장점에도 불구하고 현재까지 이와 관련된 연구는 아직 미비한 실정이다.
- <9> 예를 들어, W. Phillips가 제시한 화재 감시 기술은 실험 데이터 영상 내에서 화재 영역을 추출하고 추출된 영역의 컬러 히스토그램의 가우시안 분포를 이용하여 화재 컬러에 따른 컬러 록업(look-up) 테이블을 만든다. 상기 컬러 록업 테이블을 이용하여 화재 후보 영역을 추출하고 그 영역의 시간적인 변화량으로 화재를 감별한 뒤 추가적인 침식기법과 영역확대 기법을 이용하여 최종적으로 화재를 검출한다. 하지만 실험데이터에 대한 휴리스틱한 특성으로 인해서 입력 영상이 다를 경우 성능이 떨어지는 단점이 있다.
- <10> 그리고 C. B. Liu가 제시한 화재 감시 기술은 화재의 특성 중에서 불의 모양에 중점을 두고 컬러모델을 만들었

다. 컬러 영상에서 화재 영역은 핵(core)의 형태로 내부의 중심원쪽 색상은 하얀색이나 노란색이고 중심원쪽에서 멀어질 때에는 오렌지색 혹은 붉은색을 띤다. 그레이 색상에서는 중심원부분은 핵 주변부에 비해서 밝은 형태를 띄게 된다. 이러한 특성에 따라 주변부에 비해서 높은 대비를 보이거나 흰색 혹은 노란색에서 오렌지색 혹은 붉은 색의 변화를 가지는 컬러 영역들이 링의 형태로 겹쳐져서 나타날 경우 불의 형태로 간주한다. 이 영역들을 화재 모델로 삼고 그 영역의 외형적 변화를 분석하여 화재를 감지한다. 하지만 실제 화재 영역과 비슷한 색상을 가지는 물체와의 구분이 어려워져서 정확한 화재 감지 성능이 떨어진다.

<11> 그리고 T. H. Chen이 제시한 화재 감시 기술은 일반적으로 붉은 색을 띄고 있으며 낮은 온도에서는 붉은 색에서 노란색으로, 높은 온도에서는 하얀색으로 나타나는 불꽃의 특색에 따라 화재 영역에 대한 RGB/HSI 컬러 모델로 불꽃 영역을 감지하고 불의 영역은 점차적으로 확대된다는 가정 하에 감지된 불꽃 영역에 대한 크기 변화를 분석함으로써 화재를 감별한다. 하지만 2개의 인접한 프레임간의 차로 불꽃 영역에 대한 크기 변화를 감지하기 때문에 작은 노이즈나 움직이는 물체에 대한 오류가 잦다.

<12> 그리고 B. U. Toreyin이 제시한 화재 감시 기술은 움직임 픽셀이나 영역에서 미리 정의된 컬러 모델과 비교하여 화재 영역인지 아닌지 구별하고 화재 영역으로 구별된 영역의 시간적/공간적 웨이블릿 분석을 이용하여 화재를 감별한다. 움직임 영역을 감지하기 위해서 현재 프레임과 이전 프레임의 차를 이용하여 움직임 영역과 배경을 나누고 움직임 영역에 대해서 픽셀별로 실험적인 결과에 따라 얻어진 화재 컬러 픽셀들과 비교한다. 화재 컬러 픽셀들은 실험적인 데이터 영상내의 화재 영역의 RGB 컬러 모델에서 가우시안 믹스처 모델(Gaussian Mixture Model)을 이용해서 생성되었으며 검출된 화재 후보 영역에 대해서 보다 정밀하게 시간적으로 변화되는 모습을 알아내기 위해 웨이블릿 변환을 이용한 고주파 성분의 변화량을 분석하여 화재를 감지하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 화재 감지능력은 좋은 편이지만 역시 너무 많은 휴리스틱 임계값을 사용함으로써 다양한 영상에서 화재를 감별하는 능력이 떨어진다.

발명의 내용

해결 하고자하는 과제

<13> 본 발명은 상기와 같은 문제점을 해결하기 위하여 안출한 것으로서, 촬상장치로부터 입력된 영상정보에 대해 움직임을 표식하여 화재 컬러모델을 적용하고 루미넌스 맵과 웨이블릿 변환을 통한 에너지의 변화량을 분석하고 SVM을 이용하여 효과적으로 화재 영역과 비-화재 영역을 감별하는 비전 기반의 화재 감지 시스템 및 방법을 제공하는 것을 그 목적으로 한다.

과제 해결수단

<14> 상기의 목적을 이루고 종래기술의 문제점을 해결하기 위한 화재 감지 시스템은, 이전 프레임의 그레이 영상을 배경으로 초기화한 후에 현재 프레임을 반영하여 이전 배경 프레임을 업데이트하여 출력하는 움직임 감지모듈; 상기 움직임 감지모듈이 출력하는 프레임에 대해 컬러 모델을 적용하여 제1화재 후보 영역을 검출하는 컬러 모델링 모듈; 상기 현재 프레임에 대해 루미넌스 맵을 적용하여 주변에 비해 밝은 제2화재후보영역을 검출하는 루미넌스 맵 처리 모듈; 상기 제1 및 제2화재후보영역에 대해 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 시간적인 웨이블릿 변환 에너지의 변화량 모델에 따라 최종 화재 감지 영역을 추출하는 SVM 처리 모듈을 구비하는 것을 특징으로 한다.

<15> 특히, 상기 움직임 감지모듈은, 현재 프레임에 대한 이전 프레임의 그레이 영상 값의 차분이 임계치보다 크면 해당 프레임에 움직임 픽셀 값을 부여함을 특징으로 한다.

<16> 또한, 상기 컬러 모델링 모듈은, 영상 정보의 각 픽셀에 대해 R 채널의 값과 채도값 각각이 미리 정해진 임계 범위에 속하면 제1화재 후보 영역으로 판별함을 특징으로 한다.

<17> 또한, 상기 R 채널 값에 대한 임계 범위 및 상기 채도에 대한 임계 범위는 화염에 대한 컬러 모델을 토대로 정해짐을 특징으로 한다.

<18> 또한, 상기 루미넌스 맵 처리 모듈은, 입력 영상정보를 그레이 영상정보로 변환하는 그레이 영상 변환부; 상기 그레이 영상정보를 다운 샘플링하는 다운 샘플링 모듈; 상기 다운 샘플링된 영상정보를 서로 다른 크기로 필터링하는 다수의 필터; 상기 다수의 필터의 출력값에 대한 평균을 연산하는 평균 연산부; 상기 평균 연산부의 출력을 원래 크기로 복원하여 루미넌스 맵을 생성하는 복원부; 상기 루미넌스 맵에 대해 가우시안 필터링하는 가우시안 필터; 상기 가우시안 필터링된 루미넌스 맵의 시간적인 변화량을 분석하는 변화량 검출부; 상기 변화량

에 따라 제2화재 후보 영역을 결정하고 나머지 영역을 제거하는 비화재 영역 제거부로 구성됨을 특징으로 한다.

<19> 또한, 상기 SVM 처리 모듈의 결과에 대해 모폴로지 열림(opening) 연산을 통해 색상과 변화량에 대한 노이즈 영역을 제거하고 최종적으로 화재를 감별하는 것을 특징으로 한다.

효과

<20> 본 발명은 촬상장치를 이용해서 입력된 영상에 대해서 색상정보와 움직임 정보와 루미넌스 맵의 시간적인 변화량으로 화재 후보 영역을 감지하고 SVM을 이용하여 화재를 최종 감별하는 것으로, 휴리스틱한 특성으로 인해서 빈번한 오검출의 발생 등 다수의 문제들이 존재하는 기존의 비전 기반 화재 감지 방법들의 단점들을 극복하고 좀더 정밀한 결과를 얻을 수 있는 이점이 있다.

<21> 그리고 본 발명은 화재 영역을 감지하기 위해서 단순한 컬러 정보와 움직임의 변화량을 분석하는 것뿐만 아니라 연속적인 프레임에서 루미넌스 맵내의 화재 후보 픽셀의 시간적 변화량을 분석해서 비-화재 영역을 효과적으로 제거하고, 그 후에 이진 클래스 분류자인 SVM을 적용하여 화재/비화재 모델을 학습하고 학습된 데이터를 이용하여 최종적으로 화재 영역을 감지한다.

<22> 이로서, 본 발명은 연기나 프레임간의 미묘한 차이로 인한 노이즈에 강건한 효과가 있다.

발명의 실시를 위한 구체적인 내용

<23> 본 발명의 바람직한 실시예에 따른 화재 감지 시스템의 구성을 도 1을 참조하여 상세히 설명한다.

<24> 상기 화재 감지 시스템은 이전 프레임의 그레이 영상을 배경으로 초기화한 후에 현재 프레임을 반영하여 이전 배경 프레임을 업데이트하여 출력하는 움직임 감지모듈(100), 상기 움직임 감지모듈이 출력하는 프레임에 대해 컬러 모델을 적용하여 제1화재 후보 영역을 검출하는 컬러 모델링 모듈(102), 상기 현재 프레임에 대해 루미넌스 맵을 적용하여 주변에 비해 밝은 제2화재후보영역을 검출하는 루미넌스 맵 처리 모듈(104), 상기 제1 및 제2 화재후보영역에 대해 SVM(Support Vector Machine)을 이용하여 시간적인 웨이블릿 변환 에너지의 변화량 모델에 따라 최종 화재 감지 영역을 추출하는 SVM 처리 모듈(106)로 구성된다.

<25> <움직임 감지 모듈(100)>

<26> 상기 화재 감지 시스템의 움직임 감지 모듈(100)에 대한 동작을 설명한다.

<27> 상기 움직임 감지 모듈(100)은 배경 초기화와 업데이트 방식을 이용한 움직임 픽셀을 감지하는 것으로, 공기의 흐름이나 재료 혹은 연료에 따라서 그 모양이 수시로 바뀌는 불꽃의 특성에 따라 첫 프레임의 그레이 영상을 배경으로 초기화한 뒤 현재 프레임을 반영하여 이전 배경 프레임을 업데이트하는 방식을 이용한다.

수학식 1

$$|I_n(x) - B_n(x)| > T_n(x)$$

<28>

<29> 여기서, $I_n(x)$ 는 현재 프레임에서 x 위치에 대한 그레이 영상이고, $B_n(x)$ 는 현재 프레임에서 배경을 의

미한다. 상기 수학식 1의 배경과 현재 프레임의 차분이 임계치 값 $T_n(x)$ 의 값보다 크다면 해당 픽셀을 움직임 픽셀 값이 된다. 상기 전경 혹은 배경 영역에 포함된 각 픽셀 값은 수학식 2에 의해서 업데이트되고 임계값은 수학식 3에 의해서 업데이트된다.

수학식 2

$$B_{n+1}(x) = \begin{cases} \alpha B_n(x) + (1-\alpha) I_n(x) & , x \in BG \\ \beta B_n(x) + (1-\beta) I_n(x) & , x \in FG \end{cases}$$

<30>

수학식 3

$$T_{n+1}(x) = \begin{cases} \alpha T_n(x) + (1-\alpha)(\gamma \times |I_n(x) - B_n(x)|), & x \in BG \\ T_n(x), & x \in FG \end{cases}$$

<31>

<32> 여기서, 상기 α , β 와 γ 는 가중치 값으로 현재 프레임과 이전 배경 프레임의 반영 정도를 의미한다.

<33> 도 2는 본 발명에 따른 움직임 픽셀을 감지한 결과 화면으로, 입력된 화재 영상(a)과 비-화재 영상(b)에 대한 움직임 영역이 (c)와 (d)에 붉은 색으로 각각 나타나는 것을 확인할 수 있다.

<34> <컬러 모델링 모듈(102)>

<35> 상기 화재 감지 시스템의 상기 컬러 모델링 모듈(102)의 동작을 설명한다.

<36> 상기 컬러 모델링 모듈(102)은 Celik의 알고리즘을 응용하여 RGB 채널에 대한 확률적 모델을 구성하고 이로부터 화재 후보 픽셀을 감지하는 것이다. 상기 RGB 색상 각 채널의 분포는 서로 독립적이고 가우시안 분포를 보인다고 가정하고, 100개의 학습용 화재 프레임내의 화재 영상으로부터 화재 색상 픽셀을 추출한 뒤에 수학식 4를 이용하여 화재 색상 확률 모델을 생성한다.

수학식 4

$$p_i = \frac{1}{\sqrt{2\pi}\sigma_i} \exp\left(-\frac{(I_i(x,y) - \mu)^2}{2\sigma_i^2}\right)$$

$$i \in \{R, G, B\}$$

<37>

<38> 상기 수학식 4에서, μ 는 학습 데이터로부터 얻어진 i 색상 채널의 평균을 의미하며, σ 는 i 색상 채널의 분산을 의미한다. 이렇게 구해진 각 채널의 확률 모델(P_i)로부터 새로운 입력 픽셀 $I_i(x,y)$ 의 i 채널 확률 값을 수학식 5를 이용하여 획득한다.

수학식 5

$$p(I(x,y)) = \prod_{i \in \{R, G, B\}} p_i(I_i(x,y))$$

$$\begin{cases} \text{if } (I(x,y)) > \tau & \text{Then Fire} \\ \text{else} & \text{Nonfire} \end{cases}$$

<39>

<40> 상기 수학식 5에서, τ 는 임계값을 뜻하며, 구해진 각 색상 채널의 확률값을 이용하여 수학식 5와 같이 전체 색상 채널의 확률값을 계산하고 이 값이 임계값 τ 보다 클 경우에 이 픽셀은 화재 색상 픽셀이 된다.

<41> 본 발명에 따른 가우시안 분포로 가정된 화재 색상 확률 그래프의 바람직한 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.

<42> 도 3은 본 발명에 따른 화재 색상 정보를 이용하여 화재 후보 픽셀을 감지하기 위한 화재 색상 모델 그래프를 도시한 것으로, 학습 데이터로부터 구해진 0에서 255까지의 값을 갖는 RGB 채널에 대한 각각의 가우시안 확률 그래프가 나타나 있다.

<43> 그리고 도 4는 본 발명에 따른 움직임 픽셀 감지와 색상 정보를 이용하여 화재 후보 픽셀을 감지한 결과 화면을 도시한 것으로, 화재 영상 (a), (b)와 비-화재 영상 (c), (d)에 대한 결과로 각각 화재 후보 픽셀로 감지된 부분이 붉은 색 영역으로 나타난 것을 확인할 수 있다. 상기 (a)와 (b)는 화재 영역이 정확하게 검출되었지만 상기 (c)와 (d)에서 움직임 객체에 포함되어 있는 일부 영역들이 화재 영역으로 잘못 검출되는 것을 알 수 있다.

- <44> <루미넌스 맵 처리 모듈(104)>
- <45> 상기 화재 감지 시스템의 상기 루미넌스 맵 처리모듈(104)의 동작을 설명한다.
- <46> 상기 루미넌스 맵 처리모듈(104)은 시간적인 루미넌스 변화를 이용한 비-화재 픽셀을 제거하기 위한 것으로, 그레이 영상에서 화재 영역은 주변부에 비해서 밝다는 사실을 이용해서 컬러영상으로부터 루미넌스 맵을 생성하여 이용한다. 상기 루미넌스 맵 상에 화재 영역은 두드러지게 나타나고 시간적으로 많은 변화를 갖고 있는 화재 영역에 대해서 여러 개의 프레임 내에서 루미넌스 맵의 변화량을 이용하여 효과적으로 비-화재 영역을 제거할 수 있다.
- <47> 본 발명에 따른 루미넌스 맵에서 시간적인 변화량을 이용하여 화재 영역을 감지하는 방법의 바람직한 실시예에 대하여 첨부한 도면을 참조하여 설명하면 다음과 같다.
- <48> 도 5는 루미넌스 맵 처리모듈(104)의 상세 구성을 도시한 것이다.
- <49> 상기 루미넌스 맵 생성장치는 그레이 영상 변환부(200), 다운 샘플링 모듈(202), 제1필터(204), 제2필터(206), 평균연산부(208), 복원부(210), 가우시안 필터(212), 변화량 검출부(214), 비화재 영역 제거부(216)로 구성된다.
- <50> 상기 루미넌스 맵 처리모듈(104)은 루미넌스 맵(L)을 생성하기 위해 원본 컬러 영상을 그레이 영상으로 변환한 후에, 1/2의 크기로 다운 샘플링한 후 서로 다른 크기의 필터 $s \in \{11 \times 11, 13 \times 13\}$ 를 통해 필터링한다.
- <51> 이후, 상기 11×11 과 13×13 필터를 적용하여 획득한 서로 다른 루미넌스 맵의 평균값을 취하여 특징 맵을 생성한 후에, 다시 원래 크기로 복원하고, 이 영상에 대해 가우시안 필터를 적용하여 노이즈를 제거하여 최종 루미넌스 맵을 획득한다.
- <52> 이러한 과정은 수학식 6으로 표현될 수 있다.

수학식 6

$$\bar{L} = \frac{1}{2} \left(\sum_{s \in \{11 \times 11, 13 \times 13\}} L \otimes s \right)$$

- <53>
- <54> 상기 수학식 6에서 $L \otimes s$ 는 1/2의 크기로 다운 샘플링된 회색도 영상에 대해 11×11 과 13×13 필터를 적용한 서로 다른 루미넌스 맵이고, 이들의 평균값이 특징 맵 $\bar{L}$ 이 된다. 상기 $\bar{L}$ 은 다시 원래의 크기로 복원되고, 이 영상에 대해 가우시안 필터를 적용해서 노이즈를 제거하고 루미넌스 맵을 생성한다. 상기 최종 루미넌스 맵은 화재 영역이 주변에 비해 두드러지는 형태를 띠는 루미넌스 영상을 얻어낼 수 있다.
- <55> 상기한 바와 같이 생성된 최종 루미넌스 맵의 시간적인 변화량을 분석하기 위해서 수학식 7을 이용하여 연속적인 10개의 프레임 내에서 x, y 위치의 픽셀에 대한 루미넌스 맵의 변화량을 측정한다.

수학식 7

$$\mu_{x,y,L} = \frac{1}{\sum_{u=1}^{10} H_{x,y,L}(u)} \sum_{u=1}^{10} u \times H_{x,y,L}(u)$$

- <56>
- <57> 이때 화재 영역에 포함된 픽셀의 루미넌스 변화량은 불꽃의 특성을 반영하여 높은 변화량을 보인다. 이에 상기 루미넌스 맵 내의 x, y 위치의 픽셀의 변화량이 임계값 L_T 보다 작다면 해당 픽셀은 이전까지 진행된 단계에서 나온 화재 후보 영역에서 제거한다.

수학식 8

$$\sigma_{x,y,L} = \frac{1}{\sum_{u=1}^{10} H_{x,y,L}(u)} \sum_{u=1}^{10} (u - \mu_{x,y,L})^2 \times H_{x,y,L}(u)$$

<58>

<59> 상기 수학식 8에서 $H_{x,y,L}(u)$ 는 연속적인 10개의 프레임 내에서 x,y 픽셀의 루미넌스 히스토그램을 나타낸다.

<60> 도 6은 입력 영상과 그 영상에 대한 움직임 영역 감지와 화재 색상 모델 적용과 루미넌스 맵 생성 결과와 화재 감지 결과를 나타낸 도면이다.

<61> 상기 도 6을 살펴보면 입력 영상(a)에 대한 움직임 영역 감지 결과가 (b)에 나타나 있고, 화재 색상 모델이 적용된 결과가 (c)에 나타나 있으며, 루미넌스 맵이 (d)에 나타나 있다. 상기 루미넌스 맵에서 화재 영역이 주변부에 비해서 밝음으로써 두드러지게 보이는 것을 볼 수 있다. 그리고 (e)는 색상정보와 움직임 정보와 루미넌스 변화량을 이용하여 화재를 감지한 결과 화면이다. 움직임 물체와 화재가 아닌 영역들 대부분이 제거되었지만 불빛에 비친 영역이 여전히 남아있는 것을 확인할 수 있다.

<62> <SVM 처리모듈(106)>

<63> 이제, 상기 화재 감지 시스템의 상기 SVM 처리모듈(106)의 구성 및 동작을 설명한다.

<64> 본 발명은 루미넌스 맵 내의 픽셀들의 시간적인 변화량을 이용하여 비-화재 영역을 제거한 후 화재 후보 영역에서 남아있는 픽셀들에 대해서 이전의 논문들에서 사용된 휴리스틱한 임계치 값을 대신해서 좀 더 정밀한 분류자로서 SVM을 이용하여 최종적으로 화재 픽셀을 감별한다.

<65> 상기 SVM을 학습하기 위해서 화재 영상과 비-화재 영상의 웨이블릿 변환을 수행하고 웨이블릿 에너지를 계산한다. 웨이블릿 에너지는 T의 식을 변형하여 수학식 9로 나타낸다.

수학식 9

$$e_n(x,y) = |LH_n(x,y)|^2 + |HL_n(x,y)|^2 + |HH_n(x,y)|^2$$

<66>

<67> 상기 수학식 9에서, $e_n(x,y)$ 는 n번째 프레임의 수평, 수직 그리고 대각선 고주파 성분의 웨이블릿 에너지이며 화재 픽셀로부터 150개의 에너지를 추출하고, 비-화재 픽셀로부터 150개의 에너지를 추출한다. 한 개의 프레임으로부터 추출된 고정적인 에너지만 이용해서는 화재와 비-화재 픽셀을 구별할 수 없으므로, 여러 개의 연속한 프레임내의 에너지로 판단한다.

<68> 도 7과 도 8은 화재 영역과 비-화재 영역에 대한 시간적인 웨이블릿 에너지 변화량을 추출한 그래프이다.

<69> 상기 도 7과 도 8을 살펴보면 수학식 9에서 x, y 위치의 픽셀이 화재 픽셀이라면 웨이블릿 에너지의 변화량은 크게 되고 비-화재 픽셀이라면 변화량은 거의 없거나 상대적으로 낮은 값을 갖는다. 또한 화재가 아닌 물체의 움직임이라면 한두번의 변화가 있을 뿐 여러 프레임내의 전체적인 변화량은 거의 없게 된다. 본 발명은 10개의 프레임에서 같은 위치의 픽셀에 대한 웨이블릿 에너지를 추출하고 웨이블릿 에너지의 편차가 크기 때문에 0~1의 값을 갖도록 평준화하였다. 화재 픽셀의 시간적인 웨이블릿 에너지의 변화량은 변동의 폭이 많은 서로 유사한 패턴의 형태로 나타나지만 비-화재 픽셀은 변화가 거의 없거나 지나가는 물체의 움직임으로 인해서 짧은 기간의 에너지 변화량이 크게 나타나는 등의 서로 다른 패턴의 모습으로 나타난다. 이러한 SVM을 훈련시키기 위해서는 유사한 패턴의 형태로 나타나야 하므로 에너지 값들을 오름차순 형태로 정렬시켰다.

<70> 도 9는 화재 픽셀과 비-화재 픽셀의 웨이블릿 에너지를 평준화한 후 오름차순으로 정렬한 그래프이다.

<71> 본 발명은 10개의 차원으로부터 특징 벡터를 추출했다. 고차원 특징 공간에서 입력 벡터를 매핑하기 위해 다른 방식에 비해서 성능이 뛰어난 RBF(Radial Basis Function) 커널 함수를 사용하였다.

수학식 10

$$K(x,y)=\exp(-\|x-y\|^2/2\sigma^2)$$

<72>

<73>

상기 수학식 10에서, x 는 입력 벡터이고 y 는 입력 패턴이고, 표준편차 σ 는 3.5로 가장 큰 마진값과 훈련 오류의 최소값 간의 교환 파라미터 C 는 5로 정했다. 표준편차 σ 는 기본 함수의 폭을 나타낸다. 화재 픽셀 검출이 SVM을 이용하여 최종적으로 이루어지면 모폴로지 열림(opening) 연산을 통해서 색상과 변화량에 대한 노이즈 영역을 제거하고 최종적으로 화재를 감별하게 된다.

<74>

도 10은 본 발명에 따른 화재 감지를 위한 결과를 가장 최근의 관련 연구인 T의 알고리즘을 이용한 실험결과와 비교한 표로서, Method1은 본 발명에 따른 화재 감지 결과이고 Method2는 T의 알고리즘에 따른 화재 감지 결과이다.

<75>

상기 도 10을 살펴보면 평균 오검출율(False Positive)이 Method 1을 이용할 경우 9.2%와 Method 2를 이용할 경우 13.7%로써 본 발명이 T의 알고리즘을 이용한 경우보다 높지만 평균 오검출율은 Method 1과 Method 2를 이용한 경우 각각 12.9%와 6.8%로 다소 낮은 편이다. 하지만 평균 검출율이 Method 1의 경우 84.2%이고 Method 2의 경우 79.5%로써 전체적으로 좋은 결과를 나타낸다. Movie 1의 경우에는 두 방식 모두 평균 검출율이 낮는데 Movie 1은 평균 비트율이 낮고, 화재 주변의 나뭇가지에 햇빛이 반사되어 비슷한 색상을 가지며 사람의 움직임과 바람 등의 영향으로 움직임이 많기 때문이다. Movie 3과 Movie 4에서 불의 영역이 주변에 비해 아주 작기 때문에 모폴로지 열림 연산을 이용한 노이즈 제거시 같이 제거된 경우가 많았다. Method 2를 이용하여 화재를 감지하는 경우에는 Movie 3과 Movie 5 그리고 Movie 7에서 많은 오검출이 발생하는데, 이것은 비디오 안에 포함된 빨간색 셔츠를 입고 있는 사람의 움직임이 화재 색상과 움직임이 화재와 비슷하게 인식되었고 화재 영역에서 발생한 연기로 인해 웨이블릿 변환을 통한 고주파 성분의 변화량 분석이 제대로 이루어지지 않았기 때문이다. 그러나 제안된 알고리즘은 루미넌스 맵과 SVM을 이용해서 Method 2를 이용한 화재 감지에 비해서 84.2%와 79.5%로 상대적으로 높은 검색율을 나타내었다.

<76>

도 11은 본 발명에 따른 화재 감지 결과를 나타낸 도면이다.

도면의 간단한 설명

<77>

도 1은 본 발명에 따른 화재 감지 시스템의 구성도.

<78>

도 2는 본 발명에 따른 배경 초기화와 업데이트를 이용한 움직임 영역 검출 과정을 도시한 도면.

<79>

도 3은 본 발명에 따른 후보 화재 색상을 이용한 화재 색상 모델을 도시한 도면.

<80>

도 4는 본 발명에 따른 움직임 픽셀을 감지 후 화재 색상 모델을 적용한 화재 후보 영역을 도시한 도면.

<81>

도 5는 본 발명에 따른 루미넌스 맵 처리모듈의 구성도.

<82>

도 6은 본 발명에 따른 입력 영상과 그 영상에 대한 루미넌스 맵 생성 결과에 따른 후보 화재 영역 제거 결과 화면을 도시한 도면.

<83>

도 7은 본 발명에 따른 화재 영역과 화재 영역에 대한 시간적인 웨이블릿 에너지 변화량 그래프를 도시한 도면.

<84>

도 8은 본 발명에 따른 비-화재 영역과 비-화재 영역에 대한 시간적인 웨이블릿 에너지 변화량 그래프를 도시한 도면.

<85>

도 9는 본 발명에 따른 화재 픽셀과 비-화재 픽셀의 웨이블릿 에너지를 평균화한 후 오름차순으로 정렬한 그래프를 도시한 도면.

<86>

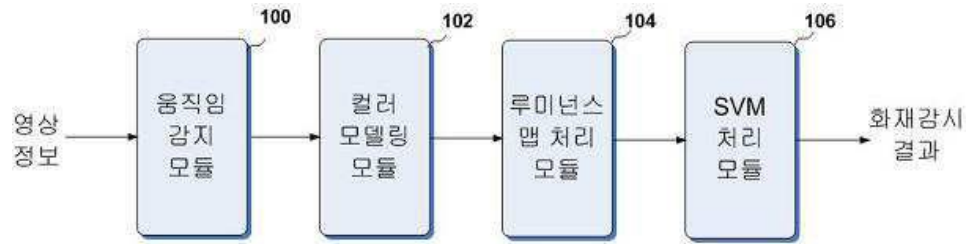
도 10은 본 발명에 따른 화재감지 결과와 T의 알고리즘을 이용한 실험 결과 대조표를 도시한 도면.

<87>

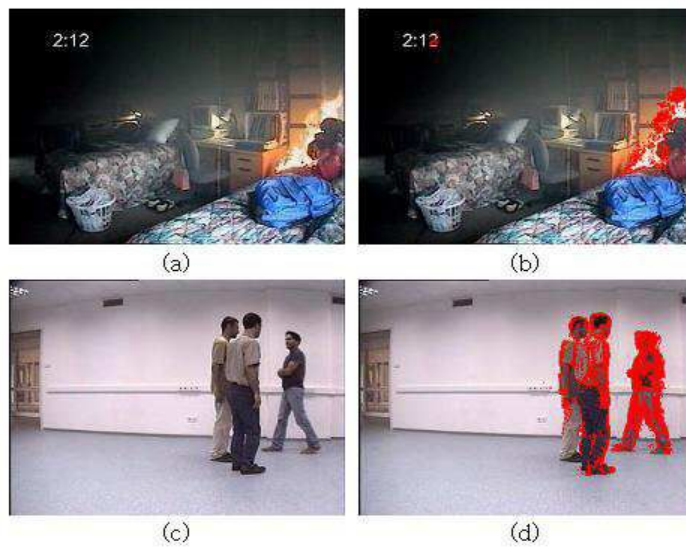
도 11은 본 발명에 따른 화재 감지 결과 화면을 도시한 도면.

도면

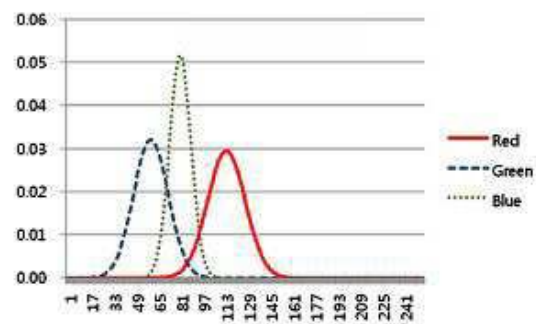
도면1



도면2



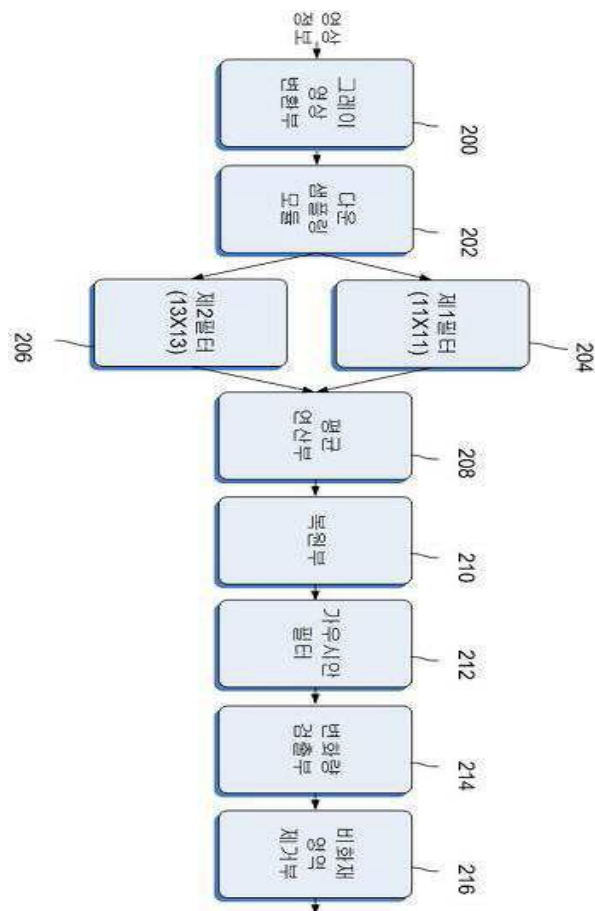
도면3



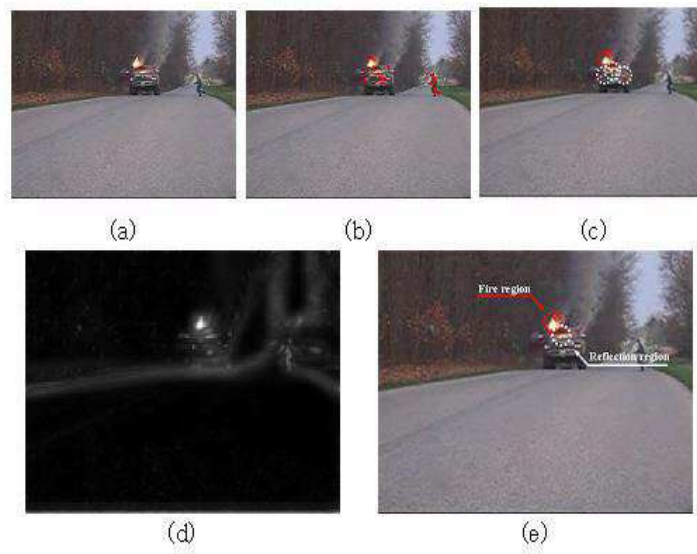
도면4



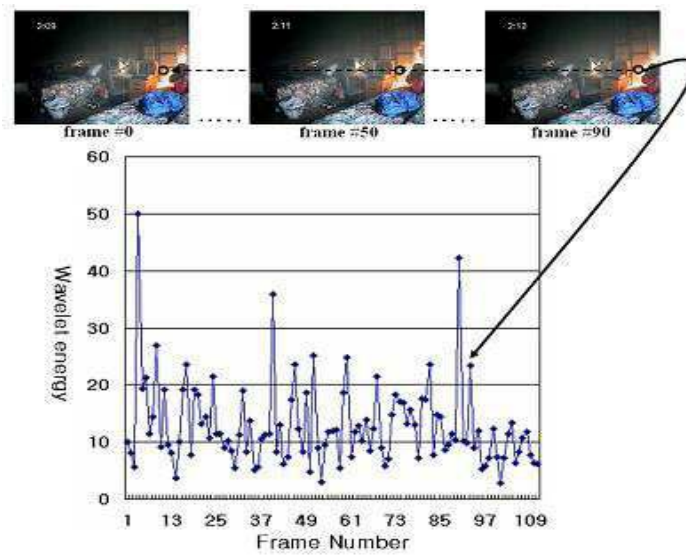
도면5



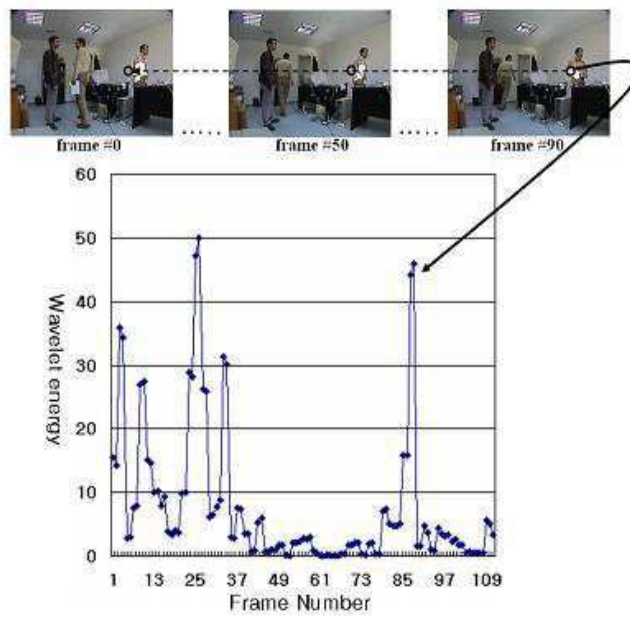
도면6



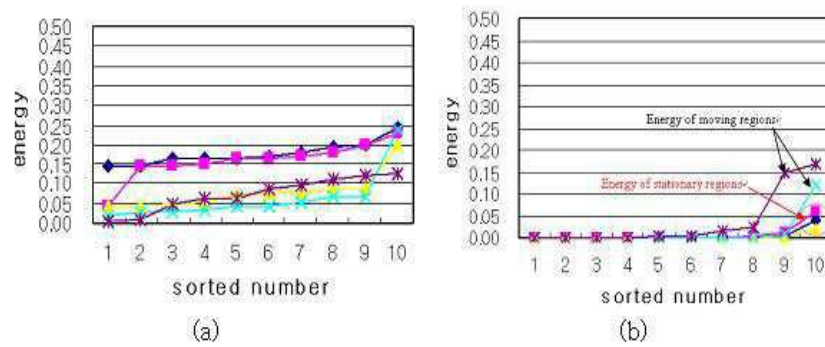
도면7



도면8



도면9



도면10

Sequence	Detection (%)		False positive (%)		Missing (%)		Description
	Method		Method		Method		
	1	2	1	2	1	2	
Movie 1	63.9	63	13.6	13.7	22.5	23.3	A man in a fire-colored shirt behind fire
Movie 2	82.8	75.6	10.6	20.6	6.6	3.8	A burning tree
Movie 3	77.9	61.8	8.8	36.2	13.3	2	A burning truck
Movie 4	72.1	91.3	7.2	0	20.7	8.7	Fire in garden
Movie 5	69.5	39.4	26.5	32.3	4	28.3	Fire in a forest 1
Movie 6	88.8	72.1	8	18.8	3.2	9.1	Fire in a forest 2
Movie 7	92.6	58.5	0	35.6	7.4	5.9	Fire in a forest 3
Movie 8	94.3	100	5.7	0	0	0	A fire-colored moving truck
Movie 9	100	100	0	0	0	0	Three men walking on the ground
Movie 10	99.6	100	0.4	0	0	0	Three men walking in the hallway
Movie 11	100	100	0	0	0	0	A crowded parking lot
Movie 12	70	93	30	7	0	0	Dancing man in fire-colored shirt
Total	84.2	79.5	9.2	13.7	12.9	6.8	

도면11

