



저작자표시-비영리-동일조건변경허락 2.0 대한민국

이용자는 아래의 조건을 따르는 경우에 한하여 자유롭게

- 이 저작물을 복제, 배포, 전송, 전시, 공연 및 방송할 수 있습니다.
- 이차적 저작물을 작성할 수 있습니다.

다음과 같은 조건을 따라야 합니다:



저작자표시. 귀하는 원저작자를 표시하여야 합니다.



비영리. 귀하는 이 저작물을 영리 목적으로 이용할 수 없습니다.



동일조건변경허락. 귀하가 이 저작물을 개작, 변형 또는 가공했을 경우에는, 이 저작물과 동일한 이용허락조건하에서만 배포할 수 있습니다.

- 귀하는, 이 저작물의 재이용이나 배포의 경우, 이 저작물에 적용된 이용허락조건을 명확하게 나타내어야 합니다.
- 저작권자로부터 별도의 허가를 받으면 이러한 조건들은 적용되지 않습니다.

저작권법에 따른 이용자의 권리는 위의 내용에 의하여 영향을 받지 않습니다.

이것은 [이용허락규약\(Legal Code\)](#)을 이해하기 쉽게 요약한 것입니다.

[Disclaimer](#)

공 학 석 사 학 위 논 문

YCbCr 컬러 모델과 질감을 이용한 불 검출 기법에 대한 연구



2011년 2월

부경대학교 산업대학원

전자정보통신공학과

장 대 응

공 학 석 사 학 위 논 문

YCbCr 컬러 모델과 질감을 이용한 불 검출 기법에 대한 연구

지도교수 문 광 석

이 논문을 공학석사 학위논문으로 제출함



2011년 2월

부경대학교 산업대학원

전자정보통신공학과

장 대 응

장대웅의 공학석사 학위논문을 인준함

2011년 2월 25일



주심 공학박사 김 종 진 (인)

위원 공학박사 문 광 석 (인)

위원 공학박사 김 종 남 (인)

목 차

표 목차.....	Ⅲ
그림 목차.....	Ⅳ
Abstract.....	V
I. 서 론.....	1
II. 관련연구.....	3
1. 일반적인 화재 검출법.....	3
1-1. 히스토그램 및 시간적 변화에 기반한 방법.....	3
1-2. 컬러모델에 기반한 방법.....	4
1-3. 컬러 분석에 기반한 방법.....	4
1-4. 컬러와 움직임 정보를 이용하는 방법.....	5
1-5. HSI 컬러모델의 색상성분을 이용한 컬러기반 검출 방 법.....	6
1-6. 영상의 색상과 에지정보를 이용한 화재검출 방법.....	6
1-7. 시간적 변화에 기반한 방법.....	6
1-8. 히스토그램 기반의 방법.....	7
2. 관련이론 및 용어정의.....	8
2-1. RGB 컬러 공간.....	8
2-2. HSI 컬러 공간.....	9
2-3. YCbCr 컬러 공간.....	12
2-4. 질감에 대한 표현.....	15

Ⅲ. 제안방법.....	18
1. 알고리즘.....	18
2. 사이즈 정규화.....	20
3. 컬러 정규화.....	21
4. 1차 검출 (컬러 해석).....	25
5. 2차 검출 (질감 특징 분석).....	28
Ⅳ. 실험결과.....	30
1. 실험 환경.....	30
2. 실험결과 및 분석.....	31
Ⅴ. 결론.....	34
[참고문헌].....	35



표 목차

[표1]. [그림5]의 영역에 대한 질감 측정.....	17
[표2]. [그림9]의 RGB 검출표.....	24
[표3]. [그림9]의 YCbCr 가중치.....	24
[표4]. RGB 와 YCbCr 영역 검출 결과.....	32
[표5]. 오 검출을 비교.....	32
[표6]. 동영상에서의 검출결과.....	33
[표7]. 기존 방식과 제안한 방식의 검출 시간 비교.....	33



그림 목차

[그림1]. RGB 컬러 공간.....	9
[그림2]. HSI 컬러모델.....	10
[그림3]. HSI 분리영상	11
[그림4]. 원본영상을 RGB, HSV, YCbCr로 분리한 영상.....	14
[그림5]. 질감을 나타내는 영상의 예.....	16
[그림6]. 제안 알고리즘.....	19
[그림7]. 사이즈 정규화.....	20
[그림8]. 컬러 정규화.....	21
[그림9]. 변환이미지.....	22
[그림10]. 1차 화재 영역 검출.....	27
[그림11]. 질감에 대한 특징 분석.....	28
[그림12]. 2차 화재영역 검출.....	29
[그림13]. 실험에 사용한 영상.....	31

Studies on fire detection using a YCbCr color model and texture

Chnag, Dae-Woong

Department of Electronic and Telecommunication Engineering,
Graduate school of Industry, Pukyong National University

Abstract

In this thesis, we propose an algorithm for fire detection based on texture analysis. In the conventional fire detection methods, the time complexity is very high due to the multiple operations involved. On the other hand many non-fire regions are falsely detected.

In order to overcome these problems, at first the recorded RGB image frames are standardized by size and color. We next convert these normalized and standardized image frames to the YCbCr value.

Based on the colors the first valid search areas for detection are generated. In other words we can easily detect the first valid search area using simple modeling. This is because the Y, Cb and Cr components have certain pattern.

The second valid search area is generated by the texture

analysis procedure. Texture analysis removes and eliminates the non-fire regions from the image frames and keeps only the fire areas.

In this thesis we have employed many different fire regions including the forest fire. The results achieved are more robust and efficient when compared to the conventional methods.



I. 서 론

최근 우리사회는 복잡하고 다변화된 생활로 인해 각종 공동 생활 시설과 초대형 건축물 등이 급증하고 있으며 더불어 효과적이고 빠른 화재감지기술을 필요로 하고 있는 실정이다. 기존의 소방장비는 센서를 이용하여 연기 및 열을 감지하는 방식이 일반적이었으나 최근 USN기반 장비들이 개발되면서 연기, 열 및 영상을 통한 불꽃까지 감지가 가능해졌다. 현재의 화재경보 시스템은 열이나 연기가 확산되어 센서에 도달해야 비로소 감지가 가능하다. 이러한 방식들은 조기에 화재를 감지하지 못하는 문제점과 넓은 장소와 개방된 공간에서는 그 성능이 떨어진다는 단점이 있다. 이에 반하여 영상을 이용한 불검출기법은 추가적인 비용이 들지 않고, 화재나 연기가 발생할 경우 열이나 연기의 확산을 기다릴 필요없이 카메라를 통해 원격지에서 즉각적인 감지가 가능한 장점 등이 있다. 그러나 현재의 수준은 고층 건물의 옥상에 고성능 CCTV를 설치 한 후 운영요원이 직접 관측하는 방법이 보편적으로 사용되고 있다. 기존의 연구에서 다양한 불검출에 대한 방법들이 소개되었으나, 화재의 오검출에 의한 경보동작이 여전히 문제점으로 남았다. YCbCr 컬러공간은 디지털 비디오에서 널리 사용된다, 이 포맷에서, 휘도정보는 단일 성분 Y에 의해 표현되며, 칼라정보는 두 개의 칼라 차이 성분들 Cb와 Cr로서 저장된다. YCbCr의 컬러특성과 불의 영역에서 나타나는 색의 차를 이용하여 컬러 모델을 사용하고, 또한 질감 분석에 사용되는 평균밝기(Average Intensity), 표준편차(Average

Contrast), 평탄도(R), 3차 적률(Third Moment), 균일도(Uniformity), 엔트로피(Entropy) 분석 중 표준 편차의 특성을 이용하여 불의 불균일한 영역을 찾는 방법을 사용하여 불을 검출하는 알고리즘을 구현하였다. 논문에서 제안하는 알고리즘은 많은 연산을 수행하지 않고 모델화한 간략한 연산만을 수행하여 불을 검출하기 때문에 검출시간이 향상되고 불의 질감을 분석하여 색상정보 검출에서 유발되는 불의 오검출을 대폭 완화하였다.

본 논문의 구성은 다음과 같다. 2장에서는 불검출에 관련된 기존의 다양한 관련연구 및 화재감지와 검출의 구현에 앞서 알고 있어야 하는 제반사항과 용어의 정의를 설명하고, 기존 연구의 문제점과 본 연구에서 해결하고자 하는 문제점들 및 관련 이론들에 대해 제시하였다. 3장에서는 본 논문에서 제안하는 알고리즘과 알고리즘 구현의 각 단계에 대한 세부 기술에 대해 상세히 기술한다. 4장에서는 제안한 방법들의 성능평가를 위한 구현 환경과 구현 결과들을 나타내었다. 마지막으로 5장에서는 결론을 맺으면서 논문을 마무리한다.

II. 관련연구

본 장에서는 화재 감지와 검출에 대한 다양한 방법에 대해 서술하였다. 화재감지와 검출의 구현에 앞서 알고 있어야하는 제반사항과 용어의 정의를 설명하고 기술의 제안사항을 기술하였다. 또한 기존에 사용되던 화재검출 방법을 설명하였다.

영상에 의한 화재를 감지하는 방법으로 시간적 변화에 기반한 방법, 히스토그램 해석 기반의 방법, 비디오 시퀀스로부터 칼라와 움직임 정보를 이용하는 방법, HSI 컬러모델의 색상성분을 기반한 컬러모델 검출방법, 영상의 색상과 에지정보를 이용한 방법 등이 있다.

1. 일반적인 화재 검출법

1-1. 히스토그램 및 시간적 변화에 기반한 방법

W.Phillips는 실험데이터 영상내에서 화재 영역을 추출하고 추출된 영역의 컬러 히스토그램의 가우시안 분포를 이용하여 화재 컬러에 따른 컬러 룩업 테이블을 만든다. 컬러 룩업 테이블을 이용하여 화재후보 영역을 추출하고 그 영역의 시간적인 변화량으로 화재를 감별한 뒤 추가적인 침식기법과 영역확대 기법을 이용하여 최종적으로 화재를 검출한다.¹⁾ 하지만 실험 데이터에 대한 휴리스틱한 특성

1) [1]W.Phillips,III, M. Shah, and N. da Vitoria Lobo, "Frame recognition in video," 2000 IEEE Workshop on Applications of computer Vision, 2000.

으로 인해서 입력 영상이 다를 경우 성능이 떨어지는 단점이 있다.

1-2. 컬러모델에 기반한 방법

C. B. Liu는 화재의 특성 중에서 불의 모양에 중점을 두고 컬러 모델을 만들었다. 컬러 영상에서 화재 영역은 핵(Core)의 형태로 내부의 중심 왼쪽 색상은 하얀색이나 노란색이고 중심왼쪽에서 멀어질 때는 오렌지색 혹은 붉은 색을 띤다. 그레이 색상에서는 중심원 부분은 핵 주변부에 비해서 밝은 형태를 띄게 된다, 이러한 특성에 따라 주변부에 비해서 높은 대비를 보이거나 흰색 혹은 노란색에서 오렌지색 혹은 붉은 색의 변화를 가지는 컬러영역들이 링의 형태로 겹쳐져서 나타날 경우 불의 형태로 간주한다.²⁾ 이 영역들을 화재모델로 삼고 그 영역의 외형적 변화를 분석하여 화재를 감지한다. 하지만 실제 화재 영역과 비슷한 색상을 가지는 물체 또는 풍경과의 구분이 어렵고, 불의 다양한 모양과 형태를 모델로 정의하기 어려워져서 정확한 화재감지 성능이 떨어진다.

1-3. 컬러 분석에 기반한 방법

T. H. Chen은 일반적으로 붉은 색을 띄고 있으며 낮은 온도에서는 하얀색으로 나타나는 불꽃의 특색에 따라 화재 영역에 대한 RGB/HSI 컬러 모델로 불꽃 영역을 감지하고 불의 영역은 점차적

2) C. B. Liu and N. Ahuja, "Vision based fire detection," In 17th international Conference on pattern Recognition, 2004.

으로 확대된다는 가정하에 감지된 불꽃영역에 대한 크기 변화를 분석함으로써 화재를 감별한다.³⁾ 하지만 두 개의 인접한 프레임과의 차로 불꽃영역에 대한 크기변화를 감지하기 때문에 작은 노이즈나 움직이는 물체에 대한 오류가 잦다.

1-4. 컬러와 움직임 정보를 이용하는 방법

비디오 시퀀스로부터 컬러와 움직임 정보를 이용하는 방법은 B. U. Toreyin은 움직임 픽셀이나 영역에서 미리 정의된 컬러모델과 비교하여 화재영역인지 아닌지 구별하고 화재영역으로 구별된 영역의 시간적/공간적 웨이블릿 분석을 이용하여 화재를 감별한다. 움직임 영역을 감지하기 위해서 픽셀별로 실험적인 결과에 따라 얻어진 화재 컬러 픽셀들과 비교한다. 화재컬러 픽셀들은 실험적인 데이터 영상내의 화재영역의 RGB 컬러 모델에서 가우시안 믹스처 모델 (Gaussiian Mixture Model)을 이용해서 생성되었으며 검출된 화재 후보영역에 대해서 보다 정밀하게 시간적으로 변화되는 모습을 알아내기 위해 웨이블릿 변환을 이용한 고주파 성분의 변화량을 분석하여 화재를 감지하는 방법을 제안하였다. 이 방법은 화재감지 능력은 좋은 편이지만 역시 너무 많은 휴리스틱 임계값을 사용함으로써 다양한 영상에서 화재를 감별하는 능력이 떨어진다⁴⁾.

3) T. H. Chen, P. H. Wu, Y. C. Choui, "An early fire-detection method based on image processing," I2004 IEEE International Conference on Image Processing, 2004.

4) B. U. Toeryin, Y. Dedeoglu, U Gudukbay, A, E. Cetin, "Computer vision based method for real time fire and flame detection," Pattern Recognition Letters, 2006.

1-5. HSI 컬러모델의 색상성분을 이용한 컬러기반 검출 방법

HSI 컬러모델의 색상성분을 이용한 컬러기반 검출방법은 외부환경의 변화가 없는 상황에서는 쉽고 빠르게 검출된다는 장점이 있으나, 외부조명의 종류, 세기 그리고 변화에 따라 화재색상 성분이 각기 다르게 인지되기 때문에 다양한 공간에서 발생하는 화재를 검출하지 못하고, 불과 유사한 컬러에 대한 오검출율이 높다는 단점도 가지고 있다.⁵⁾

1-6. 영상의 색상과 에지정보를 이용한 화재검출 방법

영상획득용 카메라를 사용하여 적응적인 에지를 검출하고 각 화재 영역에 대해 칼라정보를 이용하여 에지병합 후 최종 화재영역을 추출하는 방법으로서 외부조명에 강인하며 적응적인 에지 추출이 가능하다. 배경이 복잡하거나 배경에 화재영역에 잡음영역이 포함된다.⁶⁾

1-7. 시간적 변화에 기반한 방법

시간적 변화에 기반한 방법은 불꽃의 확산변화를 인지하는 방법인데 동영상에 기반을 두고 있으며, 트래픽 잦은 시간에 자동차가 아주

5) 이준재, “네트워크 카메라 기반의 화재 감지 시스템,” 한국화상학회, 2007.

6) 이인규, 고병철, 남재열, “동적 베이지안 네트워크를 이용한 동영상 기반의 화재연기감지,” 한국통신학회, 2009.

서서히 움직일 때 이를 구별하는 것이 어렵다. 검출은 우수하나 외부 조명에 민감한 단점이 있다.⁷⁾

1-8. 히스토그램 기반의 방법

히스토그램 기반의 방법은 터널내의 화재를 감지하기 위하여 정상적인 트래픽 상태, 불이 난후의 상태, 그리고 연기가 난 상태의 세가지를 히스토그램으로부터 각각의 분포가 다르다는 특성을 이용하여 이들 중 하나의 영역으로 인식하는 방식으로, 자동차의 불빛에 대한 대책이 어려울 뿐만 아니라, 자동차가 없을 경우나, 복잡할 경우의 상태에 대한 기준 히스토그램을 얻기가 어렵다. ⁸⁾

7) G. Healey, DD. Slater, T. Lin, B. Drda, D.Goedeke "A System for real-time fire detection" 1993 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1993.

8) S. Noda and K. Ueda, "Fire detection in tunnels using an image processing method," Vehicle Navigation & Information Systems Conference Proceedings, 1994.

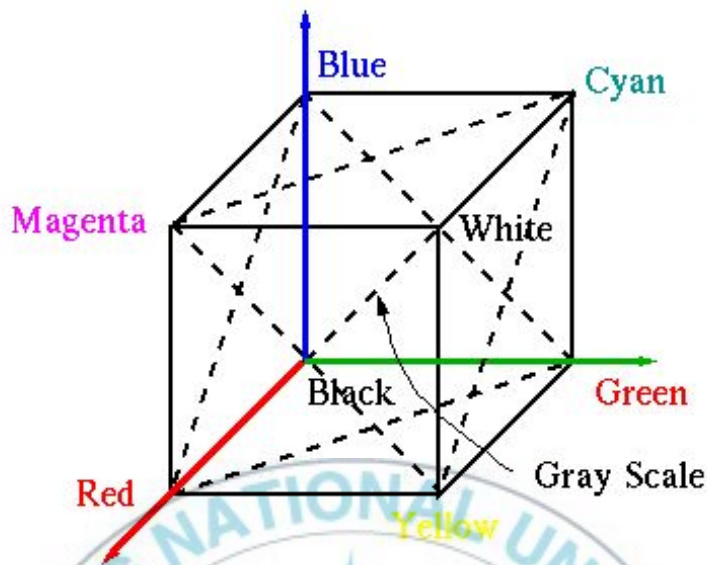
2. 관련이론 및 용어정의

본 절에서는 논문에서 구현하고자 하는 불간지 기법에 대한 관련 제반 이론 및 용어의 정의 대해 서술한다. RGB 컬러공간, HSI 컬러 공간, YCbCr 컬러 공간, 질감에 대한 표현으로 기술하였다. 9)

2-1. RGB 컬러 공간

RGB 컬러 영상은 $M \times N \times 3$ 개의 화소의 배열이다. 각 칼라 화소는 RGB 영상의 특정 공간 위치에서 적색, 녹색, 청색 성분의 트리플렛이다. RGB영상은 칼라 모니터의 적, 녹, 청 입력으로 각각 인가될 때는 칼라 영상을 만드는 세 개의 그레이 스케일 영상의 “스택(Stack)”으로 볼 수 있다. 관례적으로, RGB 칼라 영상을 형성하는 세 영상들을 적색, 녹색, 청색 성분 영상(Component Image)이라고 부른다. RGB에서 표현 가능한 칼라수는 $(2^b)^3$ 이다 여기서 b 는 각 성분영상의 비트수이다. 8비트인 경우, 칼라수는 16,777,216이다. [그림1]에서 RGB 컬러의 공간 특성을 나타내었다.

9) Rafael C. Gonzalez , Richard E. Woods , Steven L. Eddins, (2003). Digital Image Processing Using MATLAB. NY:Prentice-Hall, Inc.



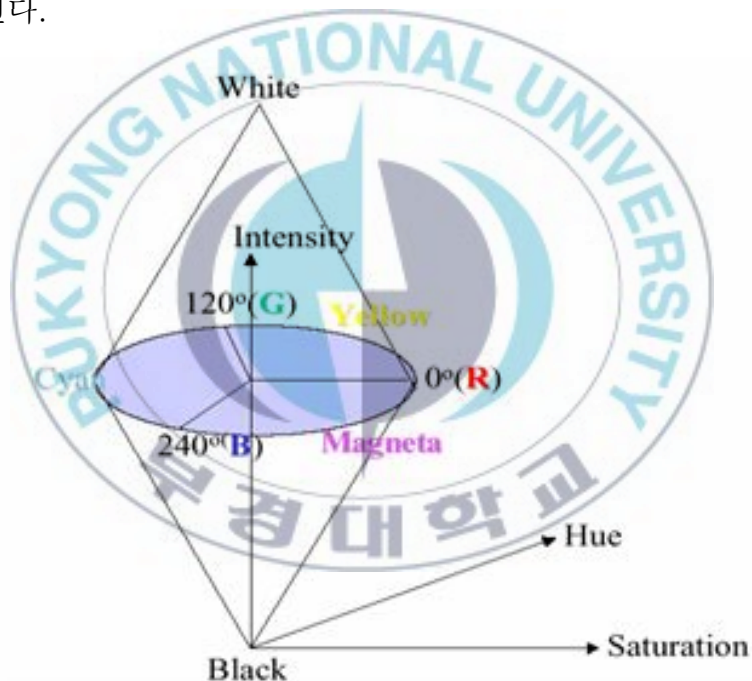
[그림 1] RGB 컬러 공간

2-2. HSI 컬러 공간

RGB, YIQ, CMY, CMYK 등의 색상 모델은 시스템이나 하드웨어에서의 사용을 위해 만들어진 색상 모형이다. 이에 반해 HSI모형은 인간의 색인지에 기반을 둔 사용자 지향성의 색상 모형이다. H는 색상(Hue), S는 채도(Saturation), I는 명도(Intensity)를 각각 나타내며, 이 모형을 사용하면 어떤 구체적인 컬러를 만들기 위해 색을 조합할 필요가 없다. 바로 좌표 축 자체가 색상을 나타낸다. 진한 빨간색을 옅은 빨강(분홍색)으로 만들기 위해서는 또 다른 좌표축중의 하나인 S를 조절하면 된다. 밝기를 바꾸기 위해서는 축을 조절한다. 사용자가 원하는 색을 만들거나 재생하기 위한 색 표현이 쉽다.

색상(H)은 빨강, 파랑, 노랑 등의 색을 구별하기 위해 사용되는 축으

로 0° ~ 360° 의 범위를 가진 각도 값으로 나타낸다. 채도(S)는 순색에 첨가된 백색광의 비율을 나타내며 0 ~ 1 의 범위를 가진 반지름에 해당한다. 파란색의 벽면에 백색광을 비추면 파란색이 희미해지면서 백색에 가까워진다. S값이 0 으로 떨어지게 되는 것이다. 빨강은 높은 채도의 색이고 분홍은 낮은 채도의 색이다. 빨강이 분홍보다 순색에 더 가깝다. 중심축에서 멀어지면 채도는 높아진다. 명도는 빛의 세기를 나타낸다. 축에 해당하며 0 ~ 1 사이의 범위를 가진다. 0 은 검정, 1 은 흰색을 나타낸다.



[그림 2] HSI 컬러모델

[그림2]는 HSI 좌표의 모형을 RGB 축과 비교하여 보여 주고 있다. HSI 모형은 실린더(cylinder) 모양으로 생긴 좌표로 RGB 모형의 대각선인 회색라인을 중심축으로 한다. [그림2]의 (b)에서는 I로 표시되

어 있다. 따라서 허용되는 채도(saturation)영역의 범위는 밝기가 밝거나 어두운 영역에서는 정육각형에 내접하는 타원의 크기가 작아지므로 이에 대응하여 작게 된다. 또한 중심축인 회색라인(I축)에서 외각으로 멀어질수록 순색에 가까워지면서 채도가 증가하게 되고 중심축에서 가까우면 회색에 가까우므로 채도가 떨어지게 된다.



[그림3] HSI 분리영상 (a)원본영상 (b)H영상 (c)S영상 (d) I영상

[그림3]은 HSI 영상 분리의 예를 보여 주고 있다. H성분은 수직 방향으로만 값이 변한다. 원본 영상의 수평방향으로는 밝기나 채도가 바뀌지만 일정한 H값을 나타낸다. 이러한 특성은 컬러 영상

의 영역 분리를 시도할 때 h를 사용하면 조명의 영향을 받지 않고 동일 색영역을 분리할 수 있음을 시사해 주고 있다. S값은 양옆은 작고 가운데 부분은 큰데 이것은 원본의 가운데 영역이 순색에 가깝기 때문이다. I값의 경우 원본 영상을 보면 오른쪽으로 갈수록 밝아지므로 I값은 이에 대응하여 오른쪽이 커지게 된다.

2-3. YCbCr 컬러 공간

YCbCr 컬러공간은 디지털 비디오에서 널리 사용된다, 이 포맷에서, 휘도정보는 단일 성분 Y에 의해 표현되며, 칼라정보는 두 개의 칼라 차이 성분들 Cb와 Cr로서 저장된다. 성분 Cb는 청색 성분과 기준 값간의 차이이며, 성분 Cr은 적색 성분과 기준 값간의 차이이다. RGB영상을 YCbCr 영상으로의 변환은 아래의 식(1)으로 표현할 수 있다.

$$\begin{bmatrix} Y \\ Cb \\ Cr \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} 0 \\ 128 \\ 128 \end{bmatrix} + \begin{bmatrix} 0.299 & -0.587 & 0.114 \\ -0.169 & -0.331 & 0.500 \\ 0.500 & -0.419 & -0.081 \end{bmatrix} \cdot \begin{bmatrix} R \\ G \\ B \end{bmatrix} \dots\dots\dots(1)$$

** Range : R/G/B [0..255] Y/Cb/Cr [0..255]

YCbCr에서 Y는 휘도(빛의 양)이고, Cb와 Cr은 색차(크로마)를 나타낸다. 이 방식은 RGB보다 색상의 분리 및 전달 효과는 약하지만, 적은 데이터로 보다 많은 색상을 나타낼 수 있는 장점을 가진다. YUV를 사용하는 대표적인 예는 텔레비전이다. 지금은 전부 칼라

텔레비전이지만, 예전 흑백의 경우 휘도(밝기)만을 가지고, 방송을 하다가, 컬러TV는 C,bCr성분을 더해서 방송을 하기 때문에 지금에 와서도, Y 성분만 뽑아 쓰면 흑백 TV를 볼 수 있는 이유이다. 이 방식에서 흑백을 표현하기 위해서는 Y 성분만 있으면 된다. 사람이 물체를 인식하는데 휘도(밝기)에 민감하지 그 외 Color 성분은 별로 민감하지 않다. 이렇게 때문에 사람이 민감하지 않은 모든 색상정보를 전부 포함해야 하는 RGB방식에 비해서, 적은양의 데이터(약 2/1)로도 비슷한 화질을 낼 수 있게 된다.

[그림4]에서는 RGB 컬러영상을 Grayscale, RGB, HSV, YCbCr로 변환한 후 각 성분별로 추출한 영상을 그림으로 나타내었다.





[그림 4] 원본영상을 RGB, HSV, YCbCr로 분리한 영상

2-4. 질감에 대한 표현

영역을 묘사하는 중요한 방법은 그 질감(Texture)을 정량화 하는 것이다. 질감을 계산하는 방법에는 통계적 방법과 스펙트럼에 의한 방법이 있다. 실험에서는 통계적 방법을 사용하였기에 통계적 방법에 대해서 기술한다.

질감 분석을 위해서 자주 사용되는 방법은 밝기 히스토그램에 대한 통계적 속성에 기반한다. 그런 측정의 한 부류는 통계적 적률에 기반한다. 평균에 관한 n차 적률에 대한 표현식은 식(2)와 같다.

$$\mu = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^n p(z_i) \dots\dots\dots (2)$$

여기서 z_i 는 밝기를 나타내는 랜덤 변수, $p(z)$ 는 영역 밝기 레벨의 히스토그램, L 은 가능한 밝기 레벨의 개수를 나타낸다.

$$m = \sum_{i=0}^{L-1} z_i p(z_i) \dots\dots\dots (3)$$

식(3)은 평균 밝기를 나타낸다.

평균 콘트라스의 척도로 사용되는 표준편차는

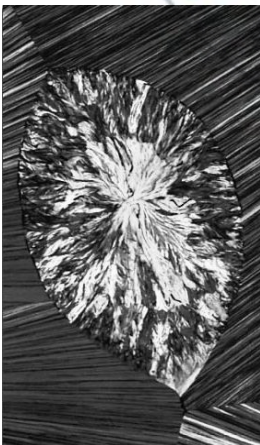
$$\sigma = \sqrt{\mu_2(z)} = \sqrt{\sigma^2} \text{ 으로 표현된다.}$$

평탄도는 $R = 1 - 1/(1 + \sigma^2)$ 으로 계산되며, 영역에서 밝기의 상대적인 부드러운 정도를 측정한다. R 은 일정한 밝기의 영역에 대해서는 0이고 밝기가 크게 벗어나는 영역에서는 1에 접근해 간다. 실제에서는 이 측정에서 사용하는 분산은 $(L-1)^2$ 으로 나누어 $[0, 1]$ 범위로 정규화 한다.

3차 척도는 $\mu_3 = \sum_{i=0}^{L-1} (z_i - m)^3 p(z_i)$ 의 식으로 계산되며, 히스토그램의 비대칭 속도를 측정한다. 이 척도는 대칭인 히스토그램에 대해서는 0이고, 평균을 기준으로 오른쪽으로 몰린 히스토그램에 대해서는 양의 값을 가지며, 왼쪽에 몰린 히스토그램에 대해서는 음의 값을 가진다. 이 척도값들도 μ_3 를 $(l-1)^2$ 로 나눔으로 다른 5개의 척도들과 비교 가능한 값의 범위로 들어온다. 이 제수는 분산을 정규화할 때 사용한 것과 같다.

균일도 $U = \sum_{i=0}^{L-1} p^2(z_i)$ 의 식으로 계산되며, 균일도를 측정한다. 이 척도는 모든 그레이레벨이 같을(최대 균일한)때 최대이며, 그로부터 줄어든다.

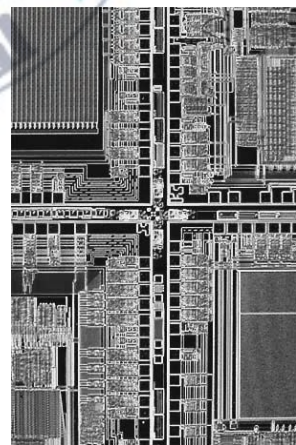
엔트로피는 $e = -\sum_{i=0}^{L-1} p(z_i) \log_2 p(z_i)$ 의 식으로 계산되며, 이는 무작위성의 척도이다.



(a)



(b)



(c)

[그림5] 질감을 나타내는 영상의 예 (a)스무드한, (b)거친, (c)주기적인 질감.

[그림5]는 스무드한, 거친, 주기적인 질감에 대한 예를 보여준다. 이들 영역에 대한 질감을 측정 한 결과를 [표1]에 나타내었다.

[표1] [그림5]의 영역에 대한 질감 측정

질 감	평균밝기	평균 콘트라스트	R	3차 적률	균일도	엔트로피
스무드한	87.02	11.17	0.002	-0.011	0.028	5.367
거친	119.93	73.89	0.078	2.074	0.005	7.842
주기적인	98.48	33.50	0.017	0.557	0.014	6.517

이들 결과는 각 부영상의 질감과 전체적으로 일치한다. 예를 들면, 거친 영역의 엔트로피는 그 영역의 화소값이 다른 영역의 값보다 더 랜덤하므로 다른 것보다 더 높다. 이는 콘트라스트와 평균 밝기에 대해서도 그러하다. 그 반면에, 이 영역은 R과 균일도 척도의 값들에 의해 드러나듯이 가장 덜 부드럽고, 가장 덜 균일하다. 거친 영역의 히스토그램은 그림[5]에서 명확히 보여주듯이, 평균값의 위치에 대해서, 그리고 표[1]의 가장 큰 3차 적률 값에 의해 가장 큰 대칭성 결여를 보여준다.

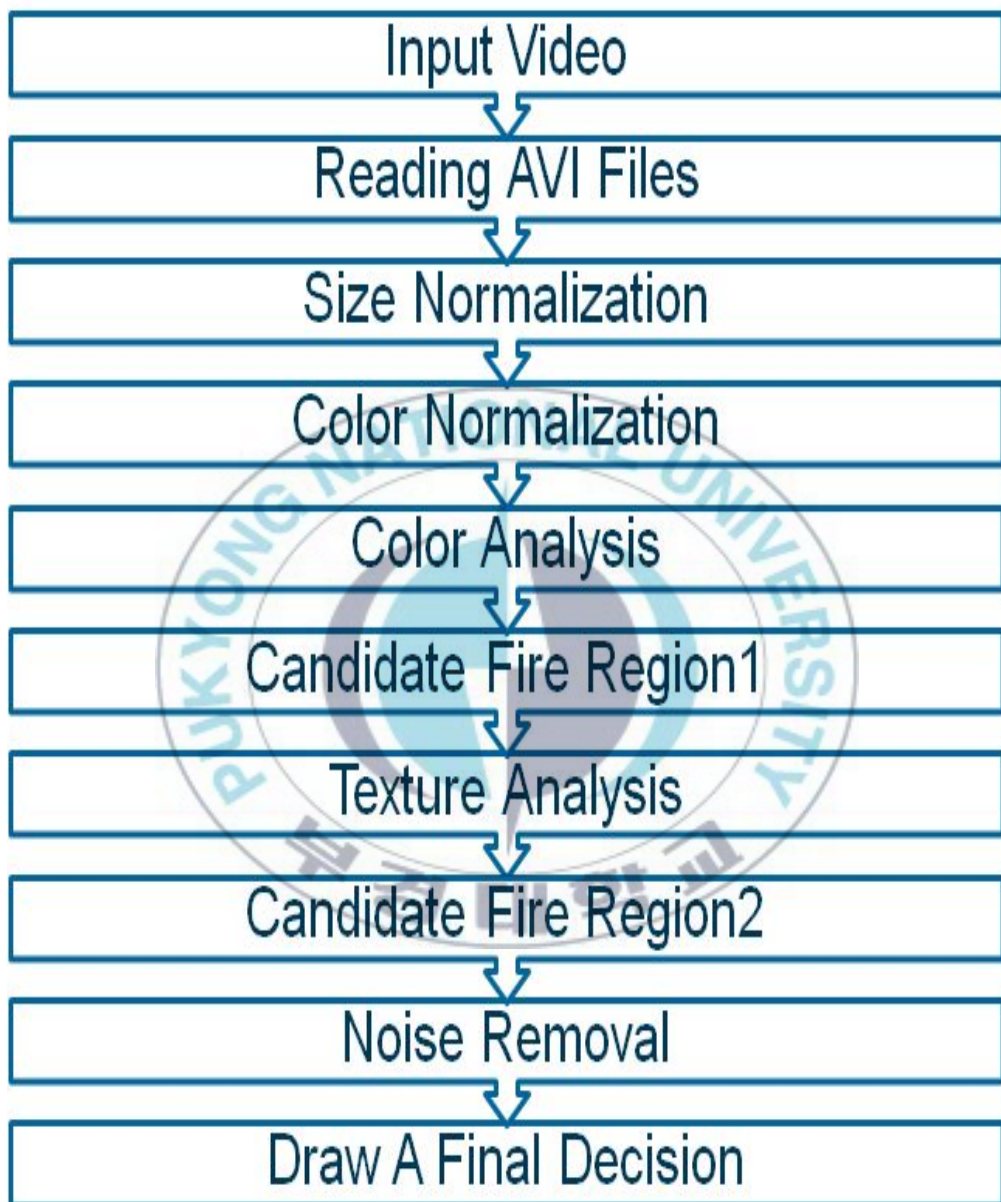
III. 제안방법

본 장에서는 제안하는 알고리즘의 구성과 제안 기술을 상세하게 기술하고 있다. 본 장에서는 영상의 컬러 특성을 이용하여 화재영역을 검출하기 위한 컬러모델 및 화재영역의 특징으로 나타나는 질감에 대한 기법을 제안하고 구현한다.

본 장의 구성은 아래와 같다. 먼저 1절에서는 구현하는 전체 알고리즘 및 제안 기술을 적용하기 위한 주요 기술을 설명한다. 2절에서는 Color Model을 이용한 1차 화재 검출 대한 구현법을 기술한다. 3절에서는 질감 정보를 적용하여 최종 검출을 하는 방법의 구현에 대해 기술한다.

1. 알고리즘

RGB 영역에서 기록된 이미지 영상을 크기 및 색채 정규화 과정을 거친다. 이후 YCbCr영역으로 전환하여 화재 컬러 모델을 이용하여 1차 화재 후보 영역을 검출한다. 화재 영역에서 검출되는 Y, Cb, Cr의 값이 평균적으로 일정한 패턴을 가지고 있기 때문에 이를 간략히 모델링하여 1차 화재 후보 영역을 빠르게 검출할 수 있다. 2차 검출은 불의 질감에 대한 일반적인 평균값을 적용한 질감 추적을 통하여 비-화재 영역에 대한 검출을 효율적으로 배제하고 화재 영역에 대한 최종 영역을 검출한다. 본 논문에서 제안하는 불 검출 알고리즘은 [그림6]에서 표현하였다.



[그림 6] 제안 알고리즘

2. 사이즈 정규화

본장에서 수행한 정규화 방법은 이미지 Size를 정규화와 Color를 정규화 하는 방법을 사용하였다. 이미지 Size를 정규화 함으로써 영상의 사이즈가 작아져서 비교하는 단계에서 연산을 빠르게 수행할 수 있는 장점이 있다.



480×640×3 unit8

256×256×3 unit8

[그림7] 사이즈 정규화

이미지의 확대 내지는 축소시 너무 많이 확대하면 픽셀의 모양이 보이게 되고 너무 작게 축소하면 이미지를 표현하는 색상이 줄어들게 된다. 픽셀의 수가 많아 진다는 것은 실제로 이미지 사이즈가 커지는 것을 의미하고 픽셀의 수가 작아진다는 것은 이미지가 작아진다는 의미이다. 이미지 정규화를 통해 중복되는 픽셀 이미지 및 픽셀 수를 줄여 컬러정보 비교시 빠른 연산이 가능하게 해주는 장

점이 있지만 너무 작게 변환할 때에는 특성을 나타내는 픽셀의 감소도 예상해야 하므로 너무 작게 변환하지 않는다. 본 구현에서는 256×256 을 사용하였다.

3. 컬러 정규화

Color를 정규화 함으로써 색상의 표준 정규 분포가 좁아진다. 너무 밝은 영상의 경우 불로 검출될 확률이 높아진다. 이를 보완하기 위해 영상의 밝기를 줄여줌으로써 불필요한 검출을 줄일 수 있다. 불(Fire)과 유사한 영역 및 밝기에 의한 오검출을 줄일 수 있고 영상에서 불의 특성을 검출하는데 보다 효율적으로 접근할 수 있다. [그림8]은 원본영상의 컬러를 정규화한 영상을 나타내고 있다.



(a)



(b)

[그림8] 컬러 정규화 (a)원본영상 (b) 컬러 정규화한 영상

YCbCr 컬러는 RGB에 비하여 색상 분리 효과는 약하지만, 작은 데

이터로 보다 많은 색상표현이 가능한 장점과 Y 영역에만 휘도정보가 나타나며, Cb/ Cr로 색상차를 표현할 수 있는 장점이 있다.

RGB에서 YCbCr로의 변경은 수식 (4)~(6)에 나타내었다.

$$Y = (77R + 150G + 29B) / 256 \dots\dots\dots(4)$$

$$Cb = (-44R - 87G + 131B) / 256 + 128 \dots\dots\dots(5)$$

$$Cr = (131R -110G -21B) / 256 + 128 \dots\dots\dots(6)$$



[그림 9] 변환이미지 (a) 원본 이미지 (b) 컬러 정규화이미지 (c) YCcCr 변환이미지

실험에 사용되는 영상데이터들을 모두 256 x 256 으로 정규화 한다. 또한 영상의 칼라 정보 정규화 과정을 아래의 식(7)~(16)에 정의한다.

$$Y_{mean} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k Y(x_i, y_i) \dots\dots\dots(7)$$

$$Cb_{mean} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k Cb(x_i, y_i) \dots\dots\dots(8)$$

$$Cr_{mean} = \frac{1}{k} \sum_{i=1}^k Cr(x_i, y_i) \dots\dots\dots(9)$$

$$mY = \frac{1}{Y_{mean}} \dots\dots\dots(10)$$

$$mCb = \frac{1}{Cb_{mean}} \dots\dots\dots(11)$$

$$mCr = \frac{1}{Cr_{mean}} \dots\dots\dots(12)$$

$$\max RGB = MAX(mY, mCb, mCr) \dots\dots\dots(13)$$

$$Y_{final} = Y * \frac{mY}{\max RGB} \dots\dots\dots(14)$$

$$Cb_{final} = Cb * \frac{mCb}{\max RGB} \dots\dots\dots(15)$$

$$Cr_{final} = Cr * \frac{mCr}{\max RGB} \dots\dots\dots(16)$$

식(7),식(8),식(9)는 YCbCr영역에서 Y, Cb, Cr 의 각 성분의 평균값을 구한다. 식(10)~식(12)에서는 평균값을 이용하여 각 성분의 가중치를 구하고 식(14)~식(16)에서는 정규화된 YCbCr 이미지를 얻는다.

[표2] [그림9]의 RGB 검출표

No of Picture	Mean of R	Mean of G	Mean of B
1	218	137	97
2	152	84	75
3	211	158	105

RGB에서는 각 영상 성분간의 뚜렷한 특징을 찾기가 어려운 점이 있다. [표2]에서 2번 영상의 경우 G와 B의 값이 차이가 너무 작아서 이를 이용한 모델로 생성하기가 어렵다.

[표3]의 YCbCr에서는 Cb와 Cr의 성분간 값의 차이가 뚜렷하게 나타난다. 두 값의 차의 절대치는 불의 영역에서 일정한 패턴을 나타낸다.

[표 3] [그림9]의 YCbCr 가중치

No of Picture	Mean of Y	Mean of Cb	Mean of Cr
1	151	98	166
2	125	114	158
3	160	97	155

4. 1차 검출 (컬러 해석)

본 논문에서는 YCbCr 영역에서 성분간의 값의 차이의 평균을 적용하여 컬러 모델을 생성한다.

컬러 모델을 생성하는 식은 (7)~(16)을 적용하여 검출에 필요한 값을 구한다.

YCbCr 각 성분간의 논리곱 연산을 이용하여 1차 화재 영역 검출을 하는 과정을 식(17)~(19)에서 정의한다.

$$F_{(x^*, y^*)} = \begin{cases} 1 & \text{if } |Cr - Cb| \geq \gamma \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (17)$$

$$F_{(x^{**}, y^{**})} = \begin{cases} 1 & \text{if } Y \geq \lambda \\ 0 & \text{otherwise} \end{cases} \dots\dots\dots (18)$$

$$F_{(x^{***}, y^{***})} = F_{(x^*, y^*)} * F_{(x^{**}, y^{**})} \dots\dots\dots (19)$$

여기서 γ, λ 는 상수이다. 화재 영역에서 Cr, Cb 성분간의 차의 값은 거의 일정한 값을 취하고 있다는 규칙을 찾을 수 있다. 따라서 이러한 규칙을 통하여 식 (16)~(18)에서 사용되는 Cr-Cb의 절대값인 γ 의 값을 통계를 통해 구하였을 때 35보다 크거나 같으면 불 영역으로 정의한다. 또한 화재 영역의 밝기를 나타내는 λ 는 통계를 통한 평균값으로 150 이상일 때 불 영역으로 정의한다.

두 개의 조건이 모두 만족하는 경우를 불 영역으로 간주하고 검출한다. [그림10]은 컬러 해석을 통하여 불 영역을 검출하는 과정을 나타내었다.



(a)



(b)



(c)



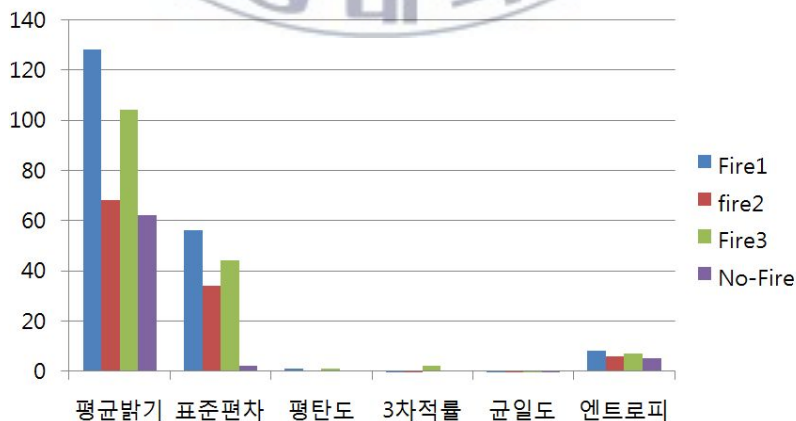
(d)

[그림10] 1차 화재 영역 검출

(a) 원본이미지 (b)불 영역 검출(이진영상) (c)불 영역 검출(컬러영역) (d) 불
영역 최종 검출

5. 2차 검출 (질감 특징 분석)

YCbCr 각 성분간의 논리곱 연산을 이용하여 1차적인 검출을 하였지만 화재와 비슷한 칼라 정보를 가진 옷 혹은 자동차, 사람의 피부색등의 경우 화재가 아니지만 검출되는 결과를 얻게 된다. 이러한 오류검출을 해결하기 위해서 화재 영역의 질감을 분석하게 되었다. 이미지 영상에서 옷 혹은 사람의 피부의 질감은 균일하게 나타나는 반면 불의 경우는 상대적으로 불균일하게 나타난다. 이러한 특징을 이용하여 평균밝기(Average Intensity), 표준편차(Average Contrast), 평탄도(R), 3차 적률(Third Moment), 균일도(Uniformity), 엔트로피(Entropy) 분석을 하였다. 아래의 [그림11]에서 표준 편차를 제외한 다른 항목에서는 불과 불이 아닌 영역에 대해 명확히 그 특징이 나타나지 않는다. 본 실험에서는 No-Fire 영역의 표준편차의 값 δ 의 값으로 15를 사용하였다.



[그림11] 질감에 대한 특징 분석



(a)



(b)

[그림12] 2차 화재영역 검출 (a)불 영역 검출 (b) 불 영역 비검출

불과 색상 및 밝기 정보는 비슷하나 불이 아닌 영역에 대해서 1차 검출에서는 검출되었으나 2차 검출과정을 통하여 제외되었다. [그림 12]의 (b)의 경우 불의 영역이 아닌 영역으로 검출에서 제외되었다.

IV. 실험결과

1. 실험 환경

본 연구는 정지영상(사진) 기반에서 기존의 연구와 비교 실험하여 제안한 방법의 알고리즘을 적용하여 불을 검출하였을 때를 비교한다. 본 실험의 환경은 Intel(R) Core(TM)2 Duo CPU E3700 @ 2.66GHz 와 3.25GB RAM으로 구성된 PC에서 Matlab 7.8을 이용하여 실험이 진행되었다. 실험에 사용된 데이터들은 다른 장소에서 촬영된 사진 및 인터넷에서 다운로드한 사진영상 5개 와 동영상 6개를 사용하였다. 사진은 JPG형식의 640 x 480 size의 사진이 사용되었다. 동영상은 AVI형식, 400 x 256 size, 208 frames의 동영상을 사용하였다. 실험에서 고찰하고자 하는 부분은 불 영역을 인식하는 검출율의 향상과 불이 아닌 영역이 검출되어지는 오검출을 줄이는 방법 및 검출시간에 대해 분석하였다.

2. 실험결과 및 분석

YCbCr 영역에서 컬러모델을 이용하여 불을 검출한 결과 검출율 99% 오검출율 28.5% 로 기존의 연구에 비해 향상된 결과를 나타내었다. 이를 바탕으로 동영상 실험한 결과도 기존의 방법에 비해서 22%정도의 향상된 검출시간을 나타내었다.



[그림13] 실험에 사용한 영상

컬러 정규화를 통해 영상의 너무 밝은 이미지의 contrast를 조정함으로써 불을 Y영역에서 검출하기 유리한 조건으로 변환하였다.

또한 Cb와 Cr의 값의 특성을 이용하여 Cb-Cr값의 절대값인 γ 의 값을 35, Y영역의 값인 λ 의 값을 150으로 하여 검출하였을 때 기존

RGB나 HSI 보다 검출율과 오 검출율이 향상되었다. [표4]에 검출 결과를 나타내었다.

[표4] RGB 와 YCbCr 영역 검출 결과

	검출율	오검출 율
RGB	0.939	0.664
HSI	0.970	0.584
YCbCr	0.990	0.315

1차 검출 이후 질감 분석을 통해 스무드한 영역에 대한 표준편차 δ 의 값을 15 이하로 정의하여 대부분의 불과 유사한 영역을 검출에서 배제시키는 방법을 추가함으로써 오 검출율이 기존의 방법에 비해 4%정도 향상 되었다. 아래 [표5]에서 나타내었다.

[표5] 오 검출율

	1차 검출	2차 검출
오 검출률	0.315	0.285

정지 영상에서는 확인한 결과를 동영상환경에서 구현 하였을 때 [표6]에서 나타낸 것처럼 검출시간 및 검출율은 사이즈 정규화 과정 및 컬러 정규화 과정을 통해 검출시간 및 검출율이 우수하게 나타난다.

[표6] 동영상에서의 검출결과

Video Sequences	Format	Dimensions	Number of frames	Detection Time	Number of frames detected as fire	Detection Rate %
Movie1	AVI	400*256	208	0.0552	208	100
Movie2	AVI	640*480	94	0.0351	94	100
Movie3	AVI	400*256	219	0.0322	219	100
Movie4	AVI	400*256	245	0.0358	245	100
Movie5	AVI	640*480	152	0.0391	152	100
Movie6	AVI	400*256	216	0.0271	216	100

[표6]에서와 같이 검출시간은 평균 37msec로 기존 방식에 비해 제안하는 방식으로 하였을 때 248msec에 비해 6.7배정도 빨라졌다. 이는 영상의 사이즈 정규화 과정을 통하여 컬러 모델을 적용할 영역이 작아진 것과 컬러 모델을 통해 검출하기에 검출 시간이 향상되었다. [표7]에 기존 방법과 제안한 방법의 검출 시간을 비교한 결과값을 표기하였다.

[표7]기존 방식과 제안한 방식의 검출 시간 비교

Video Sequences	Previous Work(s/frame)	Proposed Algorithm(s/frame)
Movie1	0.0874	0.0693
Movie2	0.5773	0.0757
Movie3	0.0810	0.0354
Movie4	0.1058	0.0416
Movie5	0.4675	0.0792
Movie6	0.1711	0.0333

V. 결론

본 논문에서는 영상을 통하여 화재시 불을 검출하는 기법에 대한 새로운 방법을 제안하였다. 컬러 영상이라는 전제조건과 화재성 불에 기반을 두고 구현을 하였으며 불의 검출 못지않게 불과 유사한 컬러 및 특성을 지닌 영역을 검출하는 오검출율을 줄이기 위한 방안도 함께 구현되었다. 알고리즘은 YCbCr 컬러 영역에서 불의 컬러 모델을 정의하고, 비-화재 영역에서의 오검출에 대한 보완으로 표준편차를 이용한 질감 검출을 제안하였다. YCbCr 영역에서의 컬러모델을 이용한 불검출 방법은 RGB나 HSI 영역에서 검출하는 방식에 비해 불 검출율면에서 99%의 우수한 검출율을 나타내었으며, 영상의 스무드한 질감을 분석하여 불의 영역과 가장 차이가나는 표준편차를 감지하여 불의 영역에서 제외함으로써 오검출율은 기존연구에 비해 4% 감소하였다. 본 논문에서 사용한 설정값은 붉은색 불의 영상의 특징 값을 통계한 값에서 기초하였으며, 질감 또한 화재성 불의 특성의 질감을 기반으로 작성되었다. 다양한 불에 대한 감지를 위해서는 제안한 모델의 특성을 이용하여 각기 다른 기준값을 적용해야 할 것이다. 불로 감지되는 영상의 특징이 예측하기 어려운 경우가 많아 확률적으로 계산하기 어려운 부분도 많겠지만 컬러 모델과 표준 편차의 값을 이용하여 비-화재 영역에 대한 오검출을 줄이는 알고리즘은 기존의 컬러 정보만으로 검출하는 방법에 비해 보다 신뢰성 있는 결과를 보여 주었다.

[참고문헌]

- [1] W. Phillips, III, M. Shah, and N. da Vitoria Lobo, "Frame recognition in video," 2000 IEEE Workshop on Applications of computer Vision, 2000.
- [2] C. B. Liu and N. Ahuja, "Vision based fire detection," 17th International Conference on pattern Recognition, 2004.
- [3] T. H. Chen, P. H. Wu, Y. C. Choui, "An early fire-detection method based on image processing," 2004 IEEE International Conference on Image Processing, 2004.
- [4] B. U. Toeryin, Y. Dedeoglu, U. Gudukbay, A. E. Cetin, "Computer vision based method for real time fire and flame detection," Pattern Recognition Letters, 2006.
- [5] 이준재, "네트워크 카메라 기반의 화재 감지 시스템," 한국화상학회, 2007.
- [6] 이인규, 고병철, 남재열, "동적 베이지안 네트워크를 이용한 동영상 기반의 화재연기감지," 한국통신학회, 2009.

- [7] G. Healey, D. Slater, T. Lin, B. Drda, D. Goedeke "A System for real-time fire detection," 1993 IEEE Computer Society Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 1993.
- [8] S. Noda and K. Ueda, "Fire detection in tunnels using an image processing method," Vehicle Navigation & Information Systems Conference Proceedings, 1994.
- [9] Rafael C. Gonzalez , Richard E. Woods , Steven L. Eddins, (2003). Digital Image Processing Using MATLAB. NY :Prentice-Hall, Inc.
- [10] 박봉희, 류지구, 문광석, 김종남, 장대웅, "질감 및 색채의 공간 분포 정보를 이용한 비디오기반 화재감지 시스템," 한국해양정보통신학회, 2010.
- [11] 박장식, 김현태, 박수창, 손경식, "조명과 환경 변화에 강건한 화염검출 시스템," 한국화재소방학회, 2008.
- [12] 박장식, 김대경, 최수영, 이영성 "화재 조기인식을 위한 화염 및 연기 검출 알고리즘 개발," 한국화재소방학회, 2008.
- [13] 정광호, 고병철, 남재열, "비전 기반의 조기 화재 감지 시스템,"

Journal of Korean Society for Imaging Science & Technology, 2007.

[14] 황현재, 고병철, “퍼지로직을 이용한 화재 불꽃 감지,” 정보처리학회, 2009.

[15] Alla Kim, Y. Ho Kim, “Fire Dection Algorithm based on Color and Motion Information,” 한국항행협회, 2009.

[16] B. U. Toreyin, A. E. Cetin, “Online Detection of Fire in Video”, 2007 IEEE Conference on Computer Vision and Pattern Recognition, 2007.

[17] D.Xie, R.tong, H. Wu, “A Method to Distinguish the Fire and Flickering Vehicle Light,” 2009 World Congress on Computer Science and Information Engineering, 2009.

[18] J. C. Yang, C. L. Lai, “Vision based Fire/Flood Alarm Surveillance System via Robust Detection Strategy,” 2008 IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, 2008.

[19] K. Tasdemir, O. Gunay, B. U. Toreyin, A. E. Cetin, “Video

- based fire detection at night," 2009 IEEE signal Processing and Communications Applications Conference, 2009.
- [20] Kopiovic, I.Vagvolgyi, B. Sziranyi, T. " Application of Panoramic Annular Lens for Motion analysis Tasks: Surveillance and Smoke Detection" 2000 IEEE International Conference on Pattern Recognition, 2000.
- [21] L. Wang, M. YE, Y, Zhu, "A Hybrid fire detection using Hidden Markov Model and Luminance map," 2010 International Conference of Medical Image Analysis and Clinical Application, 2010.
- [22] L. Jie, X. Jiang, "Foresr Fire Dection Based on video Multi-Feature Fusion", 2009 IEEE Conference on Computer Science and Information Technology, 2009.
- [23] T. Celik, H. Demirel. "Fire detection in video sequences using a generic color model," in Fire Safety Journal, 2009.