# 주기 신호 검출을 통한 거짓 경보 제거 기능을 갖춘 비디오 화염 감지 기법

이상학\*

Video Flame Detection with Periodicity Analysis Based False Alarm Rejection

Sang-Hak Lee\*

요 약

비디오 기반 화염 감지 기법은 입력 비디오 영상에서 화염과 비슷한 색상을 가지고 움직임이 있는 영역에 대해서 화소 단위로 화염의 특성을 가지고 있는지를 시간적, 공간적 특징 분석을 통하여 확인한다. 비디오 기반 화염 감지 기법 연구의 가장 중요한 부분 중 하나는 화염 감지 성능이 저하되지 않고 어떻게 거짓 경보의 빈도를 줄일 수 있는가 하는 것이다. 기존의 방법들은 전기 장치로 만들어진 불빛들 중에서 자동차 전조등과 같은 일반적인 움직임을 가진 전기 불빛에 의한 거짓 경보는 쉽게 제거하고 있다. 그러나 경광등, 경고등 그리고 네온사인과 같이 깜빡거림이 있는 전기 불빛은 색상과 시간적, 공간적인 특징이 실제 화염과 비슷할 경우 거짓 경보를 발생시키는 요인이 되고 있다. 본 논문에서는 경광등, 경고등 그리고 네온사인과 같이 깜빡거림이 있는 전기 불빛은 책상과 시간적, 공간적인 특징이 실제 화염과 비슷할 경우 거짓 경보를 발생시키는 요인이 되고 있다. 본 논문에서는 경광등, 경고등 그리고 네온사인과 같이 깜빡거림이 있는 전기 불빛 화소들의 주기 신호 검출을 통하여 진짜 화염이 아님을 확인하는 거짓 경보 제거 기능을 갖춘 비디오 화염 감지 기법을 제안한다. 실험 결과 화재 감지 성능은 기존의 방법과 비슷하였으나 기존의 방법이 거짓 경보를 발생시키는 시험 비디오에서 거짓 경보가 발생되지 않음을 볼 수 있었다.

## **ABSTRACT**

A video flame detection method analyze the temporal and spatial characteristics of the regions which have the flame-like color and moving objects in the input video. The video flame detector should be able to reduce a false alarm rate without the degradation of flame detection capability. The conventional methods can reject the false alarm caused by the car lights and some electric lights. However they make the false alarm caused by the warning lights, neon sign, and some periodic flickering lights which have the flame-like color and temporal features. This paper propose the video flame detection method with periodicity analysis based false alarm rejection. The proposed method can detect the periodicity of the flickering electric lights and can reject the false alarm caused by the periodic electric lights. The computer simulation showed that the proposed method did not make the false alarm in the test video with the periodic electric lights. But the conventional methods made a false alarm in the same test video.

#### 키워드

Video flame detection, fire, flickering, false alarm 비디오화재인식, 화염검출, 거짓경보, 주기신호검출

\* 동양대학교 정보통신공학부(Ish@dyu.ac.kr)

접수일자: 2011. 06. 27 심사(수정)일자: 2011. 07. 20 게재확정일자: 2011. 08. 12

# 1. 서 론

화재는 매일 발생할 수 있는 큰 재난 중에 하나이다. 화재에 의한 피해를 최소화하기 위하여 신속하고 정확한 화재 감지 기술이 필수적이다. 오늘날 사용되고 있는 대부분의 화재 감지 기술은 연기 감지 센서와 열 감지 센서가 기본이 되고 있다. 그러나 이러한 장치들은 실내 화재에는 유용하지만 어느 정도 크기의 불이 발생했는지, 어디서 그리고 어떻게 불이 번지고 있는지에 대한 정보를 알 수가 없다. 그리고 화재가 난 후에 연기나 열이 감지기까지 도달하기 전에는화재 감지를 할 수 없는 단점을 가지고 있다. 따라서이러한 단점을 극복할 수 있는 보다 빠르고, 넓은 지역을 감시할 수 있고, 그리고 발생된 화재에 대한 다양한 정보를 얻을 수 있는 비디오 기반 화재 감시 방법에 대하여 많이 연구되어 오고 있다[1-6].

비디오를 기반으로 하는 화재 감지기(VFD: Video Fire Detector)는 화염 감지 방법과 연기 감지 방법 그리고 두 가지를 병행한 방법들이 있다. 이 두 가지 방법 모두 입력 비디오 영상들에 있는 색상, 움직임 그리고 에너지 등의 정보들을 분석하는 것을 기본으 로 하고 있다. 화재를 비디오로 감지하는 방법의 성능 은 실제로 화재를 얼마나 빨리 그리고 놓치지 않고 감지하는가 하는 화재 감지 성능과 화재가 발생되지 않았는데도 화재 발생으로 감지하는 거짓 경보 빈도 로 나타낼 수 있고, 화재 감지 성능과 거짓 경보 빈도 는 서로 상호 보완관계에 있다. 그러나 화염과 연기는 아주 다양한 색상, 모양, 움직임, 투명성 등등의 특징 을 가지고 있기 때문에 대부분의 기존 VFD는 거짓 경보에 관한 약점을 항상 가지고 있다. 따라서 화재 감지 성능은 저하되지 않고 거짓 경보의 빈도를 줄일 수 있는가 하는 것이 지금까지의 VFD 연구의 핵심이 다. 기존의 VFD 기법들은 전기 장치로 만들어진 불 빛들 중에서 손전등, 자동차 전조등, 그리고 대부분의 조명들과 같은 전기 불빛에 의한 거짓 경보는 발생시 키지 않고 있으나, 경광등, 경고등 그리고 네온사인과 같이 깜빡거리는 전기불빛이 색상과 시간적 그리고 공간적인 특징이 실제 화염과 비슷한 경우에 대하여 는 거짓 경보를 발생시키고 있다.

따라서 본 논문에서는 경광등, 경고등 그리고 네온 사인과 같은 깜빡거리는 전기 불빛 화소들의 주기 신 호 검출을 통하여 진짜 화염이 아닌 것을 확인하는 거짓 경보 제거 기능을 갖춘 비디오 화염 감지 기법 을 제안한다. 실제로 화염의 색상과 움직임은 불이 붙 은 물질과 불이 난 곳의 환경에 따라 다를 수 있다. 그러나 화재로 번지는 불의 경우 화염 가장자리가 1Hz부터 10Hz 정도로 불규칙적으로 깜박거린다[1]. 그러나 거짓 경보의 원인이 될 수 있는 경광등, 경고 등 그리고 네온사인과 같은 전기 불빛은 일정한 주기 를 가지고 깜박거린다. 따라서 대부분의 VFD는 화염 과 같은 색상의 영역이 움직임이 있을 때 그 영역을 구성하고 있는 각 화소들의 붉은색 성분 신호의 시간 적 특징을 분석하게 되는데, 이 때 그 신호의 크기가 일정한 주기를 가지고 변화를 반복한다면 이는 전기 장치에 의한 불빛인 경광등, 경고등 또는 네온사인과 같은 전기 불빛으로 판정하여 거짓 화재 경보를 제거 할 수 있다.

2장에서는 주기 신호 검출을 통한 거짓 경보 제거 기능을 갖춘 비디오 화염 감지 기법을 제안하고, 3장에서 시뮬레이션을 통해 제안한 방법의 성능을 검토한다. 끝으로 4장에서 결론을 맺는다.

#### II. 비디오 화염 감지 기법

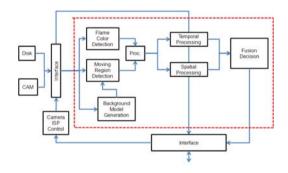


그림 1. 비디오 화염1 감지 시스템 Fig. 1 Video Flame Detection System

그림 1은 비디오 기반 화염 감지 시스템의 블록도를 나타내고 있다. 화염 감지 알고리즘의 처리 과정은 크 게 다섯 부분으로 나눌 수 있다. i) 입력 비디오 영상들 에서 화염과 유사한 색상을 가진 영역이 있는지를 검 출, ii) 배경 모델과 비교하여 움직임이 있는 영역을 검 출, ii과 ii)를 동시에 만족하는 화염과 유사한 색상을 가지고 움직임이 있는 화염 후보 화소들에 대해서는 iii) 시간적인 특징 분석, iv) 공간적인 특징 분석을 한후에 그 결과들에 대하여 v) 종합적으로 판정을 한다.

#### 2.1. 화염 색상 영역 검출

입력 비디오 영상들에서 화염과 유사한 색상을 가진 영역이 있는지를 검출하는 방법은 여러 가지가 연구되 어 왔으나, 본 논문에서는 처리 속도를 향상시키기 위 하여 보다 간단한 방법인 Chen 등[2]이 제안한 방법을 표 1과 같이 사용하였다.

표 1. 화염 색상 영역 검출 알고리즘 Table 1. Flame Color Detection Algorithm

Step 1: RGB to HSI conversion  $S = 1 - \frac{3}{R + G + B} * \min(R, G, B)$   $I = \frac{1}{3} * (R + G + B)$ Step 2: flame color pixel detection rule1:  $R > R_T$ rule2:  $R \ge G > B$ rule3:  $S \ge \{(255-R) * S_T / (255-R_T)\}$ IF (rule1)AND(rule2)AND(rule3) = TRUE
THEN flame-color-pixel
ELSE non-flame-color-pixel
of)  $R_T & S_T : Threshold Value$ 

#### 2.2. 움직임 영역 검출

Ŕ<sub>T</sub>

S

화재로 번지는 불의 경우 화염 가장자리가 깜박거린다. 따라서 화염을 감지하기 위해서는 입력된 비디오 영상들로부터 움직임이 있는 영역을 검출한다. 움직임 영역 검출을 위해서 먼저 매 프레임마다 배경 영상을

255

추정하고, 배경에 대한 입력 영상의 차이가 임계값보다 크다면 움직임이 있는 것으로 결정을 한다. 움직임 추정은 I(Intensity) 성분에 대하여 화소 단위로 하고, 움직임이 있으면 '1', 아니면 '0'으로 하는 이진 영상을 만든다. 한 프레임에 대한 움직임 추정이 끝난 후 만들어진 이진 영상에 대하여 인접된 화소가 모두 '0'인데 해당 화소만 '1'로 고립된 경우는 '0'으로 변경하고, 서로인접된 화소가 '1'로 되어 있는 화소들끼리의 묶음인움직임 영역을 검출한다. 그리고 임계값도 화소들마다적응적으로 처리하기 위하여 매 프레임마다 임계값 조정을 한다. 본 논문에서는 배경 영상 추정 방법으로 하드웨어 구현이 간단한 Collins 등[3]이 제안한 방법을 사용하였으며, 움직임 영역 검출 알고리즘을 표 2에 나타내었다.

표 2. 움직임 영역 검출 알고리즘 Table 2. Moving Region Detection Algorithm

Step 1: moving pixel detection

IF |Id|k|l| - Bd|k|l| > Td|k|l|THEN maving-pixel

ELSE non-maving-pixel

of n = frame number, (k|l) = pixel position

Step 2: moving region detection

using 8-connected component label algorithm

Step 3: backgroud(B<sub>0</sub>) & threshold(T<sub>0</sub>) update

IF |Id|k|l| - Im(k|l|) > Td|k|l|THEN  $\{Bm(k|l) = Bd|k|l\}$ ,  $Tm(k|l) = Td|k|l\}$ ELSE  $\{Bm(k|l) = aBd|k|l\} + (1-a)Id|k|l\}$ ,  $Tmd|k|l\} = aTd|k|l\} + (1-a)Id|k|l\} - Bd|k|l|l\}$ where a is close to 1 &  $\beta$  is more than 1

### 2.3. 시간적 특징 분석

화염과 유사한 색상을 가지고 움직임이 있는 화염 후보 화소들에 대해 깜박거림이 있는 지를 시간적으로 분석한다. 화염의 깜박거림은 불이 붙은 물질의 화학적인 성분과 주변 환경에 따라 다르게 나타난다. 그러나 공통된 것은 화재로 번질 수 있는 불일 경우에는 화염이 불규칙적으로 그리고 어느 정도의 빈도를 가지고 깜박거린다는 것이다. 따라서 시간적으로 화소의 변화를 분석한다면 화염인지 아닌지를 알 수 있다.

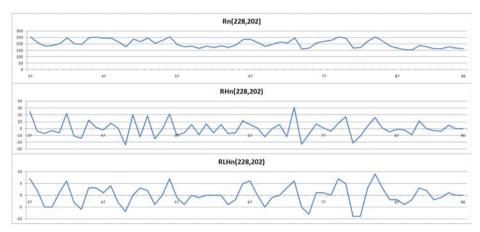


그림 2. Movie 1 의 화염 화소의 시간적 변화 Fig. 2 Temporal variation of the flame pixel in the Movie 1

### 2.3.1. 제로-크로싱(zero-crossing) 카운터 과정

시간적 특징 분석은 화염 후보 화소의 R(Red) 성분 에 대하여 수행한다. 본 논문에서는 Töreyin 등[4]이 제 안한 방식을 다음과 같이 수정하여 사용하였다. 변화 분석을 하기에 충분한 기간 동안 매 프레임의 화염 후 보 화소의 R 성분 값 $(R_n[k,l]:n = \text{frame number}$ , [k,l] = pixel position)을 저장하고, 저장된 R 값들은 두 가지 경로를 따라 필터링 및 필터 출력의 변화를 분석한다. i) 고역통과필터 처리를 한 후에 필터 출 력 값(RHn[k,l])들이 영을 중심으로 오르내림의 변 화가 얼마나 있는지 즉 제로-크로싱을 카운터한다. ii) 저역통과필터 처리 후 다시 고역통과필터 처리한 출력 값 $(RLH_n[k,l])$ 들에 대해서 제로-크로싱 카운 터한다. 각각의 제로-크로싱 카운터 값들 중에서 한 개라도 정해진 임계값을 넘어서면 시간적 특징 분석 에서 화염 후보 화소는 화염으로 판정된다. 본 논문 에서는 하드웨어 구현이 용이하고 간단하지만 충분 히 화염의 변화를 분석할 수 있는 필터의 계수가 {-0.25, 0.5, -0.25}와 {0.25, 0.5, 0.25}인 고역통과필 터와 저역통과필터를 사용하였다.

그림 2는 화재가 발생한 그림 4의 Movie 1 시험 비디오에서 37번째 프레임부터 96번째 프레임까지 [228, 202]에 위치한 화염으로 판정된 화소에 대하여  $R_n[228,202]$ ,  $RH_n[228,202]$ , 그리고  $RLH_n[228,202]$ 의 시간적 변화를 일차원 그래프로 나타낸 것이다.

#### 2.3.2 주기 신호 검출

시간적 특징 분석에서는 제로-크로싱 카운터 과정에서 화염으로 판정되면 화소의 주기성을 검사하는 주기신호 검출 과정을 수행한다.

그림 3은 그림 4의 Movie 3 시험 비디오에서 205번째 프레임부터 264번째 프레임까지 경광등 부분에서 [273,95]에 위치한 화염 후보 화소의  $R_n[273,95]$ ,  $RH_n[273,95]$ , 그리고  $RLH_n[273,95]$ 의 그래프이다. 그림 2와 그림 3을 비교해 보면, 경광등  $RH_n[273,95]$ 과  $RLH_n[273,95]$ 의 시간적인 변화가 제로-크로싱 카운터 과정에서 화염으로 판정될 수 있는 변화를 보이고 있음을 알 수 있다. 따라서 제로-크로싱 카운터 과정에서는 일단 화염으로 판정이 되어 거짓 경보를 발생 시킬 수 있다. 그런데 두 그림에서  $R_n[k,l]$  신호 변화의 차이를 살펴보면, 그림 2의 실제 화염은 일정한 주기를 가지고 변화를 보이는 것이 아니고, 그림 3의 경광등은 일정한주기를 가지고 변화를 보이는 것이 아니고, 그림 3의 경광등은 일정한주기를 가지고 변화를 보이고 있음을 알 수 있다.

본 논문에서는 다음과 같이 주기 신호 검출 방법을 제안한다.  $R_n[k,l]$  신호 변화의 주기성을 검사하기 위하여 제안된 방법은 제로-크로싱 카운터 과정에서 생성된  $RH_n[k,l]$ 과  $RLH_n[k,l]$  신호 변화의 주기성을 검사하는 것이다. 왜냐하면 이미 생성된 데이터를 이용하면 주기성 검사를 위한 계산적 부담을 줄일 수 있으며, 고역통과필터의 출력 값들은  $R_n[k,l]$  신호 변화 중에서고주파 성분에 대한 정보를 가지고 있기 때문에 정확하

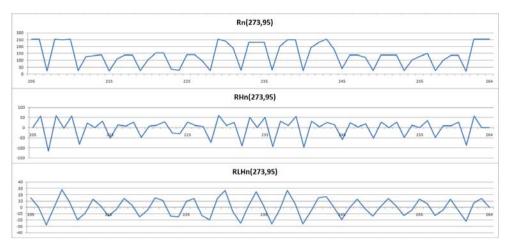


그림 3, Movie 3 에서 경광등 화소의 시간적 변화 Fig. 3 Temporal variation of the warning light pixel in the Movie 3

고 쉽게 주기성을 검사할 수 있다.

표 3. 주기 신호 검출 알고리즘 Table 3. Periodic Signal Detection Algorithm

Step 1: pitch detection IF  $(RH_n[k,l] > RH_{n-1}[k,l])$  &&  $(RH_{n+1}[k,l] \leq RH_n[k,l])$  THEN TP[m] = n, where m : 0, 1, 2, ... IF  $(RH_n[k,l] < RH_{n-1}[k,l])$  &&  $(RH_{n+1}[k,l] \geq RH_n[k,l])$  THEN BP[m] = n, where m : 0, 1, 2, ...

Step 2 : periodicity check for Top-Pitch (TP[m]) IF  $|(TP[m+1]-TP[m]) - (TP[m+2]-TP[m+1])| \le 1$ , for all m

THEN periodic-signal
ELSE non-periodic-signal

 $\label{eq:Step 3: repeat periodicity check for Bottom-Pitch (BP[m])} Same as Top-Pitch$ 

표 3은 주기 신호 검출을 위한 알고리즘을 나타내고 있으며,  $RH_n[k,l]$ 의 주기성 검사를 예로 설명하였다.  $RLH_n[k,l]$ 에 대해서도 동일하게 수행된다.  $RH_n[k,l]$ 과  $RLH_n[k,l]$  신호는 영을 중심으로 증가를 하다가 최고점에 도달한 후에 감소를 하고, 감소를 하다가 최저점에 도달한 후에 다시 증가 하는, 오르내림의 변화를 반복하고 있다. 따라서 최고점에 도달할 때의 프레임

번호(TP[m])들이 주기성이 있는지 또는 최저점에 도달할 때의 프레임 번호(BP[m])들이 주기성이 있는지를 검사한다. 어느 것이라도 주기성이 있다고 판정이되면, 이 화염 후보 화소의 제로-크로싱 카운터 과정판정 결과는 무시되고, 따라서 거짓 경보 발생 요인은제거된다.

TP[m]과 BP[m]의 주기를 검사할 때 한 프레임의 오차는 무시한다. 왜냐하면 신호의 주기와 비디오의 프 레임률과 동기가 맞지 않을 때는 한 프레임 정도의 오 차는 발생할 수 있기 때문이다.

#### 2.4. 공간적 특징 분석

화염 후보 화소들에 대해 시간적 특징 분석과 병행하여 공간적 특징 분석을 한다. 공간적 특징 분석은 화염과 유사한 색을 띈 물체 즉 가짜 화염과 실제 화염과의 구분을 위하여 이차원적 평면상의 공간적인 복잡도를 분석하는 것이다. 그리고 실제 화염일 경우에는 공간적인 복잡도가 크기 때문에 이러한 특징을 화염을 검출하는데 하나의 척도로 사용한다.

공간적인 복잡도는 화염 후보들로 구성된 영역에 대하여 이차원적인 고역통과필터링을 하여 그 출력 값들의 크기로 판단할 수 있다. 본 논문에서는 시간적 특징 분석을 통하여 주기성 신호에 의한 거짓 경보를 제거하는데 초점이 맞추어져 있고, 경광등과 네온사인의 경우 공간적 특징 분석 실험 결과 실제 화염과 큰 차이를 보지 못하였다. 따라서 본 논문에서는 공간적 특징 분석

을 위하여 Töreyin 등[4]이 제안한 방식을 사용하였다. **2.5. 종합적 판단** 

비디오 기반 화염 감지 시스템은 화염 색상 영역 검출, 움직임 영역 검출, 시간적 특징 분석, 그리고 공간적특징 분석 과정을 거친 화소에 대하여 화염 화소인가를 최종적으로 판단을 한다. 이 네 가지 과정에 대하여 서로 다르게 가중치를 두고 판단할 수 도 있으나, 본 논문에서는 네 가지 과정 모두를 만족한 화소에 대하여 화염 화소로 최종 판단하며, 각 프레임에서 어느 정도 숫자 이상의 화염 화소들이 감지될 때 그 프레임을 화염프레임으로 판정하고 화재 경보를 발생시킨다.



그림 4. 시험 비디오 영상 Fig. 4 Test Videos

#### Ⅲ. 시뮬레이션 결과 및 검토

본 논문에서 제안하는 주기 신호 검출을 통한 거짓 경보 제거 기능을 갖춘 비디오 화염 감지 기법의 성 능 평가를 컴퓨터 시뮬레이션을 통하여 하였다. 시험 비디오는 그림 4에 나타내었으며, 실제 화재 비디오 (Movie 1, 2), 경광등이 있는 비디오(Movie 3), 네온사인이 있는 비디오(Movie 4), 차량 전조등이 있는 비디오(Movie 5, 6), 즉 화재 비디오 2 개와 화재가 없지만 거짓 경보 요인을 가지고 있는 비디오 4 개를 실험에 사용하였다. 그리고 성능 비교를 위하여 기존의방법 중에서 다른 연구들에서도 많이 비교 대상으로하는 Törevin 등[4]이 제안한 방법을 사용하였다.

화염 감지 기법의 성능 평가 방법은 표 4와 같이 화염 발생 총 프레임 수 대비 화염 감지율(Flame Detection Rate)과 화염이 없는 총 프레임 수 대비 거짓 경보율(False Alarm Rate)을 백분율(%)로 나타내었다.

표 4. 실험 결과 Table 4. Simulation Result

| Test Video | Flame Detection Rate |          | False Alarm Rate |          |
|------------|----------------------|----------|------------------|----------|
|            | Töreyin              | Proposed | Töreyin          | Proposed |
| Movie 1    | 97.4                 | 94.6     | 0                | 0        |
| Movie 2    | 31.7                 | 31.9     | 0                | 0        |
| Movie 3    | X                    | X        | 57.5             | 0        |
| Movie 4    | X                    | X        | 95.3             | 0        |
| Movie 5    | X                    | X        | 0                | 0        |
| Movie 6    | X                    | X        | 0                | 0        |

표 4를 살펴보면 본 논문에서 제안한 방법이 기존의 Töreyin 등이 제안한 방법과 화염 감지율에서 거의 비슷한 성능을 나타냈다. 그러나 Töreyin 등이 제안한 방법은 Movie 3과 Movie 4에서 거짓 경보를 상당히 많이 발생시켰으나, 본 논문에서 제안한 방법은 거짓 경보를 완전히 제거하였다.

#### Ⅳ. 결 론

본 논문에서는 시간적 특징 분석을 할 때 화염 후보 화소의 주기성을 검사하여 거짓 경보를 발생 시킬수 있는 요인을 제거하는 화염 감지 기법을 제안하였다. 실험 결과에 나타난 바와 같이 본 논문에서 제안한 방법은 기존의 비디오 기반 화염 감지 기법과 화염 감지 성능은 비슷하였으나, 기존의 방법이 거짓 경보를 발생시키는 경광등과 네온사인이 깜빡거리는 시험 비디오에서 신호의 주기성 검사를 통하여 거짓 경보를 완전히 제거하였다.

본 논문에서는 화염 감지에 관한 연구만 되었다. 그러나 완벽한 화재 감지를 위해서는 연기 감지가 동 반되어야 한다.

### 참고 문헌

- [1] G. Marbach, M. Loepfe, and T. Brupbacher, "An image processing technique for fire detection in video images," Fire Safety Journal, Vol. 41, No. 4, pp. 285-289, 2006.
- [2] T. Chen, P. Wu, and Y. Chiou, "An early fire-detection method based on image processing," IEEE Proc. of Internat. Conf. on Image Processing, ICIP '04, pp. 1707-1710, 2004.
- [3] R. Collins, A. Lipton, and T. Kanade, "A system for video surveillance and monitoring," Proc. of American Nuclear Society(ANS) 8th Internat. Topical Meeting on Tobotics and Remote Systems, Pittsburgh, PA, 1999.
- [4] B. Töreyin, "Fire detection algorithms using mutimodal signal and image analysis," Bilkent Univ., Turkey, 2009.
- [5] 박장식, 김현태, 유윤식, "Gaussian 혼합모델을 이용한 영상기반 화재 검출," 한국전자통신학회 논문지, 6권, 2호, pp. 206-211, 2011.
- [6] 문용선, 서영남, 고낙용, 노상현, 박종규, "화재 감지를 위한 로봇 설계 및 데이터처리," 한국전 자통신학회논문지, 5권, 1호 pp. 31-36, 2010.

#### 저자 소개



# 이상학(Sang-Hak Lee)

1984년 2월 : 경북대학교 전자공학

과 (공학사)

1986년 2월 : 경북대학교 전자공학

과 (공학석사)

2001년 8월 : 경북대학교 전자공학과 (공학박사) 현재 : 동양대학교 정보통신공학부 부교수

※ 관심분야: HDTV, 영상신호처리, 컴퓨터 비젼