

---

# DSP를 이용한 지능형 화재검출시스템 구현

김현태\* · 송종관\*\* · 박장식\*\*\*

\*동의대학교, \*\*경성대학교, \*\*\*동의과학대학

## Implementation of Intelligent Fire-Detection Systems Using DSP

Hyun-tae Kim\* · Chong-kwan Song\*\* · Jang-sik Park\*\*\*

\*Donggeui University, \*\*Kyung Sung University, \*\*\*Donggeui Institute of Technology

E-mail : htaekim@deu.ac.kr

### 요 약

화재로 인해 많은 물적 인적 피해가 발생한다. 본 연구에서는 영상처리기술과 고속의 DSP 프로세서 기술 그리고 IT 기술을 활용하여 발화 초기에 화재를 인식하고 경보를 발생하여 화재에 조기 대응하는 화재 검출 알고리즘을 실장한 지능형 화재검출 시스템을 제안한다. 제안하는 지능형 시스템의 화재 검출 알고리즘은 화염검출과 연기검출 알고리즘으로 구성되어진다. 화염 또는 연기만 발생하는 경우에는, 각각의 경보를 관리용 컴퓨터에 전송한다. 화염과 연기가 동시에 발생하면 화재경보를 발생하도록 하였다. 다양한 환경에서의 실제 실험을 통해 오작동 없이 잘 동작하는 것을 확인할 수 있었다.

### ABSTRACT

Many victims and property damages are caused in fires every year. In this paper, intelligent fire-detection systems with embedded fire-detection algorithms for early fire detection and alarm is proposed to reduce fire damages by using image processing technique, high speed digital signal processor(DSP) technique, and information technique. The fire detection algorithms used for the proposed systems consist of flame and smoke detection algorithms. If flame or smoke is detected respectively, the corresponding alarm signal can be transferred to management computer. And if flame and smoke is detected simultaneously, the fire alarm signal shall be generated. Through several experiments in the physical environment, it is shown that the proposed system works well without malfunction.

### 키워드

화염 검출, 연기 검출, 지능형 화재 검출, 화재 검출 시스템, DSP 구현

### 1. 서 론

화재가 발생하면 재산 및 인명 피해를 심각하게 줄 수 있다. 특히, 공공시설과 사람이 밀집하는 공공장소에서의 화재는 큰 피해를 준다. 화재 감지를 위하여 기존의 방법들은 연기 또는 온도 센서를 이용하여 화재를 감지한다. 화재가 발생한 후 연기가 발생하여도 온도센서가 화재를 감지할 때 정도가 되면 화재는 이미 확산된 상태이기 때문에 화재를 진압을 위하여 대응하는데 어려움을

겪게 된다. 따라서 영상정보를 이용하여 화염과 연기를 검출하여 화재를 인식하기 위한 다양한 연구가 진행되고 있다[1-3]. 본 논문에서는 공공시설에 설치되어 있는 CCTV 카메라의 영상신호를 분석하여 다양한 주변 환경에 대하여 영향을 받지 않고 화염 및 연기를 검출하기 위하여 화염 및 연기의 색정보를 기본적으로 검출하고 화염과 연기의 특징을 분석하여 화재를 조기에 검출하는 알고리즘을 탑재한 지능형 화재검출 시스템을 제안한다.

## II. 화염 및 연기 검출 알고리즘

### 2.1 색 분석을 이용한 화염 후보 영역 검출

화염의 색 분석을 통하여 입력 영상의 색으로부터 화염 후보 영역을 설정한다. 입력된 색영상값으로부터 화재영역을 판별하는 것은 입력된 색영상값에 대하여 기본적으로 빨간색(R)이 주변과 비하여 높게 나타나고(조건 1) 빨간색(R)이 초록색(G)보다 크다(조건 2). 그리고, 밝기값이 주변에 비하여 높게 나타난다(조건 3). 3 가지 조건을 모두 만족하는 화소에 대하여 화염 후보 영역으로 설정한다.

- 조건 1:  $R > 75$
- 조건 2:  $R > G$
- 조건 3:  $\frac{(R+G+B)}{3} > 175$

### 2.2 색 분석을 이용한 연기 후보 영역 검출

영상의 각 화소의 빨간색, 초록색, 파란색 값 분포가 다음 식과 같은 조건에 대하여 분포하게 되면 연기 후보 영역으로 설정한다.

- 조건 1:  $|R - B| < 15$
- 조건 2:  $|R - G| < 15$
- 조건 3:  $|G - B| < 15$

즉, 빨간색, 초록색, 파란색의 색차가 임의의 값(예, 각 화소의 최대 색값이 255 인 경우 15로 설정)보다 작은 경우에 대하여 연기 후보 영역으로 설정한다.

### 2.3 움직임 추정

움직임 추정을 위하여 먼저 배경을 추정한다. 배경 추정은 임계값을 입력 영상에 따라서 변화하도록 적응적 배경 추정 기법을 사용하였다. 배경을 추정하는데 있어 밝기값의 변화를 위주로 움직임을 검출하는데 임계값을 가변하지 않을 경우 시간에 따라서 밝기값이 변화는 것도 화소 이동하는 것으로 판단할 수 있기 때문에 가변 임계값을 이용한 적응 배경 추정 기법을 이용한다. 그리고 움직이는 화소에 대해서는 배경 갱신에 포함하지 않는다.

움직이는 화소에 대한 판단은 아래의 식(1), (2) 조건 중에서 하나라도 만족하면 움직이는 화소로 처리한다.

$$\text{if } |I_n(x,y) - I_{n-1}(x,y)| > T_n(x,y),$$

*pixel at (x,y) is moving* (1)

$$\text{if } |I_n(x,y) - B_n(x,y)| > T_n(x,y),$$

*pixel at (x,y) is moving* (2)

$I_n(x,y)$  는 x, y 위치의 입력 영상 화소이며, n 은 프레임 인덱스 이며, n-1 은 n 프레임 직전 프레임을 의미한다.  $T_n(x,y)$  은 x,y 위치의 가변 임

계값이다.  $B_n(x,y)$  는 x,y 의 배경영상이다.

배경 영상의 실질적인 추정 은 식(3)과 같이 추정한다. 식(1), (2)에서 움직이지 않는 화소에 대하여 배경을 입력 영상에 가중치를 주어 갱신하고 움직이는 화소는 해당 화소를 갱신하지 않는다.

$$B_{n+1}(x,y) = \begin{cases} aB_n(x,y) + (1-a)I_n(x,y), & I_n(x,y) \text{ is stationary} \\ B_n(x,y), & I_n(x,y) \text{ is moving} \end{cases} \quad (3)$$

그리고, 화소의 움직임을 결정하는 임계값은 식(4)와 같이 갱신한다.

$$T_{n+1}(x,y) = \begin{cases} T_n(x,y) + (1-a)|I_n(x,y) - B_n(x,y)|, & \text{stationary} \\ T_n(x,y), & \text{moving} \end{cases} \quad (4)$$

움직이는 화소에 대해서는 갱신을 하지 않고 변화가 없는 화소에서는 입력영상과 배경영상의 차에 가중치를 두고 갱신한다. 즉, 입력 영상의 밝기값의 변화가 작은 경우에는 움직임이 없는 것으로 간주하고 배경으로 갱신하는 것이다. 이는 카메라가 설치되어 있는 공간의 시간적인 변화를 반영하기 위한 것이다.

영상에서의 활동성 검출을 위하여 Lucas/Kanade 의 알고리즘을 적용한다[4]. 본 논문에서 연기를 검출하기 위하여 사용한 경계검출 방법은 Sobel 경계검출 방법을 적용한다.

## III. 알고리즘 구현

### 3.1 지능형 영상처리기 개발

지능형 영상처리기 활용한 화재 감지 시스템 구성은 그림 1과 같이 카메라로부터 영상신호를 입력 받아 화재를 검출하는 영상처리기와 비디오를 전송하는 시스템 그리고 경보를 처리하는 시스템으로 구성된다. 본 연구 개발에서는 그림 1의 영상처리기를 개발하였다. 영상처리기 화재 초기의 화염을 감시용 카메라를 통하여 영상신호를 입력받아서 영상처리기에서 영상을 인식하고 영상은 비디오서버 혹은 관리서버로 전송한다. 영상처리기는 Texas Instrument(TI) 사의 영상처리 전용 DSP인 DM642 프로세서를 사용하였다. DM642 DSP를 실장한 영상처리기에는 다양한 영상처리 알고리즘을 프로그램할 수 있도록 되어 있다. 화재 검출 알고리즘에 의하여 화재 검출시 경보신호를 이더넷 혹은 경보제어장치로 전송한다.

DSP 보드를 실장한 지능형 영상처리기 보드는 그림 2와 같이 구성되어 있다. 600MHz에 동작하고 내부에 영상입력을 위한 비디오 포트를 내장하고 있는 고정 소수점 DSP인 DM642와 아날로그 영상신호를 디지털로 변환하는 CODEC으로 영상 처리를 한다. 화재 검출 프로그램과 데이터

를 저장하기 위하여 Flash 메모리와 DRAM 그리고 ROM이 있다. 그리고 경보신호 전송 및 영상 처리용 파라메타를 송수신하기 위한 이더넷통신 및 시리얼 통신 기능을 갖고 있다.

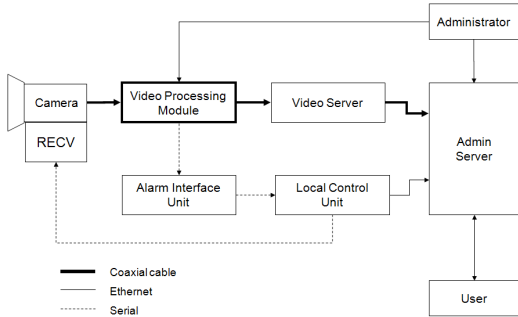


그림 1. 화재 검출 시스템 구성도

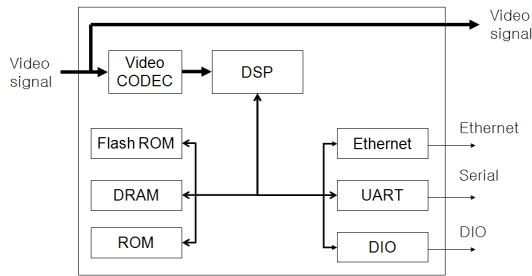


그림 2. 지능형 영상처리기 보드 구성도

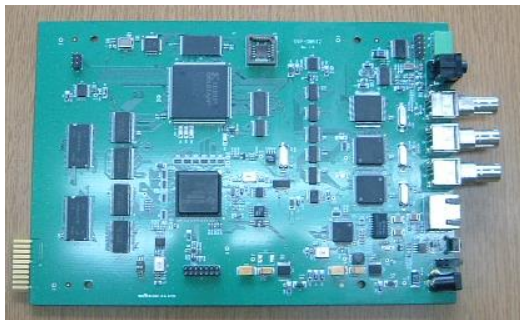


그림 3. 개발한 보드 전면

### 3.2 화재 검출 알고리즘의 DSP 프로그램

시뮬레이션을 통하여 검증한 알고리즘을 DSP로 구현하기 위하여 Code Composer 통합개발환경을 이용하여 프로그램을 개발하였다. Code Composer으로 작성한 소스 프로그램을 컴파일 및 링크하여 DM642용 실행 프로그램을 생성하여 영상처리 보드로 다운로드 하여 프로그램을 실행함으로써 화재검출기가 구현된다. 다음은 구현한 주요 프로그램 리스트이다.

### 3.2.1 화재 검출 DSP 프로그램 구성

main 프로그램 구성은 아래의 구성도와 같다.

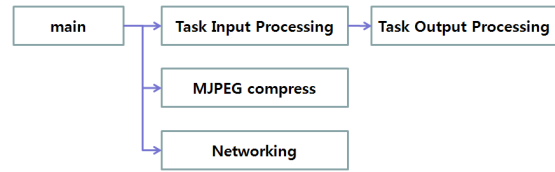


그림 4. main 프로그램 구성도

### 3.2.2 비디오 입력 처리 프로그램

비디오 입력 처리 루틴은 비디오 디코더인 SAA7115 디코더를 초기화하고 디코더로부터 비디오 데이터를 입력 받고 처리를 위한 배열을 초기화한다. 그리고 알고리즘의 순서에 따라서, 색 분석(color analysis), 배경 추정(background estimation), 경계 검출(edge detection), 블록 카운팅(block counting) 그리고 활동성(activity)을 검출한다.

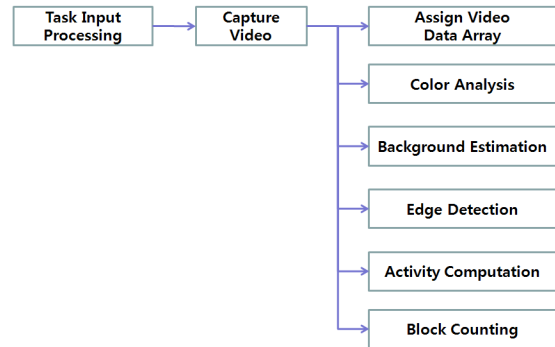


그림 5. 비디오 입력 처리 루틴

### 3.2.3 비디오 출력 처리 프로그램

비디오 출력 처리 루틴은 아래와 같이 SAA7105 encoder를 초기화하고 비디오 데이터의 포맷을 변환하여 SAA7105로 비디오 데이터를 전송한다.

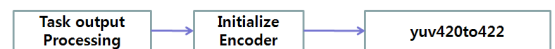


그림 6. 비디오 출력 처리 루틴

### 3.2.4 네트워크 통신 프로그램

PC용 관리 프로그램과 통신을 위한 네트워크 루틴의 기본적인 구성은 아래 그림과 같다. TCP 초기화 및 새로운 연결을 연결하고, TCP Listen 소켓을 생성한다. 그리고 소켓을 binding 하고 PC의 연결을 대기한다.

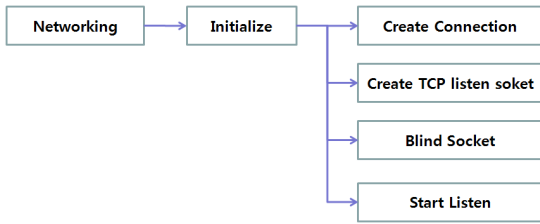


그림 7. 네트워크 처리 루틴.

### 3.3 관리 프로그램

지능형 영상처리 보드와 연계하여 작동하는 관리 프로그램은 영상 처리보드와 네트워크와 연결된다. 지능형 영상처리 보드와 관리용 PC(personal computer)와 네트워크 연결은 기본적으로 TCP/IP 프로그램을 기반으로 한다.

영상처리 보드에서 전송하는 메시지를 화면에 표시하고 영상처리 보드의 각종 파라메타를 설정한다. 기본적인 기능은 화재 혹은 움직임이 발생 메시지를 지능형 영상처리 보드로부터 메시지를 수신하면 이를 화면에 표시하고 이벤트 발생시 화면을 녹화한다. 그리고 부가적으로 카메라의 팬/틸트(pan/tilt) 제어를 할 수 있다. 그림 8과 같다.



그림 8. 관리프로그램의 화면 구성

## IV. 결과 및 결론

### 4.1 실험 환경 및 결과

개발한 영상처리 보드와 알고리즘을 검증하기 위하여 실내에서 화재 발생 환경을 만들어서 실험을 하였다. CCTV 용 칼라 카메라와 1.5 m 전방에 종이를 태워서 화염을 발생시켰다. 칼라 카메라의 출력을 지능형 영상처리 보드로 연결하여 화재 검출 프로그램과 네트워크 통신 프로그램을 실행 시키고 PC용 관리 프로그램을 실행하였다.



그림 9. 검출 결과 화면

### 4.2 결론

본 연구에서는 기존의 연기 및 온도 센서를 이용하여 화재를 인식하는 방식에 대해서 영상 정보를 활용하여 조기에 화재를 검출하는 시스템을 개발하였다. 화염과 연기의 특성을 분석하여 화재 검출 알고리즘을 확립하였다. 화염과 연기의 색분포와 배경 정보를 이용하여 화재 후보 영역을 검출하고 후보 영역에서 움직임(활동성) 등의 요소를 확인하여 최종적으로 화재를 확정한다. 개발한 알고리즘을 시뮬레이션과 현장 실험을 통하여 검증하였다.

### 참고문헌

- [1] K. Beall, W. Grosshadler and H. Luck, "Smoldering Fire Detection by Image-processing", 12th International Conference on Automatic Fire Detection, March, 2001.
- [2] E. D. Breejen, M. Breuers, F. Cremer, R. Kemp, M. Roos, K. Schutte, J. S. de Vries, "Autonomous Forest Fire Detections", International Conference on Forest Fire Research 14th Conference on Fire and Forest Meteorology VOL. II, pp.2003-2012, Nov., 1998.
- [3] H. Yamagishi, J. Yamaguchi, "Fire Flame Detection Algorithm Using a Color Camera", International Symposium on Micromechatronics and Human Science, 1999.
- [4] A. Bruhn and J. Weickert, "Lucas/Kanade Meets Horn/Schunck: Combining Local and Global Optical Flow Method", International Journal of Computer Vision 61(3), pp.211-231, 2005.