

UV/IR 기반의 불꽃영상인식 활용연구

강민구*, 김승환*, 신대용*, 김은중**, 강대석**
한신대학교*, (주)금륵방재산업**

A Study of UV/IR based Fire Image Detection Application

M.G. Kang*, S.H.Kim*, D.Y. Shin*, E.C Kim, and D.S. Kang**
Hanshin Univ.*, and Golden Wheels Defense Fire Co., Ltd**

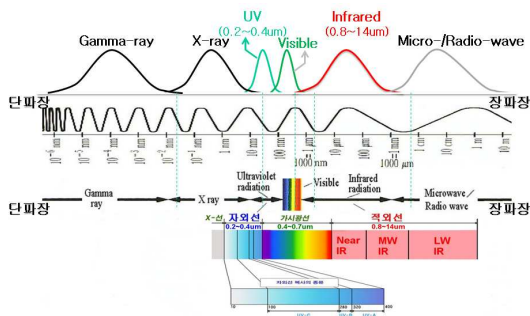
요 약

본 논문에서는 자외선 및 적외선 필터를 기반으로 불이 연소하면서 에너지를 빛과 열의 형태로 방출하는 산화 과정으로 여러 가지의 연소반응에 의해 표출 형태가 열, 전기, 연소가스, 복사 등으로 나타날 때, 이중 열복사로 빛이 방출되는 화염의 온도에 따라 각각 특성이 다른 파장을 활용한 적외선과 자외선(IR/UV) 필터를 활용한 불꽃영상 감지시스템 설계방안을 제안한다.

키워드 : 적외선(IR) 필터, 자외선(UV)필터, 불꽃영상 감지시스템

1. IR/UV기반의 불꽃영상인식 설계

보통 가연성 물질이 충분한 산소, 열과 결합할 때 발생하며, 그 표출 형태는 열, 전기, 연소가스, 복사 등으로 나타난다. 이중 열복사로 방출되는 빛은 화염의 온도에 따라 각각 특성이 다른 파장을 가진다.



[그림1] 화염의 온도에 따른 파장 특성분석

이러한 파장의 차이로 인해 화염으로부터 나오는 광원은 자외선, 가시광선, 적외선 등 파장의 영역이 다른 세 가지로 대별된다. 이러한 광학적인 특성을 이용하여 불꽃영상을 감지할 수 있는 것이다[1].

위와 같은 원리를 적용하여 웹캠, CCD카메라 등에 자외선 및 적외선 필터를 이용하여 자외선과 적외선 영역의 영상만을 추출해서 서버로 전송하고 서버에서는 그 영상을 바탕으로 불꽃 여부를 판단한다.

또한 서버에서는 불꽃감지 여부를 PC 혹은 스마트폰으로 전송하여 사용자가 확인 할 수 있도록 한다. 사용자는 그 반대로 PC 혹은 스마트폰으로 서버에 접속하여 영상을 실시간으로 확인 할 수 있다.

웹캠이나 CCD카메라가 아닌 스마트폰 자체 내장 카메라에 적용하여 스마트폰으로 직접 불꽃영상을 감지와 불꽃감지기를 위해 감지 센서의 출력 특성에 부합하는 신호처리 알고리즘이 필요하다[2].



[UV TRON센서]



[적외선센서]

[그림2] UV/IR 센서 특성분석

1.1 자외선(UV), 적외선(IR) 센서 특성분석

자외선 검출 소자로는 방전에 의한 전류의 가스 증배효과와 금속의 광전 효과를 이용한 UV Tron이 사용된다. 또한 적외선 검출 소자로는 복사 에너지 흡수에 의해 발생하는 온도 변화를 검출하는 센서로 초전 효과를 이용한 초전형 적외선 센서에 특정 파장 영역을 통과시키는 광학 필터를 채용한다.

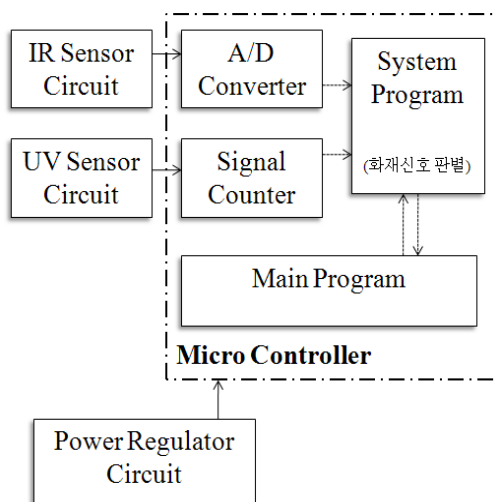
이러한 UV/IR 센서를 기반으로 화재와 비화재 보를 빠르고 정확하게 비교, 판단하기 위해 자외선 및 적외선 센서의 특성을 정확히 파악한다[3].

자외선 및 적외선의 두 종류의 센서에서 출력되는 신호는 각각 디지털적인 요소와 아날로그적인 요소를 포함한다. 자외선 센서의 경우 방전이 반복되므로 디지털적인 펄스열의 형태로 신호가 출력되며, 적외선 센서의 경우 증폭기를 거쳐서 나오는 신호가 시간에 대해 연속인 아날로그적인 형태이다[4].

1.2 MCU 기반의 불꽃영상감지시스템 설계

불꽃영상 감지를 위한 마이크로 컨트롤러 기능 중 ADC(Analog Digital Converter)와 타이머/카운터 및 시리얼 통신 그리고 소프트웨어를 이식하기 위한 ISP통신을 사용한다[5].

또한, PC와 마이크로 컨트롤러간 시리얼 통신을 위해 마이크로 컨트롤러의 UART 시리얼 통신을 통해서 적외선 및 자외선 센서에서 들어오는 신호의 데이터를 PC에서 전송받아 영상특성을 분석한다[6]

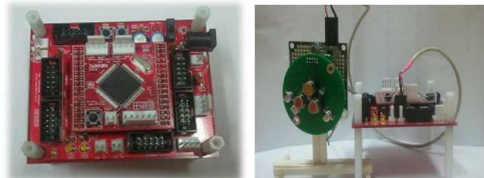


[그림3] UV/IR기반의 불꽃영상감지시스템 구성도

2. IR/UV기반의 불꽃영상인식 결과분석

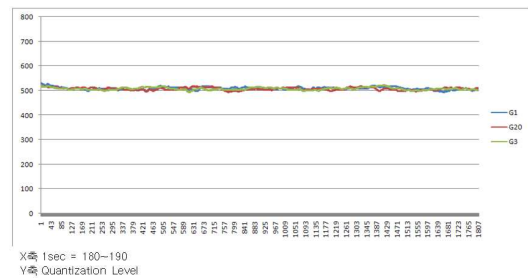
기존 열(heat), 연기감지기(smoke detector)보다 조기 화재 감지 시스템 구축이 용이한 불꽃에서 방사되는 복사 에너지(radiation energy) 중에서 적외선(infrared)과 자외선(ultraviolet)영역을 검출하는 자외선, 적외선 센서를 이용한 신호처리 알고리즘을 설계한다[7].

- ATmega128 MCU의 ADC 사용
- 10비트 분해능(1024레벨)
- G1, G20, G3을 순차적으로 샘플링
- 센서 각각 초당 180~190샘플링 약 5ms
- 샘플링 데이터를 시리얼통신으로 PC에 전송
- PC에서 센서별로 샘플값을 엑셀파일로 저장
- 저장된 값을 바탕으로 엑셀 그래프 작성

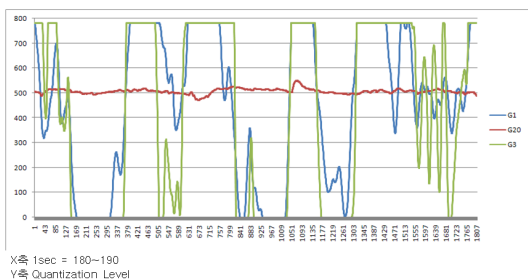


[그림4] UV/IR기반의 불꽃영상감지기 모듈영상

• 정상시

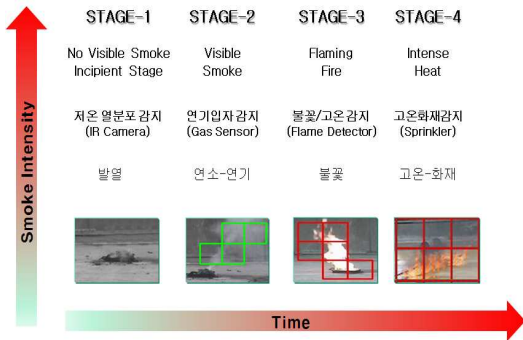


• 부탄가스 버너 1m



[그림5] 불꽃영상감지기의 불꽃영상 데이터 분석

불꽃영상감지기의 불꽃영상을 검출하는 자외선, 적외선 센서를 이용한 데이터 분석의 결과는 다음과 같다.



[그림6] 불꽃영상감지기의 화재영상 인식단계 분석

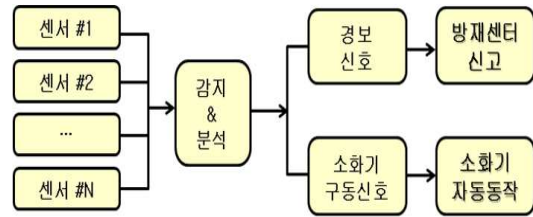
- 평상시에는 3가지 센서 모두 거의 변화가 없었다.
- G20센서는 버너테스트에서 거리가 가까울 때 아주 약간의 변화가 있었다.
- G1, G3센서는 버너테스트에서 거리가 가까울수록 신호의 레벨과 흔들림 폭이 커졌다.
- G3센서가 G1센서보다 변화의 폭이 크다.
- 그래프를 자세히 보면 G3센서 신호는 G1센서 신호가 확대된 듯한 모양을 하고 있다.
- G3센서가 G1센서보다 화원에 대하여 반응도가 좋고 화원의 거리에 대한 변별력 또한 더 크다는 것을 알 수 있다.

3. IR/UV기반의 불꽃영상인식 SW설계

2절의 데이터 분석을 바탕으로 한 소프트웨어 알고리즘을 설계는 다음과 같다.

<1> 신호 레벨 체크 알고리즘 : 화원이 있을 때 신호의 레벨이 커지므로 레벨에 대한 일정 기준을 정하 기준 이상이 되었을 때 불이라고 판단.

<2> 신호 기울기, 레벨 카운트 알고리즘 : 화원이 있을 때 신호의 흔들림이 커지므로 샘플링 마다 신호의 기울기를 구하고 기준을 정하여 기준 이상 이 되는 기울기의 개수를 카운트한다. 그리고 카운트 횟수에 대한 기준을 정하여 기준 이상이면 불이라고 판단.



[그림7] 불꽃영상감지기의 동작구성도

이를 위한 구현내용의 결과는 다음과 같다.

- ATmega128 MCU의 타이머를 이용하여 20ms으로 A/D 컨버팅(1초에 50회 샘플링)
- 샘플링마다 레벨 값을 비교하고 최대값을 저장
- 화원 레벨 감지시간 1초, 1초마다 최대값 확인
- 화재 판단시간 4초, 3번 연속 기준 레벨 이상이 되면 화재로 판단



부탄가스 버너 5m에서 테스트했을 때 레벨값이 나타나고 있다.

감지 기준 레벨은 10으로 설정했으며 연속 세 번 10이상 신호레벨이 높아졌으므로 화재로 인식하였다.

*테스트시 먼 거리를 감지 하기 위해 기준 레벨을 낮추면 센서 1미터 이내에서 작은 움직임에도 화재로 인식



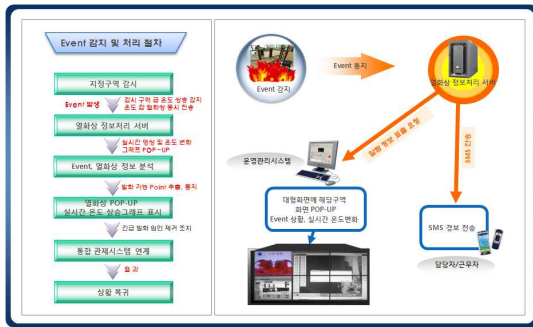
평상시에는 레벨 값의 수치가 0으로 표시 되고 있다.

*센서 1미터 이내에서는 사람의 움직임에도 신호의 변화가 있다.

[그림8] 불꽃영상감지기의 불꽃영상 구현결과 분석

4. 기대효과 및 활용 방안

본 연구를 통해 화재감지용 영상처리 알고리즘을 적용함으로써 화재의 빠른 감지특성과 비화재보 요인에 대한 구별이 가능하고, 상용화 불꽃감지거나 새로운 불꽃감지기를 스마트 폰의 앱과 연동하는 새로운 스마트 불꽃영상 감지 앱을 활용할 수 있다.



[그림9] 불꽃영상감지기의 활용사례

Acknowledgement

본 연구는 중소기업청 지원 중소기업기술혁신개발사업 “초고감도 능동형 공기흡입식 화재감지 시스템 (S1076452)”지원 결과의 일부입니다.

참고문헌

- [1] 임병현, “화재감지용 자외선 적외선 불꽃 감지기의 특성 개선에 관한 연구”, 국회도서관, 2006
- [2] 고낙용, 임병현, 서동진 “화재감지용 자외선 적외선 불꽃 감지기 개발”, 기계공학연구정보센터, 2006
- [3] 김영민, 김종만 “자외선 센서를 이용한 화재감지기 응용 회로 설계”, 한국전기전자재료학회, 2008
- [4] 최한호, 서계원 김재경, “한번에 이해되는 AVR ATmega128 마이크로컨트롤러”, 인피니티북스, 2011
- [5] 함선재, “비디오 영상 기반의 불꽃 감지를 위한 확률적 퍼지 로직 시스템,” 계명대학교 대학원 석사학위논문, 2011
- [6] 함선재, 고병철, “퍼지 유한상태 오토마타를 이용한 화재 불꽃 감지,” 정보과학회논문지 제37권 제9호 (2010년 9월)
- [7] 고세훈, 고건채, “불꽃감지부 및 그를 이용한 불꽃감지시스템,” 특허등록번호 101008897 (2011.01.11)
- [8] www.firesoft.co.kr