

[Research Paper]

## 도로터널용 방수노즐 위치제어형 자동소화설비의 화재감지성능실험

김창용 · 공하성<sup>\*†</sup>

현대인프라코어(주) R&D 소장, \*우석대학교 소방방재학과 교수

## Fire Detection Performance Experiment of the Water Jet Nozzle Position Control Type Automatic Fire Extinguishing Facility for Road Tunnels

Chang-Yong Kim · Ha-Sung Kong<sup>\*†</sup>

Chief Technology Officer, Hyundai Infracore. Ltd. R&D Division,

<sup>\*</sup>Professor, Department of Fire and Disaster Prevention, Woosuk Univ.

(Received October 17, 2018; Revised January 4, 2019; Accepted January 28, 2019)

### 요 약

이 연구는 불꽃파장 감지기술과 불꽃영상 감지기술을 융합한 도로터널용 자동소화설비의 화재감지성능을 평가하기 위한 실험이다. 화재감지성능을 향상시키기 위한 이 융합기술은 화재 시 화원의 위치를 파악하고, 노즐을 화원으로 향하여 화재가 발생한 장소에만 가압수를 방사함으로써 화재진압에 따른 수손피해를 줄이는 효과를 얻을 수 있었다. 도로터널의 화재 중 불꽃 및 연기가 진행되는 상황에서 각각 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, 35 m 거리에 70 cm × 70 cm의 목표물을 두었을 때 화원의 위치를 파악하는지를 실험하였다. 실험결과 농연의 간섭으로 인해 자외선 및 삼파장적외선센서의 감지능력이 감쇠되는 결과를 확인하였다. 또한 농연으로 인해 불꽃이 가려진 경우 이미지센서가 농연을 감지하여 화재신호를 발신함을 확인하였다.

### ABSTRACT

This study evaluated the fire detection performance of an automatic fire extinguishing system for road tunnels, which combines flame wavelength detection technology with flame image detection technology. This fusion technique to improve the fire detection capability can reduce the damage caused by the fire suppression by locating the fire source in the fire and discharging the pressurized water only at the fire source. Experiments were conducted to determine the position of a fire source when a 70 cm × 70 cm target was placed at a distance of 15 m, 20 m, 25 m, 30 m, and 35 m, respectively, in a situation where there is a flame and smoke in a tunnel. The performance of the ultraviolet and triple wavelength infrared (IR3) sensors was attenuated due to the interference of thick smoke. In addition when the flame was blocked by thick smoke, the image sensor sensed the smoke and emitted a fire signal.

**Keywords :** Road tunnel, Nozzle position control, UV/IR detector, Image analysis detection technology, Fire detection experiment

### 1. 서 론

도로터널에서 발생하는 차량 화재는 일반 건축 화재와는 달리 차량의 연료인 휘발유, 경유, 부탄가스 등 화재발생 시 연소속도가 빠른 가연성 액체와 폭발적인 연소 확대

가 일어나는 가연성 가스로 인해 화재 위험성이 크게 증가한다. 또한 도로터널의 구조적인 특성으로 인해 화재 시 유독가스의 배출이 용이하지 않아 질식사의 위험성 및 다량의 연기 발생으로 가시도 저하에 따른 피난의 어려움 등 복합적인 화재 위험요소를 지니고 있다. 이로 인하여 도로

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: 119wsu@naver.com, TEL: +82-63-290-1686, FAX: +82-63-290-1478

© 2019 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

터널의 화재 예방 및 대응에 대한 연구가 필요하다.

장대터널이 증가함에 따라 고위험 화재의 양상을 띠고 있는 도로터널에서는 화재대응능력의 고도화가 요구됨에도 불구하고 지금까지 도로터널에 사용되는 화재감지기는 차동식분포형감지기, 아날로그식 정온식감지선형감지기과 같이 주로 열을 감지하는 감지시스템을 사용하여 왔다. 하지만 기존 화재감지시스템의 경우 공간적인 특성으로 인해 단일 열로만 감지할 경우 감지 지연의 문제가 발생할 수 있기 때문에 추가적으로 CCTV를 이용한 영상감지설비를 병행 설치하고 있다. 또한 화재 감지의 정확성과 신속성을 확보하기 위하여 화원에서 발생하는 특정 파장 또는 영상을 수집하여 작동하는 자동소화설비에 대한 개발결과도 소개되고 있다<sup>(1)</sup>.

물론 화원에서 발생하는 파장을 감지하여 소화하는 국내·외형 소화설비가 연구되고 있지만, 도로터널의 특성을 고려한 방수노즐 위치제어형 자동소화설비에 관한 연구는 미비한 편이다<sup>(2,3)</sup>.

도로터널에서 발생하는 화재는 주로 자동차 사고로 인해 불꽃이 발생하면서 터널 내에 점착되어 있는 그을음이 타고 다량의 유독가스와 연기를 발생하면서 화재가 시작되거나 자동차의 엔진룸에서 발화되어 연기를 먼저 발생하면서 화염이 전개되는 특징을 보인다<sup>(4)</sup>.

이런 경우 자외선 또는 삼파장적외선센서를 사용하는 불꽃 자외선·삼파장적외선겸용식 감지기는 적정 수준의 불꽃이 발생해야 화재를 감지하므로 이 감지기만으로 연기발생을 동반하는 도로터널 화재를 감지하는 것은 어려움이 있다<sup>(5,6)</sup>.

그러므로 본 연구는 불꽃파장 감지기술과 불꽃영상 감지기술을 융합한 도로터널용 자동소화설비의 화재감지성을 평가하기 위한 실험을 목적으로 한다. 결과적으로 화재 시 화원의 위치를 파악하고 노즐을 화원의 방향으로 이동하여 화재가 발생한 장소에만 가압수를 방사함으로써 도로터널의 화재에 신속하게 대응함과 동시에 화재진압에 따른 수손피해를 줄이는 효과를 얻고자 한다.

기존의 방수노즐 위치제어형 자동소화설비에 관한 연구를 분석하면 Jung 등<sup>(2)</sup>과 Park<sup>(3)</sup>의 결과가 대표적이다. 하지만 이 연구들은 불꽃 자외선·적외선겸용감지기를 이용한 경우에는 감시거리가 최대 20 m였고, 이를 보완하기 위해 고가의 열영상카메라와 고성능 서버를 활용하여 감시거리는 길어졌지만 경제성이 떨어져 실용적이지 못했다. 그리하여 NFSC 603 제5조에 따른 도로터널용으로 50 m마다 다량 설치하기에는 경제적으로 적용하기에 어려운 면이 있다.

## 2. 실험장치의 구성 및 설계

### 2.1 도로터널용 자동소화설비의 구성

Figure 1은 자동소화설비의 구성도로서 본체, 제어반, 전원반, 솔레노이드밸브, 가압송수장치로 이루어진다. 이 중

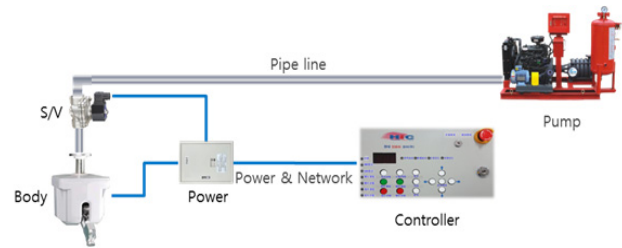


Figure 1. Automatic fire extinguishing facilities.

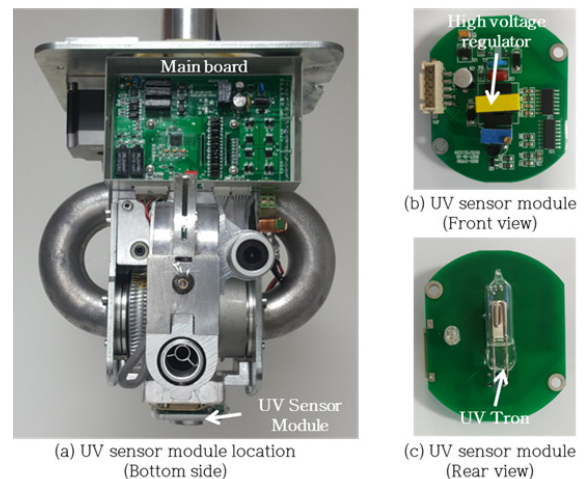


Figure 2. UV sensor module.

에서 화재감지부는 화재의 불꽃을 감지하기 위한 불꽃감지부와 연기를 감지하기 위한 영상감지부로 구성되어 있는데 이들 모두 본체 내에 설치되어 작동을 한다.

Figure 2는 불꽃감지부 중에서 자외선 감지부를 나타낸다. Figure 2(a)는 자외선 감지부의 설치위치와 Figure 2(b), Figure 2(c)는 센서모듈의 외형을 나타낸다. 모듈의 전면에는 광전자방출을 위한 360 V가 발생하는 고전압 레귤레이터와 모듈의 후면에는 자외선 센서인 UV Tron이 내장되어 있다. 본체 하단에 자외선 센서모듈을 설치하여 360° 전방위로 화재를 감시할 수 있도록 한다. 이때 임의의 0.18~0.26  $\mu\text{m}$ 의 자외선 파장을 감지하면 본체에 내장된 제어보드로 화재 확인 요청신호를 송신하여 제어보드에서 이 신호를 수신하여 적외선 감지부 회로를 활성화시킴과 동시에 수평회전용 스텝모터를 구동한다.

Figure 3은 불꽃감지부 중에서 적외선 감지부를 나타낸다. 적외선 감지부는 Figure 3(a)와 같이 노즐선단에 장착되어 있기 때문에 본체 및 노즐의 구동에 따라 적외선을 감지하기 위한 센서의 시야각(FoV, field of view)은 360° 전방위로 유동적이다. 적외선 감지모듈은 본체의 회전과 노즐의 수직 회전 할 때 실화제임을 파악함과 동시에 정확한 위치를 찾기 위하여 Figure 3(b)와 같이 2.5 mm slit과 2.5 mm 구멍을 설치하고 그 외는 완전히 밀폐되어 먼지와 빛

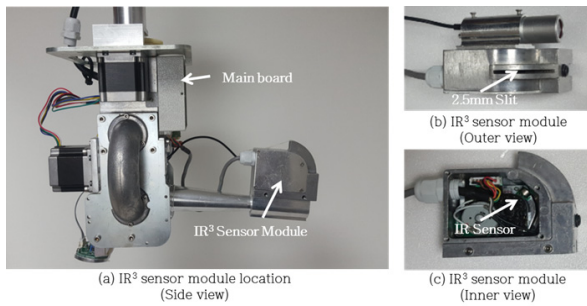


Figure 3. IR3 sensor module.

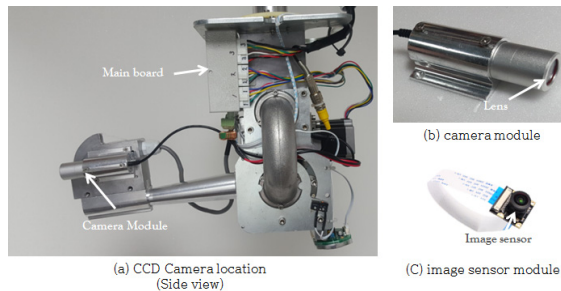


Figure 4. Image sensor module.

을 차단한 외함에 내장되어 있다. 자외선 신호를 받아 수평으로 회전을 시작하면 적외선 감지센서가 활성화되어 화원을 찾기 위하여 수직모터를 구동한다. 또한 감지모듈 외함 내부에는 삼파장적외선 센서를 수직방향으로 세밀하게 감지하기 위하여 Figure 3(c)와 같이 수직모터도 구비되어 있다. 이렇게 Figure 3(c)의 삼파장적외선 센서는  $4.3 \sim 4.4 \mu\text{m}$ 의 파장이 감지되면 화원의 위치에 노즐을 지향하고 화재 신호를 본체의 제어보드로 발신하면 제어보드는 제어반으로 소화재보를 보내서 가압수 방사를 위해 대기한다.

Figure 4는 영상감지부를 나타낸 그림이다. Figure 4(a)와 같이 영상 감지부는 방수노즐 선단에 Figure 4(b)의 카메라가 장착되며 이 카메라 렌즈의 FoV는  $60^\circ$ 로 고정되어 있지만 적외선 감지부와 마찬가지로 노즐좌측에 장착되어 있기 때문에 본체 및 노즐의 구동에 따라 영상을 감지하기 위한 영상 감지센서의 시야각은  $360^\circ$  전방위로 유동적이다. Figure 4(c)와 같이 영상을 취득하는 센서의 제원은 FHD ( $1920 \times 1080$ ) 및 HD ( $1280 \times 720$ )의 해상도를 출력하지만 필요에 따라 VGA ( $640 \times 480$ )까지 해상도를 감소시켜야 할 필요가 있다. 이렇게 노즐이 움직이는 방향에 따라 실시간으로 영상을 수집하고 수집된 데이터를 제어반에 전달하면 제어반은 이 신호를 받아 화재의 크기와 유동방향 등을 분석하여 본체의 방수노즐 지향방향과 노즐구동 제어신호를 생성하여 본체에 전달한다. 영상 감지부와 제어반의 통신은 본체의 제어보드 경유 없이 직접통신 한다.

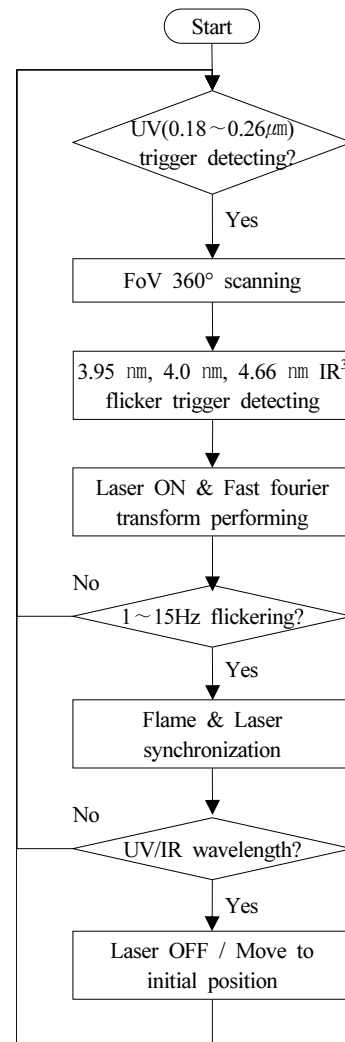


Figure 5. Flame detection mechanism.

## 2.2 도로터널용 자동소화설비의 설계

### 2.2.1 자외선 및 적외선센서 이용

자동 화재진압장치는 자외선 트리거 감지 이후 삼파장 적외선감지센서 중  $4.30 \mu\text{m}$  파장의 적외선감지센서는 화재 를 검출하고,  $3.95 \mu\text{m}$ 와  $4.66 \mu\text{m}$  파장의 적외선감지센서는  $4.30 \mu\text{m}$  파장의 적외선감지센서 출력과 비교한 강도 비율 이 기준값을 초과했을 때 이를 화재로 판단하여 태양광, 인공광 및 핫 보디에 의한 오동작을 방지하고, 또한 센서의 출력에 대하여 푸리에 변환을 수행하여 비화재보 요소를 제거한다. 화재가 발생하면  $1 \sim 15 \text{ Hz}$ 의 플리커를 검출하고 불꽃과 레이저의 위치, 즉 방수 노즐을 일치시켜 화재 진압 을 준비한다. Figure 5는 자외선과 적외선 센서를 이용한 불꽃 감지 메커니즘이다.

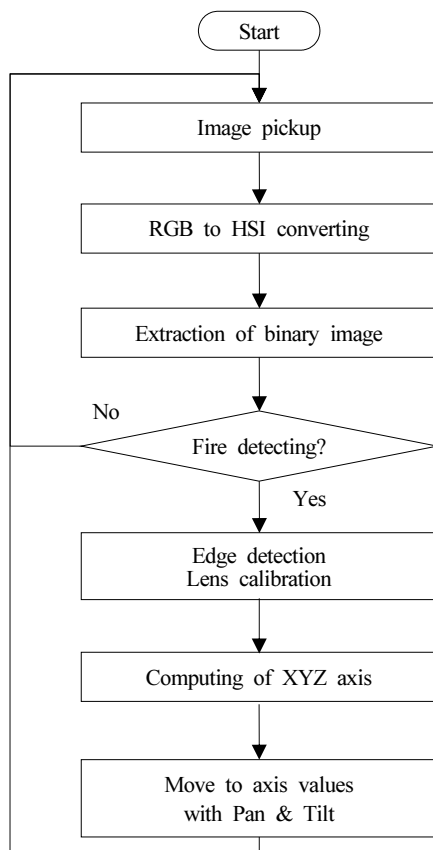


Figure 6. Flow chart of fire detecting with HSI.

### 2.2.2 이미지센서 이용

이미지센서를 이용한 연기 및 불꽃을 감지하는 방법은 Figure 6의 Hue, Saturation, Intensity (HSI)를 이용한 화재 감지 흐름도와 같이 RGB 영상을 HSI로 변환하는 알고리즘을 응용하였다. 먼저, HSI 변환 알고리즘은 화재 영역의 색상, 명도, 채도가 일반적인 빛과는 다른 점에 따라 화재영역을 추출하고 인식하는 확률을 높이는 방법으로서, 이 알고리즘으로 입력된 영상으로부터 인공 불빛과 화재 불빛을 구별하기 위하여 HSI 변환을 수행한다. 다음으로 이미지 센서로 입력되는 RGB 영상은 컴퓨터 그래픽에서 사용되는 3차원 직각 좌표계이며 빛의 삼원색을 혼합하여 나타낼 수 있는 빛의 다양성을 보여주고 있지만, HSI 모델은 인간의 색 인지에 따른 사용자 지향성의 색상모형이다. 이는 Gray 레벨의 밝기는 0~255 사이의 값을 가지므로 화재가 발생했을 때, 이 불꽃의 밝기를 임의의 경계 값과 비교하여 특정 현상이 발생할 때 불꽃으로 인식한다. 그러나 그 밝기 안에는 화염이 아닌 다른 밝기 값들도 내포하고 있으므로 이를 제거하기 위하여 불꽃의 경계 추출과 함께 화원의 기본 X·Y·Z 좌표를 계산한다. 마지막으로 화원의 좌표가 계산되면 수직·수평 모터를 이용하여 Pan·Tilt 값에 의한 새로운 중심 좌표를 계산하고, 그 결과에 따라 화면을 이동한다.

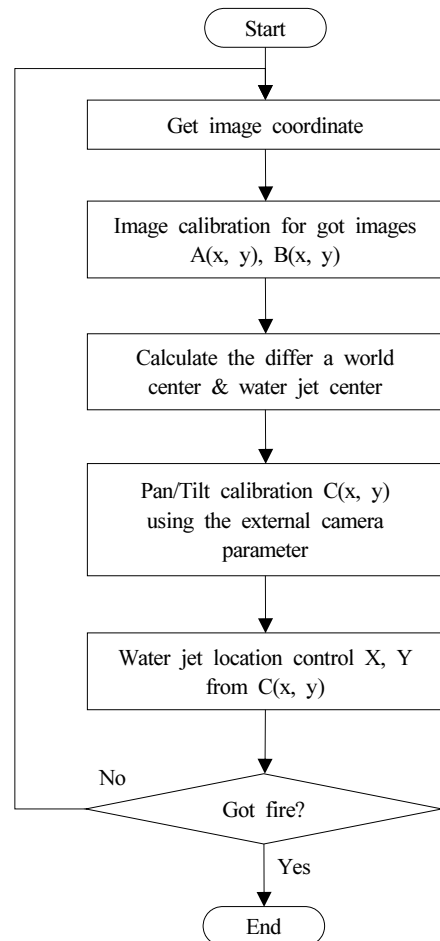


Figure 7. Central position control &amp; correction.

### 2.2.3 화원 위치보정제어

Figure 7은 카메라모듈을 이용한 화원 중심 위치 보정 및 근사화하기 위한 제어 흐름을 나타낸다. 화원의 위치는 2차원 이미지상의 공간 좌표로 나타나며 카메라에 사용된 광각렌즈, 초점거리, 비대칭계수 등에 영향을 받으므로 카메라 왜곡 보정을 이용하여 이러한 내부변수 요인을 제거해야 한다. 또한 카메라가 설치된 높이 및 pan & tilt 등의 외부변수에 따라 좌표계가 달라지기 때문에 카메라 보정기능을 수행하여 이러한 왜곡 변수를 보정해준다. 또한 방수 압력 및 자동화재 진압장치의 설치높이 등에 의해 계산된 방수노즐의 지향각과 실제 화원중심의 위치가 상이할 경우 이를 근사화하기 위하여 보정제어가 필요하다.

Figure 8은 화원 위치 보정제어를 위한 알고리즘의 주요 프로그램이다. 화원 위치 보정제어는 카메라 캘리브레이션에 의한 왜곡 보정 함수 및 화원 중심과 방화수 위치간 거리 근사 함수로 구성된다. 결과값을 이용하여 재 호출하는 방식으로 분사점이 화원 중심으로 접근하는 동작을 수행할 수 있다.

```

COORDINATE distortionComp(COORDINATE _p,
int k1, int k2, int k3, int p1, int p2)
{
    int r2, rDist, r2;
    COORDINATE p_d;
    r2 = _p.x*_p.x + _p.y*_p.y;
    rDist = 1 + k1*r2 + k2*r2*r2 +
k3*r2*r2*r2;
    p_d.x = rDist*_p.x + 2*p1*_p.x*_p.y +
p2*(r2 + 2*_p.x*_p.x);
    p_d.y = rDist*_p.y + p1*(r2 + 2*_p.y*_p.y)
+ 2*p2*_p.x*_p.y;
    return p_d;
}
COORDINATE FireTracking(COORDINATE _A,
COORDINATE _B, int m1, int m2)
{
    COORDINATE p, p_d;
    p.x = _A.x - _B.x;
    p.y = _A.y - _B.y;
    p_d.x = m1*p.x;
    p_d.y = m2*p.y;
    return p_d;
}

```

Figure 8. Flame center position control program.

### 3. 실험 결과 및 분석

#### 3.1 실험 조건 및 방법

##### 3.1.1 실험 조건

이 연구에서의 화재실험 시나리오는 Permanent International Association of Road Congress (PIARC) 보고서에서 유럽 8개국에 대한 도로터널 화재 분석을 수행한 결과를 바탕으로 차량 한 대의 화재를 가정하는 화재모델을 채택하였고, 차량의 종류는 주행거리가 가장 많은 승용차를 기준으로 화재설계기준 5~8 MW 범위인 노말 햅탄을 이용하여 5 MW의 열원으로 실험을 진행하였다. Figure 9의 실제 적용중인 터널의 제원에 따라 자동소화설비를 4.8 m 높이에 설치하고, 옥외형 불꽃감지기의 유효감지거리 기준에 따라 100 cm × 100 cm의 화원을 최대 35 m에 배치하였다.

다음으로 자동차 화재 시 엔진룸에서 발화되어 농연이 있는 화재를 실험하기 위하여 Figure 10과 같이 조명밝기 기준 「국토교통부, 도로안전시설 설치 및 관리지침」에 따라 기본부의 경우 120 lx 이상, 경계부의 경우 1,580 lx 이상과 풍속 1.0 m/s 이하인 환경에서, 화원과 자동 화재진압 장치와 동일한 line of sight (LoS) 상의 연기 감지를 15~35 m까지 5 m(7) 간격으로 각각 5회씩 반복실험 하였다.

##### 3.1.2 실험 방법

불꽃감지기의 시험기준에서 화원이 가로, 세로, 높이 각각 70 cm, 70 cm, 150 cm에 이르면 각각의 감지 센서는 화



Figure 9. Experiment of fire detection.

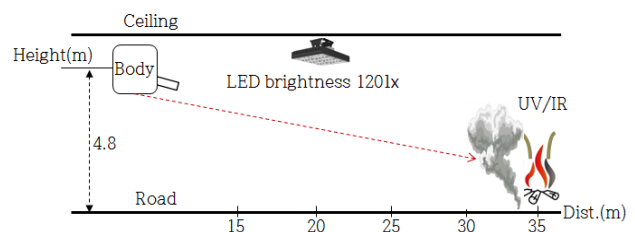


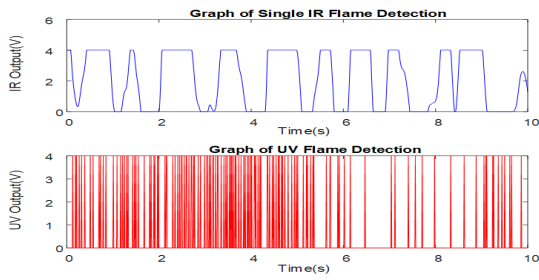
Figure 10. Environment of smoke w/o wind speed.

재발생 여부를 인지하여 발신해야하므로<sup>(8)</sup>, Figure 11과 같이 불꽃감지부의 자외선센서와 적외선 센서의 출력 특성을 추출하여 화재감지여부를 판단한다. Figure 11(a)는 자외선 감지센서와 적외선감지센서가 감지한 각각의 파장을 나타내고, Figure 11(b)는 삼파장적외선감지센서가 감지한 각각의 파장, 즉 IR-F 파장은 4.30  $\mu\text{m}$ , IR-H 파장은 3.95  $\mu\text{m}$  및 IR-I 파장은 4.66  $\mu\text{m}$  영역의 파장을 나타낸다.

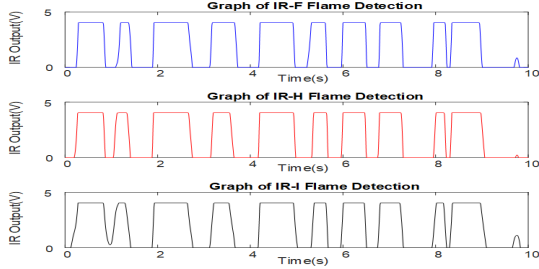
경보 발신시의 자외선감지센서와 적외선감지센서의 디지털 출력 신호의 특성 요소를 정의하기 위해 위의 실험조건 및 방법에 따라 30회 반복 실험한 결과 Table 1과 같이 자외선 트리거 및 적외선 피크점의 개수, 적외선의 출력 변위값을 얻었다. 실화재보 발신시간은 Jung et al.<sup>(7)</sup>의 조건에 따라 30초 이내를 목표로 정하였다.

또한 이미지를 이용한 불꽃과 연기의 감지 조건은 Table 2와 같이 불꽃과 연기가 분포하는 격자 범위 즉, 알고리즘이 화면의 전체를 바둑판과 같은 가상의 격자를 그려 이곳에 불꽃과 연기 이미지의 위치와 규모를 좌표계를 이용하여 표현하였다. 이 좌표계는 실화재보를 발신하는 시간이 30초 이내가 목표임을 감안하여 실측후 선정된 값이 Table 2의 좌표 허용범위 “Tol.  $\Delta[x,y]$ ”가 [3, 3]인 것이다. 감지 방법은 화면의 중심점 좌표를  $a < 0, 0 >$  으로 설정하고, 이미지 센서가 감지한 화원의 범위를 적색 마크로 표시한 후 그 중심점 좌표를  $f < x, y >$  로 설정하고, 이미지 센서가 감지한 농연의 범위를 녹색 마크로 표시한 후 그 중심





(a) UV/IR



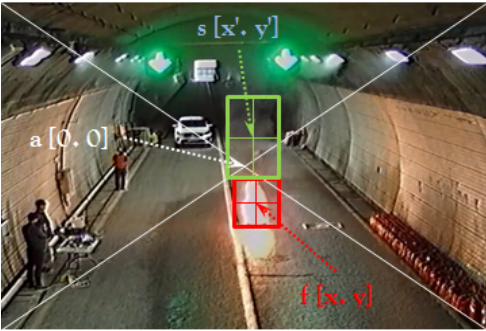
(b) IR³

Figure 11. UV/IR &amp; IR³ wavelength.

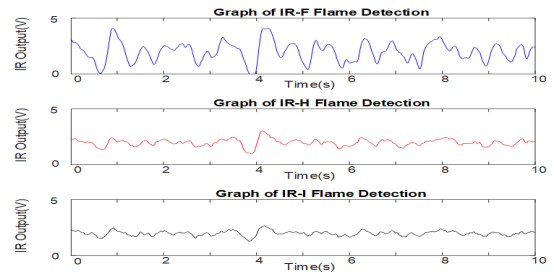
Table 1. Fire Detection Performance Conditions

Item	Condition	Detection Time
UV Trigger Counts	> 15 counts/s	< 30 s
IR Peak Counts	> 60 counts/s	
IR Variations	> 2.0 volts/s	

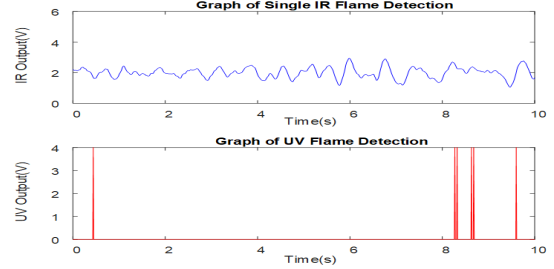
Table 2. Image Sensor Performance Conditions

Flame and Smoke Grid Coordinates Calculation	
 <p>Flame Detection : <math>a[0, 0] - f[x, y]</math> Smoke Detection : <math>a[0, 0] - s[x', y']</math></p>	
Tolerance	Fire Detection Time
< [3, 3]	< 30 s

점 좌표를  $s < x', y' >$  로 설정하였다. 다음으로 알고리즘이 가지는 카메라 이미지 좌표계상에서의 중심 좌표와 이미지 센서가 감지하여 알고리즘이 파악한 불꽃 및 연기의



(a) UV/IR



(b) IR³

Figure 12. UV/IR &amp; IR³ wavelength.

위치 좌표 간의 오차가 [3, 3] 이하인 경우에 실화재보를 하는 재귀·순환 방법을 따랐다. 이러한 기준값을 바탕으로 월드 좌표계 상의 발화점 위치가 실화재 감지 성능 조건 요소로서 유효함을 30회의 반복 실험으로 확인하였다. 단, 이미지센서를 활용한 화재 감지 기능은 환경조건으로 풍속이 1.0 m/s 이하인 경우를 가정한 조건이다.

### 3.2 실험 결과

#### 3.2.1 자외선 및 적외선겸용 감지센서 적용

Figure 12는 「감지기의 형식승인 및 제품검사 시험세척」 9-5에 의해 연기밀도가 25 %/m인 농연 상태에서 센서와 화원의 거리별 자외선 및 적외선 센서 출력을 나타내고, Table 3은 거리에 따라 출력 특성을 고려한 표이다. 농연 상태에서는 자외선 트리거 및 적외선 피크변위 등의 신호 검출에 대한 성능이 저하되는 것으로 나타났다. 25 m 미만의 거리에서는 불꽃 감지가 가능하지만 25 m 이상의 거리에서는 화재 시 농연이 화원을 가리는 경우 감지기가 자외선 및 적외선을 감지하는 감도를 저하시키므로 자외선 및 적외선 센서를 이용한 화재감지는 적합하지 않은 것으로 나타났다.

#### 3.2.2 이미지센서 이용

농연 상태에서 감지 센서 성능의 한계점을 보완하기 위해 카메라 이미지 프로세싱을 이용한 발화점의 위치추적 알고리즘을 적용해 2차원 화면상의 연기 좌표 및 중심점을 찾는 실험을 진행하였다. Table 4와 같이 카메라 좌표계상에서 알고리즘에 의해 감지된 위치와 사용자가 마크한 불

**Table 3.** Quantitative Data of UV/IR Sensor at Moke Condition

Distance (m)	UV Trigger Count (count/s)	IR pick Point Count (count/s)	IR Variation ( $\Delta V/\text{avg}$ )	Detection Time (s)
15	37	145	3.2	27
20	60	84	2.6	29
25	4	41	1.5	30
30	15	15	1.1	N/A
35	9	7	0.8	N/A

**Table 4.** Variation of Location with Smoke Concentration Change

Distance (m)	Smoke Detection Coordinate		Flame Detection Coordinate		Detect. Time (s)
	Detect. [x',y']	Tol. $\Delta[x',y']$	Detect. [x,y]	Tol. $\Delta[x,y]$	
15	[8, -15]	[-2, 2]	[7, 1]	[0, -1]	17
20	[-2, -6]	[1, 1]	[-5, 2]	[2, -1]	18
25	[8, 1]	[2, -1]	[-5, 4]	[0, 1]	15
30	[-1, 8]	[2, 2]	[-7, 10]	[-1, -1]	25
35	[12, -3]	[-1, 0]	[1, 16]	[1, 2]	28

꽃 위치 좌표간의 오차가 [3, 3]이하로 측정되어 이미지 센서를 이용한 발화점 위치계산 결과에 따라 동작하는 물분무 알고리즘은 최대 35 m 이내의 모든 좌표가 오차범위 내로 인식되므로 농연 상태에서는 이미지를 통해 화재를 감지하는 데 적합한 것으로 나타났다.

#### 4. 결 론

이 연구는 화원의 자외선 및 적외선을 감지하는 불꽃 자외선·삼파장적외선겸용식 감지기와 연기 및 불꽃의 상태를 영상으로 분석할 수 있는 불꽃 영상분석식감지기를 기구적 구동체에 부착하여 화원의 위치를 360° 전방위 감지가 가능하도록 한다. 그리하여 화재의 정확도를 향상시키고 노즐을 화원으로 조향하여 화재가 발생한 장소에만 가압수를 방사함으로써 도로터널의 화재에 신속하게 대응하여 화재 진압에 따른 수손피해를 줄이는 소화설비의 화재감지성능

실험을 하였다.

도로터널의 화재 중 연기가 진행되는 조건하에 연기농도가 특정범위인 70 cm × 70 cm내에서 감지하여 불꽃의 위치를 파악하는 성능을 실험한 결과 감지기와 불꽃간 LoS 상의 농연은 자외선 및 적외선 센서의 감지능력을 감쇠시키는 결과를 나타냈다. 하지만 농연으로 인해 불꽃이 가려진 경우에 이미지센서를 통한 감지능력을 평가한 결과 이미지센서가 농연을 감지하여 화재신호를 발신함을 확인하였다.

#### References

1. <https://firewatch.co.kr/220638647926>(Automatic Fire-tracking Water Cannon System).
2. Jung et al., "Development of Automatic Fire Suppression Equipment with Ignite Position Tracing", Research Report of the National Emergency Management Agency, pp. 168-174 (2012).
3. J. H. Park, "A Study on a Lgorithm of Point Source Where Fire Started to Terminate the Fire at the Early Stage", Master's Thesis, Kyungil Univ., p. 32 (2012).
4. Y. S. Kim, "A Study on Effect of the Tunnel Characteristics on Fire Propagation-Focused on the Tunnels with Large Cross-section", Master's Thesis, Dong-A Univ., p. 50 (2003).
5. H. S. Song and Y. Y. Lee, "Improving Sensitivity of the Pyroelectric Infrared Flame Detector", Journal of the Korean Institute of Illuminating and Electrical Installation Engineers, Vol. 29, No. 4, pp. 77-84 (2015).
6. J. W. Kim, "Smart Fire Image Recognition System using Charge-Coupled Device Camera Image", Fire Science & Engineering, Vol. 27, No. 6, pp. 77-82 (2013).
7. National Fire Agency Notification, "Type Approval of Fire Detector and Technical Standards for Product Inspection", Article 19-2 (1) Item 1 (2017).
8. National Fire Agency Notification, "Type Approval of Fire Detector and Technical Standards for Product Inspection", Article 19 (2) (2017).