

제204호

2011. 04

# 위험관리정보

- 방재정보
  - ✓ 개방 공간의 SMOKE IMAGING DETECTION / 1
  - ✓ 자동식 스프링클러설비의 유지관리 / 12
  
- 신착자료 목록 / 21
  
- 안내
  - ✓ 판매도서 안내 / 24

 **한국화재보험협회**

[WWW.KFPA.OR.KR](http://WWW.KFPA.OR.KR)

## 개방 공간의 SMOKE IMAGING DETECTION

**Ron Knox**

Ron Knox는 영국의 Sussex 대학의 제어공학과를 졸업하였다. 그는 군사 시설의 전자, 소프트웨어, 기계공학과 상용 응용프로그램, 군사지도에서 컴퓨터 보안까지 넓은 분야에서 일을 하고 있으며 수년 동안 그는 소방산업에서 일을 해오고 있다.

Xtrails는 VESDA의 제조사이며 Mr. Knox가 그 회사의 주력제품인 LaserPlus-세계에서 가장 성공적인 조기연기감지기-의 개발을 이끈 회사이다. Mr. Knox는 Xtrail에서 신기술 그룹을 맡고 있으며, 이 글에서는 최신 기술인 OSID를 소개한다.



### 배경

제한된 공간에서의 대규모 개방 공간-경기장, 공항, 철도역, 호텔 등-에서의 화재 감지 설비는 희석된 연기에는 민감하지만 내부공간에 방해받지 않는 화재감지 해법을 요구한다.

이러한 부분에 새로운 접근으로 알려진 OSID(Open-area Smoke Imaging Detection) 일반적이고 민감한 상황들에 사용하기 위해서 개발되고 발전해 왔다.

OSID는 연기입자에 의해서 야기된 광선, 직접적인 경로의 광선의 소멸을 따라 측정하는 것은 동일하지만 이중과장을 이용하고 많은 이미지의 처리 한계를 극복함으로써 기존의 광전식 분리형 연기감지기 보다 추가된 장점이 있다.

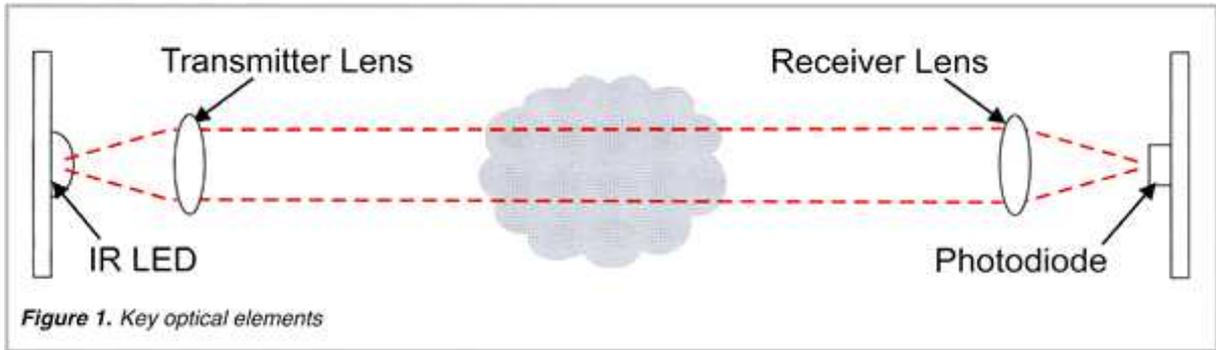


그림 1. 광전식 감지기의 주요 광학적 요소

## 기존의 광전식 분리형 연기감지기(projected beam detector)의 작동이론

광전식 연기 감지기는 모든 종류의 연기 센서를 이해하는 가장 쉬운 방법이라는데 이견이 있다. 광전식 분리형 연기 감지기가 간단한 인간의 관찰과 관계가 있기 때문으로, 즉 연기가 시야를 가리는 상황에서 조명이 어둡해지는 것이다. 본질적으로 빛의 약화(점멸 또는 옴페라고도 함)를 평가하는 일은 안정된 수준에 도달하지 못했으며, 따라서 산란광 감지기의 감도도 안전한 수준에 도달하지 못하는데, 매우 짧은 거리의 경우 특히 그러하다. 따라서 일반적으로 광전식 감지기는 광산란 장비와 마찬가지로 조기 경보 기능이 가능하다고 여겨지지 않는다. 간단히 말하자면 산란 감지기(scattering detector)가 거의 0에 가까운 신호에서 큰 증가를 평가하는 반면 점멸 감지기(extinction detector)는 큰 신호에서 작은 증가를 계산하기 때문에 이러한 일이 나타나는 것이다.

이러한 현상으로 인해 안정성은 낮아지고, 노이즈 입력이 증가한다.

하지만 광전식 감지기를 정확하게 적용한 경우 많은 상황에서 놀라울 정도로 효율적이며, 스폿형 감지기에 비해 운영이 뛰어날 수 있다. 하지만 몇 가지 근본적인 문제가 있어 광전식 감지기는 “후회되는 구매”의 원인이 되고, 대안이 없는 경우 가격적인 면에서 적합한 값싼 제품으로 인식된다.

전통적 광전식 감지기는 송신기와 수신기라는 두 가지 장비를 사용한다. 송신기 안에서 광원(일반적으로 적외선 LED)이 주기적으로 깜박인다. LED의 빛은 렌즈를 통해 타이트 빔(tight beam)에서 집중이 되고, 송신기가 하나의 실의 끝에 탑재되고 다른 끝에

수신기 또는 반사기(reflector)가 설치된 상황(거리는 100m가 될 수 있음)에서 빔이 선형으로 나타날 수 있도록 정교하게 조정이 가능한 구조가 제공된다. 수신기는 또한 빔을 광 센서에 집중시키는 위치 정렬과 렌즈를 갖는데, 일반적으로 실리콘 광전 다이오드가 사용된다. <그림 1>에서는 매우 단순하게 표현한 주요 광학적 요소에 대해 나타내고 있다.

이러한 광전 다이오드의 전기 출력이 증폭되고 측정되어, 송신기와 수신기 사이에 나타난 연기가 원인이 된 신호 감소를 결정하는 것이 가능하다. 일반적으로 송신기와 수신기가 같이 연결되어 광 펄스(light pulse)가 수신기와 함께 동기화된다. 대안적인 설계에서는 송신기와 수신기가 단일의 실에 탑재되고, 원격 반사기에 배치된다. 반사기는 평평한 거울이 아니며(정확하게 배치할 필요가 있기 때문에), 광을 광원 쪽으로 강하게 반사하는 코너 반사기 부품으로 구성된다.

## 기존 광전식 감지기의 문제

전통적 광전식 감지기는 배치가 힘들고 오동작을 하는 경향이 있다고 인식되어 있다. 잘못된 경보는 현수막, 풍선, 빔 경로에 들어간 새, 공기 중의 먼지, 또는 송신기, 수신기 또는 반사기의 광학 표면에 기어 다니는 나방과 같은 곤충에 의해 나타날 수 있다. 온도 변화로 인해 나타난 일반적인 건물의 이동 역시 배치에 영향을 준다. 일반 광전식 감지기는  $0.1^\circ$  까지 정확하게 초기 배치를 필요로 한다.

## 작동의 OSID 원리

세 가지 핵심 설계 아이디어에서 유래한 전통적 광전식 감지기가 제공하는 장점은 다음과 같다.

□ 두 가지 파장의 빛을 사용한다:

- 인간의 가시권 밖에 있는 자외선(UV) 및 적외선(IR)을 사용할 경우 지게차 트럭, 곤충, 먼지 같은 큰 물체가 아닌 실제 연기를 식별하는데 도움이 된다. 따라서 잘못된 경보를 나타낼 가능성이 줄어든다.

- 단일 광전 다이오드가 아닌 다중 픽셀을 사용한 CMOS 이미지(imaging) 칩(디지털 카메라에서 사용하는 것과 유사)을 사용했을 때 다음과 같은 장점이 나타난다:
  - 다중 광원의 사용 (예, 단일 수신기에 있는 여러 빔).
  - 소프트웨어만을 사용한 자동 배치 및 궤적 추적
  - 큰 공간에서 연기의 위치
  
- 독특한 배치 방법
  - 광범위한 수평 및 수직 움직임을 가능하게 하는 “볼 및 소켓(ball and socket)” 본체
  - 간단하고 빠른 배치를 위한 “레이저 스크루드라이버”

## 응용 및 장점



### 간단한 선형 구조

간단한 구조에서, 시스템은 반대편 벽면에 위치하고 서로가 대략적으로 배치된 이미터(emitter)와 이미저(imager)로 구성되어 있다.

<그림 2>는 명쾌하게 설명하기 위한 간단한 도면으로 다시 한 번, 실제 상황에서 이미터의 빔은 +/- 5°의 폭에서 원뿔을 이룬다. 앞으로 자세하게 기술할 배치 장비를 사용하면 이미터를 0.5°로 대략적으로 사전-배치하는 것이 쉽다. 단일 빔 경로에서 시야가 +/-5°인 “망원” 렌즈가 탑재된 이미저가 사용되며, 또한 동일한 도구를 사용하여 이를 쉽게 사전 배치하는 것이 가능하다.

전체 시야가 10°인 렌즈를 사용하면, 시스템의 최대 범위는 ~150m (500 ft)가 된다. 주어진 시야 각도가 수평면이라는 점에 주의할 필요가 있는데, 이는 이미저 칩은 전통적인 14:9 비율이며, 따라서 수직축이 그에 따라 줄어든다. 광학 시스템을 기계적으로 배치할 때보다 좋은 점은 이미저의 시야에 있는 이미터의 이미저 소프트웨어를 사용해 정확한 위치를 자동으로 결정한다는 것이다. 이러한 소프트웨어는 이미저 칩의 활

성화된 표면(active surface) 어디에서든지 나타날 수 있는 이미터의 이미지 위치를 판별한다. 이를 시각화하기 위해, 누군가는 일반 TV 또는 컴퓨터 모니터 스크린에서 그림을 나타내는 것과 같이 이미징 칩의 실제적인 부분을 생각할 수 있을 것이다. 단일 프레임에서는 그림의 밝은 점이 나타나는 것처럼 송신기가 깜빡인다. 또한 소프트웨어를 통해 건물 이동으로 인한 이미지의 향후 재배치를 추적할 수 있으며, 모터 부품을 필요로 하지 않고, 이동으로 인한 잘못된 경보를 제거할 수 있다.

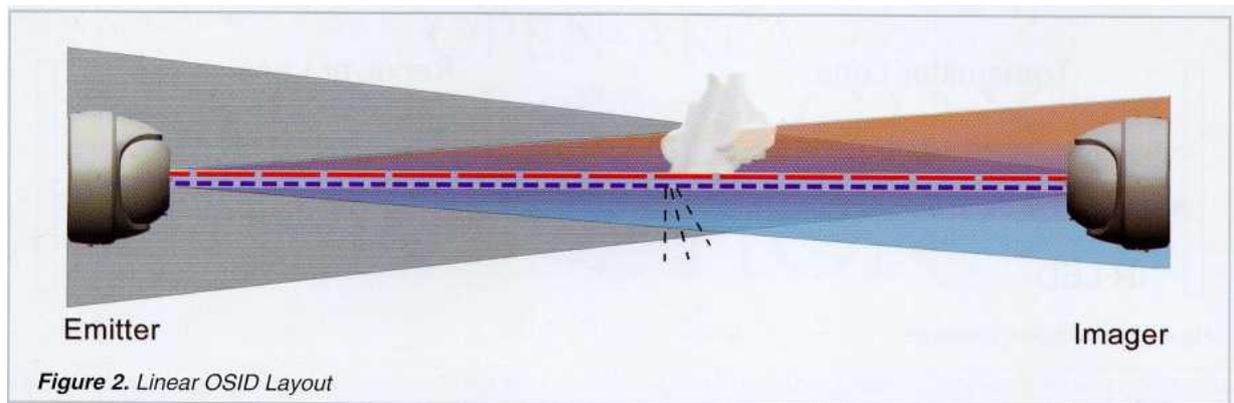


그림 2. 선형 OSID 도면

## 비화재보의 방지

빔에 연기가 들어갈 경우 작은 분자는 IR 광 전송 보다 UV 광 전송을 크게 줄일 수 있으며, 반면 먼지와 물체는 모두에게 동일하게 악영향을 준다. 소프트웨어는 이러한 신호의 강도와 시간에 따른 변화를 관찰하고, 경보를 표시하거나 또는 문제가 되는 환경을 표시할 지 결정할 수 있다. IR 광은 물론 UV 광을 적절하게 사용할 경우 잘못된 경보가 나타날 가능성을 줄이고, 작은 분자 연기에 대한 감도를 강화하는데, 이러한 점은 광학 감지기에서 상당히 낮은 경우가 자주 발생한다.

또한 UV와 IR을 흡수하는 염료(dye)가 있는 깨끗한 소재를 사용하여 현장에서 설비 시험 및 유지관리를 위한 간편한 “무연” 테스트 용지로 사용할 수 있다.

전통적 광전식 감지기 필터는 모든 과장을 흐릿하게 하고, 간단히 화재가 아닌 문제가 있는 상황으로 보고한다.

## 구역 방호(Area Protection)를 위한 다중 이미터

실내를 보호하기 위해, 벽면 주변에 최대 7개의 이미터를 탑재하는 것이 가능하다 (그림 3참조).

이러한 상황에서, 80° 렌즈(수평으로 시야가 +/-40° )를 이미저에 탑재할 수 있다. 시야가 80° 인 렌즈를 사용할 경우, 시스템의 최대 범위는 34m (110 ft)가 된다.

시야가 38° 이고 범위가 70m (220 ft)인 렌즈를 대안으로 생각할 수 있다.

이미터의 전체적 전력 소모가 매우 낮다는 것이 설계에서 중요한 목표인데, 이를 통해 내부 배터리에서 오랜 수명이 가능하다(그러나 배선 버전에서도 이러한 목표가 가능하다). 현대의 리튬 배터리를 사용하면 최대 5년의 수명을 예상할 수 있다. 이미터에 케이블을 연결하는 작업의 필요성을 없앤다는 점에서 설치비용을 감소시킨다. 다중 빔을 설치할 때 오직 이미저와 제어반에만 선으로 연결할 필요가 있다.

이미터 파워를 상승시킬 경우 범위를 추가로 상승할 수 있다. 하이-파워 이미터는 80° 그리고 38° 장비와 비교했을 때 범위가 대략 2배에 이른다.

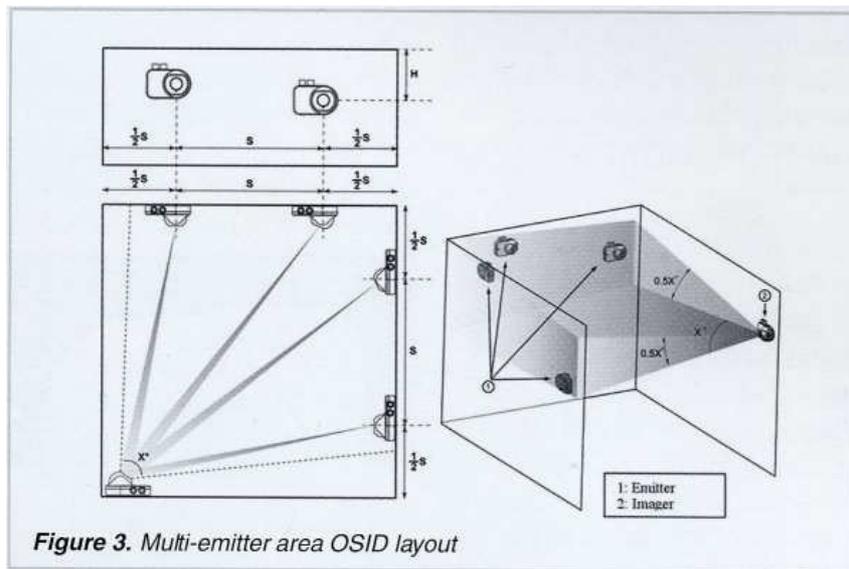


그림 3. 다중 이미터 구역 OSID 도면

## 기술에 대한 세부적인 사항

사전-배치

정확하게 운영하기 위해, 손을 사용해 이미터가 시야 범위 내에 간편하게 설치될 수 있는지 그리고 이미저가 이미터의 와이드 빔의 범위 내에 나타나는지를 확인하는 방법으로 이미저와 이미터를 매우 대략적으로 사전에 배치할 필요가 있다.

여러 가지 방법으로 이를 얻을 수 있지만, 수평으로  $\pm 60^\circ$  수직으로  $\pm 15^\circ$  의 이동 범위를 허락하는 “볼&소켓”본체 내에서 이미터와 이미저 광학 조립을 설치하는 방식을 현재 제품 설계에서 사용하고 있다.

필요한 경우 교대가 가능한데, 예를 들어 계단을 내려다보는 경우가 그러하다. 이런 경우  $90^\circ$  회전 방향에서 본체를 벽면에 간단한 방법으로 탑재한다.

볼 본체는 움직임이 자유롭지만 헥스-키 엔드(hex-key end)를 사용하여 한 장소에 고정할 수 있다. 이러한 도구는 볼의 전면에 있는 조리개(steel-lined aperture)와 관계가 있는데, 이러한 조리개는 이미저 또는 이미터의 광학 중심에 정확하게 배치된다. 장비는 사전-배치 레이저 포인터와 구비되는데, 그 설계는 사전-설정 망원 라이플 사이트(rifle sight)에 사용되는 장비와 유사하다. 레이저 점(laser spot)을 필요한 장소에 설치한 다음(하단에서 자세히 표시), 볼을 한 장소 그리고 이미터 상자의 상자에 고정할 때 그리고 연결할(switch on) 때  $1/4$  방향만큼 회전하는 것이 설치방법이다. 이미터가 탑재되고 또한 고정된 상황에 한해 잠금 구조 스위치의 자석을 통해 리드 스위치를 작동한다. 이러한 점은 배송 및 보관 시 배터리 방전을 방지하고, 또한 장비가 한 장소에 배치되고 고정될 수 있도록 확인시켜 준다. 이러한 배치 및 조임 도구는 “레이저 스크루드라이버”라고 불리기도 한다.

시스템이 긴 범위에서 단일 이미터를 사용할 때, 렌즈의 시야는 수평으로  $10^\circ$  ( $\pm 5^\circ$ ) 가 될 것이다. 이미터의 이미지가 그림의 중앙에 나타나는 것이 바람직하다.  $0.5^\circ$  를 성취하는 것은 쉬우며(60 ft 거리에서 1 ft 정도에 해당), 실제로 사람들은 2인치 원도우에 점을 정확하게 위치시키고자 시간을 불필요하게 소비하는 것을 원하지 않는다.

방 주변에 설치한 다중 이미터에서 시야가  $80^\circ$  그리고  $38^\circ$  인 렌즈를 사용할 때 그리고 높이가 다른 경우, 레이저는 이미터의 중앙을 향하게 된다.

## 이미터 운영

OSID 이미터는 그림 4에서처럼 수많은 중요 요소를 갖고 있다. 두 개(또는 그 이상)

의 LED를 통해 얻은 광은 약  $\pm 5^\circ$  폭의 발산 빔(diverging beam) 내 Fresnel 렌즈/산광기(diffuser)를 통해 프로젝트 빔에 집중된다. UV와 IR 빔 유형 간 차이를 최소화하고, 한 가지 이상의 파장을 방해하는 벌레와 같은 작은 물체를 방지할 수 있도록 LED 칩을 물리적으로 가깝게 하는 것이 요구되는데, 따라서 LED 다이(LED die)는 주문형 패키지 내 면 대 면으로(side-by-side) 탑재된다.

저 파워 마이크로-컨트롤러는 LED에 주의 깊게 정의된 펄스의 시퀀스를 전달하는데, 아래에서 확대할 수 있는 것처럼 이미터에 따라 독특하게 나타난다. 광전 다이오드와 CPU의 내부 A/D 변환기는 각 펄스의 강도를 측정한다. 이러한 측정치는 LED의 온도와 경화 효과를 보충한다. 드라이브 펄스를 다양화하는 방법은 강도를 필요로 하는 만큼 보충한다. 일정한 구동 회로를 사용하는 방법으로, 배터리 전압 및 LED 전방(forward) 전압 변화 효과를 제거한다.

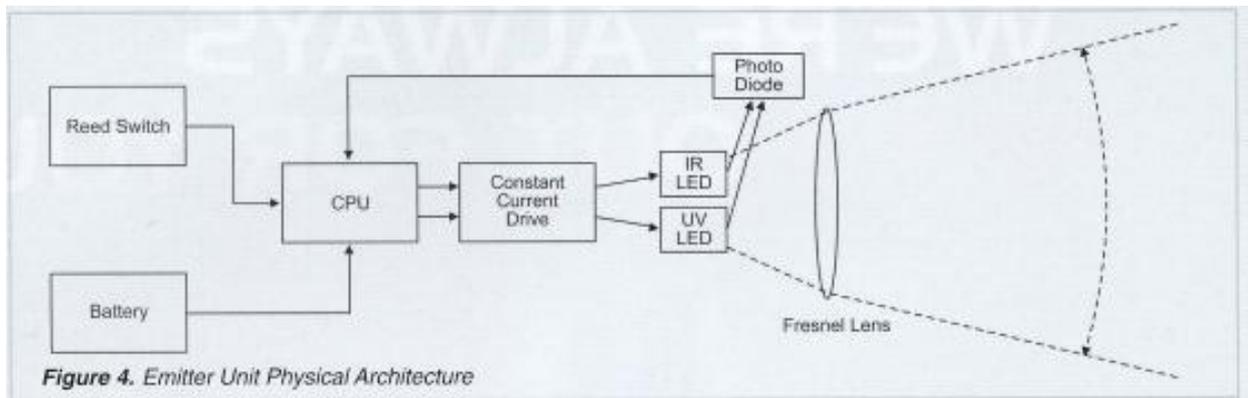


그림 4. 이미터의 구조

## 이미저 운영

필드 와이어 터미네이션 카드(field wiring termination card)를 예외로 했을 때, OSID 이미저 렌즈와 전기는 불 안에 완전하게 탑재되는데, 불은 도구를 사전에 배치할 수 있도록 이동이 가능하다(<그림 5> 참조). 케이블은 전기를 터미네이션 카드에 연결한다. 렌즈는 습도/냉각 응축 환경의 외면에서 응결이 되는 것을 방지할 수 있도록 습도 방지 튜브에 밀봉되고, 히터(optional heater)를 장착한다.

UV 및 IR 파장의 최소 분산(예, 두 가지 파장에서 렌즈의 초점 거리는 거의 동일하다) 그리고 긍정적인 온도 반응 특징을 위해 이미저에 CCTV 유형의 렌즈를 탑재한다.

또한 두 가지 파장을 제외하고 거의 모든 경우 불투명하도록 설계된 채색 유리 필터(dyed glass filter)를 이미저에 탑재한다. 이러한 점은 광범위한 광 환경에서 시스템의 업무 능력을 향상시키는데 도움이 되는데, 완전한 직사광(sunlit scene), 수은 램프 또는 아크-용접과 같은 깜빡이는 광원을 포함한 강력한 인공광이 여기에 해당한다. 그러나 밝은 조명(bright lighting)에 대한 감도와 허용치는 “배경 감산(background subtraction)” 기법에서 유래한다. 원하는 점멸(wanted flash)이 나타나기 바로 이전과 이후 이미터 이미지 주변의 조명 등급을 평가하기 위해 이미지 칩의 매우 빠른 캡처 스피드를 사용하며, 그런 다음 감산을 하는 방법으로, 관계가 없는 배경은 전적으로 사라지게 되는 것이다.

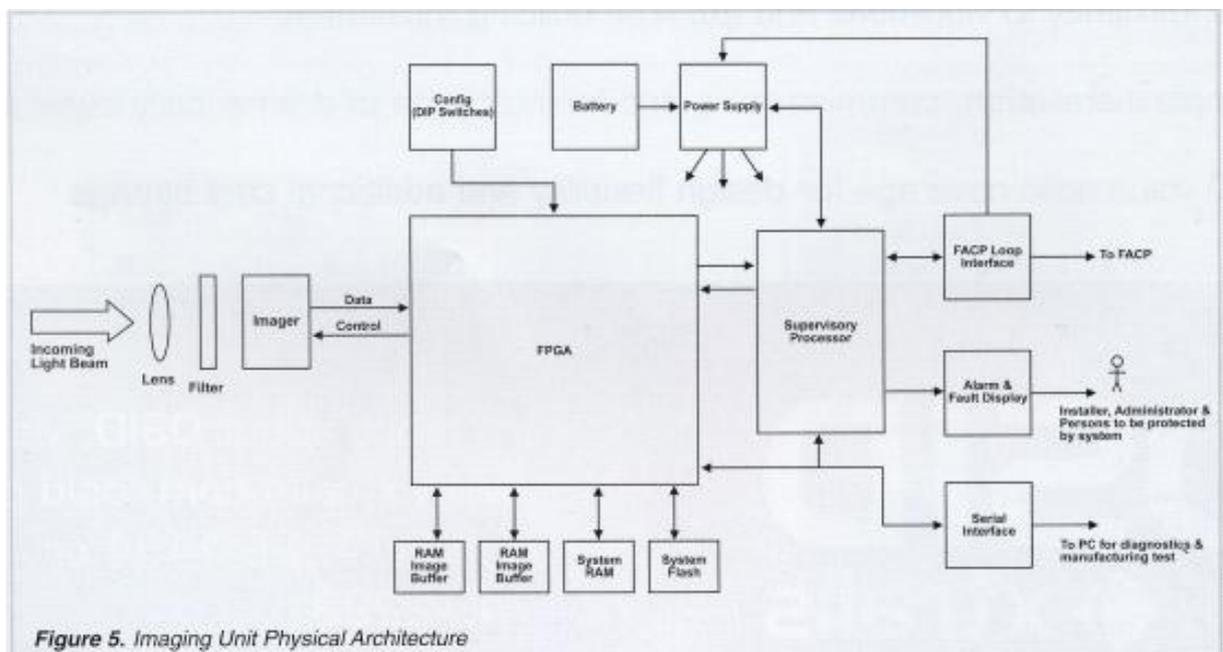


그림 5. 이미징 설비의 구조

## 기술 개발과정의 난관

단순한 광전-다이오드 보다 비디오 이미지 칩을 사용할 때 광전식 감지기에 장점이 있지만, 실제적으로 이러한 기법은 응용에 있어 어려운 점이 있는 것이 사실이다. 초기 단계의 경우 대부분의 화재에서 작은 미립자가 나타나고, 위험 단계가 상승할 때 긴 파장(~850nm 의 IR) 보다는 짧은 파장의 광(~400nm 의 UV)에 반응한다. 이는 광 분산에 관한 Mie 이론의 결과이다. 우발적으로, 이러한 분산 이론은 여전히 점멸 측정

장비에 적용되는데, 빔의 상당수가 실제로 연기에 의해 흡수되지 않고 수신기에 의해 분산되지 않는 것이다. 말하자면 검은 연기는 빛의 대부분을 흡수하는데, 이는 정확히 연기가 검게 보이는 이유이며, 또한 하얀 연기와 검은 연기 모두에 동일한 식별을 제공하기 위해 광-분산 장비와 광-점멸 장비를 보정할 수 없는 이유이기도 하다.

개념적으로, 모노크롬 비디오 이미지 칩은 광 민감 요소의 그리드(grid)일 뿐이며, 각각의 경우가 그림에서 단일 픽셀을 형성하는 광전 다이오드와 같이 활동할 뿐이다. 또한 개별 그림 프레임을 포착하고, 각 픽셀 결과 처리(processing)하고 메모리에 전달하기 위해, 전기회로망과 마이크로-코드를 탑재한다. 디지털 수치로 전환한 다음, 각 픽셀의 신호가 “회색 레벨(grey level)”에서 검은색에서 완전히 밝은 경우로 나타나게 된다. 이상적으로 봤을 때, 각 픽셀은 완전히 어두운 상황인 0 회색 레벨에서부터 최대 1,000 등급까지의 범위로 나타나야 한다. 이 이상으로 나타나면 포화된 경우라 할 수 있는데, 이보다 강한 광 등급을 측정할 수 없기 때문에 이러한 상황은 피해야 한다.

소프트웨어를 처음 시작할 때, 그림 프레임에서 어떠한 이미터가 나타날지 모르기 때문에 조사를 시작한다. 사용되는 CMOS 비디오 이미지 칩은 수십만 픽셀로 이뤄져 있으며, 각 이미터 플래시의 속도는 1/1,000 이하이라는 점에서, 이미터를 발견하는 일(시야에서 최대 7까지가 될 수 있다)은 도전이라 할 수 있다. 그림에서 여러 가지 밝고 다양한 광원이 나타난다는 점이 이를 더욱 어렵게 한다.

시스템은 처음에 이미터가 될 수 있는 지원 광원(candidate light source)을 정의하고, 그런 다음 원하는 광원으로서 확실히 정의된 시간적인 특징을 갖고 있는지 여부를 면밀히 결정한다.

원론적으로 보면 이미저는 한 번에 모든 이미터를 볼 수 있지만, 실제적으로는 부분 프레임만을 빨리 포착할 수 있다. 따라서 타이밍 충돌은 반드시 짧게 일어나야 한다. 한 두 차례 정도로 나타나야지 시스템 운영에 악영향을 주어서는 안 되는 것이다. 이를 위해 모든 단일 이미터는 독특한 코드 식별장치를 갖는데, 이러한 코드 식별장치는 각 플래시 시퀀스에 부착된 데이터 펄스를 통해 이미저와 통신한다. 플래시 시퀀스는 독특하지만 예측이 가능한 방법으로 플래시 시퀀스 타이밍을 “움직이고(jitter)” 따라서 잠금 단계에서 두 개의 장비가 동시에 나타나는 일은 없게 되는 것이다.

## 결론

화재 감지에서 비용과 문제를 최소화하는 방법으로 실제 화재 위험을 제대로 탐지하는 것이 가장 중요한 사항인데, 잘못된 경보가 나타나는 일은 신뢰도에 상처를 줄 것이다. 산업계에서는 먼지, 수증기, 육안으로 보이는 물체와 같은 자극물질(stimuli)을 정확하고 경제적으로 측정하는 한편, 실제 위험에 대해서는 안전하게 반응할 수 있도록 노력하고 있다. 이중 파장 측정방식이 완전한 방법은 아니지만, 주의 깊은 신호 분석 접근방식 및 이미지-기반 자동 배치 개념을 이상적으로 조합할 경우, 좋지 못한 평판을 가지고 있는 이전 기술의 문제점을 상당히 개선할 수 있을 것이다.

---

출처 : Fire Detection & Suppression (Spring 2011 Issue)

번역 : 부산경남지부 사원 윤성한