

다중-센서 감지기의 적용 및 실례

Application and experience of multi-sensor detectors

WALDEMAR OLLIK

1. 서 론

현대식 화재감지설비는 화재를 감지하기 위한 더욱 지능적인 방법을 적용하고 있을 뿐만 아니라, 자동적으로 규정된 프로세스를 따르고 있으며 지상의 비상대응기관에 중요한 정보를 제공한다.

적합한 감지기를 이용한 빠르고 정확한 화재의 조기감지가 최우선의 목표이다. 자동식 감지기의 감지기준은 화재로 인하여 생성된 연소생성물에 의해서 결정된다.

여러 가지 화재감지기의 유형별 감지방법은 다음과 같다.

- 광전식 연기감지기는 화재로 인하여 발생된 눈에 보이는 연기 입자를 감지한다.
- 열감지기는 온도차를 감지한다.
- 이온화식 연기감지기는 가장 작은 연기 입자와 눈에 보이지 않는 에어로졸을 감지한다.

다중-기준 화재감지기로 알려져 있는 현대식 다중-센서 감지기는 광전식 연기감지기, 열감지기, 이온화식 연기감지기 또는 가스 센서를 복합적으로 사용하여 간접요인을 감지할 수 있다. 또한 이들 감지기는 섬광등, 음향 또는 음성 경보를 발할 수 있다.

화재감지설비의 목적은 화재의 초기 단계에서 화재를 감지하고 경보를 발하는 것이다. 화재의 초기 상황에서부터 화재는 화재의 성장에 관한 여러 가지 영향을 갖는 다양한 조건에 노출된다. 화재 원인, 가연성 물질과 공기 공급의 상호작용은 혼소하는 화재, 나화 또는 이들 두 가지의 조합을 발생시킬 수 있다. 연소과정은 온도, 연소가스와 연기를 발생한다. 후자는 가연성 물질과 화재의 진행에 따라 눈에 보이지 않는 에어로졸로부터 다양한 형태의 검은색 그을음 연기를 가져올 수 있다. 화재감지기는 신속하고도 신뢰성 있게 화재 성장에 관한 다양한 화재현상특성을 감지할 수 있어야 한다.

2. 다중-센서 감지기의 유형, 구조 및 특수한 특징

가장 널리 사용되는 자동식 스포트형 화재감지기 유형은 개략적으로 연기감지기와 열감지기의 두 가지 그룹으로 나눌 수 있다. 이들 감지기에는 한계값을 감시하는 재래식 감지기, 여러 개의 집적센서와 지능형 측정값 처리 기능을 갖춘 지능형 다중처리 감지기 및

다중-기준 화재감지기가 있다.

한계값 감시형은 감지 한계에 대해서 미리 설정한 한계값을 가지고 있으며, 이 한계값을 초과하는 때는 방재센터에 경보신호가 전송된다. 일반적으로 지능형 화재감지기는 프로세스-기반 측정값 처리과정을 포함하며 다중처리 프로토콜을 통하여 방재센터에 측정값이나 또는 상태를 송신한다.

가장 인기 있는 연기감지기는 산란광 원리 또는 이온화 원리에 의하여 작동한다. 이들 감지기는 상이한 물리적 과정을 포함하고 있기 때문에 기타 에어로졸에 대해서 또한 작동한다.

2.1 단일-기준 감지기

2.1.1 열감지기

열감지기는 화재로 인한 온도의 상승을 감지한다. 실제로 열감지기는 연기감지기에 의해서 감시할 수 없는 장소에서 사용된다. 이러한 유형의 감지기는 상이한 평가방법을 이용하여 다음의 두 가지로 분류할 수 있다.

○ 정온식 열감지기

○ 보상식 열감지기

정온식 열감지기는 미리 설정된 온도를 초과할 때 경보를 받으며, 작동온도는 정상적인 난방 또는 직사광선으로 인한 온도 상승에 대해서 감지기가 작동하는 것을 방지하기 위해서 정상적인 주위 온도보다 상당히 높아야 한다.

보상식 열감지기는 또한 온도의 최대값뿐만 아니라 온도의 상승률을 평가한다.

2.1.1.1 차동식 감지기

차동식 감지기의 장점은 온도 변동이 작거나 느린 조건에서 사용된다는 점이다. 작업조건상 연기 또는 이와 유사한 에어로졸이 체류하는 곳에 적합하지만, 또한 경보를 발할 경우에 화재를 노출시키고 급격하게 확산시킬 리스크를 가지고 있다.

단점은 열감지기가 온도가 매우 빠르게 상승하는 경우에만 작동하거나 또는 정온식 작동 온도를 초과하는 경우에만 작동한다는 점이다. 예를 들면, 열감지기는 백열(白熱)하거나 또는 훈소하는 화재를 감지할 수 없다.

2.1.1.2 정온식 감지기

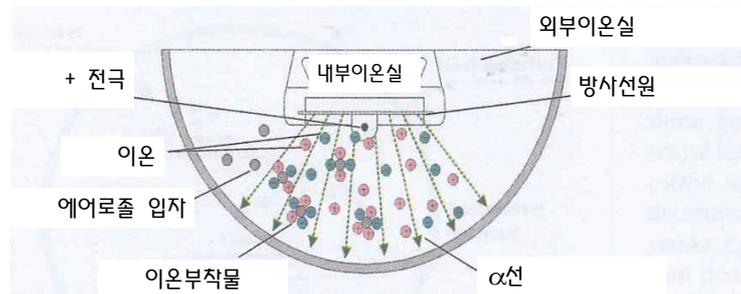
정온식 감지기의 장점은 온도 변동이 크고 기준 온도를 초과하는 것이 경보로 직결되어야 하는 장소에서 사용된다는 점이다. 단점은 측정 온도가 특정 시간동안 기준 값을 초과하는 경우에만 경보 신호를 발한다는 것이다.

2.1.2 이온화식 감지기

센서 챔버 내의 공기는 5 kBq (Becquerel) 미만의 방사능을 갖는 α 선 Am 241 (아메리슘 241)의 저밀도 방사성 화합물에 의해 이온화되어 있다. 전압은 규정된 전류 흐름이 발생하도록 편 전극에 인가된다. 미세한 화재 에어로졸이 이온에 부착되면 전류 흐름이 감소된다. 변화된 신호는 정보 판단기준에 의해 평가된다.

이온화식 연기감지기는 흑색 에어로졸과 백색 에어로졸 모두를 효과적으로 식별할 수 있으며, 또한 눈에 보이지 않는 화재 에어로졸을 감지할 수 있다.

이온화식 감지기의 단점은 측정값이 기류에 크게 의존하고, 설비는 일반적으로 방사성 핵종(核種)인 이온화 방사성 물질을 필요로 한다.



[그림 1] 이온화식 연기감지기

2.1.3 광전식 연기감지기

산란광 원리를 이용하는 광전식 연기감지기는 발광부 LED와 수광부 포토다이오드로 구성되어 있으며, 이들 다이오드는 서로 스크린에 의해서 광학적으로 분리된 규정된 각도로 배열되어 있다.

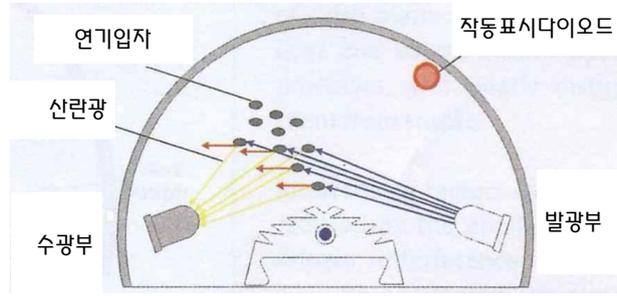
화재의 경우, 발광부 LED로부터 광선의 일부는 화재 에어로졸 입자가 감지기에 유입될 때 수광부에서 널리 산란하게 되고, 이 산란광은 수광부에서 신호를 증가시키며 인입하는 신호가 평가된다.

광전식 감지기는 특히 눈에 보이는 연기에 대해서 잘 작동하고 풍속이 높은 경우에 화재를 신뢰성있게 감지할 수 있다. 감지기는 특히 플라스틱 화재 또는 연기를 발산하는 액체 화재와 같은 혼소하는 화재, 백색 연기, 나화의 감지에 적합하다.

광전식 감지기의 단점은 액적의 형성을 촉진하는 안개 또는 습기에 민감하기 때문에 감지기의 챔버에 곤충 등의 침입으로 비화재보를 발생할 수 있다는 점이다. 광전식 센서는 눈에 보이는 에어로졸을 감지할 수 있을 뿐이다.

단일-센서 화재감지기의 장점과 단점으로 인해 다중-기준 화재감지에 대한 필요가 비교적 조기에 대두되었다.

그러나 이것은 부품산업에서의 마이크로프로세서 기술의 급속한 발전과 생산 영역에서의 표면실장소자(SMD; Surface-Mount Device) 기술의 도입 이후에야 실현 가능하게 되었다.



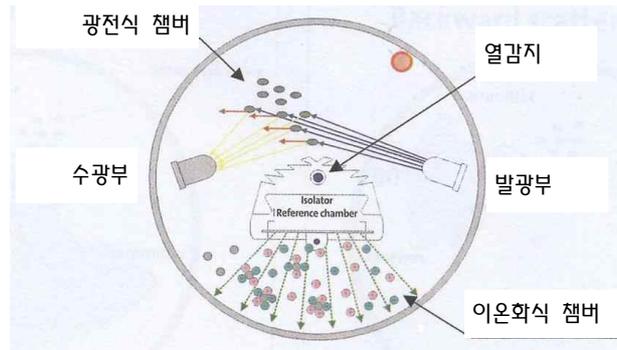
[그림 2] 광전식 연기감지기

2.2 다중-센서 감지기

2.2.1 OTI 감지기

최초의 다중-센서 감지기는 세 가지의 상이한 센서들이 내장되어 있는 OTI 다중-센서 감지기였다. 이것은 1990년의 Security Fair에서 OT 다중-센서 감지기로서 소개되었다.

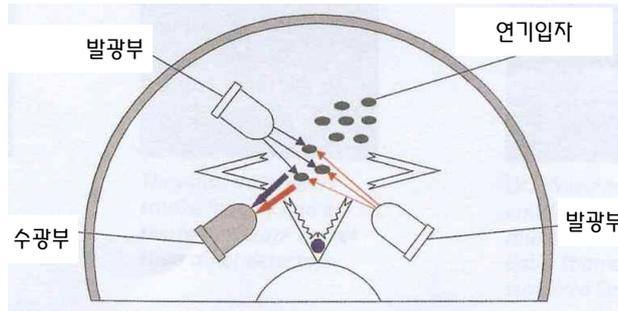
OTI 다중-센서 감지기는 광전식 연기감지기, 열감지기 및 이온화식 감지기(OTI = 광전식, 열 및 이온화식 센서)로 구성되어 있다. 개별 센서의 입력값들은 경보의 판정을 하기 전에 기록되고 복잡한 알고리즘을 이용하여 서로 비교된다. 이러한 착안은 수집된 정보의 범위가 넓을수록 화재가 실제로 성장하였는지에 대한 감지의 신뢰성이 높아진다는 사실과 관련이 있다.



[그림 3] OTI 다중-센서 감지기

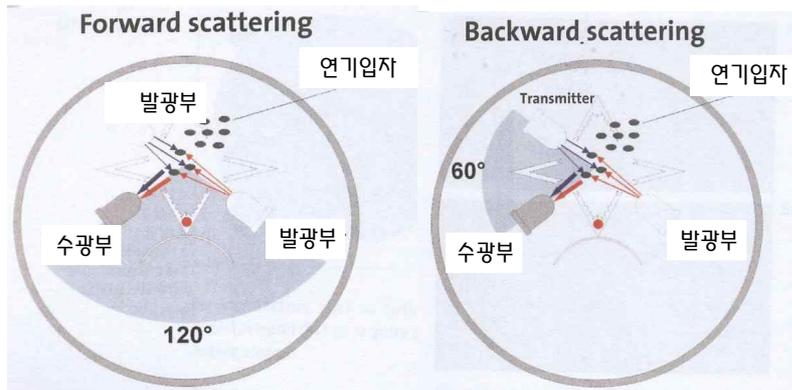
2.2.2 O²T 감지기

다중-센서 감지기의 개발에 있어서 또 하나의 획기적인 사건은 2000년에 개발된 O²T 감지기이다. OTI 감지기처럼 O²T 감지기는 세 가지의 상이한 센서, 즉 두 개의 광전식 연기감지기 (O²)와 하나의 열센서 (T)를 이용하고 있다.



[그림 4] O²T 다중-센서 감지기

재래식 산란광 감지기에 비해 O²T 감지기가 갖는 장점은 이중 각도 기술이다. 가장 널리 쓰이는 산란광 감지기는 파장 범위가 800 nm 내지 1 μm의 범위를 갖는 적외선을 이용한다. 빛은 IR 발광 다이오드에 의해서 발산되고 산란광은 이러한 파장 길이에 맞춰진 수광부에서 계측된다. 기본적으로 산란광 감지기는 감지기 외함의 구조와 산란하는 각도의 선택에 따라 달라진다. 대부분의 산란광 감지기는 90°~180° 사이의 산란하는 각도 범위 내에서 작동한다. 0°~90° 사이의 범위를 역방향 산란이라 부르는 반면, 이 범위는 순방향 산란이라 한다. 180°에 가까워질수록 필요한 신호가 증가한다. 산란 각도가 커지면 백색 연기에 대해서 좀 더 높은 신호 수득률을 산출하지만, 흑색 연기에 대한 신호 수득률은 10배 정도 낮다. 90° 미만의 산란하는 각도, 즉 역방향 산란의 경우, 전체 신호 수득률은 감소한다. 이때 흑색 연기와 백색 연기간의 차이는 10배 미만이다. 따라서 백색 연기의 유형과 흑색 연기의 유형간의 차이는 좀 더 작아졌다. 입자, 분진 또는 염분 결정체는 역방향 산란을 이용하는 감지기에서 상당한 역방향 산란 신호를 발생한다. 이러한 현상은 이들 감지기에서 문제를 일으키며 비화재보의 원인이 될 수 있다.



좌측 [그림 5] 대량의 순방향 산란에 의하여 크게 개선된 백색 에어로졸에 대한 신호 감지

우측 [그림 6] 대량의 역방향 산란에 의하여 크게 개선된 흑색 에어로졸에 대한 신호 감지

대부분의 광전식 연기감지기는 90°를 초과하는 산란하는 각도를 이용한다.

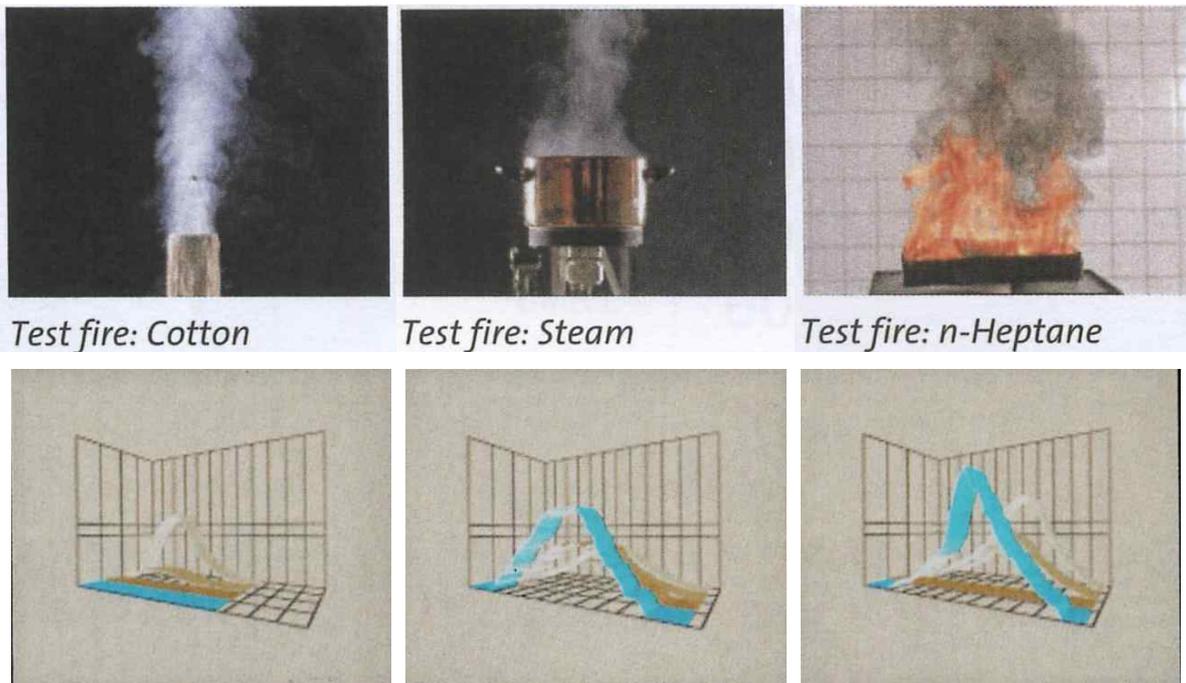
이러한 이유로 인하여, 현대식 산란광 감지기는 액체 (예를 들면, 디젤, 오일, 석유 및 중질 또는 일반 탄화수소 화합물) 화재에서 발생하는 흑색 연기를 감지하는 데 있어서 백열 또는 훈소화재(예를 들면, 목재 또는 면직물)에 의해서 생성된 백색 에어로졸의 경우와 같이 효과적일 수는 없다. 산란광 감지기는 때를 맞추어 경보장치가 작동하는 것을 보장하기 위해서 백색 연기(예를 들면, 훈소화재)에 매우 민감하다. 결과적으로, 스팀, 담

배 연기, 공정의 운전에 의해서 방출된 증기, 분진, 공정용 에어로졸, 배기가스 및 고온의 기름기 많은 증기와 같은 백색 에어로졸은 비화재보를 야기할 수 있다.

어떤 산란각을 선택하더라도, 단일 신호만을 가지고 여러 가지 유형의 연기를 식별하는 것은 불가능하다. 그렇지만, 이러한 식별은 비화재보율을 개선하기 위해 필요하다. 기존의 감지기는 가장 감지하기 어려운 에어로졸에 기준이 맞춰지므로 이러한 식별이 불가능하다.

O²T 다중-센서 감지기는 상이한 각도에서 작동하는 두 개의 산란광 신호를 이용하여 이러한 문제를 해결한다. 하나의 산란광 경로는 밝은 색의 에어로졸을 감지하기에 매우 효과적이고, 다른 하나는 어두운 색의 에어로졸을 감지하기에 매우 효과적이도록 발광부가 배열되어 있다. 여러 가지 유형의 연기는 각 경로에서 측정된 결과를 서로 상호 계산하여 식별할 수 있다. 연기 유형은 감지기 내에 설치된 마이크로프로세서에 의해서 식별될 수 있다. 결과는 실질적으로 여러가지 에어로졸이 존재하는 상태에서 일정한 민감도를 나타내며, 결과적인 민감도가 재래식 산란광 감지기의 민감도보다 훨씬 낮으므로 비화재보율이 훨씬 낮다. O²T 감지기에서의 이중 각도 기술의 적용은 특정한 비화재보의 원인(스팀 또는 분진 및 운전 중인 공정으로부터 발생하는 증기, 그리고 연기와 명확히 구별되는)을 확인하는 것을 가능하게 만들었다.

간섭요인은 알고리즘 적용으로 더욱 감소할 수 있다. 알려진 간섭요인은 매개변수화에 의해서 완전히 제거시킬 수 있다. 이러한 특징은 재래식 산란광 감지기에서는 추가적인 열 구성요소(OT 감지기)를 장치하였더라도 감지기의 “광학적 1차원성” 때문에 불가능하다.



Test fire: Cotton

Test fire: Steam

Test fire: n-Heptane

재래식 산란광감지기와 달리, 짙은 연기에 있어 다른 감지기 재래식 산란광감지기보다 더 O²T감지기는 증기에 노출될 때에 비해 더 빠르고 신속하게 빠르게 신속하게 밝은색의 연기 경보가 작동되지 않음. 경보가 작동됨. 기를 감지함.

[그림 7] 다양한 시험 화재를 사용한 시험 중 O²T 다중-센서 감지기에 의한 감지

2.2.3 OTG 감지기

거의 모든 화재는 화재의 초기 단계에 무색무취의 독성 가스인 CO를 발생시킨다. 연기 중독은 화재 피해자들이 가장 흔하게 당하는 부상이다. 모든 화재 피해자 중의 95%는 화재의 훈소 단계에 연기 중독피해를 입는다. 이러한 리스크는 특히 야간에 높으며, 대부분의 피해자는 수면상태에서 질식된다. 지금까지의 화재 피해자에 대한 조사에 따르면 CO 가스가 사망의 주요 원인이었던 것으로 나타났다.

연기 및 열 센서 이외에 OTG 다중-센서 감지기는 또한 내장 CO 감지기를 갖고 있다. 연소가스의 조기 감지를 통하여, OTG 감지기는 연소가스가 눈에 보이기 이전에 화재를 감지할 수 있다. 이러한 설비는 또한 생명을 위협하는 무취의 CO 농도를 감지할 때 경보 장치를 작동시킬 수 있다.

2.2.4 OT^{blue} 감지기

이러한 유형의 감지기는 적외선 광원 대신에 매우 짧은 파장의 빛을 발산하는 청색 다이오드를 이용한다. 매우 짧은 파장은 인간의 눈에 보이지 않는 더욱 작은 입자의 감지를 가능하게 한다.

OT^{blue} 감지기는 일반적으로 이온화식 감지기에 의해 감시되는 장소에서 이용될 수 있다. OT^{blue} 감지기는 액체 화재, 목재 나화, 눈에 보이지 않는 에어로졸 및 이온화식 감지기에 의해서만 감지될 수 있는 입자도 감지할 수 있다. 이온화식 감지기에 비교해서 OT^{blue} 감지기는 간섭요인(기류와 습기)에 더 잘 견디며, 방사선원소를 필요로 하지 않는다.

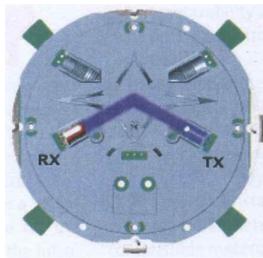
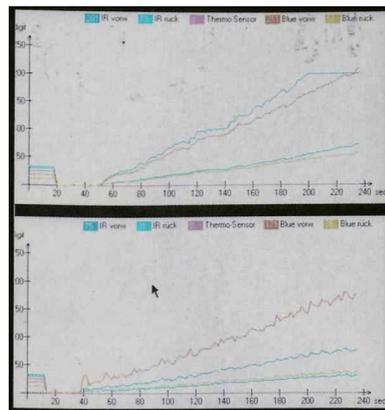


그림 8) OT^{blue}감지기



파라핀 오일 미스트

⇒ 큰 입자

- 청색 및 자외선 광선에 비슷한 작동
- 자외선쪽에 약간 높은 감도

훈소하는 면직물 화재

⇒ 작은 입자

- 작동에 상당한 차이가 있음
- 청색 광선에 감도가 3배 높음
- 이러한 비율은 훨씬 작은 입자의 경우에 더욱 명확해졌음

그림 9) 청색 다이오드를 재래식 자외선 LED를 갖춘 광전식 연기감지기과 비교한 광전식 연기감지기의 장점

3. 다중-기준 화재감지기의 장점

성능 및 비용에 관한 마이크로프로세서 기술의 발달은 화재감지기에 마이크로프로세서를 내장할 수 있도록 하는 결과를 가져왔다. 그 결과 처음으로 여러 가지 센서를 하나의

다중-기준 화재감지기에 내장시킬 수 있다. 또한, 이를 통해 스포트형 화재감지기에 지능형 측정값 처리가 가능하게 되었다.

결과적으로 재래식 감지기에 비해 얻어지는 장점에는 다음 사항이 포함된다.

- 간섭효과는 다양한 방법을 통해 원시 측정값으로부터 억제 또는 여과하여 제거할 수 있음.
- 프로세서-제어식 분산신호처리
- 지능형 알고리즘을 바탕으로 한 경보 판정
- 화재현상특성에 대한 형상 인지
- 여러 가지 주변 조건에 대한 감지기의 자동 조정
- 작동 값의 추적
- 전자 및 센서 계통의 최적 자가진단
- 센서 오염의 조기 감지 → 비화재보의 예방
- 유지관리 자동 요구
- 매개변수화 능력과 이로부터의 주위 조건에 대한 최적 센서 조정
- 작동조건에 따른 상이한 매개변수 집합을 시간-제어방식으로 전환
- 센서는 개별적으로 또는 집단적으로 평가될 수 있다.
- 여러 가지 가연성 물질의 감지에 대해 실질적으로 일정한 감도
- 간섭요인의 부분적 억제

다중-기준 화재감지기의 장점은 조기 화재방호와 비화재보의 현격한 감소에 의해서 입증되었다.

이러한 주장에 대해서 뒷받침하는 증거가 있을까? 불행하게도, 비화재보의 발생에 관한 다중-기준 화재감지기를 평가할 수 있는 통계적인 자료는 존재하지 않는다.

비화재보 및 경보장치의 오동작에 관한 소방대의 통계자료에 따르면, 화재감지설비의 적용의 지속적인 증가에도 불구하고 비화재보의 발생건수는 일정하게 유지되고 있거나 일정 수준 낮아졌다. (자료출처: "False Alarm Statistics on Fire Detection Systems", Jürgen Weiß, VdS conference on 9 Dec. 2004) 다중-기준 화재감지기는 이러한 긍정적인 변화에서 확실하게 중요한 역할을 하고 있다. 화재감지설비의 신뢰성 향상은 여러 가지 범주로 나누어볼 수 있다.

- 장치 및 설치 기준이나 시방서 (DIN EN 54 equipment standard, DIN VDE 0833 system development, DIN 14675 Planning - Installation - Maintenance)
- 전체 설비에 대한 더 높은 수준의 이용 가능한 기술
- 보다 전문적인 설비 계획 및 설치
- 고품질 유지관리 작업은 설비의 작동시간 중의 신뢰성을 증가시킨다.

4. 실제적인 사례 : O²T 감지기의 적용 분야

O²T 감지기에 대한 대표적인 적용 분야는 다음과 같다.

- 천장이 높고, 생산 공정 및 기계류를 사용(예를 들면, 지게차)하는 동안에 분진 또는 에어로졸을 형성하는 공장
- 무대 장치와 다양한 활동(예를 들면, 연무기 및 연기 발생)이 변화하는 대규모 행사
- 스팀과 조리용 증기를 이용하는 산업용 주방

각각의 대상은 재래식 산란광 감지기가 비화재보를 일으킬 수 있는 특수한 간섭요인에 노출되어 있다. (예를 들면, 인쇄공장의 페이퍼 롤, 제지공장, 호텔방의 샤워실로부터의 스팀 및 박물관의 가습기로부터의 미립자)

5. 발전가능성

화재가 연기, 열 및 화염을 생성할 뿐만 아니라 연소가스도 생성하는 것은 알려져 있다. 연소가스는 연기와 열이 성장하기 이전의 화재의 초기 단계에서 생성되므로 발화 직후의 화재 감지가 가능하고, 그 결과로서 소중한 소화활동시간을 더 많이 확보할 수 있다.

가스 센서를 갖춘 첫 번째 설비는 이미 이용 가능하다. 예를 들면, 앞에서 설명된 것으로 CO를 감지하는 전기화학전지를 갖춘 OTG 다중-기준 화재감지기가 있다. 기타 가스는 적합한 센서를 이용하여 측정될 수 있지만, 그 결과는 개별 연소가스의 선택적인 감지에 불과하다. 화재는 특정 연소가스 혼합기체를 바탕으로 하고 있으며, 또는 상이한 농도의 여러 가지 가스를 함유하고 있는 연소가스 형상이다. 전자 코(electronic nose)라고 불리는 다중-가스 센서 설비의 목적은 이들 가스들을 명확하게 식별하는 것이다.

특성을 어떻게 처리할 것인가를 우리에게 나타내는 많은 사례가 있다.

- 인간은 냄새를 감지하고 식별할 수 있다. 사람은 화재를 보지 않고도 화재의 위험을 알아챌 수 있다.
- 비단벌레(Black Fire Beetle [*Melanophila acuminata*])는 타고난 다중-기준 화재감지기를 가지고 있다. 이러한 벌레는 먼 거리에서도 구아야콜(guaiacol; 무색·담황색의 유상(油狀) 액체, 크레오소트의 성분; 분석시약·방부제)의 냄새를 맡을 수 있으며, IR 센서를 이용하여 머리를 화재의 위치로 향하게 한다.

연소가스의 냄새를 식별하는 기술은 미래의 화재감지기 개발이 직면하고 있는 많은 어려운 과제 중의 하나이다.

출처 : S+S Report VdS Journal (2008. 4)

번역 : 대전충청지부 손영진 부장