

제198호

2010. 10

위험관리정보

□ 방재정보

✓ 터널 화재예방(Tunnel Fire Protection) / 1

✓ 지유가오파역 및 무사시코스역 주변의 사벽열화 조사 / 9

□ 신착자료 목록 / 16

□ 안내

✓ 판매도서 안내 / 20

 **한국화재보험협회**

WWW.KFPA.OR.KR

터널 화재예방(Tunnel Fire Protection)

Ian Buchanan

(Ian Buchanan은 영국 Spectrex사의 매니저이다. 그는 산업용 화재 및 가스감지설비 분야에서 30년 이상의 경력을 가진 엔지니어다.)

Spectrex사는 재해 감지 및 진압분야에서 세계적인 선두기업으로, 위험성이 높은 산업설비와 상업용 건물에 설치하는 최고수준의 불꽃감지기와 개방형 가스감지기를 개발한다.)

터널 및 지하철과 같은 지하교통시설에서 화재가 발생하면 짧은 시간 안에 대형 사고로 발전하므로 감지설비와 진압설비의 효과적인 작동을 통해 화재를 제어하는 것이 필요하다. 터널 안에서 발생한 소형 화재는 자연대류, 환기시설 및 차량 등에 의한 바람의 영향으로 급속하게 확산될 수 있다. 연기의 빠른 확산과 큰 열 방출은 즉각적인 인명피해를 야기할 수 있지만, 이러한 사실은 종종 간과되어지곤 한다.

세계적으로 지난 15년간 수많은 터널에서 대형화재가 발생했다. 터널사고의 대부분은 위험물로 분류되지 않은 가연성물질을 운반하는 차량에 의해 발생한 사고였다. 이 화재들로부터 발생한 화염과 열은 연료탱크에 발생한 화재와 비슷하였고, 심각한 인명피해를 야기하며 또한 터널구조에 심각한 피해를 발생시켰다. 지난 십년동안 유럽의 도로 및 철도 터널 안에서는 10건 이상의 화재가 발생했다. 2년간 몽블랑(Mont Blanc), 타우에른(Tauern), 카프룬(kaprun), 고타르(Gotthard) 터널 안에서 발생한 화재는 총 4건으로, 이 화재로 인해 총 221명의 인명피해가 발생했다. 이 일련의 사고로 터널 안에 빠르고 신뢰성이 높은 화재감지설비의 설치에 대한 필요성이 대두되었다.

충돌차량의 연료누출에 의한 화재는 빠르게 성장할 수 있으며, 짧은 시간 안에 최대열 방출율에 도달할 수 있다. 빠르게 성장하는 화재는 다른 차량으로 확산되고, 연료탱크와 다른 가연물에 착화될 수 있다. 따라서 대형화재로 성장하기 전 단계에서 화재의 초기 감지를 통한 조기 진압이 필요하다.

터널안의 다른 화재형태로는 전기적인 고장, 결함이 있는 연료운송설비, 배연설비의 고장으로 발생한 이동 중인 차량의 화재이다. 이러한 화재는 초기에는 작은 편이며, 천천히 성장한다. 그러나 화재가 작은 때 감지하는 것은 중요하다. 이 글에서는 초기에 화재를 감지하고, 적절한 방호설비를 자동적으로 연동시킬 수 있는 광학화재감지기를 검토한다.

터널 안에서의 광학화재감지

여러 국제 프로젝트를 통해 도로상 터널의 방호를 위한 화재감지기술의 성능요소에 대해 연구가 이루어졌다. 프로젝트의 목적은 화재 및 연기감지설비의 성능기준을 개발하고, 기술사양을 최적화하며, 설치 시 요구사항을 최적화하는 것이다. 5가지의 주요 화재감지기술이 터널에 사용하기 적합한 기술로 판단되었으며, 이러한 감지기술은 다음과 같다.

1. 반도체회로 소자인 서미스터 타입, 열에 민감한 폴리머 타입, 광섬유 케이블, 뉴매틱 타입 등 다양한 열감지장치를 이용하여 화재로부터 방출된 열을 감지하는 감지선형 열감지기
2. 연기와 연기유동을 분석하는 연기감지기 및 영상연기감지설비
3. 빠른 화재 감지를 위해 전자광학센서를 이용하여 화재에서 방출된 방사를 감지하는 삼파장 적외선식 광학불꽃감지기
4. 화재의 크기와 위치를 확인하는 CCTV 화재감지기
5. 특정온도에서 작동하는 정온식 스포트형 열감지기

삼파장 적외선식 불꽃감지기술

(Triple Infrared(IR3) Flame Detection Technology)

지난 십년간 화재감지기술 분야에서 가장 획기적인 발전을 이룬 분야 중 한가지분야가 바로 삼파장 적외선기술 분야이다. 이 기술은 동시에 3가지 센서를 통해 화재감시지역을 모니터링하여 화재를 감지한다. 첫 번째 센서는 CO2 방사영역을 포함하는 스펙트럼영역대의 방사에 대해 감지하고, 두 번째 센서는 CO2 방사영역보다 낮은 파장을 포함하는 스펙트럼영역의 방사를 감지하고, 세 번째 센서는 CO2방사영역보다 높은 파장을 포함하는 스펙트럼영역의 방사를 감지한다. 감지된 신호는 감지된 영역의 비율

과 상호관계에 대한 수학적 분석이 이루어진다. 이러한 스펙트럼 분석은 화재가 아닌 흑체와 회색체 방사와 같은 방사원에 대한 끊임없는 분석과 조정을 통해 오경보를 방지한다. 또한 비화재보에 대한 높은 신뢰도를 가진 삼파장 적외선 기술은 화재감지의 감도도 높아서 기존의 표준화된 감지기의 감지영역보다 더 넓은 영역을 감지할 수 있다.

높은 신뢰성과 넓은 감지영역이란 장점으로 삼파장 적외선감지기는 위험성이 높고, 고가 시설이 있는 산업현장에서 주로 사용되고 있다. 예를 들어 정유 및 가스공장, 석유 화학 및 종합화학공장, 비행기 격납고, 대형 창고, 위험물탱크, 자동차공장, 쓰레기 및 폐기물처리시설, 기반시설인 도로터널, 유적시설, 대체연료생산 등 신규산업, 수소, 알콜류 등 저장시설의 장소에 삼파장 적외선감지기가 적용되고 있다. 도로터널을 통한 자동차 또는 철도차량의 연료수송으로 터널에는 높은 화재위험성이 잠재되고, 이러한 위험을 방호하기 위해 빠르고 신뢰성 높은 화재감지시설이 필요하다.

화염에 의해 방출되는 적외선의 방사는 고온의 이산화탄소에서만 나타나는 고유한 특성이 아니다. 예를 들어 수소를 구성요소로 가진 많은 연료가 연소할 때 수증기를 생성하고, 이산화탄소처럼 수증기는 고유한 적외선방사스펙트럼을 가지고 있다. 물의 방사스펙트럼영역은 대략 2.3μ 에서 3.5μ 이다. 화염은 또한 다른 많은 적외선파장을 방출할 수 있다. 탄소를 함유하지 않은 연료의 연소에서 생성된 적외선 방사스펙트럼은 탄소를 함유한 연료의 연소에 의해 생성된 적외선 방사스펙트럼과 다르다. 연료의 연소에 따른 방사최대치에 대한 스펙트럼분석과 이러한 파장을 감지할 수 있는 적절한 센서의 선택은 불꽃감지기가 화재를 적절하게 감지하는데 있어서 중요한 요소이다. 수많은 인화성 액체류, 산류, 산화금속류는 4.4μ 의 이산화탄소최대치와 다른 다양한 방사최대치를 보인다. 따라서 한 가지 방사최대치에 대한 분석은 신뢰성이 낮다. 삼파장 적외선식 불꽃감지기는 방사최대치와 관련된 중요한 영역의 방사를 측정하고, 추가적으로 최대치에 인접한 2개의 낮은 영역을 분석한다.

광학불꽃감지기술에서 중요한 문제점은 화재가 아닌 열원, 예를 들어 사람 또는 동물, 직접적 또는 간접적으로 수광된 태양광, 그리고 다양한 형태의 인공조명에 의해 생성된 스펙트럼이 화염에 의해 생성된 스펙트럼과 비슷할 수 있다는 것이다. 표준 광학감지기는 이러한 요소로부터 방사된 적외선을 잘못 분석하여 오경보를 만들 수 있다. 그러나, 화재가 아닌 원인에 의한 방사를 단순히 무시하거나, 여과하는 조치는 실제 화재

시 문제를 발생시킬 수 있다.

최신 스펙트럼분석 방법은 흑체곡선과 유사한 스펙트럼을 제거하며, 다양한 방사영역을 분석하고, 방사최대치의 부재를 확인하고, 일부 범위를 여과시키는 것이다. 모든 오경보원이 단순히 흑체에 의한 복사로 가정된다 할지라도, 흑체의 온도는 매우 다를 수 있다. 태양은 흑체 온도로 약 5,500 °C 정도인 반면, 일상 공간에서 물건의 흑체온도는 약 30 °C이다. CO2 방사최대치 안에 다양한 센서를 적용하고, 삼파장 적외선 수치분석을 사용하여 최대치 밖의 방사영역과 비교하는 것은 가스불꽃과 같은 화재에서 감도를 증가시킬 수 있다.

그리고 대부분의 최신 삼파장 적외선감지기에는 동결, 눈이 내리는 환경과 같은 상황에서 성능을 유지할 수 있도록 가열렌즈를 사용한다. 전열기는 가혹한 환경에서 성능을 유지할 수 있도록 주변온도보다 약 5~10°C 정도 높게 광학창의 온도를 가열한다. 이러한 최신 삼파장 적외선감지기의 감지성능은 감지기의 구성요소를 변화시켜서 모든 환경 및 기기에 쉽게 적용될 수 있다. 이러한 요소를 조정할 뿐만 아니라, 모니터링하고, 유지 관리하는 것이 RS-485를 기반으로 한 modbus 통신방식 또는 HART 통신방식에 의해 가능하다. HART 통신방식은 현장계기와 주요 시스템간 양방향의 통신프로토콜이다. Hart방식은 컴퓨터화한 고성능 공정장치에 대한 국제적인 표준으로 전 세계 공장에 설치된 대부분의 컴퓨터화한 고성능 현장계기는 Hart 통신을 기반으로 한다.

일반적으로 삼파장 적외선감지기는 센서와 전자부품을 노출시킬 수 없는 방폭지역으로 구획된 곳에 설치된다. 또한 이 감지기는 고온과 저온의 넓은 온도대에서 작동이 가능하고, 극단적인 환경에 대한 적응성이 있다. 삼파장 적외선불꽃감지기는 독립형 장치로 운영되고, 직접 경보설비 또는 자동식소화설비와 연동된다. 또한 이 감지기는 복잡한 시스템의 일부로 적용이 될 수 있으며, 다양한 화재감지기 및 감지설비와 제어부를 공유하여 통합 설치될 수 있다.

CCTV-불꽃감지기술(CCTV-Flame Detection Technology)

과거 수년간 이미지를 생성하는 동영상카메라를 화재를 감지하고 분석하는 센서와 연결하여 사용하는 데 많은 관심을 가져왔다. 화재의 특성을 적용한, 특수 개발된 소프트

웨어를 통해 분석하는 인공지능은 사용자에게 원거리, 넓은 면적에 대한 동영상이미지를 제공할 수 있다. 이러한 기술은 대형 창고, 위험물저장탱크, 쓰레기 처리시설, 터널 등에 매우 유용하게 적용될 수 있다.

화염의 특성 또는 연기의 형태를 분석하는 여러 가지 타입의 폐쇄회로텔레비전(CCTV)이 현재 현장에 사용되고 있다. CCTV 불꽃감지설비의 한 가지 형태는 화재감지설비와 감시설비를 결합한 것이다. 감지기는 독립적으로 작동되며, 한 개의 단위 장치 안에는 통합 CCTV장치, 동영상이미지를 처리하고 화염의 특성을 해석하는 디지털 프로세싱과 소프트웨어 알고리즘이 포함된다. 특수한 소프트웨어 알고리즘을 통해 실제 화재와 일반적인 감지기에서 오경보를 발생시키는 기타 열원을 구분한다. 각각의 장치는 각 지역의 영상자료를 제공하고, 화재경보와 소화시설을 연동할 수 있도록 수신기에 신호를 전달한다.

CCTV 감지기의 다른 형태는 화염을 자동적으로 신뢰성 있게 확인하고, 동영상에서 화재위치를 정확히 확인하기 위해 통합 CCTV와 적외선을 감지하는 불꽃감지기술을 결합하여 사용하는 것이다. 감지기는 내부의 CCTV카메라로부터 생성된 복합영상의 결과로 위치정보를 제공하고, 그 데이터 결과는 위치 좌표를 신호화하기 위한 자료로 사용된다. 이러한 정보는 감시하는 사람이 빠르게 정보를 확인하고, 필요한 조치를 취할 수 있게 한다. 또한 오경보를 통제하고, 사고 감시를 효율적으로 수행할 수 있는 유용한 방법을 제공한다.

다른 CCTV화염감지기는 컬러카메라와 삼파장 적외선불꽃감지기를 연결하는 것이다. 이것은 사용자가 감시하는 장소를 조사하고, 화재의 원인과 위치를 확인하고, 소화설비의 작동, 제연설비의 작동 등 상황에 가장 적합한 조치를 취하는 것을 도와준다. 이 설비의 특징으로 항상 현장의 컬러 동영상을 만들거나 필요시, 또는 화재가 CCTV불꽃감지기 내 광학센서에 의해 감지되었을 때 영상을 만드는 것이 가능하다. 동영상 신호는 사용자의 필요에 따라 NTSC 또는 PAL이 될 수 있다.

전자회로 및 감지부는 장시간 사용하기 위해 건조한 상태로 유지되도록 밀폐되어야 한다. 프로그램기능은 제조자가 제공한 소프트웨어에 적합한 표준 PC에 사용되는 RS-485 통신포트를 통해 사용가능하다.

CCTV불꽃감지기를 통해 사용자는 30m 떨어진 30cm × 30cm 면적을 가진 가솔린 화염을 확인할 수 있으며, 감시한 면적에 대한 실화상을 제공받을 수 있다. 감지설비 안의 삼파장 적외선 스펙트럼분석을 통해 더 먼 거리(65m)의 소형 화재를 감지할 수 있지만, 현재 컬러카메라에 의해 제공되는 실화상은 광학 30m의 거리로 설정되어있다.

이 시스템은 수광부에 직접 들어오거나 혹은 반사된 태양광, 차량의 헤드라이트 불빛, 인공조명, 다양한 아크 용접 및 전기용접, 히터 등 다양한 열원에 의해 발생할 수 있는 오경보에 대해 적응성이 있다. 오경보의 원인에 대한 세부적인 목록과 설비의 적응 거리에 대한 자료가 [TABLE 1]에 제공된다.

최근 방화연구소와 정부기관, 산업체 그리고 민간기관의 지원 하에 캐나다 국립연구소 부설 건설연구소는 터널 내 화재감지의 감도, 반응시간, 다양한 화재시나리오에 대한 종류별 감지기의 유용성 및 신뢰성을 연구하였다. 분석된 터널 화재시나리오는 아래와 같다.

TABLE 1. IMMUNITY TO FALSE ALARM SOURCES	
Radiation Source	Immunity Distance ft(m)
Sunlight	IAD
Indirect or reflected sunlight	IAD
Vehicle IR lights (low beam) conforming to MS53024-1	IAD
Incandescent frosted glass light, 100 W	IAD
Incandescent clear glass light, rough service, 100 W	IAD
Fluorescent light with white enamel reflector, standard office or shop, 40 W (or two 20 W)	IAD
Electric arc [12mm (15/32 in) gap at 4000 V alternating current, 60 Hz]	IAD
Ambient light extremes (darkness to bright light with snow, water, rain, desert glare and fog)	IAD
Bright colored clothing, including red and safety orange	IAD
Electronic flash (180 watt-seconds minimum output)	IAD
Movie light, 625 W quartz DWY lamp (Sylvania S.G.-55 or equivalent)	6.5 (2)
Blue-green dome light conforming to M251073-1	IAD
Flashlight (MX 991/U)	IAD
Radiation heater, 1500 W	IAD
Radiation heater, 1000 W with fan	IAD
Quartz lamp (1000 W)	10 (3)
Mercury vapor lamp	IAD
Lit cigar	1 (0.3)
Lit cigarette	1 (0.3)

-차량으로부터 누설된 연료 또는 충돌에 의해 야기된 액면화재로써 이러한 원인으로 발생한 화재는 매우 빠르게 성장하고, 짧은 시간 안에 최대 열방출율에 도달한다.

- 충돌사고, 전기적인 고장, 연료운송설비의 결함 또는 배기설비의 고장에 의해 발생한 승객수송용 차량 화재로써 이러한 화재는 느리게 성장하고, 최대열방출율에 도달하는데 8-12분정도 걸린다.

- 전기적인 고장, 연료운송설비의 결함, 또는 배기설비의 고장에 의해 발생한 이동 중인 차량 화재로써 이러한 화재는 작은 편이며, 천천히 성장한다.

가솔린, 프로판, 목재모형과 플라스틱 폼과 같은 여러 가지 가연물을 통해 터널 화재시 나리오가 검증되었다. 화재는 대략 125kw에서 3400kw까지 다양하다. 제조업자들에 의해 제공된 일반적인 상용 화재감지설비 뿐만 아니라 연구용 장치를 이용하여 열방출율, 화재성장률, 화재에 의해 방출된 복사를 포함한 다양한 화재의 성장 특징을 조사하였다.

뉴욕과 뉴저지 항만관리위원회의 협조 하에 뉴욕과 뉴저지의 링컨터널과 홀란드 터널에서, 그리고 캐나다의 국립연구소와 칼튼 대학교의 터널 시설, 퀘벡 교통부의 협조로 이루어진 몬트리올시의 도로터널에서 실험이 수행되었다.

실험결과는 화재감지기의 감지능력은 화재를 감지하는 방법뿐만 아니라 연료의 형태, 화재의 크기, 화재의 위치, 화재의 성장률에 영향을 받는다. 터널의 개방공간에서 발생한 작은 가솔린 화재에 대해서 광학 삼파장 적외선식 불꽃감지기와 CCTV불꽃감지기가 매우 빠르게 화재를 감지하였고, 다른 화재감지기들은 감지반응이 느렸다. 이동 중인 차량의 소형 화재는 실제로 감지하기 가장 어려운 화재였으며, 단지 광학불꽃감지기만이 27km/h의 속도로 움직이는 차량의 화재를 감지할 수 있었다. 다른 감지설비들은 일련의 실험에서 움직이는 차량에 발생한 화재를 감지하지 못했다.

도로상의 터널 안 교통량과 안전성을 감시하기 위해 설치된 CCTV는 도로 및 철도터널 내 교통안전에 관련된 다양한 국제컨퍼런스에서 논의되었다. 특별한 평가프로그램을 통해 다양한 형태의 CCTV불꽃감지기를 30m 거리에서 10kw급 화재를 감지하는 타 화재감지기와 비슷한 조건에서 실험하였다. CCTV불꽃감지기는 차량의 하부에서 발생한 화재에 대해 차량에 의한 부분적인 차광으로 화재를 감지하기 어려웠다. 차량 뒤에서 발생한 화재는 차량의 하부에서 발생한 화재보다 감지하기 쉬웠다. 그리고 소형 화재보다 대형 화재가 훨씬 감지하기 쉬웠다. 그러나 대형화재 발생 시 생성된 연기는 CCTV불꽃감지기의 차광 장애를 유발하였다.

결론

전 세계적으로 터널을 통한 교통량 및 위험물 수송량이 증가함에 따라, 도로 및 철도터널 안에서 발생하는 다양한 화재를 빠르게 감지하기 위해 신뢰성이 높은 화재감지설비를 설치하는 것이 필요해졌다. 광학불꽃감지방법, 특히 삼파장 적외선 감지기술은 오경보에 대한 매우 높은 신뢰성을 보여주며, 넓은 감지 범위를 가지고 있다. 이 시스

템의 중요한 특징은 화재의 역학적인 특징에 대한 첨단 디지털 프로세싱, 결빙 및 눈 등의 영향을 제어하는 가열렌즈, 수동 및 자동 내장형 시험, 그리고 첨단 통신기법 등이다. 삼파장 적외선불꽃감지기는 다양한 시험 조건하의 소규모 화재 및 이동 중인 차량의 화재에 대한 높은 감도를 보임으로써 터널 화재방호를 위한 효과적인 감지설비로 사용될 수 있다.

출처 : Fire & Safety Magazine (Spring 2010 Edition)

번역 : 최승호(방재시험연구원 방재컨설팅팀)