Special Thema

소방 설비용 화재 감지 센서 기술 동향

황종선 교수
(전남도립 남도대학 컴퓨터응용전기과)
임병현 겸임교수
(전남도립 남도대학 컴퓨터응용전기과)

1. 서 론

소방 대상물에서 화재 성상 단계는 일반적인 성상과 특수한 성상에 의한 화재로 분류가 되나, 초기 열 분해(熱分解)단계→훈소(薰燒) 단계→불꽃(Flame)발생 단계→열 발생 단계로 진전이 되며, 화재시 발생되는 연소 생성물을 감지하여 신호를 발생하는 화재 감지기는 소방 대상물의 예상되는 연소 성상에 따라 조기 화재 감지에 적절한 작동 원리와 감지 성능을 가진 감지기를 설치하여야 화재로부터 인명 안전과 재산 피해의 최소화를 실현할 수 있다.

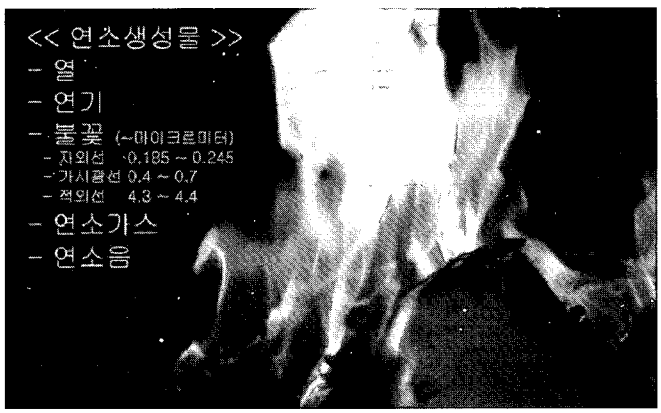

그림 1. 화재시 연소 생성물.

현재 소방법 상 경보 설비로 분류된 자동화재 탐지설비의 감지기들은 그림1에서와 같이 열(Heat), 연기(Smoke), 불꽃에 의한 복사(Radiation)에너지, 연소 가스 등의 연소 생성물 및 최대 방사를 나타내는 스펙트럼 영역을 검출할 수 있는 감지 센서를 이용하여 화재를 감지하고 있다. 고체 상태의 연소물에 의한 화재 시에는 일반적으로 초기 연소 단계에 훈소(Smouldering) 단계가 나타나는데, 보이지 않는 연소 생성물인 연소 가스(Gas)와 눈에 보이는 연기(Smoke)로 분류가 되며, 두 가지 성분은 에어로

졸(Aerosol)상태이지만 입자의 크기가 서로 다르다. 또한, 액체와 기체 물질 화재의 경우에는 훈소 단계를 거치지 않고 직접적인 점화, 예를 들면 스파크, 과열, 정전기 방출 등의 점화원에 의하여 사실상 폭발과 같이 급격히 성장하므로 화재 인식 기준은 폭발에 의하여 생기는 불꽃, 열 성장, 압력과 같은 현상을 화재 인식 수단으로 이용하여야만 한다. 화염이 처음 발생한 후 큰 화재로 되기까지는 상당한 시간이 소요된다. 심지어 초기 화염에 의하여 발생된 열은 열 감지기나 스프링클러 소화 설비를 작동시키기에는 그 열량이 너무나 작다. 그러므로 상대적으로 늦게 나타나는 화염을 즉각적으로 감지하는 것은 초기 단계의 화재를 진압할 수 있는 좋은 기회를 제공할 수 있으며, 특히 천장이 높은 실내이거나 실외인 경우에는 다른 감지 방식이 실패할 가능성이 높아 더욱 중요하며 화재 위험이 외부인 경우에는 화재를 효과적으로 감지할 수 있는 유일한 수단이다.

본고에서는 현재까지 알려진 연소 생성물의 일정한 형태를 감지하여 화재를 인식하는 감지기의 종류 및 사용된 감지 기법들을 소개하고, 현재 가장 빠른 감지 성능을 보이는 불꽃 감지기의 특성을 소개하며, 마지막으로 감지기를 설치할 때 설치 장소별 적응성에 관한 내용을 소개하고자 한다.

2. 화재 감지기의 종류 및 특성

감지기라 함은, 화재에 의하여 생성되는 연소 생성물에서 자동적으로 화재의 발생을 감지하여, 화재가 발생 됐다는 취지의 신호(화재 신호), 또는 화재에 의하여 생기는 열 혹은 연기의 양 의 정도 등 화재의 정보에 관한 신호(화재 경보 신호)를 수신기에 발신하는 것을 말한다.

2.1 열 감지기의 종류 및 특성

화재에 의하여 생기는 열을 이용하여 자동적으로 화재의 발생을 감지하고 이를 수신기(또는 중계기)에 화재 신호를 발신하는 것을 말한다. 열 감지기는 반자 또는 반자 측의 부분의 실내에 면한 부분에 설치하도록 되어있다. 이것은 건물 내부에서 발생한 화재에 의하여 가열된 공기 또는 연소 생성물은 일

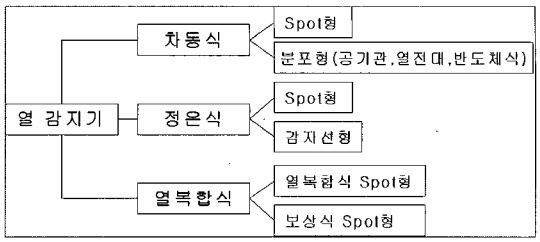

그림 2. 열 감지기의 종류.

반적으로 공기보다 가볍기 때문에 상승하여 천장 부분에 축적된다. 이 열에 의한 온도의 변화를 감지하는 것을 기본 원리로 하고 있다.

차동식스포트형 감지기는 감지기의 주위 온도가 일정한 온도 상승률 이상 되었을 때에 작동하는 것으로 크게 공기의 팽창을 이용하는 다이어그램(Diaphragm)식과 열기전력을 이용하는 반도체 열전대식으로 나뉜다. 차동식스포트형 감지기의 설치 기준은 감지기의 부착 높이와 건축물의 내화구조 기준에 맞추어 바닥 면적을 기준으로 설치한다.

차동식분포형 감지기는 스포트형에 비해 광범위한 열 효과의 누적에 의하여 작동하는 것으로 공기의 팽창을 이용한 공기관식, 열기전력을 이용한 열반도체식, 열전대식으로 나뉜다. 차동식분포형 감지

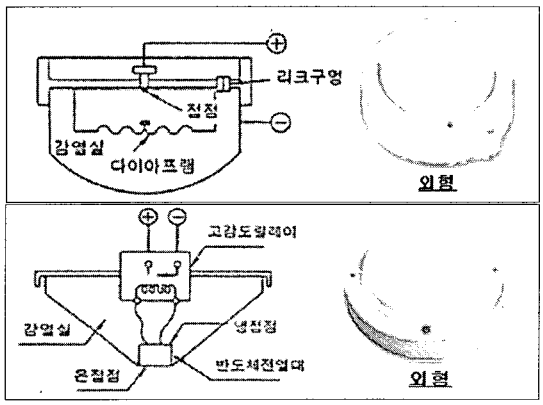

그림 3. 차동식 스포트형 열감지기의 원리(공기팽창, 열전대식) 및 외형.

기의 설치 기준은 공기관식의 경우, 하나의 검출기에 접속하는 공기관의 길이는 100 m이하로 하며, 공기관 상호간의 거리는 6 m이하, 공기관의 노출 부분은 감지구역마다 20 m이상이 되도록 설치한다. 열반도체 소자를 이용하는 경우, 하나의 검출기에 접속하는 감지 부는 2개 이상 15개 이하가 되도록 하며, 바닥 면적을 기준으로 하여 감지부의 설치 개수에 맞추어 설치한다. 열전대를 이용한 차동식분포형 감지기의 설치 기준은 하나의 검출기에 열전대부는 20개 이하로 하여야 하며, 감지 구역의 바닥 면적을 기준으로 하여 설치한다.

정온식스포트형 감지기는 바이메탈의 변위, 금속의 팽창, 가용 절연물의 용융 등을 이용한 것으로 일국소의 주위 온도가 일정 온도 이상이 되었을 경우에 작동하는 감지기로서, 일정 온도 이상이 되었을 경우 작동하는 온도를 감지기의 공칭 작동 온도라 하며 온도 범위는 60 ℃ ~ 150 ℃까지이다. 정온식감지선형 감지기는 일정온도 이상이 되었을 경우에 작동하나 감지기 외관이 전선 모양으로 되어있는 것을 말한다.

열 복합식 스포트형 감지기는 차동식의 비율적인 온도 변화와 정온식의 일정온도 이상을 검출하는 성능을 상호 보상한 감지기로 주위 온도가 금벽하게 상승하는 경우에는 차동식의 특성으로 작동하고, 일정한 온도에 도달하면 정온식 특성에 의하여 접점이 접촉하여 화재 신호를 발한다.

2.2 연기 감지기의 종류 및 특성

연기감지기의 종류를 아래 그림7에 나타내었다. 가장 보편화된 감지기는 광전식이며, 최근에는 광전식 분리형과 공기 흡입식이 개발되어 상용화 되고 있다.

이온화식 감지기는 검지부에 연기가 들어오면 이온 전류가 감소하는 것을 전기적으로 포착하여 어느 일정치 이상으로 감소하게 되면 화재로 인식하여 화

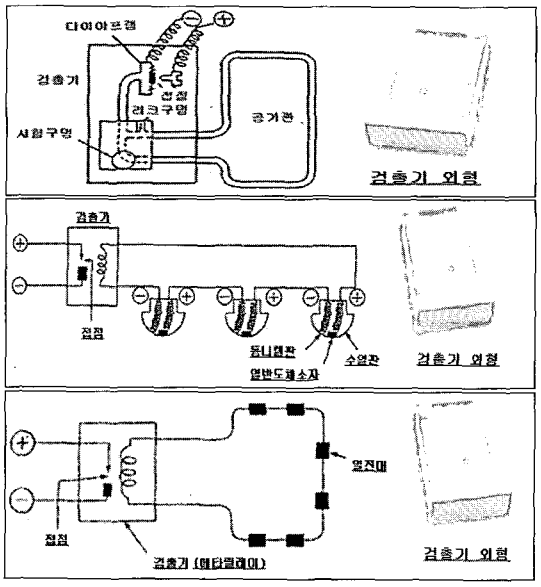

그림 4. 차동식 분포형 열감지기의 원리(공기 팽창, 열반도체, 열전대식) 및 외형.

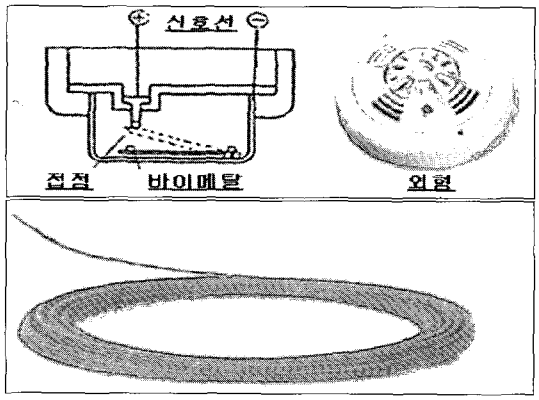

그림 5. 정온식스포트형 열 감지기의 원리(바이메탈, 감지선형) 및 외형.

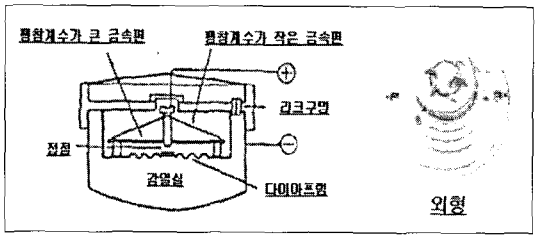

그림 6. 열복합식 스포트형 열감지기.

재 신호를 발신한다. 구조는 내부 이온실과 외부 이온실로 나누어지며, 내부 이온실에 미량의 방사선원인 아메리슘(Americium 241)이 봉입되어 있고, 이것에 의하여 이온실내의 공기를 이온화 하게 된다.

광전식 감지기는 산란광식과 감광식으로 분류되지만, 일반적으로 스포트형은 산란광식이 이용되고 있다. 내부에 연기를 포함한 미립자가 광원으로부터

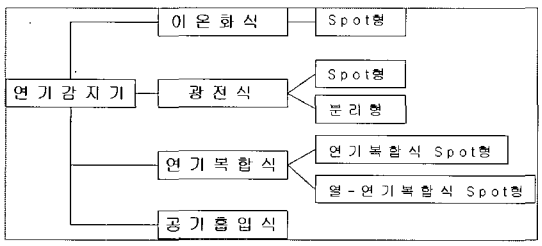

그림 7. 연기 감지기 종류.

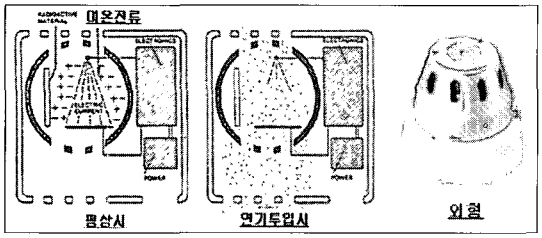

그림 8. 이온화식 연기감지기.

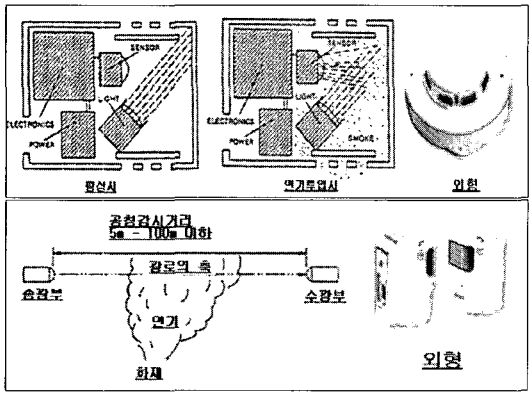

그림 9. 광전식 스포트형, 분리형 연기 감지기.

방사되고 있는 광속에 의해 산란 반사를 일으키는 것을 이용하여 산란광을 전기적으로 포착한다. 광원은 종래에 필라멘트 전구를 사용하였지만, 전력 및 수명관계로 최근 발광 다이오드를 이용하며 수광 소자는 황화카드늄 셀(CdS)을 사용한다. 분리형은 발광부와 수광부가 따로 분리된 형태로 상시 수광부에 빛을 보내고 있어 그 사이에 연기가 광도의 축을 방해하는 경우, 광량이 감소되면서 일정량을 초과하면 화재신호를 보낸다.

연기 복합식스포트형 감지기는 이온화식 감지기와 광전식 감지기의 성능을 모두 갖고 있는 감지기로 조합하는 방식에 따라서 이온화식 2종과 광전식 2종으로 나뉜다. 열 연기 복합식의 경우 열감지기의 차동식 또는 정온식 성능과 연기감지기의 이온화식 또는 광전식스포트형의 감지기 성능을 조합한 것으로 조합하는 방식에 따라서 정온식 특종과 광전식 2종, 차동식 2종과 광전식 3종으로 나누어지며, 감지 성능을 제고하고자 설치 환경에 따라서 적합한 감지기를 설치한다.

2.3 불꽃 감지기의 종류 및 특성

상용화된 불꽃 감지기의 종류를 아래 그림10에 나타내었다. 자외선식, 적외선식으로 따로 분리된 감지기의 경우, 오작동 가능성이 높아 최근에는 자외선/적외선 겸용식이 주종을 이루며, 감지 파장 대역을 달리하여 3개의 적외선 센서를 사용하는 3파장 적외선식이 개발되어 보편화 되고 있다.

자외선 불꽃감지기는 일반적으로 자외선을 감지하는 광전관으로 되어있다. 이 광전관에는 광전 효과를 발생시키는 음극이 있고 양극과 음극 사이에는

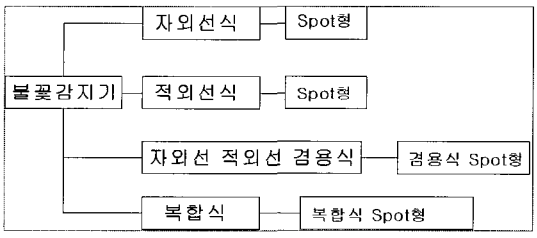

그림 10. 불꽃 감지기 종류.

고압이 걸려있어 자외선이 음극에 도달하면 전자가 방출된다. 방출된 전자를 통하여 관 내부의 전극사이에 전류가 흐를 수 있게 된다. 자외선 불꽃감지기는 탄화수소(액체, 기체, 고체), 금속(마그네슘), 유황(Sulphur), 수소, 히드라진(Hydrazine), 암모니아(Ammonia)를 포함한 대부분의 화재에 대하여 민감하게 작동한다. 오작동 원인으로는 아크 용접, 전기 아크, 조명, 비파괴검사기에 사용되는 X-선, 방사선 물질 등이 있다.

다양한 기법들을 통하여 조명과 전기 아크에 대한 오보를 최소화 하며, 멀리 떨어진 아크 용접과 같은 외부의 자외선과 X-선, 감마선을 보상하는 기술이 개발되어 왔다. 일반적으로 자외선 감지기는 옥내 또는 철저하게 제어되는 외부 환경에서 적용되고 있다. 자외선 흡수 가스와 감시창 표면의 기름 입자에 의하여 감지기는 둔감해 질 수 있다. 이러한 이유로 외부 창을 감시하는 회로가 추가되어 상시 창의 오염 여부를 검출하는 기법도 사용되고 있다.

적외선 감지기는 온도 변화를 검출하는 열형의

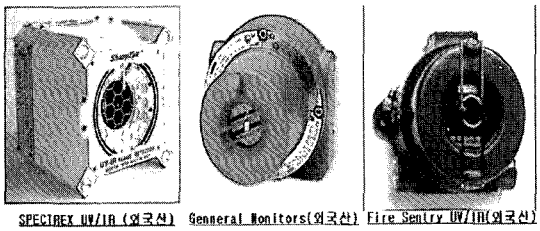

그림 11. 적외선 자외선 불꽃감지기(외국산).

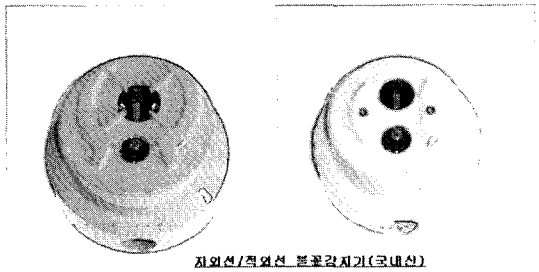

그림 12. 적외선 자외선 불꽃감지기(국내산).

센서들 중 초전형 적외선 센서를 사용하며, 한쪽 면에서 화염으로부터 나오는 특정 영역의 복사 에너지에 의하여 온도 변화가 생기면 전류 또는 전압이 변화하는 것을 검출하여 화재로 인식한다. 또한, 일정한 적외선 복사를 주는 경우에 발생하는 오작동을 최소화하기 위하여 불꽃의 펄럭임 즉, 플리커(Flickering) 현상을 이용한다. 탄화수소로 구성된 액체, 기체, 고체의 연료 화재의 대부분에 사용할 수 있으며, 금속, 암모니아, 수소, 황과 같은 화재에 대해서는 적외선 감지기가 적합하지 않을 수 있다. 일정한 적외선 발생원이 될 수 있는 터빈, 압축기로부터 주파수 변조된 흑체 복사를 받을 경우 비화재보가 일어날 수 있다. 감시창에 얼음과 물 필름이 형성되면 적외선 감지기의 감도가 떨어진다.

자외선 적외선 겸용식의 경우, 적외선 센서와 자외선 센서가 하나의 감지기에 포함되어 있는 구조로 되어 있다. 탄화수소로 구성된 액체, 기체, 고체의 연료 화재의 대부분에 적합하다. 적외선 센서도 사용되므로 금속, 암모니아, 수소, 황과 같은 화재에 대해서는 적합하지 않다. 적외선 비화재보원과 자외선 비화재보원 각각이 다른 센서에 영향을 주지 않으므로 사실상 비화재보의 원인은 없다고 할 수 있다. 자외선 감지기는 그 감지 속도가 다른 불꽃감지기에 비하여 상당히 빠르지만 일정한 작동 광원이 존재하여도 비화재보를 발생할 가능성이 있으며, 단파장 적외선 감지기는 변동하는 열원에 대하여 비화재보를 발생할 수 있다. 따라서 비화재보가 발생하지 않는 것이 매우 중요한 곳에서는 자외선/적외선 감지기를 사용하고 있다. 자외선 감지기의 경우 내부에 고압(약300 V)부가 있는 등 자외선 방식의 단점으로 인하여 최근에선 3가지의 파장을 활용하는 적외선 감지기가 개발되어 판매되고 있다.

일반적으로 불꽃 감지기는 위 그림13과 같은 감지기의 설치 위치 및 면적의 산정은 공칭 감시거리와 공칭 시야각으로 제조사의 시방에 따라서 소방검정공사의 감지기형식승인 및 검정기술기준(KOFEIS0301)에 따라 형식승인에 의한 승인 절차에 따라 감시거리는 20 m까지는 1 m 단위로 20 m이상은 5 m 단위로 분할하여 사용하며, 시야각은 5° 간격으로 하여 사용된다.

3. 화재감지기의 적응성에 따른 설치 장소

자동화재 탐지설비의 감지기는 부착 높이에 따라서 감지기 성능에 이상이 없는 범위의 높이에 설치하여야 한다. 또한, 계단 및 경사로, 복도, 엘리베이터 권상기실. 파이프 덕트, 천장 또는 반자의 높이가 15 m이상 20 m미만의 장소에는 연기감지기 설치를 의무화 하고 있다.

표 1. 부착 높이에 따른 감지기 설치 종류.

부착높이	감지기의 종류	비고
4m 미만	차동식(스포트형, 분포형) / 보상식 스포트형 정온식(스포트형, 감지선형) / 이온화식 또는 광전식(스포트형, 분리형, 공기흡입형) 열복합형 / 연기복합형 / 열연기복합형 / 불꽃감지기	
4m 이상 8m 미만	차동식(스포트형, 분포형) / 보상식 스포트형 정온식(스포트형, 감지선형) 특종 또는 1종 이온화식 1종 또는 2종 광전식(스포트형, 분리형, 공기흡입형) 1종또는 2종 열복합형 연기복합형 / 열연기복합형 / 불꽃감지기	
8m 이상 15m 미만	차동식 분포형 / 이온화식 1종 또는 2종 광전식(스포트형, 분리형, 공기흡입형) 1종 또는 2종 연기복합형 / 불꽃감지기	
15m 이상 20m 미만	이온화식 1종 / 광전식(스포트형, 분리형, 공기흡입형) 1종 연기복합형 / 불꽃감지기	
20m 이상	불꽃감지기 / 광전식(분리형, 공기흡입형)중 아나로그방식	

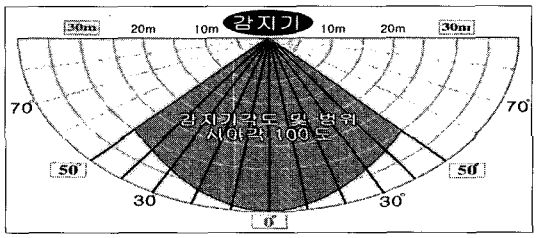

그림 13. 공칭 감시거리 및 시야각의 예.

표 2. 부착 높이에 따른 연기감지기 설치 면적.

부착 높이	감지기의 종류	
	1종 및 2종	3종
4m 미만	150	50
4m 이상 20m미만	75	-

표 3. 설치 장소별 감지기 적응성.

설치 장소		적응 열감지기					적응 연기감지기						불꽃감지기	비고
환경상태	적응장소	차동식스포트형	차동식분포형	보상식스포트형	정온식	열아날로그식	이온화식스포트형	광전식스포트형	이온아날로그스포트형	광전아날로그스포트형	광전식분리형	광전아날로그분리형		
1. 흡연 연기가 체류 환기 불가 장소	회의실, 응접실, 휴게실, 노래연습실, 오락실, 다방, 대합실, 집회장, 연회장 등	○	○	○				◎		◎	○	○		
2. 취침시설로 사용	호텔 객실, 여관 등						◎	◎	◎	◎	○	○		
3. 연기이외의 미분	복도, 통로 등						◎	◎	◎	◎	○	○	○	
4. 바람에 영향	로비, 교회, 관람장 등		○					◎		◎	○	○	○	
5. 연기가 멀리 이동	계단, 경사로							○		○	○	○		
6. 훈소 화재의 우려	전화기기실, 통신기기실, 전산실, 기계제어실							○		○	○	○		
7. 넓은 공간, 고천장 열 및 연기가 확산	체육관, 항공기 격납고, 높은 천장의 창고 · 공장, 관람석 상부 등		○								○	○	○	

화재 감지기는 감기기의 감지 방식에 따라서 적응성을 가지는 장소와 설치하지 않아야 하는 경우를 정하고 있다. 다량의 화기를 취급하는 장소에 열 감지기를 설치할 경우, 빈번한 오작동으로 인하여 정확한 감지가 어려워 질 수 있다. 아래 표는 자동화재탐지설비의 화재안전 기준(NFSC203)에 나타낸 설치 장소별 감지기의 적응성에 대하여 나타내고 있다. ○의 경우 당해 설치 장소에 적응하는 것을 표시하고, ◎의 경우, 설치 장소에 연기 감지기를 설치하는 경우 축적 기능이 있는 것이 적응성을 가진 것을 나타낸다. 기타 표시가 없는 부분은 감지기가 설치 장소에 적응성이 없음을 나타낸다.

또한, 감지기를 설치하지 않아야 하는 장소는 화재 발생을 유효하게 감지할 수 없는 장소나 부식성 가스, 고온이나 저온 하에서 감지기의 기능이 정지되기 쉽거나 유지 관리가 어려운 장소, 목욕실, 화장실, 수증기가 다량으로 체류하는 장소, 기타 화재 발생의 위험이 적은 장소로서 감지기의 유지관리가 어려운 장소는 설치하지 않도록 하고 있다.

4. 결 론

본고에서는 현재까지 알려진 연소 생성물의 일정한 형태를 감지하여 화재를 인식하는 감지기의 종류 및 사용된 감지 기법들을 기술하였다. 현재 가장 빠른 감지 성능을 보이는 불꽃 감지기의 특성이 소개되었으며, 마지막으로 감지기를 설치할 때 설치 장소별 적응성에 관한 내용을 기술하였다.

국가, 사회 기간 시설에서의 화재 예방 및 사고 확산 방지를 위한 제반 소방 시설의 일부인 감지기는 인명 및 재산 피해를 최소화하는데 가장 필요한 설비로 화재의 조기 발견이라는 실효성 등에 의해 가장 적합한 감지기를 가장 유효한 장소에 설치하는 것이 필요하다. 최근 법제에 의한 설치 기준이 실제 감지기의 성능에 의한 기준에 비해 미약하다는 지적으로 감지기 성능 위주의 설치가 대두 되고 있으며, 보다 빠르고, 보다 정확한 감지를 위한 특수 목적용 감지 센서 기술 개발이 필요하다.

참고 문헌

[1] 김명배, "Pool Fire의 기본적 특성에 관하여", 한국화재소방학회, 11권1호(통권 25호), p. 55, 1997.

[2] Dougal Drysdale, "An Introduction to Fire Dynamics", p. 129.

[3] "UV/IR 화재장치 감지 개발",한국 화재 보험협회 부설 방재시험 연구원, 과학기술부, 1999.

[4] 행정자치부고시 제2001-19호, "감지기 형식 승인 및 검정 기술기준", 2001.

[5] 행정자치부고시 제2004-20호, "자동화재탐지설비 화재안전기준", 2004.

저|자|약|력

성 명 : 황종선

◈ 학 력
- 1977년 한양대 전기공학과 공학사
- 1979년 한양대 대학원 산업공학과 공학석사
- 1995년 전북대 대학원 전기공학과 공학박사

◈ 경 력
- 1987년 – 1998년 한국원자력연구소 책임연구원
- 1998년 – 현 재 전남도립 남도대학 컴퓨터응용 전기과 교수
- 2003년 – 현 재 한국전기전자재료학회 기획이사

성 명 : 임병현

◈ 학 력
- 1999년 조선대 제어계측공학과 공학사
- 2001년 조선대 대학원 제어계측 공학과 공학석사
- 2004년 조선대 대학원 제어계측 공학과 공학박사

◈ 경 력
- 2001년 – 2002년 이엠티(주) 기술연구소
- 2002년 – 현 재 (주)한맥테크놀로지 기술개발부
- 2003년 – 현 재 전남도립 남도대학 컴퓨터응용전기과 겸임교수