

온도지수에 따른 화재감지기 작동연구 및 개선방향

이종철 · 김두현 · 홍성호 · 박양범*

충북대학교 안전공학과 · *청주기능학교 전기과

1. 서 론

자동화재탐지설비는 수신기, 감지기, 중계기, 발신기, 음향장치, 배선, 전원 등으로 구성되어 있는 것으로, 화재 발생시 생성되는 물리적, 화학적 현상을 자동으로 감지하여 음향장치를 작동함으로써 화재를 조기에 발견하여 초기소화를 가능하게 하고 관계자 또는 거주자가 신속히 피난할 수 있도록 하는 설비이다.

화재 발생시 인명피해 및 재산피해의 규모를 결정하는 주요인자가 감지기의 정상작동 유무임에도 불구하고 그 역할의 중요성을 간과한 채 오로지 법적조건을 충족시키기 위한 임시방편으로 사용되는 경우가 많다. 더욱이 현재 시공되고 있는 감지기는 성능향상을 하지 않은 오래전부터 사용되었던 제품이고 새롭게 출시된 제품은 대부분이 고가이므로 초기 설치 가격이 상승하여 일반적인 건축물에는 경제성이 떨어진다는 이유로 사용빈도가 매우 낮다^[1]. 또한 감지기에 대한 국내연구는 매우 미비하여 관련된 논문을 찾아보기 힘든 실정이며 기존의 보고서조차 통계조사에 지나지 않았다. 따라서 본 연구에서는 모의화재실험실내에 현재 가장 많이 사용하고 있는 차동식 감지기와 정온식감지기, 연기감지기를 설치하여 가연물을 연소시킴으로써 각각의 작동온도 및 작동시간을 상호 비교 검토하여 감지기의 동작특성과 화재 적응성을 검토하고 그 문제점을 제시함으로써 그 해결방안을 모색하였다.

2. 이 론

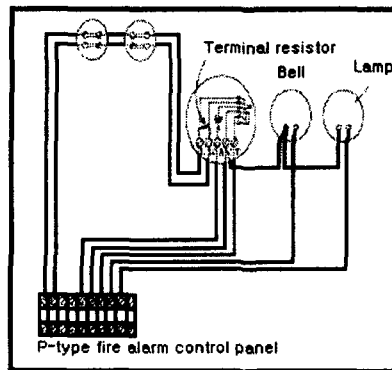


Fig.1 Circuit diagram of Fire alarm system

1960년대 들어와 도시 건물의 고층, 대형화가 가속화됨에 따라 기존의 P형으로는 경계구역의 전선이 지나치게 많아 문제가 되어 R형 설비가 탄생하게 되었다. 그러나 이 또한 건물의 성격상 많은 칸막이가 불가피하고 화재시 인명 안전상 취약한 취침 시설

이 있는 건물에는 운영상 취약점이 있어 근래에는 주소형/아날로그 설비가 등장하게 되었다. 그러나 주소형/아날로그 설비는 초기 비용이 많이 들어 그 사용이 제한적이다.

자동화재탐지 설비를 건물내에 설치하는 결선도는 Fig.1과 같고, 본 연구에서는 이 결선 방법에 따라 자동화재탐지설비를 설치하였다.

감지기는 자동화재탐지설비의 가장 중요한 부분으로 현재 가장 많이 사용되고 있는 것은 차동식 스포트형, 정온식 스포트형, 이온화식 비축적형, 광전식(산란광식) 비축적형^[2]으로서 본 연구에서도 이들 감지기를 사용하여 실험을 하였다.

차동식 스포트형 감지기는 주위 온도가 일정 온도 상승률 이상이 되었을 때 작동하는 것으로서 국소적인 열효과에 의해 작동하는 것을 말한다. 점화 이후 감지기가 작동하는 순간까지의 온도 상승률과 온도의 최고점까지의 온도 상승률은 식(1)에 의한다.

$$\alpha_T = \frac{T_f - T_i}{t_f - t_i} \quad (1)$$

α_T : 온도 상승률(°C/sec)
 T_i : 측정 시작시 온도(°C) T_f : 최종온도(°C)
 t_i : 측정 시작 시간(sec) t_f : 최종시간(sec)

점화 후 차동식 감지기가 작동할 때 까지의 온도 상승률을 차동식 감지기의 종류에 따라 비교 검토하였으며, 최고점에 도달할 때까지의 온도 상승률과 비교하였다. 또한 일정한 온도 상승률 값에서 차동식감지기가 작동하는지, 아니면 임의의 값에서 작동하는지도 식(1)과 온도변화값을 통해 알아보았다.

정온식 스포트형 감지기는 한정된 장소의 주위 온도가 일정한 온도 이상으로 되었을 때 작동하는 것으로서 감도는 실온이 5°C이상 35°C이하(상대습도 45%~85%)인 조건에서 30분간 강제 통풍한 후 시험하였을 때 식(2)에 만족되어야 한다^[8].

$$t = \frac{t_0 \log_{10} \left(1 + \frac{\theta - \theta_r}{\delta}\right)}{\log_{10} \left(1 + \frac{\theta}{\delta}\right)} \quad (2)$$

t_0 : 실온이 0°C인 경우의 작동시간(sec) θ : 공칭작동온도(°C)
 θ_r : 점화당시의 온도(°C) δ : 공칭작동온도와 작동시험온도의 차(°C)

본 연구에서 사용한 정온식 스포트형 감지기는 1종이므로 t_0 는 40초 초과 120초 이하이다. 정온식 감지기 공칭작동온도의 125%가 되는 온도이고 풍속이 1(m/sec)인 수직기류에 투입하는 경우에는 식(2)의 시간 이내에 작동하여야 하고, 공칭작동온도 보다 10°C 낮은 온도이고 풍속이 1(m/sec)인 수직기류가 투입되는 경우 10분 이내에 작동하지 아니하여야 한다. 식(2)와 실온이 0°C인 경우의 작동시간을 통해 정온식 감지기의 작동시간의 감도기준 범위를 구할 수 있으며 이를 통해 실험에 사용한 정온식 감지기가 적절

한 시간내에 작동했는지 알 수 있고, 작동온도와 공칭작동온도를 비교함으로써 적절한 온도에서 작동했는지를 종류별로 비교할 수 있다^{[3][4]}.

연기 감지기는 이온화식과 광전식의 두 종류로 나뉜다^[2]. Ion화식은 작은 연기입자에 유리하므로 입자가 작은 표면화재에 적응성이 높고, 감도는 Ion에 연기입자가 흡착되는 것에 관계되므로 연기의 색상과는 무관하다. 반면에 광전식은 입자의 빛에 의한 산란을 이용하는 것이므로 큰 연기입자에 유리하며 입자가 큰 훈소(燻燒)화재에 적응성이 높다. 또한 연기의 색상에 따라 빛이 흡수 또는 반사되는 정도가 다르므로 흰색보다는 검은색의 연기가 감도에 유리하다^[5].

3. 실험장치 및 실험방법

모의화재실험실의 크기는 110cm×110cm×170cm이며 천장에 감지기를 가연물로부터 140cm 떨어진 천장에 한 변이 40cm 간격인 정삼각형 모양으로 설치하고 측면에 K-Type Thermocouple을 설치하여 온도를 측정하였다. 1개당 질량이 4.5g이고 크기가 0.5×0.7×10.4(cm³)인 가느다란 목재를 총당 4개씩 정사각형 모양으로 쌓아 연소시키고, 종이류는 20g씩 M자 모양으로 접어 층을 쌓아 연소시켰다. A/D Converter와 Personal Computer를 상호 연결함으로써 모니터를 통해 온도변화를 관찰하였다. 모의 화재 실험장치의 구조도는 Fig.2와 같다^[6].

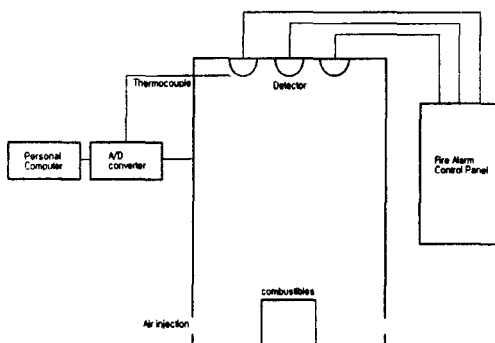


Fig.2 Test room of fire simulation

4. 결과 및 고찰

4-1 차동식 감지기 작동시의 온도 상승률

공기식 감지기는 온도 상승률 0.25~0.28℃/sec 사이에서 경보를 발하고 반도체식 감지기는 온도 상승률이 0.26℃/sec일 때 경보를 발하였다. 이로부터 공기식 감지기보다는 반도체식 감지기가 비교적 정확한 온도 상승률 값에서 경보를 발하고, 반도체식이 대체로 화재 적응성이 약간 높다는 것을 알 수 있다.

Fig.3과 Fig.4는 목재 10개와 25개를 각각 연소시켰을 때의 온도 상승을 나타내는 그

래프로 ▲ 표시는 차동식(공기식) 감지기가 작동했을 때의 온도값을 나타내는 것으로, 화염이 최고점 부근에 도달하여 온도가 급상승할 때 감지기가 작동하는 것이 아니라 전체 온도 상승에 비하여 비교적 완만히 상승하는 초기 연소시에도 온도가 일정한 상승률 값에 도달하게 되면 경보를 발함을 알 수 있으며, 이러한 점은 Fig.5를 통해 더욱 쉽게 볼 수 있다. 이것은 화재환경에 따라 달라질수 있지만, 일반적인 환경에서는 비화재보를 발생시킬 가능성이 높다. 지금까지는 “차동식 감지기는 일정한 온도 상승률에 도달하였을 때 작동한다.”^[4]라는 원리만 있을 뿐 그 값에 대해서는 무시해 오다시피하고 제품 설명란에서조차 그 값을 찾을 수 없었다. 따라서 각각 다른 온도 상승률을 가진 다양한 차동식 감지기를 개발하여 건물내의 화재환경에 따라 차동식 감지기를 선별하여 사용함으로써 오보율을 낮추고 화재 발생시 경보가 지연되는 것을 방지할 수 있다^[1].

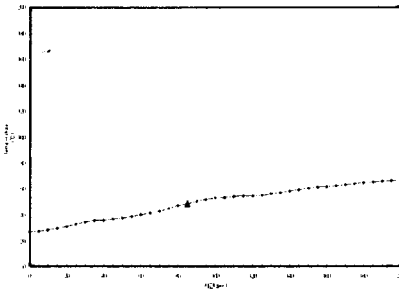


Fig.3 Temperature vs. Time
(when 10woods burn)

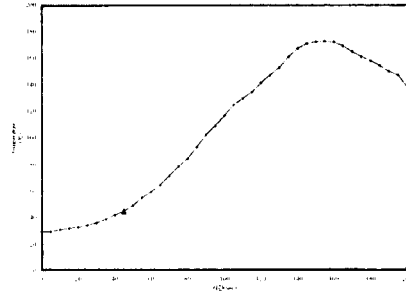


Fig.4 Temperature vs. Time
(when 25woods burn)

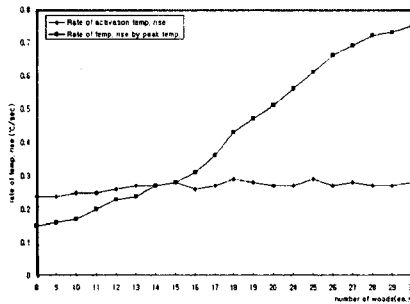


Fig.5 Rate of activation temp. rise vs. Rate of temp. rise by peak temp.
(for air type detector)

4-2 정온식 감지기의 감도 및 화재 민감도

본 실험에서 사용한 감지기는 정온식 스포트형 1종 감지기이므로 실온이 0°C일때의 작동시간(t_0)은 40~120초이다.^[8] 이를 활용한 결과는 Fig6과 Fig7이며, 이를 통해 본 실험에 사용한 감지기는 시간적인 면에서는 적절했음을 알 수 있다. 그러나 Fig8에 도시한바와 같이 B업체의 작동 시험 온도는 공칭작동온도와 큰 차이를 보이지 않았으나 D업체의 감지기의 경우는 공칭작동온도보다 10°C 이상 낮은 온도에서조차 작동하여 오보의 가능성을 가지고 있다.

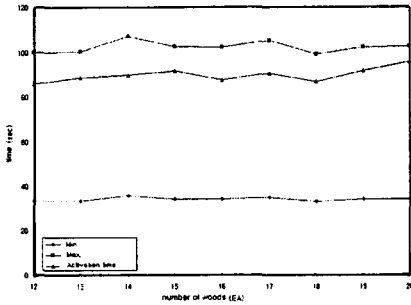


Fig.6 Activation time of Fixed temp. type detector (by B company)

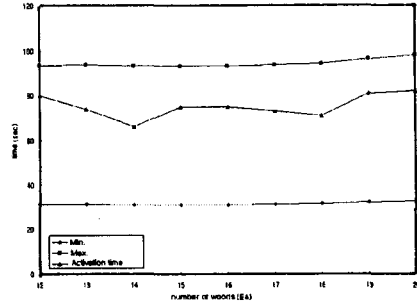


Fig.7 Activation time of Fixed temp. type detector (by D company)

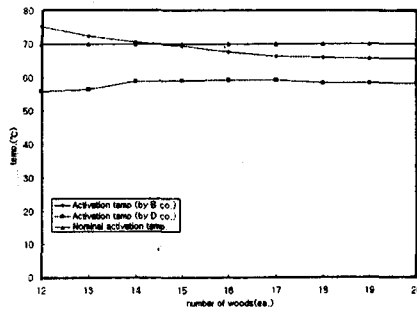


Fig.8 Nominal activation temp. vs. Activation test temp.

4-3 감지기 작동온도 및 반응시간 비교^[3]

Fig.9와 Fig10은 종이를 연소시켰을 때의 연기감지기(이온화식, 광전식)와 차동식(공기식)감지기의 작동온도와 작동시간을 비교한 것이다. 연기감지기는 차동식 감지기에 비해 신속하게 경보를 발생하지만 화재로 보기에 너무 낮은 온도에서조차 반응하여 오보의 가능성을 크게 내포하고 있다.

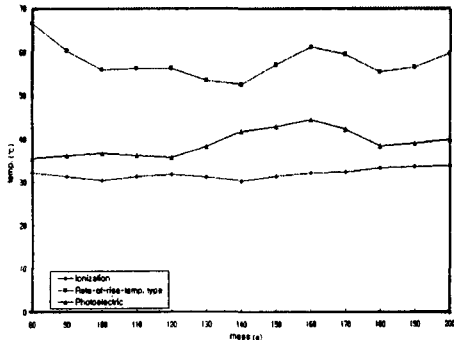


Fig.9 Activation temp. of Smoke detector and Rate-of-rise temp. type detector

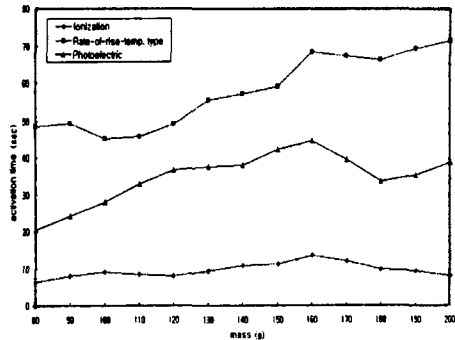


Fig.10 Activation time of Smoke detector and Rate-of-rise temp. type detector

5. 결론

1) 차동식 감지기 중 공기식 감지기는 온도상승률 $0.25\sim 0.28^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 사이에서 경보를 발하고 반도체식 감지기는 온도 상승률이 $0.26^{\circ}\text{C}/\text{sec}$ 일 때 경보를 발하였다.

또한 화염이 최고점 부근에 도달하여 온도가 급상승할 때 감지기가 작동하는 것이 아니라 전체 온도 상승에 비하여 비교적 완만히 상승하는 초기 연소시에도 온도가 일정한 상승률 값에 도달하게 되면 경보를 발한다는 것을 알 수 있었다. 따라서 각각 다른 온도상승률을 가진 다양한 차동식 감지기를 개발하여 건물내의 화재환경에 따라 선별하여 사용하게 함으로써 오보율을 낮추고 동시에 화재 발생시 경보가 지연되는 것을 방지할 수 있다.

2) 제조업체가 각각 다른 정온식 감지기를 사용하여 실험한 결과 동작 시간은 감도 기준에 적합하지만, 한 업체의 제품은 공칭작동온도인 70°C 보다 10°C 이상 낮은 온도에서 작동하여 오보의 가능성을 가지고 있었다. 또한 기준작동시간의 값이 클수록 실제 작동시간의 값도 크고 작동시험 온도도 큰 값에서 경보하였기 때문에 감지기의 온도에 대한 민감도는 작동시간에 큰 영향을 주었음을 알 수 있다. 정온식 감지기는 차동식 감지기에 비해 오보율은 낮지만 실험결과처럼 일정한 온도 이상에 도달하여야 작동하기 때문에 신속한 경보를 발하지 못하는 경우가 많다. 따라서 차동식감지기와 정온식감지기의 장점과 단점을 화재환경에 따라 OR GATE 혹은 AND GATE로 작동하도록 접목하고 개발함으로써 적절한 감지기를 선택, 사용하게 하여야 한다.

3) 연기감지기는 다른 감지기에 비해 신속하게 경보를 발하지만 화재로 보기에 너무 낮은 온도인 $30\sim 35^{\circ}\text{C}$ 사이에서 반응하였다. 이는 비화재인 연소에서조차 경보를 발할 수 있다는 것을 말해주고 온도에 상관 없이 각종 smoke 발생으로 비화재보를 발할 수 있다는 것을 말해준다. 이러한 문제점을 해결하기 위해서는 작은 연소에 의해서도 화재를 발생시킬 수 있는 위험한 환경을 가진 장소에는 연기감지기와 차동식감지기 혹은 정온식감지기 중 하나라도 감지하게 되면 작동하도록하고, 비교적 작은 연소는 화재로 확산될 우려가 없을 경우는 두 감지기가 모두 감지하였을 경우에만 작동하도록하며 그 종류도 각각의 화재환경에 적합한 감지기를 선별하여 사용할 수 있도록 다양화하여야 한다.

참고문헌

- [1] Thuillard, M., "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems", *Fire Technology*, 30:2, 250-268, 1994.
- [2] 김병호, 화재경보설비, 技文堂, pp.18-36, 1997.
- [3] J.R.Qualey III, L.Desmarais, J.Pratt, "Response-Time Recorder Comparisons of Ionization and Photoelectric/Heat Detectors", 12th International Conference on Automatic Fire Detection, 2001.
- [4] 김갑순, 소방관계법규, 일진사, pp.231-238, 2000.
- [5] Richard W. Bukowski and Jason D. Averill, "Methods for Predicting Smoke Detector Activation", *Fire Suppression and Detection Research Application Symposium*, 64-69, 1998.
- [6] 백동현, 소방전기시설론, 동일출판사, pp.12-28, 1998.