

기류순환이 연기농도와 감지기 작동에 미치는 영향 Smoke Density and Operation of Fire Detector Influenced by Air Stream

이복영[†] · 이병곤*

Bok-Young Lee[†] · Byung-Kon Lee*

한국화재보험협회 부설 방재시험연구원

*충북대학교 안전공학과

(2002. 8. 26. 접수/2002. 12. 3. 채택)

요 약

성능위주의 화재감지설비 설계시 공조설비 또는 실내 온도조절장치에 의한 실내기류 순환으로 연기기류가 정상해석에 의한 연기분포, 연기농도가 형성되지 못하여 화재감지연이 예상되는 것을 실험 및 분석을 통하여 성능위주의 예방설비 구현을 위한 연구를 수행하였다. 실험연구는 공조설비가 가동하고 있는 통신키계실의 화재시 화재감지기의 작동을 예측하고자 천장부의 연기농도분포를 측정·분석하는 실험을 수행하였으며, 그 결과 기류순환에 의해 기존 Passive Type의 화재감지장치는 감지불가 또는 감지연이 예상되었으며, 조기화재감지를 위하여 방호공간의 공기를 강제로 흡입·분석하여 화재를 감지하는 Active Type의 Air Sampling Smoke Detection system의 적용이 필요한 것으로 나타났다.

ABSTRACT

The performance based design in fire detection system, the effect of high airflow and dilution of smoke produced in any fire situation serve to increase the response time of point-type smoke detectors. This study investigated the smoke density of ceiling, under the air stream and in normal status when fire type is smoldering fires. The result of study, smoke generated in the fire was swept away from nearby spot type smoke detector which failed to actuate because dispersed in diluted form around the room. The concept of performance based design in fire detection system of protected area influenced by high airflow provided the need of active fire detection system such as air sampling smoke detection system.

Keywords : airflow, dilution, response time, active fire detection system, air sampling smoke detection system

1. 서 론

화재시 열·연기 기류이동은 실내 상층부와 하층부의 온도차로 인한 부력현상에 의해 상승기류가 형성되어 천정부로 기류가 수직이동을 하며 천정에 부딪힌 기류는 수평이동을 하여 실내 전체를 연소시 발생된 열·연기로 충만하게 된다.^{1,2)}

감지장치 및 소화장치는 이와 같은 화재공학적인 해석에 의한 조기 화재감지를 위해 화재 상승기류를 효과

적으로 감지할 수 있도록 천정부에 설치하는 것이 기본적인 설계방법이다.

반도체 산업 및 정보통신 산업에서 정밀제조 환경조성과 첨단 정보통신기기의 안정적인 운용을 위한 Clean Room을 유지하기 위한 공조설비 또는 실내 온도조절장치의 작동에 의해 실내공기가 순환되는 경우 화재시 발생된 기류는 정상적인 해석에 의한 온도상승, 연기농도가 되지 못하게 되어 화재감지연을 초래하여 인명피해 및 재산피해의 증가를 가져올 수 있다.

강제대류의 영향은 기류순환이 없는 경우 천정에서의 연기농도는 연기감지기가 작동할 수 있는 정도의

[†]E-mail: bogylee@kfpa.or.kr

충분한 연기농도가 천정부에 형성될 수 있으나 기류순환은 연기를 수반한 기류가 실 전체를 하나의 연기층으로 만들어 천정부, 하층부 등 실 전체의 연기농도가 연기감지기가 작동할 수 있는 정도의 연기농도가 형성되어야 연기를 감지할 수 있다.

이로 인하여 화재감지장치와 연동된 자동소화설비는 화재감지 지연에 의해 소화활동을 지연시켜 인명피해 및 재산피해의 증가와 복구기간의 장기화를 유발할 수 있다.

2. 이론적 배경

Digital전자기술은 컴퓨터실, 전자교환실 및 제어실 등 유사 시설물의 증가를 가져왔으며 기술발전은 전자장치를 Compact화 시켜 단위면적 당 재산가치의 상승효과를 가져왔다. 전자장비는 실험결과 수납공간의 온도를 시간 당 15°C이상 증가시켜 안정된 기기 운용을 위한 보호방식으로 실내 공기순환으로 발생열을 분산·냉각시키는 설비가 필수적으로 필요하다.³⁾

실내에서의 공기 순환량의 증가로 인한 유속의 증가는 화재시 발생된 연기를 희석, 분산시키는 결과를 가져와 BS 1982(British standard code of practice for fire protection for electronic data processing installations), NFPA 75(Standard for the protection of electronic computer/data processing equipment)에서 연기희석으로 인한 Point - type감지기의 응답시

간지연을 보상하기 위해 감지기의 경계구역을 감소시키는 것을 규정하고 있다.

실험결과, 공기순환시 감지기의 경계구역이 감소되어 응답특성을 향상하기 위한 방법으로 감지기 설치개수의 증가가 필연적이거나 이러한 해결방법은 설치비의 증가를 가져와 새로운 감지방식의 연구 필요성을 부여하였다.

또한, 전자장비의 직접적인 경제적 가치와 서비스 중단 등 간접적인 피해 및 화재시 연소생성물에 대한 예민성 관점에서 PVC 등에서 발생된 부식성 가스와 연기는 회로기판, 자기테이프 등에 손상을 주며 HDD는 66°C이하의 온도에서 영향을 받으며 0.5 μm이하의 연기입자에 의해서도 영향을 받는 것으로 나타났다.^{4,5)}

이러한 공기순환조건에서 조기 화재감지방식은 조기 화재시 발생된 연기를 감지하는 것이 효과적인 감지방식으로 본 연구에서는 전자운용실의 공기순환에 의한 천정부의 연기농도 분포에 관한 실험적인 연구에 의하여 화재감지 지연현상을 분석하고 성능위주의 화재감지설비 설치 및 조기 화재감지장치의 개발을 위한 기반기술을 연구하고자 한다.

3. 실험장치 및 실험방법

3.1 실험장치

3.1.1 화재실험실

Smoldering Fire시 연기확산, 희석, 분산효과에 따른

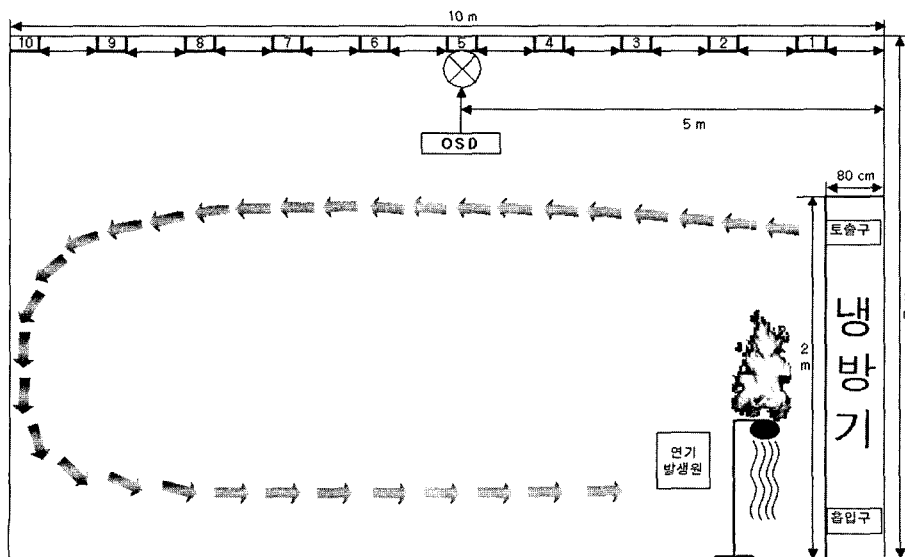


Fig. 1. Schematic diagram of test room and measurement devices.

천정부의 연기농도를 평가하기 위하여 ISO 7240-7-2002 Fire sensitivity Test Method에서 정하는 Fig. 1과 같은 연기감지기 화재실험실(10.9 m×6.7 m×3 m)에서 기류영향을 평가하고자 냉방기에 의한 강제대류 상태에서 실험을 실시하였다.⁶⁾

3.2 기류순환 실험

3.2.1 공기순환량

실험실 체적(219 m³)에 대한 공기순환량은 조사연구된 전자운용실의 평균 공기순환량 18%로 설정하기 위하여 공조기의 풍량(2.73 m/s)과 배기구의 면적(80 cm×30 cm, 0.24 m²)을 조절하여 실험을 실시하였다.

3.2.2 배기구 위치

냉방기의 배기구 높이는 조사연구 시 측정된 전자운용실의 공기순환조건을 근사화하기 위하여 실험실 높이의 60%(바닥으로부터 1.8 m)로 조절하여 냉방기에 의해 실험실 상부에서 기류를 배출하고 하부에서 실내 공기를 흡입하는 구조로 실내 공기순환 조건으로 실험을 실시하였다.

3.2.3 연기발생원

ISO 7240-7-2002, Fire Sensitivity Test Method의 Type of Fire 3에서 정하는 Full Scale Fire Test 시 연기감지기 응답특성 실험에 사용되는 직경이 8 mm, 길이가 80 cm인 면심지 90개를 10 cm의 철제 원형지그에 매달아(면심지 끝이 바닥으로부터 20 cm 상부지점) 냉방기의 배기구 바로 밑에 설치, 훈소화재 시 발생된 연기가 강제기류에 실려 실내에서 순환되도록 하였다.

3.2.4 연기농도 측정

실험실 천장 중앙에서 연기농도를 측정하기 위하여 감광식 연기농도계를 설치하여 연기농도를 측정하였다.

3.2.5 연기감지기 설치

천정부에 배기구로부터 1 m 간격으로 이온화식 연기감지기(2중, 비축적 형)를 설치하여 연기감지기의 작동여부를 측정하였다.

3.3 무풍상태 실험

실험방법 1과 같은 조건에서 실험조건을 공조기가 작동하지 않는 무풍상태에서 실험을 실시하여 천정부에서의 연기농도와 연기감지기의 작동특성을 평가하기 위한 실험을 실시하였다.

4. 실험결과

4.1 기류순환 실험

전산실, 반도체 생산공정 등과 같이 공조설비 가동에 의해 실내기류가 화재시 열·연기기류의 상승을 방해하는 경우 천정부의 연기농도 및 연기감지기의 작동특성 실험결과, 기류순환조건은 연기를 포함한 기류의 상승을 방해하여 천장 부의 최고 연기농도는 Fig. 2와 같이 5%/m로 나타나 제조시 연기감지기의 Threshold level이 12%/m로 조정된 재래식 광전식 또는 이온화식 연기감지기는 화재를 유효하게 감지하지 못하는 것으로 나타났다.

4.2 무풍상태 실험

기류영향이 없는 무풍상태에서 연기기류가 부력현상에 의해 천정부로 상승할 때의 연기농도 및 연기감지

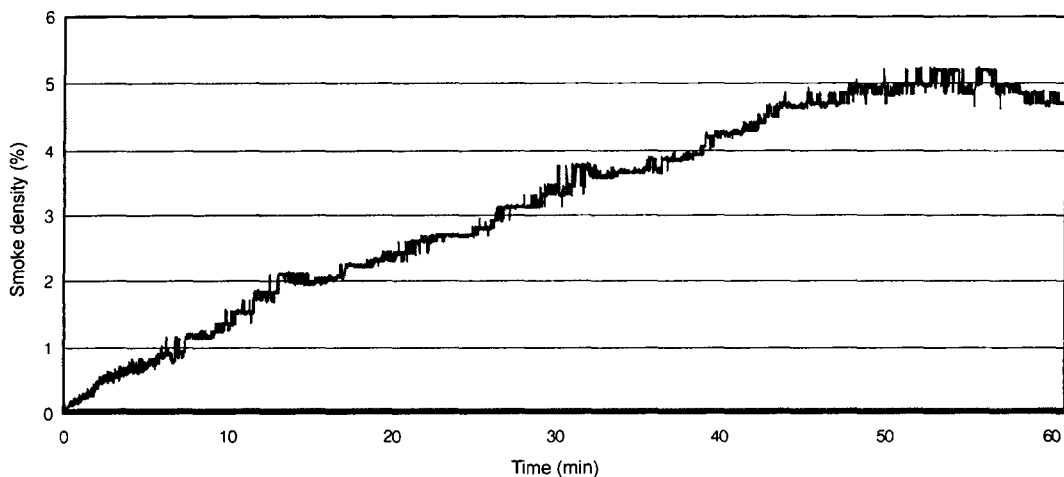


Fig. 2. Smoke density of ceiling influenced by air stream.

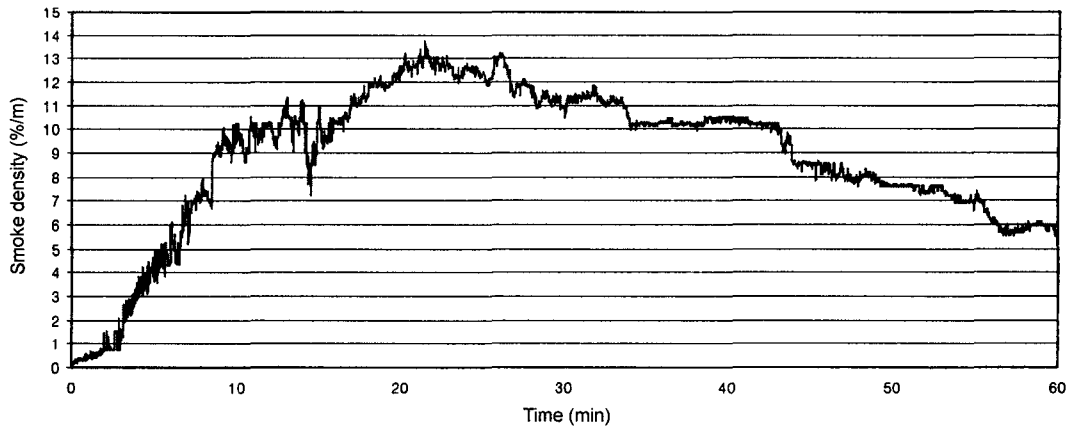


Fig. 3. Smoke density of ceiling not influenced by air stream.

기의 작동특성 실험결과, 연기를 포함한 기류의 상승은 천정부의 최고 연기농도를 Fig. 3과 같이 13%/m까지 상승시키는 것으로 나타나 제조사 Threshold level이 12%/m로 조정된 재래식 Spot Type의 광전식 또는 이온화식연기감지기는 화재를 유효하게 감지할 수 있을 것으로 나타났다.

5. 분석 및 고찰

5.1 기류순환이 화재감지기의 작동에 미치는 영향

공조설비가 가동되고 있는 실내에서 연기농도분포는 화재 지속시간에 따라 천장부의 연기농도가 화재실 전체에 희석된 연기농도분포와 비례하여 상승하는 것으로 나타나 천장에 설치된 Passive형 연기감지기는 기류가 없는 정상적인 연기상승에 의해 연기감지기의 성능을 평가하는 국제기준에서 정하는 조건이 60분간 지속되어도 화재를 감지하지 못하는 것으로 분석되었다.

기류순환이 있는 경우 연기감지기가 작동 가능한 화재상황은 장기간 화재가 지속되어 화재실 전체의 연기농도가 감지 가능한 농도가 되어야 감지를 할 수 있을 것으로 분석되었으며, 이러한 경우 수납된 정밀 제조설비와 전산설비는 부식성 가스와 연기미립자에 의한 오염으로 장비의 내구년한 단축 및 결함발생으로 경제적 손실이 예상된다.

5.2 소화설비 작동지연에 미치는 영향

소화설비의 자동작동을 위한 감지장치의 감지지연으로 화재 초기에 소화설비의 작동이 불가능할 것으로 예상되고, 그 결과 연소확대에 의해 전선 및 케이블 등 고분자 화합물의 연소 시 발생하는 유독성 가스와 부

식성 가스로 인하여 인명 및 시설의 피해도 증가와 복구기간의 장기화를 유발할 수 있을 것으로 분석되었다.

5.3 공조설비 가동에 영향을 받지 않는 조기 화재 감지기장치

공기흡입형 연기감지장치는 방호공간의 공기를 배관망을 통하여 Aspirator에 의해 감지부로 흡입, 흡입된 공기는 감지부에서 Laser 등 광원에 의해 Forward Scattering방식에 의해 고정밀도의 수신부에 의해 연기미립자의 존재를 제어·처리하여 화재를 감지할 수 있는 Active형 연기감지장치로 컴퓨터실, 반도체생산 공정 등 기류영향에 의해 Point type의 Passive형 연기감지기 작동지연이 예상되는 환경에 효과적인 화재감지 방식으로 기류영향을 받지 않는 감지방식이다.^{7,8)}

NFPA 318에서는 Cleanroom에는 10 μm이하의 연기입자에 대해 0.03%/ft이하의 농도에서 감지 가능한 공기흡입형 연기감지장치를 공기순환에 의해 연기가 희석되기 전 배기부에 설치토록 하고 있으며, 소방기술기준에 관한 규칙 제 85조 4항에는 전산실 또는 반도체 공장 등에는 공기흡입형 광전식감지기를 공기흡입 배관망에 설치된 가장 먼 Sampling 지점에서 감지부분까지 120초 이내에 연기를 이송할 수 있는 공기흡입능력을 규정하고 있다.^{9,10)}

6. 결 론

전산실, 반도체 생산공정 등 기류순환이 있는 실내에서의 화재시 연기감지기의 응답특성에 관한 실험을 통하여 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 기류순환이 있는 실내에서 화재발생시 천장에 설

치된 Passive형 연기감지기는 화재가 60분간 지속되어도 화재를 감지하지 못하며, 감지기가 작동을 일으킬 수 있는 상황은 화재실 전체의 연기농도가 감지 가능한 농도가 되어야 한다.

2) 감지기와 연동된 소화설비는 화재 초기작동이 불가능할 것으로 분석되었으며, 그 결과 연소확대에 의한 유독성가스와 부식성가스로 인하여 인명피해, 재산피해의 증가가 예상되었다.

3) 전산실, 반도체 생산공정 등에서는 기류에 영향을 받지 않고 방호공간의 공기를 흡입하여 화재를 감지할 수 있는 Active형 공기흡입형 광전식 연기감지기 설치가 필수적으로 필요하다.

참고문헌

1. E. G. Butcher and A. C. Parnell, Smoke Control in Fire Safety Design, E & F. N. SPON., UK (1979).
2. 田中哮義, 建築火災安全工學入門, 日本建築센타(1993).
3. Telecom Australia, Telecommunications Equipment Accommodation Manual, August(1984).
4. American Experience in the Fire Protection of Computer, Fire, 71(1979).
5. Peter F. Jhonson, Very Early Smoke Detection for Computer and Telecommunications Industries, Fire Safety Journal, 14(1988).
6. ISO 7240-7-2002, Fire Detectors-Point Detectors Using Scattered Light, Transmitted Light or Ionization.
7. 행자부령 제 143호, 2001. 7. 27, 소방기술기준에 관한 규칙.
8. 행자부고시 제 2001-19호, 2001. 10. 16, 감지기의 형식승인 및 검정기술기준.
9. R. J. Cooper etc., Optimizing Sampling Arrangements for High Sensitivity Smoke Detectors in Computer Facilities, Fire Safety Journal, 19(1992).
10. 류은열, 공기흡입형 화재탐지설비(ASD)에 대한 고찰, 방재기술, 19호.