

[Research Paper]

## 천장형에어컨 기류가 화재감지기 작동에 미치는 영향 분석

최문수 · 이근오<sup>\*†</sup>

서울과학기술대학교 에너지안전공학과 대학원생, \*서울과학기술대학교 안전공학과 교수

### Study on Influence of Air Flow of Ceiling Type Air Conditioner on Fire Detector Response

Moon-Soo Choi · Keun-Oh Lee<sup>\*†</sup>

Graduate Student, Dept. of Energy Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

<sup>\*</sup>Professor, Dept. of Safety Engineering, Seoul National University of Science and Technology

(Received September 18, 2018; Revised October 10, 2018; Accepted October 10, 2018)

#### 요 약

이 논문은 천장형 에어컨의 기류가 화재감지기 작동에 미치는 영향을 분석한 연구이다. 천장형 에어컨의 기류를 형성시킨 가운데 화재감지기의 작동특성을 분석하기 위하여 ISO표준에서 규정한 방법으로 화재실험을 수행하였다. 실험은 10 m (가로) × 7 m (세로) × 4 m (높이) 크기의 화재실험장에서 수행하였다. 실험에 사용된 화재감지기는 아날로그식 열감지기와 아날로그 연기감지기이다. 화원으로는 열감지기 작동을 위해 n-heptane을 사용하였고, 연기감지기 작동을 위해 면심지(Cotton)를 사용하였다. 실험 결과, 화재감지기의 응답은 기류가 없을 때는 화원으로부터 거리가 멀어질수록 늦어지는 패턴을 보이나, 강한 기류에서는 그 패턴이 유지되지 못한 것을 확인하였다. 천장형 에어컨 기류가 없는 경우에 비해 기류가 강한 경우에 응답시간이 연기감지기는 121%, 열감지기는 39% 늦어졌다. 천장형 에어컨이 설치된 장소에서는 화재감지기 개수를 늘려 풍구 4방향에 모두 설치하거나 감도가 뛰어난 감지기를 설치하는 것이 화재의 조기감지를 위해 필요할 것으로 판단된다.

#### ABSTRACT

This paper is an analysis of the influence of ceiling air conditioner airflow on fire detector response. In order to analyze the response characteristics of fire detector while forming air flow of a ceiling-type air conditioner, fire tests were carried out in accordance with ISO standard. This experiment was carried out in a fire test site of 10 m (width) × 7 m (length) × 4 m (height). As a result of the experiment, the response of fire detector shows a normal pattern that is delayed as the distance from the fire source is increased in the absence of the air conditioner, but it is confirmed that the pattern is not maintained in the strong air flow. When the air flow of air conditioner was strong, the response time was increased by 121% in the smoke detector and by 39% in the heat detector. In the case of ceiling type air conditioners, it is considered that the number of fire detectors should be increased, or a detector with high sensitivity should be installed for early detection of fire.

**Keywords** : Fire detector, Ceiling type air conditioner, Air flow

#### 1. 서 론

실내공간 활용을 극대화하기 위해 천장에 설치되어 실내의 온도를 조절하는 천장형 에어컨의 보급이 급속도로 증가하고 있다. 화재감지기는 화재 시 발생하는 연소생성

물인 열 또는 연기 등을 감지하는 센서로서 실내의 천장이거나 반자에 설치된다. 화재시 발생한 열기류는 부력에 의해 천장방향 수직으로 상승하다가 천장을 따라 수평으로 이동하는 것이 전형적인 패턴이다. 이러한 열기류 패턴은 천장에 설치되어 냉방기류를 발생시키는 에어컨 바람의 방해

<sup>†</sup> Corresponding Author, E-Mail: [leeko@seoultech.ac.kr](mailto:leeko@seoultech.ac.kr), TEL: +82-2-970-6381, FAX: +82-2-970-4806

© 2018 Korean Institute of Fire Science & Engineering. All right reserved.

받아 전형 패턴대로 유동하지 않고 매우 불안정한 양상으로 변하게 된다. 일정한 패턴에 따라 일정 이상의 열기류 또는 연기가 유입되어야 화재감지기는 작동되는데 천장형 에어컨의 기류와 충돌시 일정한 패턴이 형성되지 못함으로 화재감지기의 작동은 늦어지거나 작동하지 않을 수도 있다.

이러한 이유로 현재 우리나라 자동화재탐지설비 및 시각경보장치의 화재안전기준<sup>(1)</sup>에서 ‘감지기(차동식분포형의 것을 제외한다)는 실내로의 공기유입구로부터 1.5 m 이상 떨어진 위치에 설치할 것’(NFSC 203 제7조 3-1)으로 규정하고 있다<sup>(2)</sup>.

이 연구에서는 천장형 에어컨이 설치된 공간에서의 화재발생시 조기 화재감지에 목표를 두고 천장형 에어컨과 연기감지기 응답특성 간의 상관관계를 실화재 실험을 통해 분석하였다.

화재실험장은 ISO 7240<sup>(3)</sup>에 규정되어 있는 10 m(L) × 7 m (W) × 4 m (H) 크기의 전용 실험장을 이용하였다. 이 실험장에 열 또는 연기감지기를 각 실험마다 16개씩 설치하고 열 또는 연기를 많이 발생시키는 화원을 통해 응답시간을 측정하였다. 이 실험 결과를 바탕으로 천장형 에어컨 기류가 화재감지기의 작동에 미치는 영향을 분석하고, 조기 화재감지를 위한 대책을 고찰하였다.

## 2. 기류환경과 관련된 화재감지기 설치기준

우리나라 자동화재탐지설비 화재안전기준(NFSC 203) 제7조 제3항 제2호에서 화재감지기는 천장이나 반자에 부착하여 설치하도록 규정하고 있다. 그 이유는 화재시 발생한 열 및 연기는 밀도 차이에 의한 부력에 의해 천장제트기류를 형성하면서 흐르기 때문이다. 국내 자동화재탐지설비 화재안전기준(NFSC 203) 제7조 제3항 제1호에서 “감지기(차동식 분포형의 것을 제외한다.)는 실내로의 공기유입구로부터 1.5 m 이상 떨어진 위치에 설치할 것”으로 규정하고 있다. 또한 연기감지기는 천장제트기류가 벽 또는 보 가까이 까지는 않을 것으로 보고 자동화재탐지설비 화재안전기준(NFSC 203) 제7조 제3항 제10호에서 “연기감지기는 벽 또는 보로부터 0.6 m 이상 떨어진 곳에 설치할 것”으로 정하고 있다.

또한 외부 기류가 형성되는 곳은 화재감지기 작동이 어려우므로 설치대상에서 제외시켜 주고 있다.

한편, 미국 NFPA 72<sup>(4)</sup> 규격에서는 화재로 인한 천장제트 기류가 온도저하로 인해 형성되기 어려운 벽으로부터 100 mm 이내의 천장부분에는 감지기를 설치하지 못하도록 규정하고 있다. 그리고 우리나라와 다르게 천장으로부터 100 mm부터 300 mm까지의 벽에는 설치가 가능한 것으로 규정하고 있다.

또한, 실내의 공기유속이 약 1.5 m/s를 초과하게 되면 이온화식감지기는 작동특성에 영향을 받을 수 있기 때문에 광전식감지기, 광전식분리형연기감지기, 공기흡입형연기감지기를 적용할 것을 권장하고 있다.



Figure 1. Arrangement of cotton wicks.



Figure 2. Arrangement of n-heptane.

## 3. 실험장치 및 방법

### 3.1 실험에 사용된 화재감지기

천장형 에어컨 기류와 화재감지기의 작동에 관한 상관관계 분석을 위한 실험에 사용된 감지기는 광전식 아날로그식 연기감지기(설정농도 10 %/m)와 정온식 아날로그식 열감지기(설정 온도 65 °C)이다. 면심지 화원 실험에서는 아날로그식 연기감지기 16개를, n-heptane 화원 실험에서는 아날로그식 열감지기 16개를 각각 천장에 설치하여 실험하고 응답 특성을 분석하였다.

### 3.2 화원(가연물)

실험에 사용한 가연물은 ISO 7240-9에서 규정하고 있는 화원의 일부를 이용하였다. 연기감지기 응답특성 분석용으로는 Figure 1의 면심지(Cotton)을, 열감지기 응답특성 분석용으로는 Figure 2의 n-heptane을 이용하였다. 면심지의 경우 길이 약 80 cm, 무게 약 3 g의 면심지 90개를 Figure 2와 같이 링에 고정시키고 불연 플레이트 1 m 위에 매단다. 그리고 각 심지의 아래 쪽 끝에서 연속적으로 훈소하도록 점화기로 점화시켰다. N-heptane의 경우는 순도 99%의 n-heptane 97%에 순도 99%의 톨루엔을 3% 섞은 혼합물 650 g을 33 cm (가로) × 33 cm (세로) × 5 cm (깊이)의 정방형 강철타레이에 붓고 점화봉으로 점화시킨 다음 열감지기의 응답특성을 확인하였다. 화원의 위치는 천장에 설치된 에어컨의 중심부로부터 3.5 m 떨어진 곳의 수직바닥이고, 감지기 작동시간

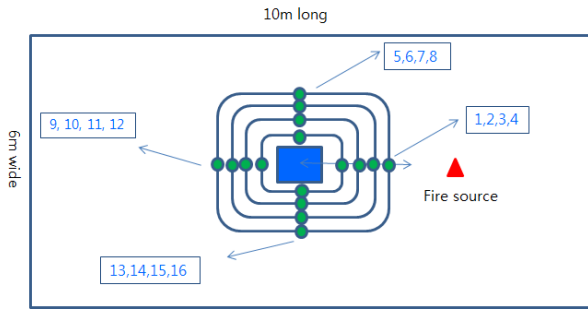


Figure 3. Arrangement of fire detector and fire source.



Figure 4. Actual arrangement of fire detector and fire source.

은 화원을 점화시킨 순간부터 측정하였다. 면심지의 경우는 모든 면심지가 점화된 순간부터 측정하였다.

### 3.3 화재감지기 배치

화재감지기는 천장형 에어컨 4방향의 풍구로부터 0.5 m 간격씩 이격시켜 각 방향으로 4개씩 배치하였다. Figure 3 은 화재감지기 배치도를 나타낸 것으로 그림에서 보는 바와 같이 화재감지기를 천장에 총 16개를 설치하였다. 화재



Figure 5. Measuring wind velocity of air conditioner.

감지기 번호는 화원에서 불 때 근방(1~4번), 우측(5~8번), 원방(9~12번), 좌측(13~16번) 순으로 하였고, 풍구에서 가까운 것으로부터 순차적으로 부여하였다.

화원의 위치는 천장형 에어컨 중심으로부터 3.5 m를 이격시켰다. 즉 화원으로부터 가장 먼 원방의 12번 감지기는 화원으로부터 약 6 m 이격시킨 것이다. 이는 우리나라의 경우 연기감지기는 1개당 150 m<sup>2</sup>를 감지면적으로 하고 있으므로 가장 먼 거리가 6.9 m가 되며, 미국의 경우 연기감지기는 9.1 m \* 0.7 = 6.3 m가 되므로 적절한 실험거리로 볼 수 있다.

## 4. 실험결과 및 분석

### 4.1 기류 측정결과 및 분석

천장형 에어컨의 기류를 Figure 5와 같이 감지기로 기류가 유입되는 부근에서 측정하였다.

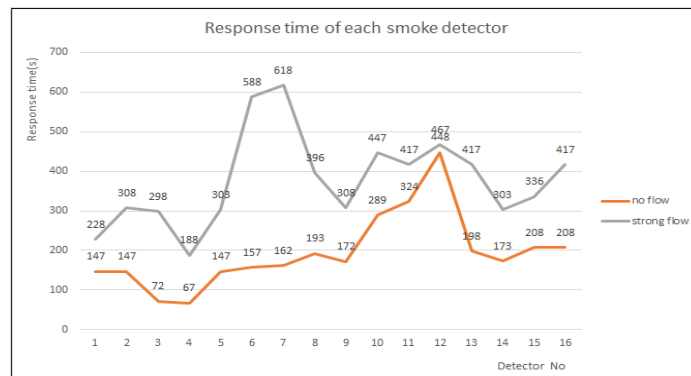
천장에 배치된 각 감지기에서 측정된 기류의 속도는 Table 1과 같다. 강한 기류 상태에서 최저 풍속은 0.19 m/s, 최고 풍속은 0.45 m/s로 측정되었으며, 풍구에 가까울수록 기류의 속도가 높게 나타났다.

Table 1. Velocity of Air Flow According to Air Conditioner Wind and Detector No.

Detector No.	Direction from Fire source	Spacing from Outlet of Wind (m)	Velocity of Airflow (m/s)	
			Air Conditioner wind Velocity-zero	Air Conditioner Wind Velocity-strong
1	Close Side	0.5	0	0.33
2		1.0	0	0.25
3		1.5	0	0.21
4		2.0	0	0.19
5	Right Side	0.5	0	0.34
6		1.0	0	0.29
7		1.5	0	0.24
8		2.0	0	0.19
9	Distant Side	0.5	0	0.39
10		1.0	0	0.35
11		1.5	0	0.33
12		2.0	0	0.25
13	Left Side	0.5	0	0.45
14		1.0	0	0.39
15		1.5	0	0.29
16		2.0	0	0.22

**Table 2.** Response Time of Smoke Detector According to Air Conditioner Wind and Detector No.

Detector No.	Direction from Fire Source	Spacing from Outlet of Wind (m)	Response Time of Smoke Detector (Min : s)	
			Air conditioner Wind Velocity-zero	Air Conditioner Wind Velocity-strong
1	Close Side	0.5	2:27	3:48
2		1.0	2:27	5:08
3		1.5	1:12	4:58
4		2.0	1:07	3:08
5	Right Side	0.5	2:27	5:03
6		1.0	2:37	9:48
7		1.5	2:42	10:18
8		2.0	3:13	6:36
9	Distant Side	0.5	2:52	5:08
10		1.0	4:49	7:27
11		1.5	5:24	6:57
12		2.0	7:28	7:47
13	Left Side	0.5	3:18	6:57
14		1.0	2:53	5:03
15		1.5	3:28	5:36
16		2.0	3:28	6:57



**Figure 6.** Comparison of response time of smoke detector according to air flow velocity and detector No.

**4.2 연기감지기 작동시험 결과**

연기감지기는 설정농도 10 %/m 인 광전식 아날로그식 감지기를 사용하였고 작동시험 결과는 다음 Table 2와 Figure 6 및 Figure 7과 같다.

**4.3 열감지기 작동시험 결과**

열감지기는 설정온도 65 °C인 정온식 아날로그식 감지기를 사용하였고 작동시험 결과는 Table 3 및 Figure 8과 같다.

**4.4 실험결과 분석**

일반적으로 화재감지기의 응답은 기류가 없을 때는 화원으로부터 거리가 멀어질수록 늦어지는 패턴을 보이나, 강한 기류에서는 그 패턴이 이루어지지 않는다는 것을 확

인하였다.

즉, 에어컨의 기류가 화재시 발생하는 연기유동이나 열기류를 방해하여 화재감지기의 응답특성에 영향을 줄 수 있다는 것을 알 수 있었다.

에어컨기류가 없는 경우에 비해 기류가 강한 경우에 응답시간이 대폭 늦어지는 데, 연기감지기는 121%, 열감지기는 39% 늦어지는 것으로 확인되었다.

육안으로 확인 결과, 에어컨기류가 강한 경우에는 화재로 형성된 연기유동을 교란시켜 천장에서 연기층이 형성되지 못하고 실내 전체로 연기가 확산되어 대부분의 연기감지기의 작동이 늦어진 결과를 초래하였고, 화원으로부터의 간격이나 감지기 응답특성 간의 상관성이 매우 낮은 것을 확인하였다.

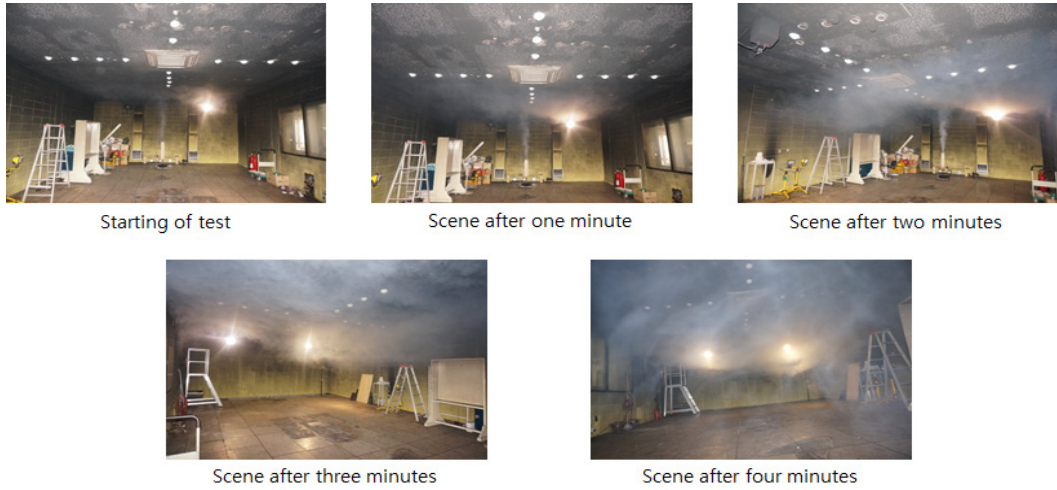


Figure 7. Experimental scene on smoke detector by air flow velocity and detectors.

Table 3. Response Time of Heat Detector According to Air Flow Velocity and Detector No.

Detector No.	Direction from Fire Source	Spacing from Outlet of Wind (m)	Response Time (Min : s)	
			Air Conditioner Wind Velocity-zero	Air Conditioner Wind Velocity-strong
1	Close Side	0.5	2:01	2:43
2		1.0	1:41	2:28
3		1.5	1:36	2:13
4		2.0	1:06	1:04
5	Right Side	0.5	2:11	2:49
6		1.0	2:11	3:04
7		1.5	2:46	3:39
8		2.0	2:46	3:34
9	Distant Side	0.5	3:41	5:14
10		1.0	3:31	5:14
11		1.5	3:46	6:24
12		2.0	4:26	8:20
13	Left Side	0.5	2:21	2:49
14		1.0	2:16	2:54
15		1.5	2:21	3:14
16		2.0	2:21	3:09

우리나라 자동화재탐지설비 및 시각경보장치 화재안전 기준에서 정하고 있는 실내로의 공기유입구에서 1.5 m 이내 감지기 설치 금지 규정과 관련, 실험 데이터만 가지고 해석할 때 공기유입구에 근접한 감지기가 멀리 떨어진 감지기 보다 더 빠르게 응답하는 경우도 있어 기존 기준의 타당성을 확인할 필요가 있다.

사실, 에어컨 풍구 직근에서 기류를 측정하였을 때 기류는 0.5 m/s 미만의 미미한 풍속을 보이는 것으로 나타났다. 이는 기류의 방향이 천장 수평방향으로 이루어지지 않고 어느 정도 하방향으로 각도를 두고 형성되므로 천장에는 기류가 거의 없기 때문인 것으로 보인다.

기류가 강한 경우라도 기류의 흐름을 하방으로 하기 때

문에 천장 수평방향의 기류가 강한 편은 아니지만, 실내 공기를 확산시키는 역할을 하여 열기류와 연기를 희석시킴으로 인해 감지기 설치 위치(이격거리)와 감지기 응답시간 간의 상관성이 매우 떨어지고 감지기 응답시간이 늦어지는 결과를 초래하는 것으로 판단된다.

### 5. 결 론

본 논문은 천장형 에어컨 기류가 화재감지기 작동에 미치는 영향에 대하여 실험을 통해 분석한 연구이다. 실험에 사용된 화재원은 열과 연기가 많이 발생하는 대표 가연물을 이용하였고, 화재감지기로는 아날로그식의 열감지기와

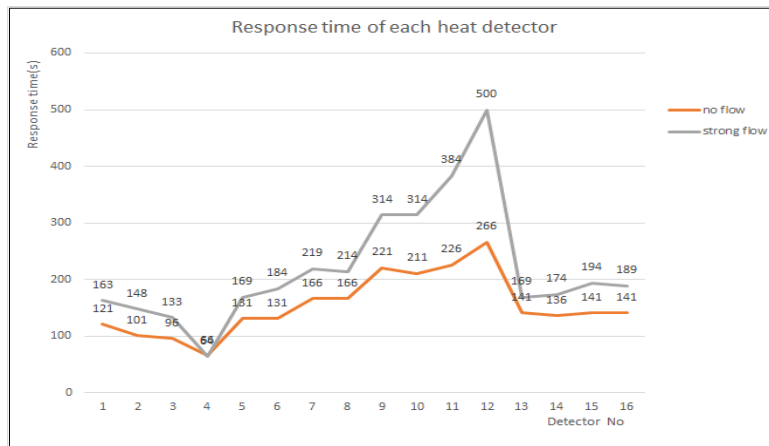


Figure 8. Comparison of response time of heat detector according to air flow velocity and detector No.

연기감지기를 설치하였다. 그 결과 본 연구의 실험조건 하에서 다음과 같은 결론을 얻었다.

- 1) 화재감지기 작동은 기류가 없을 때는 화원으로부터 거리가 멀어질수록 늦어지는 전형적 패턴을 보이나, 강한 기류에서는 그 패턴이 유지되지 못하는 것을 확인하였다.
- 2) 천장형 에어컨 기류가 없는 경우에 비해 기류가 강한 경우에 응답시간이 연기감지기는 121%, 열감지기는 39% 늦어졌다.
- 3) 천장형 에어컨 기류가 강한 경우에 화재감지기 작동에 영향을 미치기 때문에 천장형 에어컨이 설치된 곳에서 화재를 조기에 감지하게 하기 위해서는 감지기를 에어컨의 4방향에 모두 설치하는 것이 권장된다.
- 4) 천장형 에어컨이 설치된 장소에는 감도가 뛰어난 열감지기 또는 연기감지기를 설치하는 것이 화재의 조기감지 또는 실보(失報) 방지를 위해 필요한 것으로 판단된다.
- 5) 천장형 에어컨이 설치되어 에어컨 기류가 형성되는

실내에서 풍구 직근 거리와 응답속도 간의 상관성이 높지 않은 것으로 나타났다.

### References

1. NFSC 203, "Automatic Fire Alarm System and Visual Alarm System" (2015).
2. M. S. Choi, S. H. Hong, S. T. Park, H. M. Park, G. Y. Kim and G. S. Son "Study on Correlation Between Flow of Ceiling Type air Conditioner and Response Characteristics of Fire Detectors", Proceedings of 2015 fall Annual Conference, Korean Society of Safety (2015).
3. ISO 7240-9, "Fire Detection and Alarm Systems - Part 9: Test Fires for Fire Detectors" (2006).
4. NFPA 72, "National Fire Alarm and Signaling Code" (2016).