

마이컴-기반 다중센서 화재감지장치에 관한 연구

A Study on the Fire Detectors of Multiple Sensors by Micom-based

본 연구에서는 기존의 자동화재탐지설비의 오동작(비화재보, 실보)과 빈번한 오동작으로 인한 전원의 차단 등의 문제점을 해결하고 보다 높은 신뢰성을 갖는 자동화재탐지설비를 구성하기 위한 방안을 제시하고자 한다.

제안된 방식은 다중센서를 이용한 마이크로프로세서-기반의 디지털 제어시스템으로서 화재 시 발생하는 여러 가지 연소생성물을 감지하기 위해서 열, 연기 및 CO 센서를 복합적으로 사용하여 자동화재탐지설비의 오동작 발생 가능성을 줄인 실제 화재감지시스템을 구성하였고, 다중센서 화재감지장치의 화재 감지 및 판별 알고리즘에 의해서 화재발생의 여부를 디지털 제어시스템에 의해서 신뢰도 높게 판단함을 실제 열, 연기 및 불연성 분진 관련 감도시험을 통해 검증하였다.

1. 서 론

화재·소방공학에 대한 학술적인 발전과 전자공학, 화학공학, 재료공학, 반도체 센서공학, 디지털신호처리기술, 그리고 정보통신기술 등의 발전은 새로운 화재감지 관련 기술과 개념을 지속적으로 발전시켜 왔다.

화재감지기의 성능개선을 위한 새로운 감지기술이 개발되고 있지만, 환경적 장애요소와 비화재보가 발생하지 않는 실제 화재의 확실한 감지라는 궁극적인 목표는 아직은 요원한 실정이다.¹⁾

화재감지기술의 연구는 비화재보의 감소와 응답특성의 향상, 동적 작동 등 관련 기준의 충족 등을 위한 복잡한 설치환경과 고가의 화재예방설비의 구축이라는 문제에 직면하고 있다.

화재의 초기에는 연소의 연쇄반응을 위한 충분한 조건이 형성되기 이전으로 가연물의 열분해물질, 미세한 연기입자와 화염 등의 연소생성물이 발생되므로, 이 단계에서 다양한 화재특성 관련 연소생성물을 신속하고도 신뢰성 높게 감지하기 위해서는 (1)세 가지 이상의 독립된 화재감지센서를 이용하여 (2)이들 센서들로부터 수집된 정보를 분석 및 통합하여 보다 정확한 화재발생을 판별할 수 있는 지능적인 알고리즘의 확립과 (3)이러한 알고리즘을 구현할 수 있는 마이컴-기반의 제어시스템의 개발, 그리고 (4)자가진단 기능 등을 부여한 설비의 유지관리 기능의 향상을 위한 새로운 유형의 마이컴-기반 다중센서 화재감지장치의 연구·개발에 대한 필요성이 대두되고 있다.^{2)~5)}

화재감지기는 화재 시 발생하는 열, 연기, 불꽃을 감지하지만 응답특성의 신뢰성 한계, 특히 연기감지기는 조기화재감지로서 가장 효과적이라고 알려져 있지만, 연기감지원리로

인한 비화재보의 취약한 특성을 가지고 있다.^{6)~7)}

화재는 매우 복잡하고 다양한 물리화학적 특성을 가지고 있고, 인화성·가연성 물질의 특징도 매우 다양하지만, 모든 화재는 세 가지의 공통적인 요소를 가지고 있다. 즉, 모두 CO와 CO₂, 열, 그리고 입자 물질(미립자)을 방출한다는 것이다. 그 비율은 화재의 종류마다 다르고, 각각의 상황에서 시간에 따라 변하지만, 모든 경우에 있어서 이들 세 가지 요소의 각각은 항상 존재한다.¹⁾

이러한 이론을 바탕으로 세 개의 상이한 센서-온도, 광전식 스모크, CO(또는 CO₂) 센서-와 마이컴-기반의 디지털제어시스템을 조합하여 정교한 응답특성의 화재 판별 알고리즘을 갖춘 마이컴-기반 다중센서 화재감지장치의 구성과 관련 제어프로그램의 연구·개발이 필요하다.^{2)~5)}

이러한 지능적인 알고리즘으로 개별적인 센서의 출력 값을 측정하고 처리하면, 마이컴-기반 다중센서 화재감지장치는 오동작과 실보(失報)의 가능성을 최소화할 수 있으므로, 신뢰성 높은 새로운 화재감지시스템을 구성할 수 있다.^{2),4)}

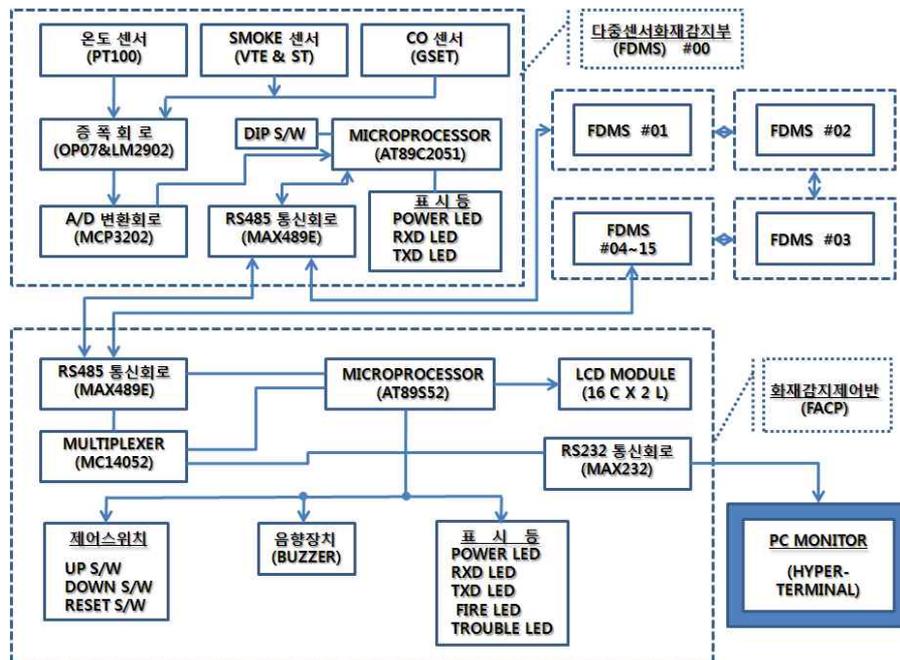
본 연구에서는 제안된 다중센서 화재감지장치는 일부 선진국에서 연구·개발되고 있는 새로운 화재감지시스템의 유형으로서 조기 화재감지와 다중감지센서로 계속된 정보를 분석, 통합하여 화재발생의 여부를 판단, 실시간으로 화재발생신호를 발하는 시스템의 구성과 관련 제어프로그램을 개발하는 것이다.²⁾

2. 다중센서를 이용한 화재감지

현재 사용되고 있는 기계식(on-off 방식), 단일 센서(열, 연기, 불꽃), 또는 이중센서(열연 복합식)의 화재감지기와는 달리 열, 연기, CO 센서를 사용함으로써 훈소 또는 불완전연소 등의 화재상황에서도 비화재보와 실보(失報)의 가능성을 개선시킬 뿐만 아니라 정확한 발화위치의 확인이 가능토록 화재감지부에 주소를 부여하는 등의 지능형 알고리즘을 추가한 디지털 제어방식의 마이컴-기반 다중센서 화재감지장치에 대한 연구가 본 연구의 목적이다. 본 연구를 통해서 제안된 새로운 화재감지장치의 시스템 계통도는 [그림 1]에 제시되어 있다.

2.1 화재감지소자

본 연구에서는 (1)열감지 센서, (2)광전식 스모크 센서, (3)반도체식 CO 센서를 복합적으로 사용하였다.



[그림 1] 다중센서 화재감지장치의 개념도

열감지센서로는 화재 시 발생하는 연소열을 측정하기 위해서 독일의 EPHY MESS GmbH사의 PT100을 사용하였으며, 광전식 스모크센서로는 연기의 색상과 크기를 고려하여 레이저의 파장과 포토다이오드의 파장을 연기입자의 산란이 최대로 일어나도록 Perkinelmer 사의 적외선 산란다이오드(VTE1291-2H)를 발광소자로 사용하였고, 수광소자로는 Auk Semiconductor사의 분광분석 적용범위가 700~1,000 nm인 Photo Transistor (ST3811)를 사용하였다. 그리고 CO센서로는 Ogam Technology사의 반도체식 접촉 연소형 CO센서(GSET11)를 사용하여 일반가연물의 연소반응으로 발생하는 CO가 화재발생 건축물 등에서 인명안전에 악영향을 미칠 수 있는 농도인 400 ppm (무력증상을 나타내는 농도)에 도달하기 이전에 이를 감지하여 거주자들에게 화재 관련 경보를 발하고, 화재의 초기 또는 훈소 시의 실보(失報) 및 화재의 발생과 관계없는 불연성의 가스, 증기 또는 분진 등에 응답하는 광전식 연기감지소자의 오동작을 최소화하기 위한 제2 연기감지소자 (fail-safe type)로 이용하였다.⁸⁾

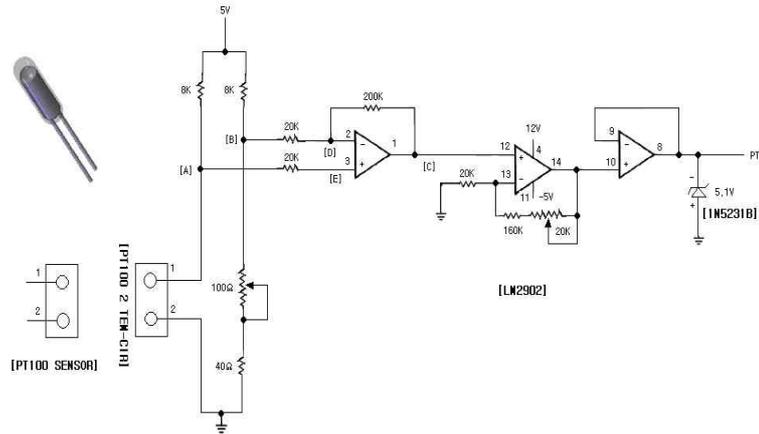
2.2 다중센서 화재감지회로의 구성

본 연구에서 제안된 마이컴-기반 다중센서 화재감지장치는 하드웨어와 소프트웨어로 구성되어 있으며, 하드웨어는 건축물 등의 방호공간에서 발생한 화재로 인하여 생성되는 연소생성물을 실시간으로 신속하게 감지할 수 있는 스포트형의 다중센서 화재감지체로서 세 가지 센서의 아날로그 출력신호를 증폭 및 디지털신호로 변환하여 주제어반으로 전송하기 위해 OP Amp 증폭회로, ADC 변환회로, 통신회로, 제어회로 등으로 구성하였다.⁸⁾

소프트웨어는 각 센서들이 계측한 정보를 실시간으로 화재제어반에 전송하는 응용프로

그램을 Assembly Language를 이용하여 개발하였다.

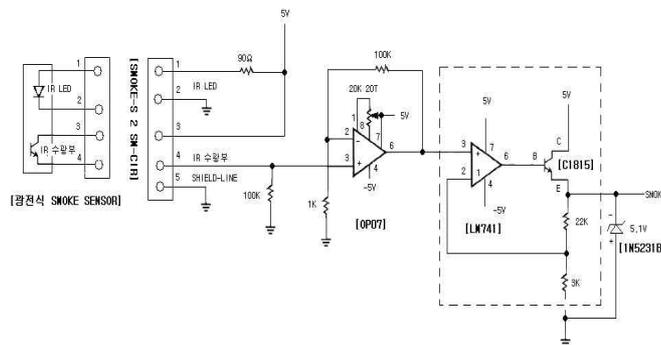
열감지회로는 0 °C일 때의 저항값이 100 Ω인 PT100센서로 계측된 아날로그신호를 OP Amp인 4채널용 증폭기 LM 2902를 이용하여 센서의 감도특성을 최적화하고 계측값의 분석능력을 최대화하기 위해 약 100배 정도로 증폭시켜서 계측된 아날로그신호의 최대출력이 5.0 V 정도가 되도록 회로도를 구성(그림 2 참조)하였다.



[그림 2] PT100 센서를 이용한 열감지회로도

광전식 스모크 감지회로는 IR LED에서 발생된 적외선이 চে임버로 유입된 연소생성물에 의해 산란된 적외선을 IR 수광부에서 감지하여, 계측된 아날로그신호에 대한 센서의 감도특성을 최적화하고 계측값의 분석능력을 최대화하기 위해 연산증폭기인 OP 07을 이용하여 약 100배 정도로 증폭시켜서 계측된 아날로그신호의 최대출력이 4.5 V 정도가 되도록 회로도를 구성(그림 3 참조)하였다.

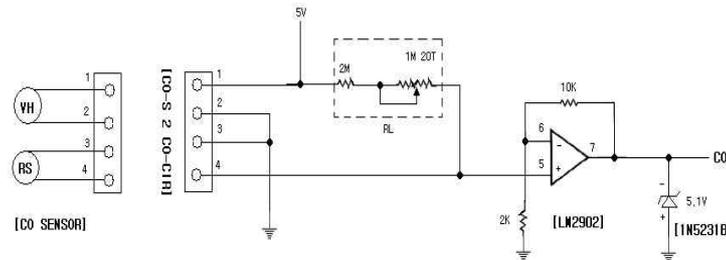
스모크가 없는 상태에서의 출력전압의 영점조절을 위해서 OP 07에 가변저항을 OFFSET- NULL로 적용하였다.



[그림 3] VTE1291-2H와 ST3811 센서를 이용한 연기감지회로도

접촉 연소식 CO 감지회로는 센서의 내부로 유입된 가연성 가스인 CO 가스(기타 HC, H₂, C₄H₁₀ 등)가 접촉연소반응에 의해서 발생된 연소열로 인하여 센서저항 RS의 변화에

따른 아날로그신호인 출력 전압을 계측한 다음, 센서의 감도특성을 최적화하고 계측값의 분석능력을 최대화하기 위해 OP Amp인 LM 2902를 이용하여 약 6배 정도로 증폭시켰으며, 가연성 가스가 없는 청정 공기 상태에서의 계측된 아날로그신호의 최대출력이 3.74 V 정도가 되도록 회로도를 구성(그림 4 참조)하였다.



[그림 4] GSET11 센서(접촉연소형)를 이용한 CO 가스 감지회로도

화재감지장치의 통신 및 제어회로는 온도, 스모크, CO센서로부터 계측 및 증폭된 아날로그신호를 디지털신호로 변환하는 회로는 MCP 3202를 이용하여 구성하였다.

이 A/D 컨버터에 의해서 생성되는 디지털 출력 코드는 입력 시그널(PT, 스모크, CO)과 기준전압의 함수이다. MCP 3202의 경우, 전원의 공급전압인 V_{DD} 를 기준전압으로 사용되었고, V_{DD} 전압이 저하함에 따라 LSB (Least Significant Bit)의 크기도 줄어든다. A/D 컨버터에 의해서 생성되는 화재감지센서의 아날로그신호에 대한 이론적인 디지털 출력 코드의 계산식은 아래와 같다.

$$Digital\ Output\ Code = \frac{4,096 \times V_{IN}}{V_{DD}}$$

실제 응답특성 화재시험을 거쳐서 화재감지센서인 PT100, 광전식 스모크, CO센서의 각 센서별 특성 값과 재생값(READING)의 상호관계는 [표 1]에 제시하였다.

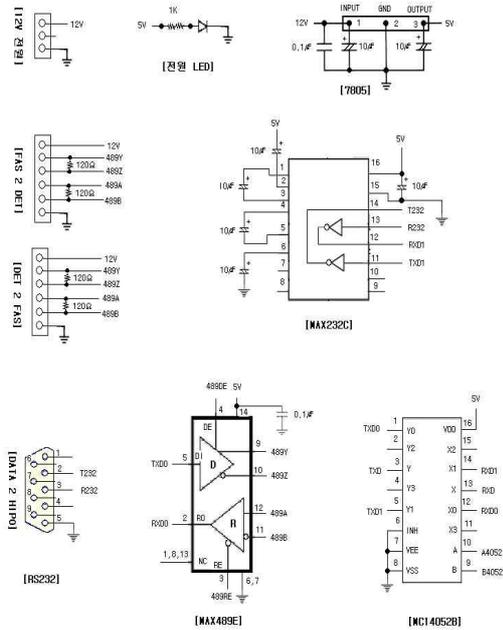
[표 1] 감지센서별 특성값 및 시험출력값 일람표

PT100				광전식 스모크			CO		
°C	Ω	V_{OUT}	Reading	%/m	V_{OUT}	Reading	PPM	V_{OUT}	Reading
0	100	0.085	0065	5	1.43	1139	0	3.74	2978
26	110	0.742	0592	10	1.50	1195	50	1.74	1387
52	120	1.348	1084	15	1.62	1291	100	1.22	0974
78	130	2.032	1621	20	1.80	1434	200	0.84	0671
104	140	2.707	2158	25	1.90	1505	300	0.65	0520
131	150	3.344	2664	30	1.96	1561	400	0.54	0432
156	160	3.761	2944	35	2.21	1760	500	0.48	0384

다중센서를 이용한 계측과 아날로그신호의 증폭, 디지털신호 변환, 이들 변환된 신호의 디스플레이의 제어용 프로그래밍, 주제어반과의 데이터통신 관련 프로그래밍이 가능한 마이크로프로세서는 ATmel사의 AT89C2051를 사용하였다.

화재감지장치별로 주소를 부여하기 위해 DIP S/W(4-PINS)를 CPU에 설치하여 하나의 경계구역 당 16개의 화재감지장치를 접속하여 감지장치별 및 감지센서별로 감지 및 계측 값을 화재감지제어반에서 확인할 수 있도록 하였다.

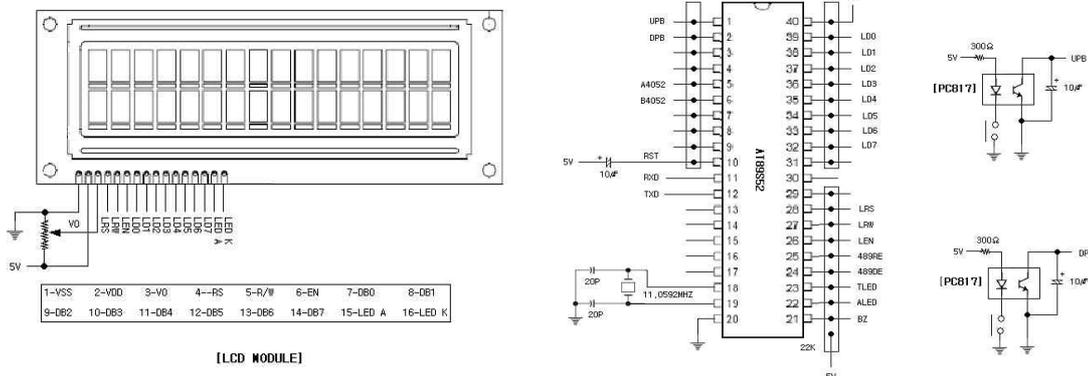
화재감지장치와 화재감지제어반과의 통신방식은 주변의 노이즈에 강력하고 장거리의 송수신과 다자간 통신(하나의 Master-System과 다수의 Slave-Systems)이 가능한 RS485 통신방식을 채택하였고, 데이터의 전이중(Full Duplex) 전송이 가능하고 최대전송거리 1.2 km(4,000 ft), 데이터 최고전송속도가 10Mbps인 MAXIM사의 Model No. MAX489E를 이용하였으며, 화재감지장치와 화재감지제어반과의 통신 상태를 감시하기 위해 AT89C-RXD와 MAX489-RO 및 AT89C-TXD와 MAX489-DI 회로사이에 고휘도 LED를 설치하였으며 관련 회로도도는 [그림 5]에 제시되어 있다.

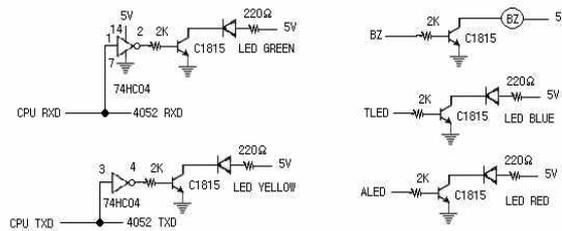


[그림 5] 화재감지장치의 통신 및 제어 회로도

2.3 다중센서 신호처리용 화재감지제어반 구성

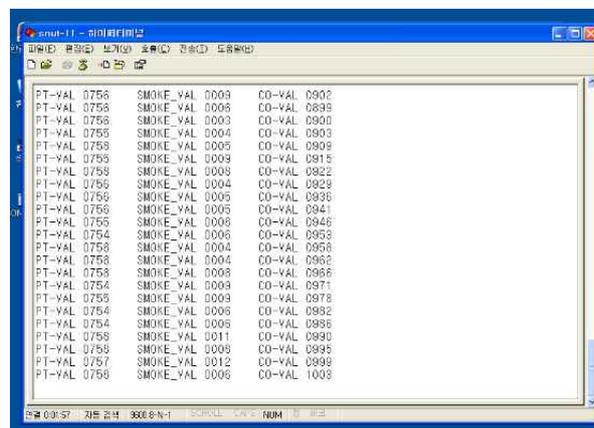
본 연구의 주요 구성요소의 하나인 화재감지제어반은 화재감지장치에서 발신된 다중센서로부터 계측·증폭 및 A/D 변환하여 전송된 세 가지의 감지센서별 출력신호를 실시간으로 표시하는 디스플레이회로, 화재감지장치와 화재감지제어반간의 통신회로, 각각의 화재감지장치를 식별할 수 있는 MULTIPLEXER 회로, 화재발생정보와 본 시스템의 동작상태 등을 나타내는 표시등, 화재발생경보를 표시하는 시각장치 및 음향장치 등의 제어회로 등을 구성 (그림 6 참조)하였다.⁸⁾





[그림 6] 화재감지제어반의 회로도

화재감지신호의 표시회로는 화재감지장치로부터 전송된 디지털신호를 LCD (LC 1622)을 사용하여 화재감지장치의 번호와 화재감지센서별 출력값, 작동된 화재감지장치의 번호와 화재감지센서별 출력값을, 그리고 RS232 통신을 이용한 PC 모니터에도 화재감지센서별 출력값을 실시간으로 표시하도록 회로도(그림 7 참조)와 응용프로그램을 구성하였으며, 세 개의 센서 중 2개의 센서가 각 센서의 설정 값 이상의 화재신호가 수신된 경우에는 해당 화재감지장치의 번호를 표시하도록 LCD Module을 사용하였다.



[그림 7] RS232 통신을 이용한 PC Monitor 출력 형태

본 화재감지장치 관련 화재의 감지와 판별에 관한 알고리즘의 핵심은 화재 시 발생되는 연소생성물인 열, 연기, CO를 세 가지의 센서로 계측된 출력신호를 조합하여 신뢰성 높은 최적의 화재발생신호를 발하도록 관련 응용프로그램을 개발하였으며, 관련 알고리즘의 흐름도는 [그림 8]에 제시하였으며, 화재감지센서별 공칭작동 한계를 [표 2]에 제시하였다.

[표 2] 화재감지센서의 공칭작동한계값

PT100센서		스모크센서		CO센서	
℃	공칭한계	%/m	공칭한계	ppm	공칭한계
71	1476	15	1291	400	0432

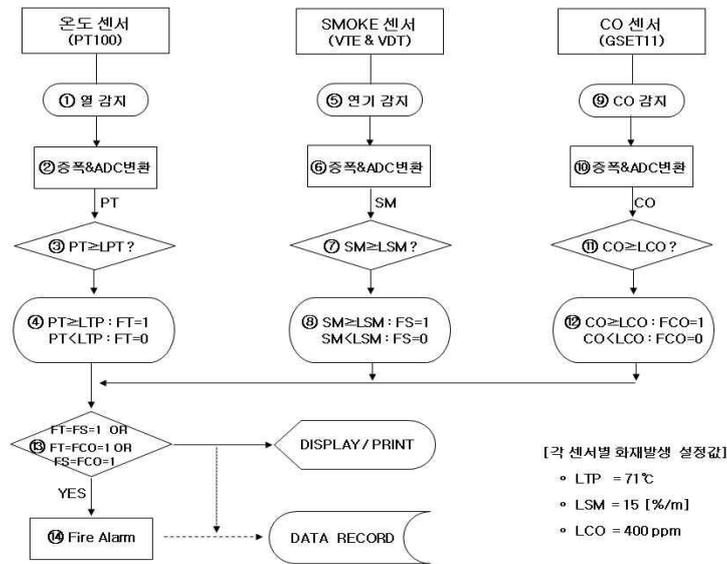


그림 8] 화재 감지 및 판별 알고리즘

3. 성능시험 및 결과 분석

3.1 온도응답특성시험

시험장치는 길이 1,777 mm, 높이 1,939 mm, 폭이 587 mm인 밀폐형 체임버로 내부에는 열 발생부, 풍속조정부, 온도측정부 등이 설치되어 표준온도에 반응하는 시험체의 응답특성을 평가하는 시험장치와 "FILK STANDARD FS-009-2006, 스포트형 열감지기" 기준에 따라서 개발된 화재감지장치의 성능시험을 수행하였다.⁹⁾

계측을 위한 온도측정은 정온식 스포트형 열감지기의 응답특성을 평가하기 위해 사용되는 T형 열전대 및 측온저항체의 온도검출기가 사용되었으며, 열의 발생은 히터의 온도를 아날로그식 감지기의 공칭감지온도범위 (50 ℃ 내지 165 ℃) 내로 제한하기 위해 60 ℃에서 135 ℃로 설정하였다. 체임버 내부에서 순환되는 풍속은 정온방식의 풍속계로 측정된 수직기류의 풍속이 1 m/sec가 되도록 조정하였다.

시험은 다중센서 화재감지장치의 시험체를 실온과 동일한 온도의 강제통풍 속에 10분간 유지하여 화재감지센서를 안정화시킨 다음, 시험장치 안에 시험체를 투입하여 아날로그식 공칭감지온도의 하한값에 대응하는 기류온도 60 ℃로 10 분간 지속한 다음, 일정한 시간간격의 기류온도로 135 ℃까지 단계적으로 온도를 상승시켜서 시험장치에 부착된 온도검출기의 대응성을 평가하기 위해 약 70분 동안 화재시험을 수행하였다. 시험장치 내의 온도 변화에 대응하는 온도센서의 전기적인 아날로그 출력신호를 측정하였으며, 또한 화재감지장치에 부착된 스모크센서와 CO센서의 온도응답특성을 관찰하기 위해서 이들 센서의 전기적인 아날로그 출력신호를 측정하였다. (그림 9 참조)

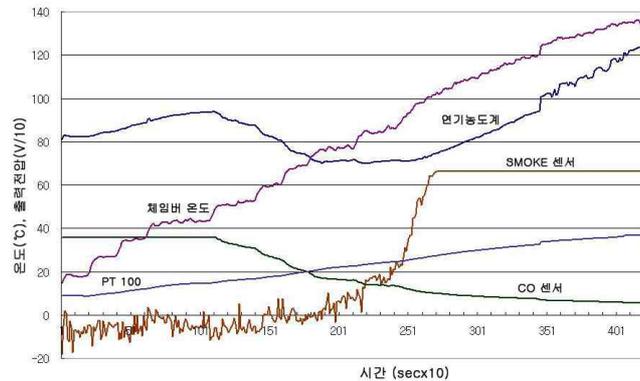


그림 9 온도센서 PT100의 정온식 감도시험 응답특성

시험장치의 챔버 내의 온도에 대한 계측 값의 비교 및 분석을 용이하게 하기 위해서 PT 100과 열전대를 이용하여 계측한 열감지기의 응답특성 감도시험 결과에 따르면, PT100은 시험온도 60 °C에서 135 °C까지의 시험 챔버 내부의 온도상승속도에 따라서 비교적 선형적으로 열전대보다 안정적으로 변화함을 알 수 있었다.

이 화재감도시험에서 스모크센서와 CO센서의 화재감도특성 시험온도에 따른 응답특성인 아날로그 출력전압을 비교한 결과, 스모크센서의 경우에는 챔버 내의 온도변화에 따라서 응답특성이 매우 민감하게 변화하였고, 85 °C 이상인 경우에는 센서의 출력응답특성이 급격히 변화함을 알 수 있었다. 즉, 이는 광전식 연기감지기의 수광부로 이용되고 있는 ST3811은 설치 장소의 특성에 적합한 작동온도범위를 갖는 유형의 광전식 연기감지기를 선택해야 만이 화재 발생과 관련 없는 연기감지기의 오동작(비화재보)을 감소시킬 수 있는 것으로 판단되었다. 반면에 공칭작동범위가 -10 °C~60 °C인 CO센서의 경우, 챔버의 온도변화에 따라서 PT100과 유사한 안정적이고 선형적인 응답특성을 나타냄으로써 연기가 발생하지 않는 실내의 온도 상승에 따른 비화재보의 발생 가능성은 스모크센서보다 상대적으로 낮을 것으로 판단되었다.

3.2 연기 및 CO 응답특성시험

3.2.1 동양호지 (2호) 응답특성시험

시험장치는 길이 1,830 mm, 높이 830 mm, 폭이 500 mm인 밀폐형 챔버로 내부에는 연기 발생부, 풍속조정부, 연기농도측정부 등이 설치되어 표준연기농도에 반응하는 시험체의 응답특성을 평가하는 시험장치와 "FILK STANDARD FS-010 -2006, 스포트형 연감지기" 기준에 따라서 제안된 화재감지장치의 성능시험을 수행하였다.10)

시험은 화재감지장치의 시험체를 실온과 동일한 온도의 강제통풍 속에 10분간 유지하여 반도체식 CO센서를 안정화시킨 다음, 시험장치 안에 시험체를 투입하였고, 연기발생은 히터의 온도를 400±10 °C로 조정된 후, 정수용 여과지로 사용되는 백색의 동양호지 2호를 훈소시켜 연기를 발생시켜서 시험장치에 부착된 감광식 농도계의 대응성을 평가하

기 위해 연기농도를 0 %/m에서 40 %/m의 범위를 유지하면서 약 35분간 시험을 수행하였으며, 시험장치 내의 연기농도 변화에 대응하는 스모크센서와 CO센서의 전기적인 아날로그 출력신호를 측정하였다. (그림 10 참조)

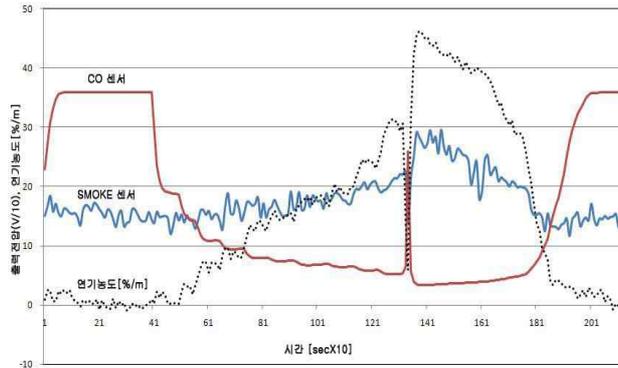


그림 10) Smoke 및 CO 센서를 이용한 동양호지(2호)에 대한 감도시험 응답특성

시험장치의 체임버 내의 연기농도에 대한 계측 값의 비교 및 분석을 용이하게 하기 위해 광전식 스모크센서 ST3811과 광학연기농도계를 이용하여 계측한 연기감지기 응답특성 감도시험 결과에 따르면, 시험 체임버 내의 연기농도가 15 %/m 내지 30 %/m의 범위에서는 연기농도에 대해서 어느 정도 적절한 출력 응답특성의 변화를 갖는 것으로 나타났으나, 연기농도가 15 %/m 이하 또는 30 %/m 이상의 경우에는 스모크센서의 출력 응답특성의 변화가 연기농도의 변화에 비해서 거의 변화가 없는 것으로 나타났다. 이는 "감지기의형식승인및검정기술기준"에서 규정하고 있는 광전식감지기의 2종과 3종에 대한 각각의 공칭작동농도의 연기농도 15 %/m 및 22.5 %/m에 대해서 작동시험을 하도록 규정하고 있어, 현행 규정에 대해서는 적절한 것으로 판단되었다.

CO센서는 연기농도가 0 %/m에서 45 %/m의 범위의 변화에 대해서 출력 응답특성이 상당히 선형적으로 그리고 안정적으로 변화하는 것으로 나타났다. 이는 연기농도에 대한 스모크센서의 응답특성과 비교해서 CO센서가 보다 광범위한 작동범위의 연기농도 출력특성과 보다 안정적인 응답특성을 갖는 것으로 판단되었다.

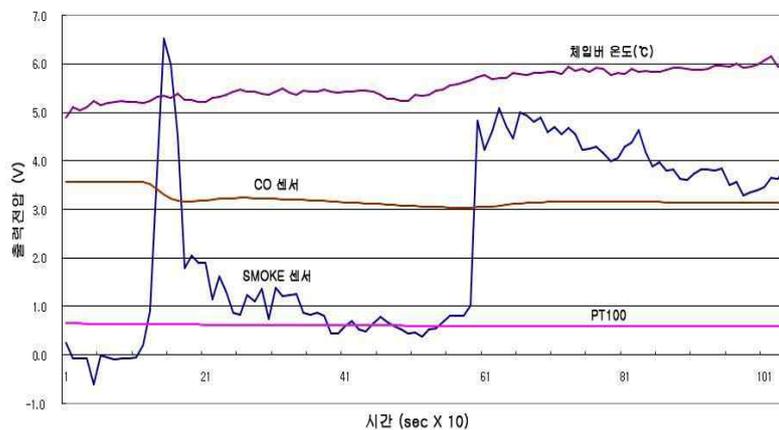
또한 스모크센서의 응답특성은 시험 체임버 내의 스모크의 복잡한 유동메커니즘에 따라서 출력 응답의 변화가 급격한 특성을 갖고 있을 뿐만 아니라 스모크센서의 특성이 외부의 노이즈에 매우 민감한 고유 특성을 가지고 있으나 CO센서의 경우에는 센서에 접촉되어 연소되는 인화성 또는 가연성 물질(가스, 증기, 또는 분진)의 종류와 양에 따른 CO센서의 출력 응답특성이 보다 안정적인 것으로 확인되었다.

이 화재시험에서 스모크센서와 CO센서의 연기농도에 따른 응답특성인 출력전압을 비교 및 분석한 결과, 본 화재감지장치에 이용된 스모크센서의 경우에는 공칭작동 연기농도가 7.5 %/m인 광전식 1종의 연기감지기로는 적합하지 않은 것으로 분석되었다.

3.2.2 불연성 분진 응답특성시험

불연성 분진 시험장치는 하부높이 550 mm, 상부높이 600 mm, 직경이 550 mm인 원통형 체임버가 분진농도에 반응하는 시험체의 응답특성을 평가하는 시험장치와 불연성 분진인 플라이 애쉬를 체임버 내에서 유동시키기 위해 에어 콤프레서가 시험에 사용되었으며, 시험 기준은 "FILK STANDARD FS-010 -2006, 스포트형 연감지기" 기준을 적용하여 수행하였다.

감도시험에 사용된 불연성 분진은 KS A 0090 (시험용 분진)의 5종 플라이 애쉬 60 g을 시험 체임버 속에 넣고, 풍속 25 cm/sec로 교반하여 약 17분 동안 분진감도시험을 수행하였으며, 시험장치 내에서 유동하는 플라이 애쉬에 대응하는 광전식스모크센서와 CO센서의 전기적인 아날로그 출력신호를 측정하였다. (그림 11 참조)



[그림 11] Smoke 및 CO 센서를 이용한 Fly Ash에 대한 감도시험 응답특성

스모크센서는 시험장치 체임버 내의 분진농도에 반응하는 응답특성 감도시험 결과에 따르면, 시험 체임버 내에서 교반되어 유동하는 플라이 애쉬에 대한 스모크센서의 출력 응답특성은 연기농도 5 %/m에 해당하는 1.43 V 이하 및 45%/m에 해당하는 2.65 V를 초과하는 광범위한 출력 응답특성을 갖는 것으로 나타났으며, 이는 화재 시에 발생하는 인화성 또는 가연성 물질의 연소생성물과 관계없는 불연성 물질인 플라이 애쉬와 같은 빛을 산란시킬 수 있는 물질에 대해서도 비화재보를 발생하는 것으로 확인되었다.

CO센서의 경우에는 이번 불연성 물질에 대한 응답특성 감도시험 결과에 따르면, 시험 체임버 내에서 유동하고 있는 불연성 물질에 대한 시험 17분 동안에 CO센서의 출력 응답특성의 범위가 3.05 V 내지 3.57 V를 나타냈으며, 이는 CO 농도를 기준으로 했을 경우에는 4 ppm 내지 17 ppm의 농도범위에 해당하는 것으로서, 이는 CO의 작업허용농도인 50 ppm(출력전압 1.74 V) 보다 훨씬 낮은 뿐만 아니라 다중센서 화재감지장치의 CO센서에 대한 화재발생 설정농도인 400 ppm에 상당하는 출력전압인 0.48 V에 비교해서 매우 낮은 것으로 분석되어, 인화성 또는 가연성 물질 이외의 빛의 산란 여부와 관계없이 대부분의 불연성 물질에 대해서는 경보를 발하지 않을 것으로 판단되었다.

4. 성능검증시험 결과 종합

본 연구를 통해서 새로이 제안된 마이컴-기반의 디지털 제어방식을 이용한 다중센서 화재감지장치에 대한 실제 화재시험을 통한 화재 감지 및 판별 알고리즘의 성능검증결과를 정리하면 다음과 같다.

- (1) 다중센서 화재감지장치의 열 응답특성을 확인하기 위한 화재시험결과에 따르면, 스모크센서의 온도응답특성을 고려하여 PT100의 계측 값이 85 ℃ 이하인 경우에는 PT100과 스모크 또는 CO 센서를, 85 ℃ 초과하는 경우에는 PT100센서와 CO센서를 AND 조건으로 적용하여 화재발생조건을 판별하는 것이 비화재보의 가능성을 저감시킬 수 있는 것으로 분석되었다.
- (2) 화재감지장치의 연기응답특성을 확인하기 위한 동양호지 2호에 대한 연기감도시험의 결과에 따르면, 비교적 열의 발생이 적은 화재 초기 또는 훈소 화재의 경우에는 하나의 감지센서를 이용하는 광전식 연기감지기를 스모크센서와 CO센서를 AND 조건으로 적용하여 화재발생조건을 판별하는 것이 실보(失報) 또는 비화재보의 가능성을 저감시킬 수 있는 것으로 분석되었다.
- (3) 불연성 물질에 대한 응답특성을 확인하기 위한 fly ash에 대한 시험결과에 의하면, 온도 및 동양호지 응답특성 시험결과와 같이 하나의 감지센서를 이용하는 연기감지기를 스모크센서와 CO센서를 AND 조건으로 적용하여 화재발생조건을 판별하는 것이 비화재보의 가능성을 저감시킬 수 있는 것으로 분석되었다.
- (4) 급격한 온도상승의 조건에서만 작동하는 차동식과 일정 온도 이상의 공칭작동온도에서만 작동하는 정온식은 완만한 온도상승이 예상되는 훈소 화재의 경우에는 실보(失報)의 가능성이 있지만, 다중센서를 이용하면 훈소 시에 발생하는 열이나 빛 이외의 연소생성물을 스모크나 CO센서가 조기에 화재발생을 감지할 수 있고, 또한 AND 조건의 알고리즘에 의해서 신뢰성 높은 화재발생경보를 발함으로써 실보(失報)의 가능성을 저감시킬 수 있는 것으로 분석되었다.
- (5) 기존 주소형 화재감지시스템을 적용하는 자동화재탐지설비의 경우, 화재발생장소를 경계구역별로 표시하는 반면, 본 연구를 통해서 개발한 화재감지제어반에서는 작동된 감지기 번호를 표시하도록 함으로써, 오동작 감지기를 확인하여 즉시 교체할 수 있는 등의 유지관리 상의 문제점을 개선시킬 수 있기 때문에 설비를 항상 정상 작동상태로 유지할 수 있는 가능성을 더욱 개선시킬 수 있다.

5. 결 론

본 연구에서는 화재예방을 위한 기존 화재감지기의 오동작(비화재보, 실보)과 빈번한 오동작으로 인한 전원의 차단 등의 유지관리 상의 문제점을 해결하기 위한 마이컴-기반의 디지털 제어시스템을 이용하는 다중센서 화재감지장치를 구성함으로써 보다 높은 신

뢰성을 갖는 자동화재감지설비에 관한 화재감지회로도 및 지능형 화재 감지 및 판별 알고리즘, 이를 디지털 제어하는 응용프로그램을 개발하였고, 또한 새로운 화재감지장치에 대한 온도응답특성과 연기 및 CO 응답특성(동양호지, 불연성 분진)을 검증하기 위해서 실제 화재시험을 수행하였다.

결론적으로 본 연구를 통하여 새로이 제안된 마이컴-기반 다중센서 화재감지장치에 대한 성능검증시험 결과에 의하면, 비화재보와 실보(失報)를 최소화 할 수 있는 기반을 마련한 것이 큰 성과라고 할 수 있으며, CO센서를 온도와 광전식 스모크센서와 복합적으로 이용한 지능적인 화재 감지 및 판별 알고리즘 기술을 화재감지용으로 활용할 수 있다는 것을 확인하였다. 또한, 디지털 제어시스템을 적용함으로써 발화 장소의 신속한 확인과 긴급 대응이 가능하고, 신속한 정비 보수가 가능토록 함으로써 경보설비의 정상적인 작동상태의 유지관리 시간을 증대시킬 수 있을 것으로 판단되었다.

또한 이번 연구를 통해서 축적된 회로설계기술과 시스템 제어 프로그램은 화재감지용 다양한 센서(온도, 열, 연기, 불꽃, CO & CO₂)에 대한 지속적인 연구와 응답특성시험을 통해서 새로운 타입의 화재감지시스템의 개발을 위한 지식기반이 마련되었다고 판단된다.

□ 참고문헌

1. Mark Hunter, "False alarm reduction by use of new technology", IFP, p.p. 55~58, 2006
2. DIPL-ING., DIPL-KFM. WALDEMAR OLLIK, "Application and experience of multi-sensor detectors", Vds JOURNAL report FOR SAFETY+SECURITY, NUMBER 1 APRIL, P.P. 18~24, 2008
3. M. Thuillard, "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems", Fire Technology, Second Quarter, p.p. 250~268, 1984
4. J.A. Milke, L.A. Cestari and W. Clarence, "Advanced Fire Detection Algorithms Using Data from the Home Smoke Detector Project", Fire Safety Journal, Vol. 40, Issue 1, p.p. 1~28, 2005
5. NFPA "NFPA Fire Alarm Signaling Systems", 3rd Edition, Chap.4~Chap.6, p.p. 84~176
6. 김병철, "화재감지기의 신뢰성 향상 방안에 대한 연구", 연세대학교 대학원 석사학위논문
7. 김주홍, 임현교, "화재감지기의 오보 감소를 위한 구조 신뢰도 분석", 충북대학교 대학원 석사학위논문
8. 각종 반도체 소자의 DATA SHEETS (PT100, VTE1291-2H, ST3811, GSET11, 7805, LM7606, LM2902, OP07, MCP3202, MAX489, AT89C2051, AT89S52, MC14052, C1815, 74HC04, PC817)
9. 방재시험연구원, "FILK STANDARD FS- 009-2006, 스포트형 열감지기"
10. 방재시험연구원, "FILK STANDARD FS- 010-2006, 스포트형 연기감지기"

작성 : 대전충청지부 손영진 지부장