

# 퍼지논리 및 다중신호를 이용한 화재감지시스템의 개발

홍성호 · 김두현<sup>†</sup>

충북대학교 안전공학과

(2003. 7. 3. 접수 / 2004. 1. 6. 채택)

## The Development of Fire Detection System Using Fuzzy Logic and Multivariate Signature

Sung-Ho Hong · Doo-Hyun Kim<sup>†</sup>

Department of Safety Engineering, Chungbuk National University

(Received July 3, 2003 / Accepted January 6, 2004)

**Abstract** : This study presents an analysis of comparison of P-type fire detection system with system fuzzy logic-applied fire detection system. The fuzzy logic-applied fire detection system has input variables obtained by fire experiment of small scale with K-type temperature sensor and optical smoke sensor. And the antecedent part of fuzzy rules consists of temperature and smoke density, and the consequent part consists of fire probability. Also triangular fuzzy membership function is used for input variables and fuzzy rules. To calculate the final fire probability a centroid method is introduced. A fire experiment is conducted with controlling wood crib layer, cigarette to simulate actual fire and false alarm situation. The results show that peak fire probability is 25[%] for non-fire and is more than 80[%] for fire situation, respectively. The fuzzy logic-applied fire detection system suggested here is able to distinguish fire situation and non-fire situation very precisely.

**Key Words** : fire detection system, fuzzy logic, fuzzy rules

### 1. 서 론

화재감지시스템은 화재로부터 발생하는 열과 연기 등을 감지하여 화재발생을 조기에 관계자에게 경보하여 주는 시스템이다. 현재 이러한 화재감지시스템은 일정 규모 이상의 건축물에 필수적으로 설치되어 있으며 이 시스템으로 많은 인명과 재산이 보호되고 있다. 그러나 이러한 화재감지시스템은 설계시의 의도와는 다른 오보를 자주 발생시킨다. 예를 들어 열감지기의 경우는 화재가 아닌 경우에 발생하는 열에 의해서도 화재신호를 발생시키고, 연기감지기의 경우에도 역시 화재에 의한 연기외의 신호에도 화재신호를 발생시킨다. 또한 화재가 발생했음에도 불구하고 화재경보를 울리지 않는 경우도 종종 발생한다. 이와 같은 오동작의 원인은 기존 화재감지기는 감지환경으로부터 각 감지기에 따라 하

나의 고정되어 있는 열, 연기 등의 수치가상이 되면 화재경보를 울리게 된다. 그러나 실제 환경에서는 화재가 아닌 경우에도 이러한 화재감지시스템의 고정된 수치이상 발생하는 경우가 있고 화재가 발생했어도 고정된 수치이하로 열, 연기 또는 불꽃이 발생할 수 있다. 이와 같은 화재감지시스템의 완벽하지 못한 신뢰성 때문에 화재감지시스템의 소음으로 인하여 사람들이 불편을 겪는 경우가 있고 심지어 시스템의 전원을 OFF시키는 경우도 있어 실제 화재가 발생하였을 때 화재로 인한 대참사를 야기시킬 수도 있다. 이러한 화재감지시스템의 오보를 감소시키기 위한 방법과 연구<sup>1-3)</sup>는 많이 있었지만, 오보를 감소시키는 것은 여전히 화재감지시스템을 개발하는데 있어 주요 과제로 남아있다.

따라서 본 연구에서는 오보 감소를 위한 방법으로 퍼지로직(fuzzy logic)을 적용한 화재감지방법을 제시하였다. 본 연구의 목적은 기존 화재감지시스템이 오동작을 발생하는 상황에서도 정확하게 화

<sup>†</sup>To whom correspondence should be addressed.  
dhk@chungbuk.ac.kr

재경보를 발신하는 화재감지시스템을 제안하는 것이다. 이를 위하여 본 연구에서는 화재시 발생하는 열과 연기신호 모두 입력신호로 받아들여 화재의 여부를 판정하였다. 또한 화재실험을 통하여 현재 설비되고 있는 화재감지시스템 중에 가장 많이 사용되고 있는 P형 화재감지시스템의 동작하는 상황과 오동작을 유발하는 상황을 실험적으로 설정하고, 이와 같은 상황을 그대로 재현한 다음 본 연구에서 제시하는 퍼지로지(fuzzy logic)를 적용한 화재감지시스템이 어떻게 화재를 진단하는가에 대하여 비교·분석하였다.

## 2. 이론적 고찰

### 2.1. 퍼지이론

논리 시스템은 일반적으로 Fig. 1에 나타난 것처럼 3가지 부분으로 구성된다. 3가지 부분은 하나의 명확한 값(crisp value)으로 측정된 입력변수의 값을 적절한 퍼지값으로 바꾸는 퍼지화(fuzzification), 조건부와 결론부의 조건문으로 이루어지는 퍼지추론 규칙(fuzzy inference rules), 출력부 전체집합에서 정의된 퍼지값을 명확한 비퍼지값으로 변환시켜주는 작업이 비퍼지화(defuzzification)이다. 본 연구에서 화재감지시스템을 위하여 적용된 퍼지이론은 다음과 같다.

#### 2.1.1. 퍼지화

퍼지시스템은 도입부에서 하나의 명확한 값(crisp value)으로 측정된 입력변수 값을 적절한 퍼지값(퍼지집합)으로 바꾸어준다. 대체로 센서로부터 특정된 값의 영역(range)을 그대로 입력부의 퍼지변수의 영역으로 사용하기보다는 이를 퍼지연산에 편리하도록 미리 정해놓은 입력 퍼지변수의 전체 집합으로 맞추어 주는 것이 편리하다. 따라서 퍼지화(fuzzification)의 작업은 전체 집합에 따라 적절히 크기를 변환시키는 작업이 된다<sup>4)</sup>.

퍼지단일값을 사용하면 입력값이 명확한 값을 가지므로 퍼지화를 통해서 입력 변수 값에 애매성이 도입되지 않아서 간단하면서도 합리적인 결과를 얻을 수 있기 때문에 본 연구에서는 화재로부터 발생하는 열과 연기의 신호를 퍼지단일값(fuzzy singleton)으로 표현하였다. 본 연구에서는 이러한 퍼지단일값으로 표현되는 입력변수값은 실험을 통하여 얻은 열과 연기농도를 이용하였다.

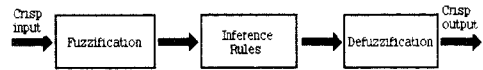


Fig. 1. Structure of fuzzy logic system

### 2.1.2. 퍼지추론 및 규칙

추론규칙은 일반적으로 “if-then”형식의 언어적 규칙으로 표현된다. 퍼지규칙(fuzzy rules)을 구성하는데 있어서 우선되는 작업은 적절하게 입·출력 변수를 선정하는 것이다. 이것은 퍼지시스템의 동작 특성을 특징지어 주는데 매우 중요한 관건이 된다.

퍼지규칙은 다음과 같은 형식의 퍼지 조건문들로 이루어진다.

**IF** (특정 조건들이 만족된다면), **THEN** (특정 결과들이 유추될 것이다.)

괄호 속의 조건들을 각각 조건부(antecedent)와 결론부(consequent)라 하고 정성적인 언어로 표현된다. 조건부와 결론부에는 각각 복수개의 퍼지 변수들이 도입될 수가 있으며, 전체 규칙은 여러 개의 복수 입력, 복수 출력의 퍼지 조건문들로 구성되는 것이 보통이다<sup>5)</sup>. 본 연구에서 적용된 추론규칙에는 조건부에 온도와 연기농도로 구성하고, 결론부에는 화재가능성으로 구성하였다. 본 연구에서 적용된 추론규칙의 수는 25개이다. 본 연구에서 적용된 규칙의 예를 들면 다음과 같다.

**IF** Temperature is Low AND Smoke Density is Low, **THEN** Fire Probability is Low ……

Fig. 2와 3은 조건부에 해당하는 온도와 연기농도의 membership 함수이고 Fig. 4는 결론부에 해당하는 화재가능성에 대한 membership 함수이다. 화재를 감지한다는 것은 화재발생 초기에 감지하여 피난 및 소화활동을 돕는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 화재가 발생했을 때 감지해야 하는 초기의 온도를 120[°C] 이하로 고려하여 membership 함수를

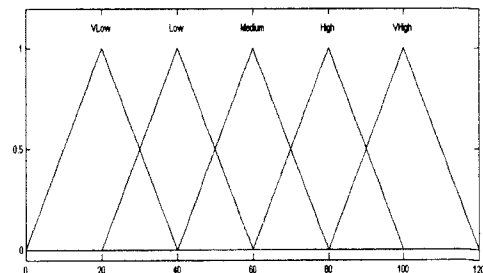


Fig. 2. Membership functions for temperature

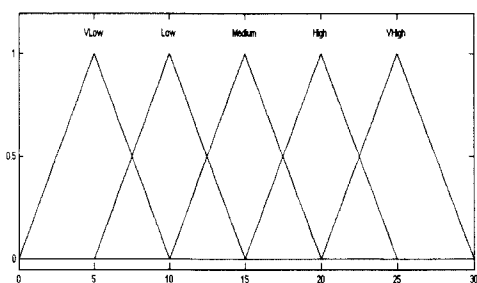


Fig. 3. Membership functions for smoke density

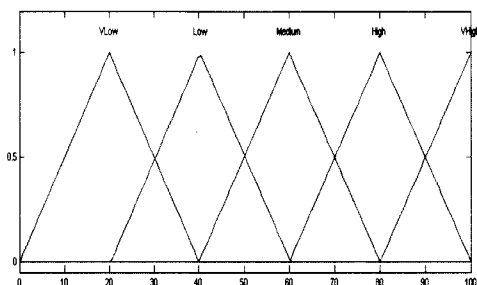


Fig. 4. Output fire probability membership functions

구성하였다. 여기에서 VLow, Low, Medium, High, VHigh는 If...Then 규칙에 포함된 언어변수인 Very Low, Low, Medium, High, Very High를 나타낸다. 또한 연기농도도 마찬가지로 화재가 발생했을 때 신속하게 감지해야하는 초기의 연기농도를 30[%] 이하로 고려하여 membership 함수를 구성하였다. 일반적으로 퍼지논리(fuzzy logic)를 적용한 논리시스템을 구성함에 있어서 membership 함수는 또한 표현이 간단하고 연산상의 편리성 때문에 삼각형 또는 사다리형의 membership 함수가 종종 선택된다<sup>6)</sup>. 따라서 본 연구에서도 삼각 퍼지membership 함수를 선택하였다. 그리고 이와 같은 퍼지규칙을 추론하는 방법은 Mamdani가 제안한 min-max method를 사용하였다<sup>7)</sup>. Mamdani는  $A \rightarrow B$ 일 때 입력  $A'$ 에서 출력  $B'$ 를 추론하는 방법으로서 함의연산(implication operation)  $\rightarrow$ 를 하나의 fuzzy relation  $R$ 로서  $R = A \times B$ 로 하고 합성연산  $\circ$ 으로서 min-max방법을 제안하였다. 즉,  $B'$ 의 계산은

$$B' = A' \circ (A \rightarrow B) = A' \circ (A \times B) \quad (1)$$

따라서 식 (1)을 membership 함수를 사용하여 나타내면 식 (2)과 같다.

$$\begin{aligned} \mu_{B'}(y) &= \vee \{ \mu_{A'}(x) \wedge \mu_R(x, y) \} \\ &= \vee \{ \mu_{A'}(x) \wedge (\mu_A(x) \wedge \mu_B(y)) \} \end{aligned} \quad (2)$$

Max operator  $\vee$  및 Min operator  $\wedge$ 는 각각 연관된 성질을 가지고 있으므로 식 (3)과 같이 나타내어진다.

$$\mu_{B'}(y) = \vee \{ \mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x) \} \wedge \mu_B(y) \quad (3)$$

여기서  $w = \vee \{ \mu_{A'}(x) \wedge \mu_A(x) \}$ 라 하면 Mamdani 법에 있어서의 최종 연산은 식 (4)과 같이 표현된다.

$$\mu_{B'}(y) = w \wedge \mu_B(y) \quad (4)$$

식 (4)에서  $w$ 는 적합도(degree of compatibility)로서  $A$ 와  $A'$ 의 겹치는 정도를 나타내는 지표가 되는 것을 의미한다.

### 2.1.3. 비퍼지화

출력부 전체 집합에서 정의된 퍼지 조작량을 명확한 비퍼지 조작량으로 변환시켜주는 작업을 비퍼지화(defuzzification)라 한다<sup>8)</sup>. 비퍼지화 방법에는 최대값방법, 최대평균법, 무게중심법 등이 있으며, 그 중에서 무게중심법이 가장 많이 사용되고 있다. 본 연구에서도 비퍼지화방법은 이 무게중심법을 이용하였다. 무게중심법(center of gravity method)은 합성된 출력 퍼지집합의 무게중심을 구하여 그 해당하는 값을 입력으로 사용하는 방법으로써 식 (5)과 같이 표현된다.

$$C = \frac{\sum_{i=0}^n d_i \mu(d_i)}{\sum_{i=0}^n \mu(d_i)} \quad (5)$$

여기서  $d_i$ 는  $i$ 번째 정의구역이고,  $\mu(d_i)$ 는 이에 해당하는 membership 함수이다.

본 연구에서는 이와 같은 Mamdani의 min-max 연산과 비퍼지화 연산을 matlab을 이용하여 계산하였다.

## 2.2. P형 화재감지시스템

국내에서 사용되고 있는 화재감지시스템은 자동 화재탐지설비로서 일명 자탐설비라고도 부른다. 일

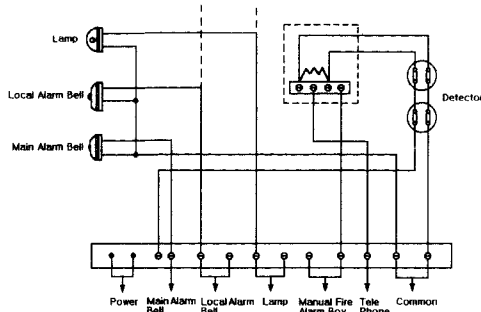


Fig. 5. Schematic diagram of P-type automatic fire alarm system

반적으로 자동화재탐지설비의 구성은 수신기, 감지기, 음향장치, 표시등, 발신기 등으로 구성된다. 이 중에서 수신기는 P형, R형, M형 등이 있으며 근래에는 화재감지와 함께 가스탐지 및 여러 가지 소화설비의 신호를 수신하는 기능을 가진 복합형 수신기를 사용하기도 한다<sup>9)</sup>. 감지기는 자동화재탐지설비의 가장 중요한 부분으로서 열감지기, 연기감지기, 불꽃감지기 등이 있다. 음향장치 및 발신기는 감지기에서 화재를 감지했을 때 건물내의 사람들에게 화재를 자동 및 수동으로 경보하는 장치이다. 본 연구에서의 P형 화재감지시스템은 이러한 자동화재탐지설비 중에서 가장 많이 사용되는 P형 수신기에 연결되는 열 및 연기감지기 등을 의미한다. Fig. 5는 본 연구에서 사용된 P형 화재감지시스템의 결선도를 나타낸 그림이다. 그림에서 보듯이 P형 화재감지시스템은 감지기, 발신기, 음향장치 등의 기기와 수신기가 1:1 대응방식으로 구성된 설비이다. 이와 같은 P형 화재감지시스템을 본 연구의 연소실에 설치하고 동작하는 상황과 본 연구에서 제시하는 퍼지로직(fuzzy logic)을 적용한 화재감지시스템과 비교·분석하였다.

### 3. 퍼지로직(fuzzy logic)을 적용한 화재감지시스템

Fig. 6은 본 연구에서 제안하는 퍼지로직(fuzzy logic)을 적용한 화재감지시스템의 구성도이다. 그림에서 보는 바와 같이 본 연구에서 제안하는 화재감지시스템은 열과 연기농도를 측정하는 2개의 입력 센서가 있다. 열을 측정하기 위한 센서는 K-type thermocouple이고 연기농도를 측정하기 위한 센서는 광투과형 연기농도측정기를 이용하였다. 이렇게 센

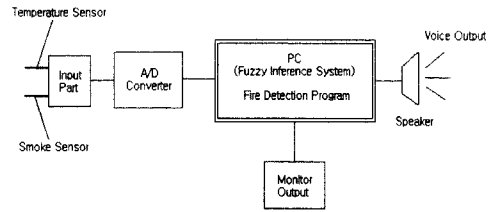


Fig. 6. Construction diagram of fire detection system applying fuzzy logic

서 입력부로부터 받은 신호는 아날로그신호이기 때문에 디지털 신호로 변환시켜주는 A/D 컨버터를 장착하였다. 이렇게 입력되는 열과 연기신호는 2.1절에서 고찰한 퍼지이론의 추론 계산과정을 포함하고 있는 PC의 화재감지프로그램으로 입력된다. 이 추론시스템에 입력된 열과 연기농도를 이용하여 최종 화재가능성을 계산하게 된다. 이렇게 계산된 최종 화재가능성이 80%를 넘게 되면 모니터로는 화재 발생을 알리는 창이 뜨게되고, 스피커로는 음성신호를 발신하게 된다.

### 4. 화재실험

Fig. 7은 실험장치의 개략도를 나타낸다. 본 연구에서는 화재로부터 발생하는 열과 연기농도를 감지하기 위한 센서들을 Fig. 6과 같이 부착하여 small-scale로 화재실험을 수행하였다.

또한 본 연구의 연소실내에서 P형 화재감지시스템이 동작하는 경우와 동작하지 않는 경우로 구분하기 위하여 두께 0.35[cm], 길이 9[cm]의 목재를 crib형태로 쌓은 후 목재 crib의 층수를 조절하면서 화재실험을 수행하였다. 그리고 목재의 함수율을 최소로 하기 위하여 목재를 약 3분간 건조기에서 건조시킨후 crib을 구성하였다. 또한 바람의 영향을 최소화하기 위하여 연소실의 문을 닫고 광투과형 연기농도 측정기를 이용하여 연기농도를 측정하고, 광

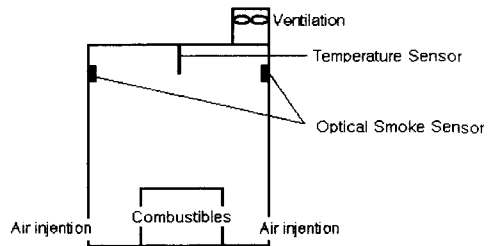


Fig. 7. Schematic of experimental setup for fire simulation

연식과 이산화식 연기감지기가 동작하는 시간을 측정하였다. 실험실의 주위 온도는 20[°C]이다. 본 연구에서 사용한 P형 화재감지시스템의 열감지기는 일반 건축물에 많이 사용되는 차동식 스포트형 2종이며, 연기감지기는 광전식과 이산화식 2종을 사용하였다. 또한 목재 crib의 층수에 따라 화재가능성을 계산하고 기존 P형 화재감지시스템과 동작특성을 비교하였다. 그리고 기존 P형 화재감지시스템의 오동작을 발생하는 상황에 대한 하나의 예로써 담배 연기를 발생시키고 이때의 온도와 연기농도를 측정하여 본 연구의 화재감지기법과 화재가능성을 비교 분석하였다. 이와 같은 화재실험을 위하여 사용된 연소실의 체적은 2[m<sup>3</sup>]이다.

### 5. 결과 및 분석

Fig. 8과 9는 K-type thermocouple과 연기농도측정기에 의하여 측정된 값으로서 목재 crib의 층수가 1단에서 5단까지의 시간에 따른 온도와 연기농도를 나타낸 그림이다. 그림에서 보듯이 본 연구의 연소실에서는 crib이 5단인 경우에 온도는 120[°C]이상이고 연기농도도 30[%]이상인 것을 알 수 있다. 또한

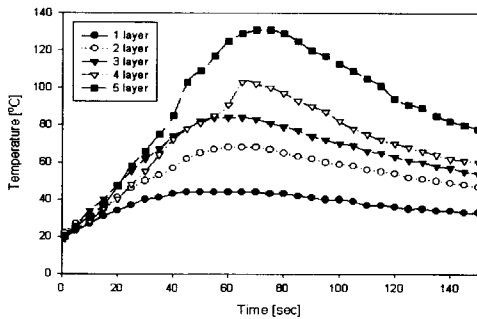


Fig. 8. Temperature vs. time

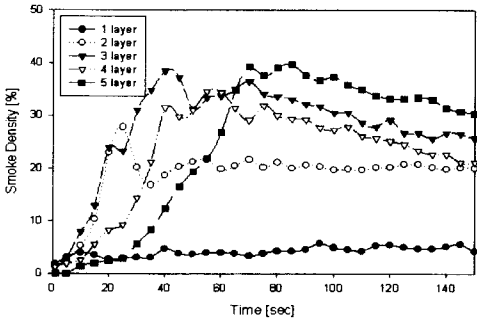


Fig. 9. Smoke density vs. time

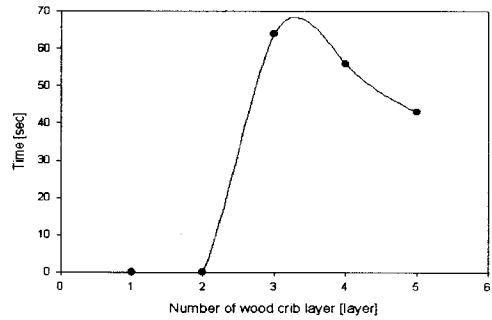


Fig. 10. The activation time of fire detector vs. wood cribs layer

P형 화재감지시스템은 목재 crib의 층수가 2단 미만이면 화재경보를 울리지 않았는데, 그림에서 보듯이 crib의 층수가 2단인 경우에는 상당한 양의 열과 연기농도가 발생하는 것을 알 수 있다.

Fig. 10은 목재 crib의 층수에 따른 열감지기의 동작시간을 나타낸 것이다. 그림에서 보듯이 본 연구의 연소실에서는 목재 crib의 층수가 3단 이상인 경우에 동작하였다.

Fig. 11, 12는 실험으로부터 얻은 열과 연기농도를 가지고 퍼지로지(fuzzy logic)를 사용하여 계산된 시간에 따른 화재가능성을 나타낸다. Fig. 11은 목재 crib의 층수가 1, 2단에 대한 것으로 본 연구의 연소실 내에서는 이러한 양의 목재가 연소하였을 경우에는 기존 P형 화재감지시스템은 동작하지 않았다. 목재 crib의 층수가 1단인 경우에는 퍼지로지(fuzzy logic)를 이용하여 계산한 결과도 마찬가지로 약 25[%]로써 화재가능성이 거의 없는 것으로 나타났다. 그러나 2단인 경우에는 그림에서 보듯이 화재가능성의 최대값은 약 68[%]로 나타났다. 이러한 경우에는 연소되고 있는 상태가 전혀 고려되지 않는 단순 On-Off식의 기존 화재감지시스템은 화재가 아니라고 판정하였지만 목재가 2단인 경우에는 Fig. 8과 9를 통해서 알 수 있듯이 상당한 양의 열과 연기가 발생한다. 따라서 이와 같은 경우는 연소 상태가 작고 화염온도가 일정값 이상이 되지 않는다 해도 주위 가연물로 화염의 전파가 가능하고 대형화재로 확대될 수 있다는 것을 의미한다.

Fig. 12는 목재 crib의 층수가 3, 4, 5단에 대한 것으로 기존 화재감지시스템은 crib의 층수가 3단 이상일 경우에는 짧은 시간에 화재경보를 발신하였다. 이 경우는 확실한 화재상황이라고 판단할 수 있으므로 본 연구에서 제시한 화재감지시스템도 그림에서 보듯이 화재가능성이 80[%]이상이고 목재의 양

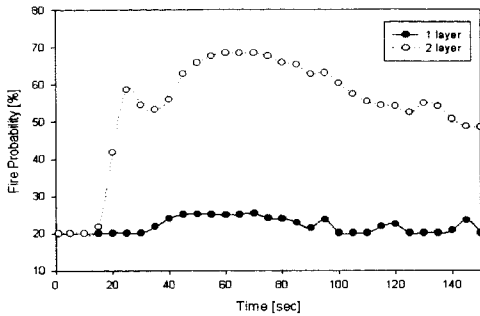


Fig. 11. Fire probability vs. time (for non-fire simulated situation)

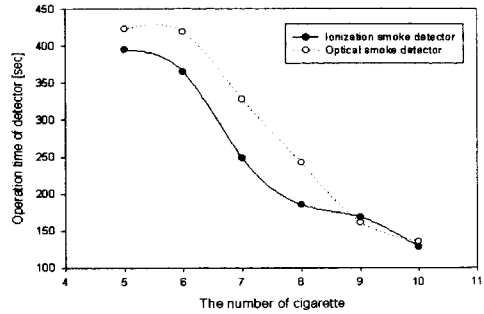


Fig. 13. The operation time of smoke detector vs. the number of cigarette

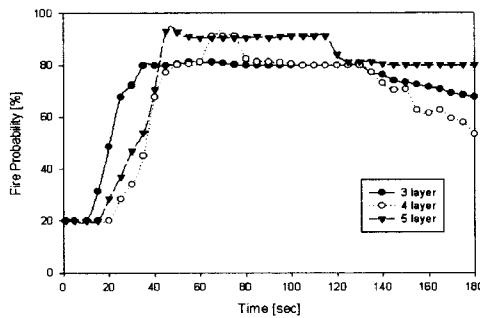


Fig. 12. Fire probability vs. time (for fire simulated situation)

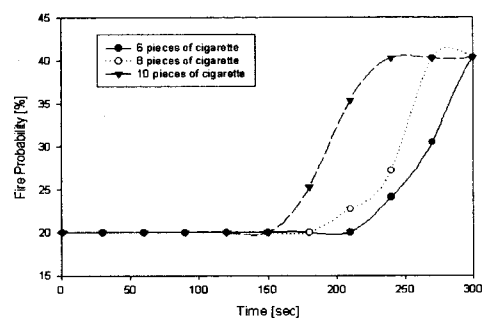


Fig. 14. Fire Probability by smoke of cigarettes

이 더 많아질수록 화재가능성은 더 높은 값으로 나타났다. 본 연구에서 제안한 퍼지 화재감지방법은 화재상황으로부터 발생하는 열과 연기농도를 가지고 퍼지로그(fuzzy logic)을 이용하여 화재가능성을 추론하는 것으로 추론결과 약 60초 정도 화재가능성이 80[%]이상 지속되면 확실한 화재상황이라고 판단할 수 있다.

Fig. 13은 담배연기의 양에 따른 연기감지기의 동작시간을 나타낸 그림이다. 그림에서 보듯이 본 연구의 연소실 내에서 담배를 6개비 정도 연소시켰을 때 담배로부터 발생하는 연기에 의하여 연기감지기는 약 300초 정도에 동작하였다. 이 동작시간은 풍향이나 풍량 등의 다른 조건 없이 순수하게 담배를 연소시켰을 때 측정된 시간이다. 감지기검정기술기준에 연기감지기의 동작시험법이 있지만 본 연구의 목적은 기존 화재감지시스템이 오동작하는 상황에서도 정확하게 화재를 감지하는 화재감지방법을 제시하는 것이다. 따라서 본 연구의 연소실내에서 연기감지기가 오동작하는 상황에 대한 하나의 예로써 담배에 의한 연기를 발생시켰고 실제로 담배연기에 의한 연기감지기의 오동작 문제가 종종 보고되고 있다.

Fig. 14는 담배 6, 8, 10개비에 대한 시간에 따른 화재가능성을 나타낸 그림이다. 연기감지기는 Fig. 13에서 확인한 바와 같이 화재로부터 발생하는 연기가 아닌 경우에도 일정량의 연기만 존재하면 화재신호를 발신하는 오보를 종종 발생시킨다. 그러나 본 연구에서 제안한 화재감지방법은 Fig. 14에서 보듯이 시간적 차이는 있지만 화재가능성이 40[%]이 하인 것을 알 수 있다. 화재가능성이 40[%]까지 올라 간 것은 온도에 비해 상대적으로 높은 연기농도 때문인 것으로 판단되며 본 연구에서 제시하는 화재감지시스템은 감지환경에서 이와 같은 경우에는 화재상황이 아니라고 판정하게 된다.

## 6. 결론

본 논문은 화재시 P형 화재감지시스템과 본 연구에서 제안한 퍼지로그(fuzzy logic)을 적용한 화재감지시스템의 동작특성을 비교 분석한 연구로써 목재와 담배연기를 이용하여 small-scale의 화재실험을 한 결과 본 연구의 실험조건하에서 얻은 결론은 다음과 같다.

1) P형 화재감지시스템이 비화재로 판정한 경우의 분석을 통하여 비화재 상황과 화재로 전이할 수 있는 가능성이 있는 상황을 추론할 수 있었다.

2) P형 화재감지시스템이 화재로 판정한 경우에 대하여 본 연구에서 제안하는 화재감지시스템은 화재가능성이 80[%]이상으로 나타나 확실한 화재상황에 대하여 정확한 화재가능성이 추론되는 것을 알 수 있었다.

3) P형 화재감지시스템이 화재로 판정한 담배연기에 의한 화재가능성은 약 40[%]이하로 계산되었다. 이를 통하여 본 연구에서 제시하는 화재감지시스템은 기존 시스템의 오보를 야기시키는 연기에 대해서도 정확하게 화재를 진단하는 것을 알 수 있었다.

### 참고문헌

- 1) M. Thuillard, "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems", *Fire Technology*, Second Quarter, pp. 250~268, 1994.
- 2) Albert T. P., W. L. Chan, "A Computer Vision Based and Fuzzy Logic Aided Security and Fire Detection System", *Fire Technology*, Third Quarter, pp. 341~356, 1994.
- 3) Shu Wang, "A Trend-Duration and Gradient Detector for Automatic Fire Detection", *Fire Safety Journal*, Vol. 27, pp. 239~248, 1996.
- 4) T. J. Ross, *Fuzzy Logic with Engineering Applications*, pp. 82~126 McGraw-Hill Inc., 1995.
- 5) E. Cox, *Fuzzy System Handbook*, pp. 260~265, Academic Press Inc., 1995.
- 6) S. Y. Foo, "A Fuzzy Logic Approach to Fire Detection in Aircraft Dry Bays and Engine Compartments", *IEEE Trans. Industrial Electronics*, Vol. 47, No. 5, pp. 1161~1171, 2000.
- 7) E. H. Mamdani, "Application of fuzzy logic to approximate reasoning using linguistic synthesis", *IEEE Trans. Computers*, Vol. 26, No. 12, pp. 1182~1191, 1977.
- 8) A. Kandel, G. Langholz, *Fuzzy Control Systems*, pp. 100~134, CRC Press, 1994.
- 9) 백동현, 소방전기시설론, pp. 32~49, 동일출판사, 1999.