

전기화재 조기감지를 위한 화재감지알고리즘 연구

이복영*, 박상태*, 홍성호*, 백동현**
방재시험연구원*, 경원대학교**

A Study on the Fire Detection Algorithm for Early Fire Detection of Electrical Fire

Bock-Young Lee*, Sang-Tae Park*, Sung-Ho Hong*, Dong-Hyun Baek**
Fire Insurers Laboratories of Korea*, Kyungwon University**

Abstract - In this study we suggest fire detection algorithm using fuzzy inference with input variables of temperature and smoke density to detect electrical fire of early stage. The algorithm consists of membership function of temperature and smoke density and fire probability. The antecedent part of the algorithm consists of temperature and smoke density, and the consequent part consists of fire possibility. The inference rules of the algorithm is estimated to input temperature and smoke density obtained by real fire. With the help of algorithms using fuzzy inference we may be diagnose electrical fire precisely.

1. 서 론

전기는 문명사회의 기초에너지로서 다방면에서 이용되고 있어 일상생활에서 전기의 존재는 말할 것도 없거나 문화생활과 산업활동에 있어 절대적인 기반요건이 되어있다. 이와 같이 없어서는 안 될 전기는 잘못 사용하는 경우와 적절한 관리가 되지 못하면 큰 위험성을 내포하고 있고 이러한 위험성 때문에 전기에너지를 사용하는 작업자의 작은 실수에 의해 치명적인 재해가 발생하기도 한다. 전기로 인한 재해 중에서 전기화재는 수많은 인명피해와 재산상의 피해를 가져다 줄 수 있는 심각한 재해이다^[1].

이러한 전기화재를 예방하기 위해서는 조기에 전기화재를 감지하는 것이 무엇보다 중요하다. 전기화재를 조기에 감지하는 화재감지기술은 다양하게 연구·개발되고 있지만, 여전히 전기화재에 의한 사고가 발생하고 있는 실정이다^{[2]-[3]}.

본 연구에서는 이러한 전기화재를 조기에 감지하는 방법으로써 퍼지 추론을 이용하여 화재를 감지하는 화재감지알고리즘을 제시하였다. 이 화재감지알고리즘은 화재시 발생하는 열과 연기신호를 모두 입력신호로 받아들여 화재의 여부를 판정하는 것으로 추론을 위한 멤버쉽함수를 도출하기 위하여 다양한 멤버쉽함수를 설정하고 가장 적합한 화재가능성을 추론하는 멤버쉽함수를 설정하였다. 또한 가장 타당한 추론방법과 최종 화재가능성을 계산하는 알고리즘을 제시하였다.

2. 본 론

2.1 퍼지추론시스템

퍼지 논리 시스템은 일반적으로 그림 1 에 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 퍼지추론규칙(fuzzy inference rules), 출력부 전체집합에서 정의된 퍼지값을 명확한 비퍼지값으로 변환시켜주는 작업이 비퍼지화(defuzzification)이다^{[4]-[5]}.

본 연구에서는 화재에서 발생하는 열과 연기의 신호를 퍼지단일값(fuzzy singleton)으로 표현하였다.



Fig.1. Fuzzy inference system

추론규칙은 일반적으로 “if-then”형식의 언어적 규칙으로 표현된다. 퍼지 규칙을 구성하는데 있어서 우선되는 작업은 적절하게 입·출력 변수를 선정하는 것이다. 이것은 퍼지시스템의 동작특성을 특징지어 주는데 매우 중요한 관건이 된다.

퍼지 규칙은 다음과 같은 형식의 퍼지 조건문들로 이루어진다.
IF (특정 조건들이 만족되면), **THEN** (특정 결과들이 유추될 것이다.)
전기화재를 감지한다는 것은 전선 등의 이상발열 등에 의한 열에 따라 생성되는 연소생성물인 열과 연기를 조기에 감지해야 하는 것을 의미한다. 따라서 본 연구에서는 전기화재가 발생했을 때 감지해야 하는 초기의 온도를 100~120 ℃ 이하로 고려하여 멤버쉽함수를 구성하였고, 연기농도는 화재가 발생했을 때 신속하게 감지해야 하는 초기의 연기농도를 30 ~ 35 %이하로 고려하여 멤버쉽함수를 구성하였다. 일반적으로 퍼지논리시스템을 구성함에 있어서 멤버쉽함수는 표현이 간단하고 연산상의 편리성 때문에 삼각형 또는 사다리형의 멤버쉽함수가 종종 선택된다^[6].

퍼지규칙에 따라 추론하는 방법은 여러 가지가 있는데, 본 연구에서는 Mamdani의 Min-max method를 사용하였고, 비퍼지화방법은 Centroid를 사용하였다. Mamdani의 Min-max method와 Centroid법은 식 (1)과 (2)와 같이 표현된다^[7].

$$\mu_B(y) = \text{Max}[\text{Min}\{\mu_1(x_1) \wedge \mu_1(x_2) \wedge \dots \wedge \mu_1(x_m)\}] \quad (1)$$

$$C = \frac{\sum_{i=1}^n d_i \mu(d_i)}{\sum_{i=1}^n \mu(d_i)} \quad (2)$$

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

2.2 추론규칙 및 멤버쉽함수 추경

본 연구에서는 전열에서 기술한 추론방법과 비퍼지화에 의해 화재가능성을 추론하는 알고리즘을 구성하는 추론규칙과 멤버쉽함수를 계산하였다. 이를 위하여 다양한 멤버쉽함수를 구성하고 화재시 초기에 발생하는 열과 연기농도의 입력변수가 입력되었을 때 가장 타당한 화재가능성을 추론하는 추론규칙과 멤버쉽함수를 계산하였다. 화재발생 초기에 나타나는 판정기준이 되는 열과 연기농도는 그림 2, 그림 3과 같다.

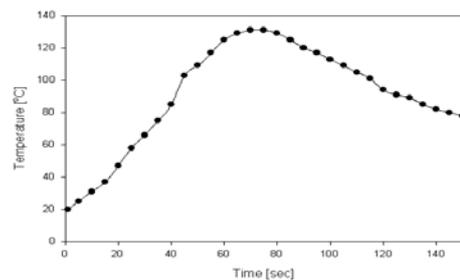


Fig. 2. Temperature to decide fuzzy inference rules

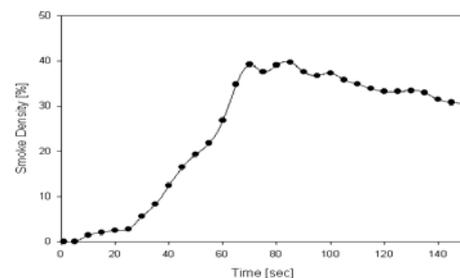


Fig. 3. Smoke density to decide fuzzy inference rules

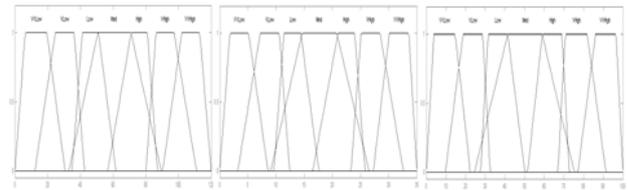
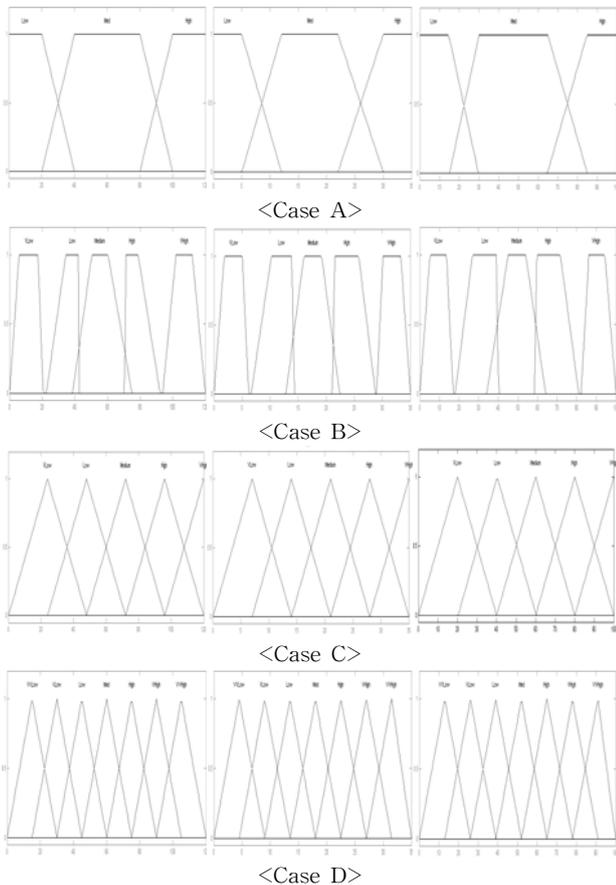
표 1과 2는 화재가능성을 계산하는 화재감지 알고리즘의 추론규칙 예를 나타낸 것으로 본 연구에서는 표 1, 2와 같이 같이 화재감지를 위한 열과 연기농도 추론규칙을 다양하게 설정하고 가장 타당한 가능성을 추론하는 규칙을 선정하였다.

Smoke density	VLow	VLow	VLow	Low	Med	Med
	Low	VLow	Low	Low	Med	High
	Med	Low	Low	Med	High	High
	High	Low	Med	High	High	VHigh
	VHigh	Med	Med	High	VHigh	VHigh
		VLow	Low	Med	High	VHigh
						Temperature

Table 1. The example of Inference rules I

Smoke density	VVLow	VVLow	VVLow	VLow	Low	Low	Med	Med
	VLow	VVLow	VLow	VLow	Low	Low	Med	High
	Low	VLow	VLow	Low	Med	Med	High	High
	Med	Low	Low	Med	Med	Med	High	Vhigh
	High	Low	Low	Med	Med	High	VHigh	Vhigh
	VHigh	Med	Med	High	High	VHigh	VHigh	VVhigh
	VVHigh	Med	Med	High	High	VHigh	VVHigh	VVHigh
	VVLow	VLow	Low	Med	High	VHigh	VVHigh	
								Temperature

Table 2. The example of Inference rules I II



<Case E>

Fig. 4. Member functions for fire detection algorithm

그림 4는 열과 연기농도가 입력변수가 될 때 화재가능성을 추론하는 열, 연기농도 및 화재가능성에 대한 멤버쉽함수를 나타낸 것으로, 이 멤버쉽함수를 이용하여 앞의 그림 2와 3의 열과 연기농도값을 입력하였을 때 가장 높은 화재가능성을 추론하는 멤버쉽함수가 비교적 타당하게 화재가능성을 추론하는 것으로 볼 수 있다. 추론된 화재가능성을 나타내는 것이 그림 5이다.

그림 5에서 나타난 바와 같이 화재가능성의 가장 높은 값은 Case A는 86.7 %, Case B는 86.8 %, Case C는 93.7 %, Case D는 85.6 %, Case E는 84.3 %로 나타나 Case B의 경우 가장 높은 화재가능성을 추론하는 것으로 나타났다. 따라서 전기화재를 조기에 감지하기 위한 열과 연기농도 및 화재가능성을 추론하는 화재감지 알고리즘은 이러한 결과에서 알 수 있듯이 추론규칙이 너무 많아도 적합하지 않은 것을 알 수 있다.

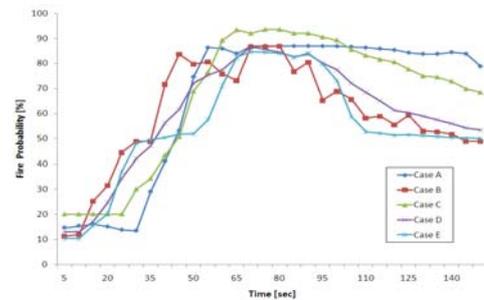


Fig. 5. Fire probability vs. time

3. 결 론

본 연구는 전기화재를 조기에 감지하는 방법으로써 퍼지추론을 이용하여 화재를 감지하는 화재감지 알고리즘을 제시한 논문이다. 이 알고리즘은 화재시 발생하는 열과 연기신호를 입력변수로 받아들이고 화재가능성을 추론하는 것으로 가장 타당한 추론방법과 최종 화재가능성을 계산하는 알고리즘을 제시하였다.

본 연구에서는 다양한 멤버쉽함수를 구성하고 실제 화재시 초기에 발생하는 열과 연기농도를 입력하였을 때 가장 타당한 화재가능성을 추론하는 것을 확인하였다. 그 결과 추론규칙이 너무 적거나, 너무 많아도 정확하게 화재가능성을 추론하지 않는 것을 알 수 있었다.

차후로 열과 연기농도뿐만 아니라 보다 다양한 센서들로부터 얻어진 신호를 이용하여 본 연구에서 적용한 화재감지 알고리즘을 응용한다면 보다 정확하게 전기화재를 조기에 감지할 수 있을 것으로 판단된다.

[참 고 문 헌]

- [1] 김두현, 홍성호, 권동명, "전기화재 원인진단을 위한 지능형 프로그램 개발", 한국안전학회지, Vol. 18, No. 1, pp.50~55, 2003
- [2] 원종수, "전기화재-전기기기의 출화요인과 감식", 한국화재소방학회 논문지, Vol.2, No.2, pp.51-58, 1988
- [3] M. Thuillard, "New Methods for Reducing the Number of False Alarms in Fire Detection Systems", Fire Technology, Second Quarter, pp.250-268, 1994
- [4] T. J. Ross, Fuzzy Logic with Engineering Applications, pp.82~126 McGraw-Hill Inc., 1995
- [5] 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
- [6] Shu Wang, "A Trend-Duration and Gradient Detector for Automatic Fire Detection", Fire Safety Journal, Vol. 27, pp.239-248, 1996
- [7] 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