

# 선박에서 퍼지 데이터베이스를 이용한 지능형 화재진압통제시스템의 성능 개선

## Performance Improvement of Intelligent Firefighting Control System for a Ship using Fuzzy Database

현우석, 김용기

경상대학교 컴퓨터과학과 및 전산개발연구소

Woo-Seok Hyun, Yong-Gi Kim

Dept. of Computer Science and Institute of Computer Research and Development

Gyeongsang National University

E-mail : wshyun@rtp.gsnu.ac.kr

### 요 약

본 논문에서는 선박에서 퍼지 데이터베이스를 이용하여 지능형 화재진압통제시스템의 성능을 개선시키는 방법에 대하여 논의하였다. 규칙과 사례가 통합된 화재진압통제 전문가시스템(C-FFES)에서는 사례기반 추론을 하기 위한 사례베이스가 일반적인 데이터베이스로 구성되어 있어서, 이전에 화재가 발생했던 사례와 현재의 사례가 유사한지를 구별하기가 쉽지 않은 문제점을 지니고 있다. 제안하는 시스템에서는 예외적인 상황에서 화재가 발생하는 사례를 퍼지 데이터베이스로 구성하고, 현 상황과 예외적인 상황에서 화재가 발생하는 사례를 조회하기 위하여 퍼지 유사도 개념을 적용하여 현재 입력된 사례와 가장 유사한 사례가 조회될 수 있도록 하였다. 또한 기존의 규칙 기반 FFES(Fire Fighting Expert System), 사례기반 추론에 의해 확장된 C-FFES(Combined-Fire Fighting Expert System) 그리고 제안하는 A-FFES(Advanced Fire Fighting Expert System)를 비교를 통해, 제안하는 A-FFES가 화재탐지율을 향상시킴을 보였다.

### 1. 서론

선박의 화재진압통제시스템은 화재를 조기 발견하여 경보해 줌으로 화재에 초기대응과 피난을 하는 것이 주된 목적이다. 화재를 제어하고 감시하는 승조원에게는 화재 등의 상황 통제시 항상 위험이 존재하고 있다. 따라서 선박에 무인화를 도입하면 인간이 수동적으로 처리해야 하는 부분을 기계로 대체하게 되어서 승선 비율을 줄이며 보다 안전하게 되어 위험도를 감소시킬 수 있는 해결책의 하나가 될 수 있다.

현재까지 개발된 지능시스템들은 전문지식을 생성 규칙(production rule)[1]로 표현한 규칙기반 시스템이 대부분이다. 퍼지이론을 이용한 선박의 화재진압통제 전문가시스템(FFES)[2]은 선박에서 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라

가장 적절한 후속조치를 취하게 하는 전문가시스템으로서 화재관련 전문지식을 생성규칙으로 표현하는 규칙기반 시스템이다. 실제로 화재를 탐지하는데 필요한 지식은 정형화된 규칙만으로 표현하기 어려우며, 과거의 사례 발생을 기초로 탐지하는 경우가 적지 않다. 또한 시스템의 성능 향상을 위해 규칙을 계속 수정하고 추가해야 하는 단점이 있으며, 예외적인 상황에서 화재가 발생시 적시에 화재를 탐지하는데 문제점을 지니고 있다. 이런 문제점을 해결하고자 사례기반 추론에 의해 확장된 통합된 화재진압통제 전문가시스템(C-FFES)[3]이 제안되었다. 그런데 사례기반 추론을 하기 위한 사례베이스가 일반적인 데이터베이스로 구성되어 있어서, 이전에 화재가 발생했던 사례와 현재의 사례가 유사한지를 구별하기

가 쉽지 않은 문제점을 지니고 있다. 본 논문에서는 일반적인 화재탐지 지식은 규칙으로 표현하고 예외적인 상황에서 화재가 발생하는 사례를 퍼지 데이터 베이스로 구성하고, 현 상황과 예외적인 상황에서 화재가 발생하는 사례를 조회하기 위하여 퍼지 유사도 개념을 적용하여 현재 입력된 사례와 가장 유사한 사례가 조회될 수 있도록 하였다. 또한 기존의 규칙 기반 FFES와 사례기반 추론에 의해 확장된 C-FFES 그리고 제안하는 A-FFES(Advanced Fire Fighting Expert System)를 비교를 통해, 제안하는 A-FFES가 화재탐지율을 향상시킴을 보였다.

## 2. 퍼지 데이터베이스

다량의 데이터를 효율적으로 처리하기 위해서는 데이터를 통일적으로 축적하여 처리할 필요가 있다. 이러한 요구로부터 데이터베이스의 연구가 1960년대부터 시작되어 1970년대에는 E. F. Codd의 관계 모델에 관한 논문[4]가 계기가 되어 매우 활발한 연구가 진행되었다. 또 인간이 직접 관계하는 분야, 예를 들어, 인간과 기계계(man-machine system), 자연어 처리, 의사결정 등의 분야에서는 명확하게 정의하지 못하거나 정의할 필요도 없는 애매한 데이터가 아주 많이 존재하고 있다.

이 애매한 데이터를 적극 활용하려고 해도 일반 데이터베이스 구조에서는 다루기가 매우 복잡하다. 이러한 문제를 해결하기 위한 것으로 퍼지 이론에 기반을 둔 데이터베이스가 몇 가지 제안되었다. 애매함을 유사관계로 표현한 Buckles와 Petry의 퍼지 데이터베이스[5], 데이터 자체가 지닌 애매함을 가능성 분포로 나타낸 Umamo의 퍼지 데이터베이스[6,7], 관계중의 데이터가 질문의 조건을 만족시킬 가능성 측도(possibility measure)와 필요성 측도(necessity measure)를 이용한 관계대수의 연산으로부터 결과가 얻어지는 Prade와 Testmale의 퍼지 데이터베이스[8] 등이 있다.

## 3. 개선된 화재진압통제시스템

선박의 각 컴파트먼트에는 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기 등이 설치되어 있어서 화재를 탐지하게 된다. 규칙기반 FFES[2]에서는 시스템의 성능 향상을 위해 규칙을 계속 수정하고 추가해야 하는 단점이 있으며, 예외적인 상황에서 화재가 발생시 적시에 화재를 탐지하는데 문제점을 지니고 있다. 이런 문제점을 해결하고자 사례기반 추론에 의해 확장된 C-FFES[3]이 제안되었으

나, 사례기반 추론을 하기 위한 사례베이스가 일반적인 데이터 베이스로 구성되어 있어서, 이전에 화재가 발생했던 사례와 현재의 사례가 유사한지를 구별하기가 쉽지않은 문제점을 지니고 있다. 본 논문에서는 일반적인 화재탐지 지식은 규칙으로 표현하고 예외적인 화재탐지 지식은 사례로 표현함으로써 규칙과 사례가 상호보완적인 역할을 할 수 있도록 하였다. 일반적인 화재탐지 지식을 처리하는 과정에서 의사결정사 참이나 거짓으로 명확하게 구분하기 어려운 문제점을 해결하기 위하여 퍼지논리의 개념을 적용하였다. 또한, 예외적인 상황에서 화재가 발생하는 사례를 퍼지 데이터 베이스로 구성하고, 현 상황과 예외적인 상황에서 화재가 발생하는 사례를 조회하기 위하여 퍼지 유사도 개념을 적용하여 현재 입력된 사례와 가장 유사한 사례가 조회될 수 있도록 하였다.

### 3.1 시스템의 구조

퍼지 데이터베이스에 의해서 개선된 화재진압통제 시스템의 구조는 그림 1 과 같으며, 본 시스템의 화재탐지 과정은 그림 2 와 같다. 먼저 각 감지기의 감지값이 입력되어 규칙으로 표현된 화재제어 지식베이스를 기반으로 퍼지논리를 이용하여 화재탐지를 수행하고, 화재탐지에 실패했을 경우 퍼지 데이터베이스인 예외상황 사례베이스를 기반으로 화재탐지를 재 시도하게 된다.

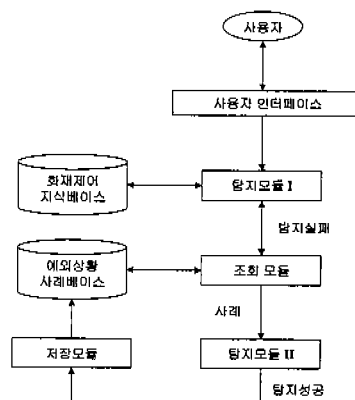


그림 1 개선된 화재진압통제 시스템의 구조

### 3.2 지식표현

#### 3.2.1 지식베이스

화재제어 지식베이스는 화재진압통제를 제어하기 위한 사실과 규칙들로서 구성된다. 사실이란 추론을 하는 동안에 추가 또는 삭제 가능한 단기 정보(short-term information)로서 주로 데이터

나 사물에 대한 묘사를 나타내며, 예를 들면 그림 3과 같이 표현된다.

$$[단, r_k = \max \{ \min(m_k, n_k), \min(m_k, l_k), \min(n_k, l_k) \}]$$

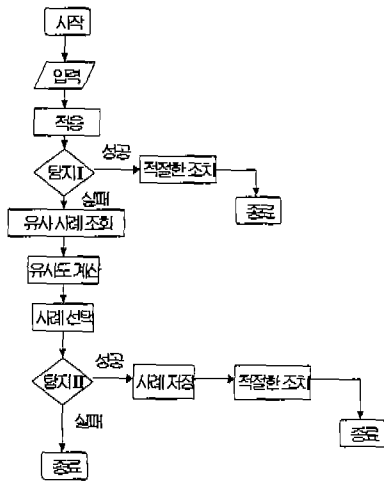


그림 2 화재탐지 과정

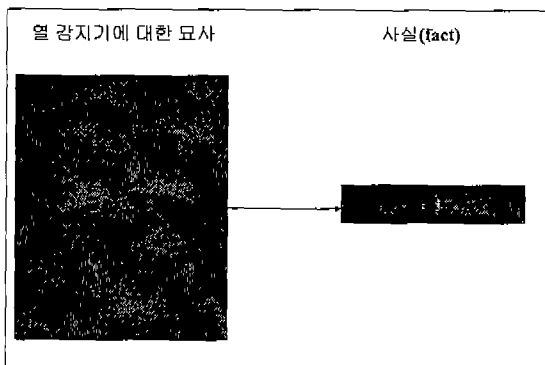


그림 3 사실의 예

규칙은 문제를 풀어 나가기 위한 장기정보(long-term information)로서 전문가가 어떤 결정을 내리기 위해 사실을 이용하는 법을 말한다. 본 시스템의 지식표현 방법으로는 생성규칙을 사용하며, 그 예는 다음과 같다.

규칙 1)  
 IF HR(t) is  $m_i$  AND HI(t) is  $m_j$   
 THEN HPF(t) is  $m_k$  [단,  $m_k = \min(m_i, m_j)$ ]

규칙 4)  
 IF HPF(t) is  $m_k$  AND FPF(t) is  $n_k$  AND  
 SPF(t) is  $l_k$   
 THEN FE(t) is  $r_k$

### 3.2.2 예외상황 사례베이스

예외적인 경우 화재가 탐지되는 각 사례들은 퍼지 관계형 데이터베이스에서 하나의 테이블 형태로 저장되도록 설계하였다.

<표 1>는 초기 사례베이스의 일부분을 보여준다. 여기서 반응정도란 각 감지 센서가 어느정도 반응했는지를 나타내 주는데, 0과 1사이의 퍼지값으로 표현된다. 증가정도라는 것은 각 감지센서의 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내며 퍼지값으로 표현하였다. 유사도란 현재 입력된 사례와 어느정도 유사한 가를 나타내 주는데, 퍼지 유사도 개념을 이용하여 구하게 되며, 퍼지값으로 표현된다. 참조횟수란 사례를 몇 번 참조했느냐를 나타내는데, 유사도가 동일한 사례가 두 개 이상일 때, 참조횟수가 많은 사례를 선택하기 위하여 사용되어 진다.

열감지 센서 반응정도	화염감지 센서 반응정도	연기감지 센서 반응정도	열감지 센서 증가정도	화염감지 센서 증가정도	연기감지 센서 증가정도	유사도	참조횟수
0.59	0.62	0.53	0.62	0.68	0.59		0
0.62	0.68	0.41	0.65	0.76	0.47		0
0.69	0.54	0.35	0.78	0.51	0.39		0
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮

표 1 A-FFES의 사례 베이스

### 3.3 지식의 처리

#### 3.3.1 탐지모듈 I

화재를 탐지하기 위한 추론제어 기법으로는 전향추론(forward chaining) 기법을 사용하였다.

#### 3.3.2 조회모듈

탐지모듈 I에서 화재탐지에 실패할 경우, 예외 상황 사례베이스에 있는 사례들을 조회하여 현재 사례와 유사한 사례를 찾아내게 되는데, 유사한 사례를 찾기 위해서 퍼지 유사도 개념을 사용하였다[9,10].

$$SM(case_i, case_j) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n |attr_{ik} - attr_{jk}|}{|n|}$$

- n: 속성 수
- case<sub>i</sub>: 현재 사례
- case<sub>j</sub>: 과거 사례
- attr<sub>ik</sub>: 현재 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 ( $1 \leq k \leq n$ )
- attr<sub>jk</sub>: 과거 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 ( $1 \leq k \leq n$ )

#### 4. 평가

시뮬레이션 환경에서는 화재가 발생하게 되는 100가지 사건에 대해서 기존의 규칙 기반 FFES와 사례기반 추론에 의해 확장된 C-FFES 그리고 제안하는 A-FFES를 비교하였다. 여기서 사건이란 시스템에 일정시간에 입력되게 되는 30개의 센서의 감지값을 모두 포함하는 것이다. 세 시스템에서 100가지의 사건을 가지고 실험을 해서, 화재가 발생한 사건수에 대해 각 시스템이 화재를 탐지한 사건수를 나타내는 화재 탐지율을 비교하였는데 그림 4와 같다. 제안하는 A-FFES가 기존의 FFES나 C-FFES보다 화재탐지율을 향상시킴을 알 수 있었다.

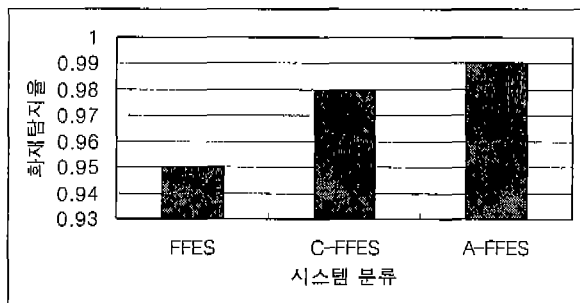


그림 4 시스템에 따른 화재탐지율 비교

#### 5. 결론 및 향후과제

제안하는 시스템은 기존의 시스템과 비교해 볼 때 화재 탐지율을 향상시켰다. 기존의 FFES에서는 예외적인 상황이 발생할 때마다 규칙을 수정하거나 추가해야 하므로 지식 습득에 많은 시간과 노력이 필요하였다. 이에 반해 확장된 C-FFES에서는 지식베이스의 수정 없이 탐지 과정을 통해서 새로운 사례가 추가될 수 있으므로 자동 학습이 가능하여 지식 습득이 매우 용이하다는 장점을 갖게 되지만, 사례베이스가 일반 데이터베이스로 구성되어 있어 현재의 사례와 과거의 사례가 유사한 지를 결정하는데 문제점을 지니고 있었다. 제안하는 시스템에서는 사례베이스

를 퍼지 데이터베이스로 구성하여 현재 사례와 가장 유사한 사례가 조회될 수 있도록 함에 의해서 화재탐지율을 향상시켰다. 앞으로 수행시간을 단축시키면서도 화재탐지율을 높이는 차후 연구가 요구된다.

#### 6. 참고문헌

- [1] J. Giarratano and G. Riley, 'Expert Systems Principles and Programming', 2nd Ed., PWS, 1994.
- [2] 현우석, 김용기, "퍼지이론을 이용한 선박의 화재진압통제 전문가시스템", 한국 퍼지 및 지능시스템학회 '1999 추계 학술발표 논문집, Vol. 9, No. 2, 1999.
- [3] 현우석, 김용기, "선박에서 화재탐지를 위한 규칙 및 사례기반 추론의 통합", 한국 퍼지 및 지능시스템 학회 '2000 춘계 학술발표 논문집, Vol. 10, No. 1, 2000.
- [4] Cocc. E. F., "A Relational Model of Data for Large Shared DataBanks", Communications of the ACM, Vol. 13, pp.377-387, 1970.
- [5] Buckles, B. and Petry, F., "A Fuzzy Model for Relational Databases, Fuzzy Sets and Systems, Vol. 7, pp.213-266, 1982.
- [6] Umamo, m., "FREEDOM-0 : A Fuzzy Database System", eds. Gupta, M.M., 1982.
- [7] Umamo, m., "Retrieval from Fuzzy Database by Fuzzy Relational Algebra", Proc. of IFAC Symposium on Fuzzy Information Knowledge Representation and Decesion Anlysys, July 19-21, 1983.
- [8] Prade, H. and Testemale, C., "Generalizing Database Relational Algebra for the treatment of Incomplete or Uncertain Information and Vague Queries, Information Sciences, V. 34, pp. 115-143, 1984.
- [9] Klir, G. and T. Folger, Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information, Prentice-Hall International Editions, 1992.
- [10] B. Buckles and F. Petry, "A fuzzy representation of data for relational databases," Fuzzy Sets and systems, Vol. 7, pp.213-226, 1982.