

선박에서 화재탐지를 위한 규칙 및 사례기반 추론의 통합

Combining Rule-based and Case-based Reasoning for Fire Detection in a ship

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

요 약

본 논문에서는 선박에서 화재탐지를 위해서 규칙 기반 추론과 사례 기반 추론을 통합하는 방법에 대해서 논의하였다. 규칙은 어떤 영역에서 광범위한 경향을 표현하는데 적합하며 사례는 규칙에서 예외적인 상황을 다루는데 적합하다는 점에서 규칙과 사례는 상호 보완적이라 할 수 있다. 즉 어떤 행동이 충분히 반복되면 자연스럽게 규칙이 되며, 잘 확립된 규칙이 있다면 사례를 먼저 추론할 필요가 없다. 그러나 규칙이 실패하게 되면 실패를 만회하기 위해서 사례를 생성하는 것이 하나의 대안이 될 수 있다. 본 논문에서는 일반적인 화재탐지 지식은 규칙으로 표현하고, 예외적인 화재탐지 지식은 사례로 표현함으로써 규칙과 사례가 서로 보완적인 역할을 할 수 있는 통합 방법을 제안하였다. 또한 기존의 규칙 기반 FFES(Fire Fighting Expert System)와 사례기반 추론에 의해 확장된 C-FFES(Combined-Fire Fighting Expert System)를 비교를 통해, 제안한 접근 방법이 화재 탐지율을 향상시킴을 보였다.

1. 서론

전문가시스템은 인공지능 연구 분야 중에 하나이며, 지식과 추론을 기반으로 전문가와 같은 수준의 판단을 할 수 있는 컴퓨터 시스템이다. 현재까지 개발된 전문가시스템들은 전문지식을 생성규칙으로 표현한 규칙 기반 시스템이 대부분이다. 규칙 기반 시스템은 추론과정이 인간의 사고 과정과 유사하기 때문에 전문가시스템 개발에 널리 사용되고 있으나, 시스템의 성능 향상을 위해서 규칙을 계속 수정하고 추가해야 하는 단점이 있다[1]. 퍼지이론을 이용한 선박의 화재진압통제 전문가시스템[2]은 선박에서 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 자동적으로 가장 적절한 후속조치를 취하게 하는 전문가시스템으로서 화재 관련 전문지식을 생성규칙으로 표현하는 규칙기반 시스템이다. 실제로 화재를 탐지하는데 필요

한 지식은 정형화된 규칙만으로 표현하기 어려우며, 과거의 화재 발생 사례를 기초로 탐지하는 경우가 적지 않다. 이처럼 현재 주어진 문제를 해결하기 위해 과거에 유사하게 수행한 적이 있는 사례를 유추하고, 유추된 사례의 해를 이용하여 현재의 문제를 해결하는 기법을 사례 기반 추론(Case-Based Reasoning)[3,4,5]이라 한다. 그러나 기존에 구축된 규칙들을 모두 사례로 바꾸어 표현하는 것은 비효율적이며 기존규칙으로 처리할 수 없는 예외적인 상황만을 사례로 바꾸어 표현하는 것이 합리적이다. 본 논문에서는 일반적인 화재탐지 지식은 규칙으로서 표현하고 예외적인 화재탐지 지식은 사례로 표현함으로써 규칙과 사례가 상호 보완적인 역할을 할 수 있는 통합 방법을 제안한다. 또한 기존의 규칙 기반 FFES(Fire Fighting Expert System)와 사례기반

추론에 의해 확장된 C-FFES(Combined-Fire Fighting Expert System)를 비교를 통해, 제안한 접근 방법이 화재 탐지율을 향상시킴을 보였다.

2. 사례 기반 추론

사례기반 추론은 현재 주어진 문제를 해결하기 위해 과거에 유사하게 수행한 적이 있는 사례를 유추하고, 유추된 사례의 해를 이용하여 현재의 문제를 해결하는 인공지능의 한 기법이다[5]. 이러한 사례기반 추론은 철학 및 심리학에서 1950년대에 처음으로 언급되었고, 인공지능 분야에서는 1983년에 R. Schank의 문제해결 및 학습에 대한 연구에서 처음 등장하였다[6].

사례기반 추론은 다음과 같은 특징이 있다. 첫째, 지식획득은 과거의 사례(문제, 해답 등)를 축적하는 것이다. 둘째, 시스템 구현의 초보 단계는 사례의 중요한 특징을 규명하고 추출하는 것이다. 셋째, 데이터 베이스 등을 활용할 수 있으므로 많은 양의 자료관리가 가능하다. 넷째, 새로운 사례의 획득에 의해 학습을 가능하게 한다.

그림 1은 사례기반 추론이 진행되는 기본적인 과정을 보여 준다[7]. 먼저 대상 문제를 분석한 후 이와 비슷한 과거의 문제를 찾고, 그 문제에 사용되었던 해를 대상 문제에 적용하는 단계를 가지고 있다.

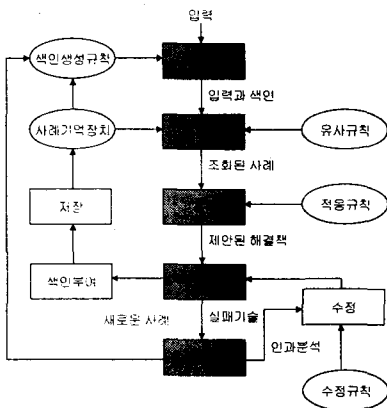


그림 1 사례기반 추론의 과정

3. 규칙 기반 추론과 사례 기반 추론의 통합 시스템

선박에서 발생하게 되는 화재를 탐지하기 위해서 선박의 각 컴파트먼트가 모니터 되며, 열감지 센서, 화염감지 센서, 연기감지 센서가 선박의 여러 곳에 설치되어 손상정도를 정확하게 감지하게 된다. 그런데 화재를 탐지하는데 필요한 지식

은 정형화된 규칙만으로 표현하기 어려우며, 과거의 화재발생 사례를 기초로 탐지하는 경우가 적지 않다. 기존의 FFES는 규칙기반 시스템으로서 예외적인 상황에서 화재가 발생시, 적시에 화재를 탐지하는 데 문제점을 지니고 있다. 이를 해결하기 위해서는 모든 예외적인 상황을 처리할 수 있도록 지속적으로 새로운 규칙을 추가해야 하는데 이것은 매우 어려운 일이다. 제안하는 시스템에서는 규칙은 화재제어에 대한 광범위한 지식을 표현하고, 사례는 예외적인 화재발생 상황을 표현하도록 함으로써 과거의 화재발생 사례를 화재탐지에 활용하여 규칙만으로 탐지하기 어려운 예외적인 경우를 보완하도록 하였다. 사례기반 추론에 의해 확장된 통합된 화재진압통제 시스템(C-FFES)의 구조는 그림 2와 같으며, 본 시스템의 화재탐지 과정은 그림 3과 같이 먼저 각 센서의 감지값이 입력되어 규칙으로 표현된 지식 베이스를 기반으로 화재탐지를 수행하고, 탐지에 실패한 경우 예외상황 사례베이스를 기반으로 화재탐지를 시도하게 된다. 따라서 기존의 규칙들을 그대로 활용하면서 새로운 규칙의 추가없이 예외적인 상황에 대처할 수 있으며, 새로운 사례를 저장함으로써 경험적인 지식의 습득이 자연스럽게 이루어질 수 있게 된다.

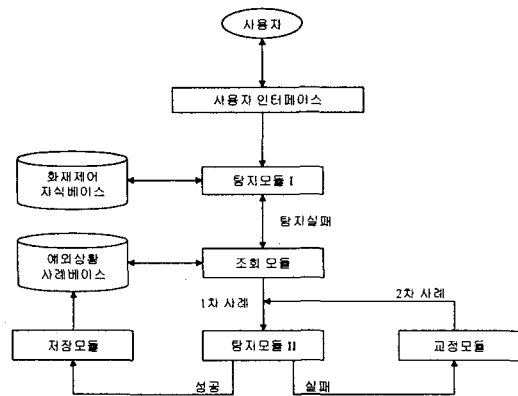


그림 2 통합된 화재진압통제 시스템의 구조

3.1 사용자 인터페이스

사용자가 시스템을 원활히 사용할 수 있도록 시스템과 사용자간을 연결해 주는 기능을 갖는다. 선박에서 화재를 탐지하기 위해서 각 컴파트먼트마다 부착된 여러 개의 센서로부터 정보를 받아들이고, 화재탐지의 결과를 사용자에게 제시해 준다.

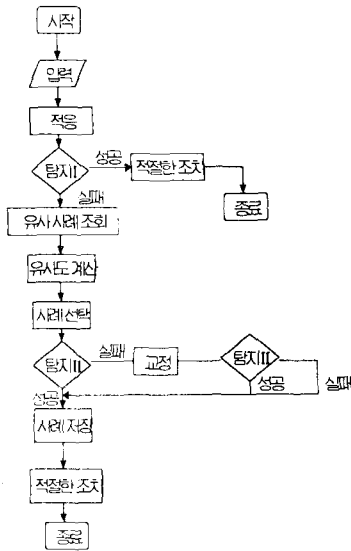


그림 3 화재탐지 과정

3.2 화재제어 지식베이스

화재진압통제를 제어하기 위한 사실이나 규칙으로서 구성되는데, 퍼지논리에 기본을 둔 언어 형태[8]로 표현되었다. 규칙의 지식은 'IF(조건부) THEN(수행부)' 로 표현되는 구조를 가지고 있다. 다음은 생성규칙을 이용한 화재탐지를 위한 기초적인 관련 지식을 표현한 예이다. 이것은 화재진압통제 전문가시스템의 화재제어 지식베이스 [2]와 유사하다.

규칙 1)

IF HeatDetectorIsHigh(t) is high AND HeatDetectorIsIncrease(t) is rapid
THEN HeatDetectorPreFireEmergency(t) is high

3.3 탐지모듈 I

화재제어 지식베이스를 기반으로 하는 화재탐지는 전향추론(forward chaining) 기법을 사용한다. 사용자로부터 입력받은 각 센서의 감지값을 가지고 화재제어 지식베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하고 새로운 사실이 생기면 이 새로운 사실을 가지고 다시 화재제어 지식베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하는 일련의 반복과정을 수행함에 의해서 화재발생 유무를 탐지하게 된다.

3.4 예외상황 사례베이스

예외적인 경우 화재가 탐지되는 각 사례들은

관계형 데이터베이스에서 하나의 테이블 형태로 저장되도록 설계하였다. 따라서 새로운 사례로 저장될 센서 데이터는 관계형 데이터 베이스에서 하나의 튜플(tuple)을 구성하며, 센서 데이터의 각 특성(property)은 튜플의 속성(attribute)이 된다.

3.5 조회모듈

탐지모듈 I에서 화재탐지에 실패할 경우, 예외상황 사례베이스에 있는 사례들을 조회하여 현 상황과 유사한 사례를 찾아낸다. 유사한 사례를 찾기 위해서는 유사도를 사용하게 되는데, 퍼지 근접관계[9]를 사용하였다. 이것은 현재 입력된 사례와 예외상황 사례베이스에 저장되어 있는 각 사례들의 유사한 정도를 정량적으로 표현한 것이다. 본 논문에서는 유사도가 가장 큰 값을 갖는 사례를 선택하여 제시하도록 하였다.

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

n: 속성 수

case_i: 현재 사례

case_j: 과거 사례

attr_{ik}: 현재 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 (1 ≤ k ≤ n)

attr_{jk}: 과거 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 (1 ≤ k ≤ n)

3.6 탐지모듈 II

시스템이 제시하는 사례를 기초로 화재발생 유무를 탐지하는 단계로, 성공적으로 화재를 탐지한 경우에는 저장단계로 진행하고, 화재탐지에 실패한 경우 다음 유사도 값을 갖는 사례를 이용하여 재진단할 수 있도록 교정단계로 진행한다.

3.7 저장 모듈

조회모듈에서 제시한 사례를 기초로 화재탐지에 성공하고, 조회된 사례와 현재의 상황 사례가 완전히 동일하지 않으면 현재 상황 데이터를 예외상황 사례베이스에 새로운 사례로 저장시킨다.

3.8 교정모듈

조회 모듈에서 제시한 사례를 이용해서 화재탐지에 실패하게 되면 일반적으로 교정 모듈에서 교정 규칙을 이용하여 제시한 사례를 교정하게 된

다. 그러나 화재탐지에 관련된 일관된 교정 규칙을 발견하기란 매우 어려운 일이다. 따라서 본 시스템에서는 별도의 교정 규칙을 도입하는 대신, 다음 유사도 값을 갖는 사례를 제시하여 재탐지할 수 있도록 설계하였다.

4. 평가

시뮬레이션 환경에서는 화재가 발생하게 되는 100가지 사건에 대해서 기존의 규칙 기반 FFES와 사례기반 추론에 의해 확장된 C-FFES를 비교하였다. 여기서 사건이란 시스템에 일정시간에 입력되게 되는 30개의 센서의 감지값을 모두 포함하는 것이다. 두 시스템에서 100가지의 사건을 가지고 실험을 해서, 화재가 발생한 사건수에 대해 각 시스템이 화재를 탐지한 사건수를 나타내는 화재 탐지율을 비교하였는데 그림 4와 같다. 기존 FFES보다 제안하는 C-FFES가 화재 탐지율을 향상시킬 수 있다. C-FFES에서 화재를 탐지하지 못한 사건은 새로운 사례로 사례베이스에 추가될 것이므로 앞으로 화재 탐지율을 더욱 향상시킬 것으로 예상된다.

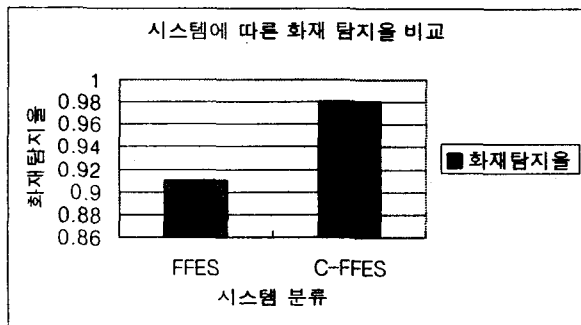


그림 4 시스템에 따른 화재 탐지율 비교

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 필요하게 되며, 실제로 지식 공학자가 지속적으로 유지 보수하는 것은 어려운 일이다. 그러나 확장된 C-FFES에서는 지식베이스의 수정 없이 탐지 과정을 통해서 새로운 사례가 추가될 수 있으므로 자동 학습의 기능이 자연스럽게 갖추어지며, 따라서 지식 습득이 매우 용이하다는 장점을 갖게 된다. 앞으로 다양한 사례가 추가됨에 따라 화재 탐지율을 향상시키게 되는 반

면, 사례 베이스의 크기가 증가하면 상대적으로 사례를 조회하는데 요구되는 시간이 증가하게 되므로 사례의 비교횟수를 최소화시키는 방법에 대한 차후 연구가 요구된다.

6. 참고문헌

- [1] Golding, A.R. & Rosenbloom, P.S., "Improving Rule-Based Systems through Case-Based Reasoning," AAI-91, pp.22-27, 1991.
- [2] 현우석, 김용기, "퍼지이론을 이용한 선박의 화재진압통제 전문가시스템", 한국 퍼지 및 지능 시스템 학회 '99 추계 학술발표 논문집, Vol. 9, No. 2, 1999.
- [3] Barletta, R., "Case-based reasoning and information retrieval: Opportunities for technology sharing," IEEE Expert, Vol. 8, No. 6, pp.2-3, 1993.
- [4] Feret, M.P. and Glasgow, J.I., "Hybrid Case-Based Reasoning for the Diagnosis of Complex Devices." Proc. of the National Conf. on Artificial Intelligence(AAI-93), pp.168-175, 1993.
- [5] Kolodner, J. L., "Improving human decision making through Case-base decision aiding", AI Magazine, Vol. 12, No. 2, pp. 52-68, 1991.
- [6] Agnar Aamodt & Enric Plaza, "Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches", AI Communications, Vol. 7, No. 1, 1994.
- [7] Riesbeck, C. K. and R.C. Schank, Inside Case-Based Reasoning, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1989.
- [8] Mamdani E. H., Assilian S., "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller", Int. J. Man-Mach. Stud., Vol. 7, p1-13, 1975.
- [9] G. Klir, T. Folger, Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information, Prentice-Hall International Editions, 1992.