

규칙 및 클러스터링에 의한 사례기반 추론을 이용한 지능형 선박 화재진압통제시스템의 성능 개선

현 우 석[†]

요 약

현재까지 개발된 화재진압통제 지능시스템들은 대부분 규칙기반 시스템이다. 실제로 화재를 탐지하는데 필요한 지식은 정형화된 규칙만으로 표현하기 어렵다. 또한 시스템의 성능 향상을 위해서 지속적인 규칙들의 수정 및 추가가 이루어져야 하며, 특히 예외적인 상황에서의 화재 발생 탐지시 문제점을 지니고 있다. 이러한 문제점들을 개선하기 위한 규칙 및 사례기반 추론을 이용한 하이브리드 화재진압통제 지능시스템(H-FFIS)은 규칙기반 시스템보다 화재탐지율은 향상시켰으나, 수행시간이 증가되었다. 본 연구에서는 기존의 H-FFIS의 단점을 보완하기 위하여 규칙 및 클러스터링에 의한 사례기반 추론을 이용한 개선된 선박 화재진압통제 지능시스템(A-FFIS)을 제안한다. 제안하는 시스템은 기존의 H-FFIS와 비교해 볼 때, 수행시간을 감소시키면서 정확성을 향상시키는 결과를 얻었다.

Performance Improvement of the Intelligent System for the Fire Fighting Control using Rule-based and Case-based Reasoning by Clustering in a Ship

Woo-Seok Hyun[†]

ABSTRACT

Most conventional systems of fire fighting control in a ship have been based on rule-based system in which expert knowledges are expressed with production rules. Renewing and adding of rules is needed continuously for the improvement of the system capability in an already build-up system and such adding and renewing procedures could hinder users from fluent utilization of a system. The author proposes an advanced fire fighting control intelligent system (A-FFIS) using rule-based and case-based reasoning by clustering to implement conventional hybrid system (H-FFIS). Compared with H-FFIS, new approach with A-FFIS shows that the system proposed here improves fire detection rate and reduces fire detection time.

키워드 : 화재 진압 통제(fire fighting control), 규칙기반 추론(rule-based reasoning), 사례기반 추론(case-based reasoning), 클러스터링(clustering), 지능시스템(intelligent system)

1. 서 론

현재까지 개발된 화재진압통제 지능시스템들은 대부분 규칙기반 시스템이다. 전문지식을 생성규칙(production rule)으로 표현한 규칙 기반 시스템은 추론과정이 인간사고 과정과 유사하기 때문에 지능시스템 개발에 널리 이용되고 있으나, 전문가의 지식이 체계적으로 잘 정리되어 있는 경우에는 별 문제가 없지만, 그렇지 못한 경우에는 영역 전문가(domain expert)로부터의 지식획득(knowledge acquisition)에 의존해야 하므로 이로 인한 문제점이 드러나고 있다. 또한 시스템의 성능 향상을 위해서 규칙을 계속 수정하고 추가해야 하는 데 이것은 매우 어려운 일이다[1]. 이런 문제

점들을 극복하기 위해 여러 대안적 기법을 활용한 시스템 개발 연구가 수행되고 있는데, 사례 기반 추론(Case-Based Reasoning)[2-6]이 그 대표적인 기법이다. 사례 기반 추론은 과거에 유사하게 수행된 적이 있는 사례를 유추하고, 유추된 사례의 해를 이용하여 현재의 문제를 해결하는 기법으로서 규칙 기반 추론과 함께 여러 분야에 이용되고 있다. 하지만 사례기반 추론시 사례베이스로부터 유사성에 근거한 검색을 해야 하므로 사례베이스의 크기가 증가하게 되면 사례베이스 안의 모든 사례들을 검색해야 하기 때문에 검색시간이 길어지게 되는 문제점이 발생하게 된다[7].

퍼지논리를 이용한 화재 진압 통제 지능시스템(FFIS : Fire Fighting control Intelligent System)[8]은 선박에서 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 자동적으로 가장 적절한 후속조치를 취하게 하는, 퍼지추론 엔진을 가지는 지능

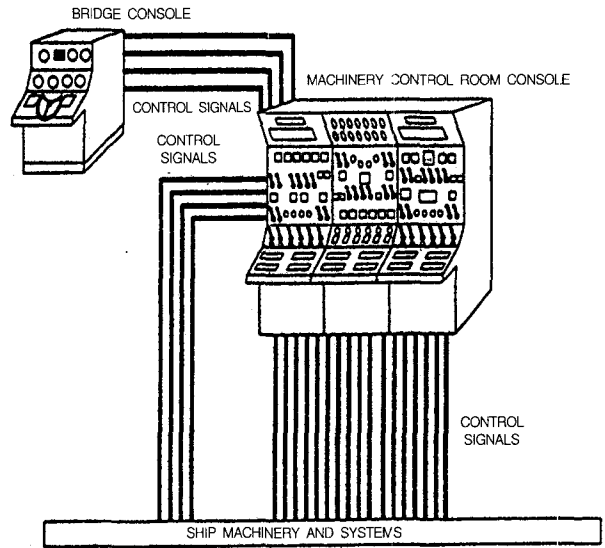
[†] 중신회원 : 한국성서대학교 정보과학부 교수
논문접수 : 2002년 2월 26일, 심사완료 : 2002년 5월 14일

시스템으로서 화재관련 전문지식을 생성규칙으로 표현하는 규칙 기반 시스템이다. 실제로 화재를 탐지하는데 필요한 지식은 정형화된 규칙만으로 표현하기 어려우며, 과거의 화재 발생 사례를 기초로 탐지하는 경우가 적지 않다. 그러나 기존에 구축된 규칙들을 모두 사례로 바꾸어 표현하는 것은 비효율적이며 기존규칙으로 처리할 수 없는 예외적인 상황만을 사례로 바꾸어 표현하는 것이 합리적이다[9]. 규칙 및 사례기반 추론을 이용한 하이브리드 화재진압통제 지능시스템(H-FFIS : Hybrid Fire Fighting control Intelligent System)[10]은 규칙기반인 FFIS의 문제점을 보완하였으나 수행시간이 증가되는 단점을 지니고 있다. 본 논문에서는 선박에서 규칙 및 클러스터링에 의한 사례기반 추론을 이용한 개선된 화재진압통제 지능시스템(A-FFIS : Advanced Fire Fighting control Intelligent System)을 제안한다. 제안하는 시스템은 기존의 하이브리드 화재진압통제 지능시스템(H-FFIS)과 비교해 볼 때, 수행시간을 감소시키면서 정확성을 높이게 되었다.

2. 기존의 화재진압통제 시스템

선박에서 화재진압통제 시스템은 화재를 조기 발견하여 경보해 줌으로 화재에 초기대응과 피난을 하는 것이 주된 목적이다. 화재가 발생하게 되면 소실에 의한 직접적인 1차적 피해는 물론이며 화재진압시 방수에 의한 2차적 손실, 화염에 의한 커다란 물적 피해를 입히며 때로는 귀중한 인명을 빼앗아 갈 수도 있다. 화재에 의한 피해를 줄이기 위해서는 조기에 발견하는 것이 매우 중요하다. 화재진압통제 시스템은 화재에 의해 발생하게 되는 열, 연기 또는 화염에 대하여 감지기를 이용하여 자동적으로 화재를 감지하고 벨 또는 사이렌 등에 음향장치를 경보하여 화재를 조기에 발견하여 초기소화, 조기피난을 가능케 하는 시스템이다. 그런데 현재 대부분의 화재 진압 통제 시스템은 (그림 1)과 같은 아날로그방식 제어시스템 구조를 가지고 있다. 이 방식에서는 각 감지기들이 화재제어 중심부에 점대점(peer-to-peer) 방식으로 연결되어 운영되는 경보시스템에 연결되어 있다[11]. 따라서 감지기의 순간적인 높은 작동이나 여러 감지기 중 어느 하나의 감지기가 높게 반응을 하는 비화재에 대해서도 동작이 수행되어 신뢰성이 떨어지는 문제점을 지니고 있다. 또한 감시장비가 고장이 나면 장비 전체를 제어할 수 없고 자동화가 불가능한 단점이 있다.

이러한 단점을 개선하고자 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기를 독립적이 아닌 복합된 개념으로 인식하여 퍼지논리에 의해 융합해서 화재를 탐지하는 화재진압통제 지능시스템(FFIS)[8]이 제안되었다. 이 시스템은 퍼지논리를 이용하여 선박에서 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 자동



(그림 1) 아날로그방식제어시스템 구조

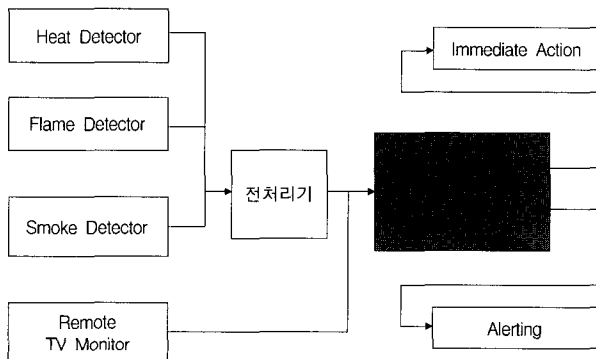
적으로 가장 적절한 후속조치를 취하게 하는 퍼지추론 엔진을 가지는 지능시스템으로서 화재관련 전문지식을 생성 규칙으로 표현하는 규칙 기반 시스템이다. 그런데 이 시스템에서도 시스템의 성능 향상을 위해 규칙을 지속적으로 수정하고 추가해야 하며, 예외적인 상황에서 화재가 발생시 적시에 화재를 탐지하는 데 문제점을 지니고 있다. 실제로 화재를 탐지하는데 필요한 지식은 정형화된 규칙만으로 표현하기 어려우며, 과거의 화재 발생 사례를 기초로 탐지하는 경우가 적지 않다. 그러나 기존에 구축된 규칙들을 모두 사례로 바꾸어 표현하는 것은 비효율적이며 기존규칙으로 처리할 수 없는 예외적인 상황만을 사례로 바꾸어 표현하는 것이 합리적이다. 하이브리드 화재진압통제 지능시스템(H-FFIS)[10]은 FFIS의 문제점을 해결하고자 제안되었으며, 일반적인 화재탐지 지식은 규칙으로, 예외적인 화재탐지 지식은 사례로 표현하였다. 이 시스템은 FFIS보다 화재탐지율을 향상시켰으나, 수행속도가 증가되는 단점을 지니고 있다.

3. 개선된 화재진압통제 지능시스템(A-FFIS)

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 지식은 정형화된 규칙만으로 표현하기 어려우며, 과거의 화재 발생 사례를 기초로 탐지하는 경우가 적지 않다. 기존의 H-FFIS[10]에서는 규칙은 화재제어에 대한 광범위한 지식을 표현하고, 사례는 예외적인 화재 발생 상황을 표현하도록 함으로써 과거의 화재 발생 사례를 화재탐

지에 활용하여 규칙만으로 탐지하기 어려운 예외적인 경우를 보완하도록 하였다. 하지만 예외적인 화재 발생 상황을 조회하기 위하여 사례베이스 내의 모든 사례에 대하여 유사도를 계산하기 때문에 사례베이스의 크기가 증가됨에 따라 상대적으로 사례를 조회하는데 요구되는 시간이 증가되는 문제점을 지니고 있다. 이러한 문제점을 개선시키고자 본 논문에서는 예외적인 화재발생 상황을 조회할 때 사례베이스 내의 모든 사례에 대하여 유사도를 계산하지 않고, 클러스터링[12-14]기법을 이용하여 입력된 사례와 가장 유사한 클러스터 안에 있는 사례에 대해서만 유사도를 계산하게 하여 조회시 요구되는 시간을 감소시키면서 정확성을 높이게 되었다.

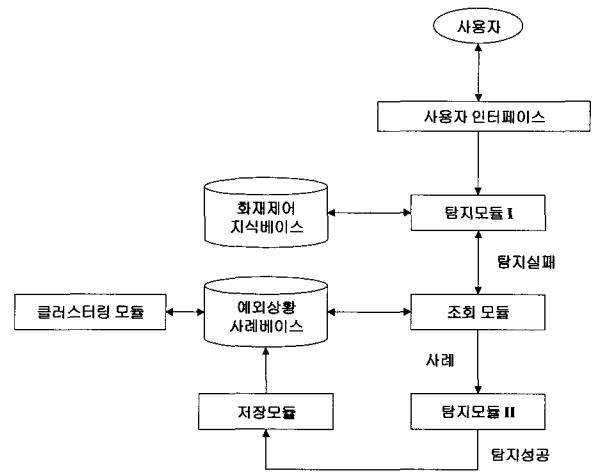
본 논문에서 제안하는 화재 자동제어 시스템의 흐름도는 (그림 2)와 같다. 연기 감지기, 열 감지기는 모두 아날로그식 감지기이고, 화염감지기는 아날로그 중계기를 이용하여 일정시간 간격에 따라 변하게 되는 환경의 변화값을 감지값인 디지털값으로 출력하게 된다. 본 시스템은 다음과 같은 시나리오를 따른다. 먼저 화재 자동제어 시스템에서 화재의 인식은 자동화된 연기 감지기, 화염 감지기, 열 감지기 등을 통하여 환경의 변화에 따른 변화값을 각 감지기가 얼마나 감지했나를 나타내는 감지값으로 출력하게 되는데 이 출력값은 다시 전처리기에 입력된다. 전처리기에서는 각 감지기로부터의 감지값을 가지고 각 소속함수를 이용하여 감지기가 어느 정도 높게 반응했느냐는 반응정도를 나타내는 소속정도 값(membership function value)으로 바꾸어 주게 된다. 또한 연속적인 감지기의 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값을 구하게 된다[8]. 전처리기에서의 출력인 각 감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값과 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값은 개선된 화재진압 통제 지능시스템(A-FFIS : Advanced-Fire Fighting control Intelligent System)으로 입력되어 화재 발생 유무를 분석하기 위해 사용된다. 만약 화재가 발생했음을 결론짓게 되면 감지기가 설치되어 있는 화재 발생 장소의 위치 정보와 선박이 처한 상황을 분석하여 선박이 처한 상황에



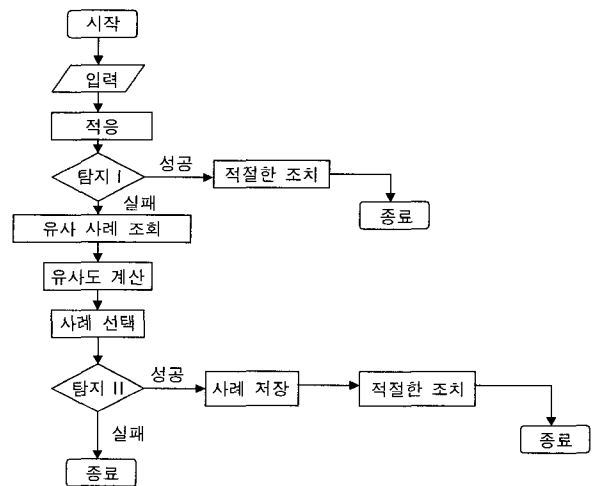
(그림 2) 화재 자동제어 시스템의 흐름도

따라 화재정보를 발발하고 적절한 조치를 취하게 된다. 만약 화재가 탐지되지 않았을 경우, 예외상황 사례베이스를 기반으로 클러스터링 기법을 사용하여 화재탐지를 재시도하게 된다.

위의 (그림 2)에서 개선된 화재진압통제지능시스템(A-FFIS)의 구조는 (그림 3)과 같으며, 본 시스템의 화재탐지 과정은 (그림 4)와 같이 먼저 각 센서의 감지값이 입력되어 규칙으로 표현된 지식베이스를 기반으로 퍼지논리를 이용하여 화재탐지를 수행하고, 탐지에 실패한 경우 클러스터링 기법을 이용한 예외상황 사례베이스를 기반으로 화재탐지를 재시도하게 되어 H-FFIS보다 조회시간을 감소시키면서도 정확성을 높이게 되었다.



(그림 5) 개선된 화재진압통제 시스템의(A-FFIS)의 구조



(그림 6) 화재탐지 과정

3.1 사용자 인터페이스

사용자가 시스템을 원활히 사용할 수 있도록 시스템과 사용자간을 연결해 주는 기능을 갖는다. 선박에서 화재를 탐지하기 위해서는 선박의 각 컴파트먼트마다 여러 개의

연기감지 센서, 화염감지 센서, 열감지 센서를 부착해야 한다. 이러한 여러개의 센서로부터의 정보를 받아들이고 화재 탐지의 결과를 사용자에게 제시해 준다.

본 시스템의 시물레이션을 위한 사용자 인터페이스는 Visual Basic 6.0으로 구현하였으며, 사용자 측면이 강한 GUI를 제공하여 사용자에게 친숙성을 제공한다.

3.2 화재제어 지식베이스

화재 진압 통제를 제어하기 위한 사실이나 규칙으로써 구성된다. 사실이란 추론을 하는 동안에 추가 또는 삭제 가능한 단기정보(short-term information)로서 주로 데이터나 사물에 대한 묘사를 나타내며, 화재탐지를 위한 규칙의 지식은 생성 규칙을 사용한다. 본 시스템에서 사용한 생성 규칙은 다음과 같이 두 부분으로 나뉜다.

① 화재 발생 유무를 분석하기 위한 규칙

자동화된 연기 감지기, 화염 감지기, 열 감지기 등을 통하여 연속적으로 전달되는 출력값을 전처리기에서 감지기의 반응정도를 나타내는 퍼지값과 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 퍼지값을 얻게 되는데, 이 값들을 퍼지 논리에 의해 융합해서 화재발생유무를 측정한다.

② 화재가 발생했다면, 선박이 처한 상황에 따라 적절한 동작을 수행하는 규칙

화재발생시 선박이 처한 상황이 대양항해모드나 제한항해모드일 경우에는 행위계획 및 수행을 지능시스템이 자동적으로 처리해 주지만, 입출항모드일 경우에는 지능시스템이 적절한 대처안을 구할 수는 있으나 결과에 대한 신뢰성이 낮아 사용자에게 대처안을 제시하여 사용자가 참고로 할 수 있도록 한다.

생성 규칙의 지식은 'IF(조건부) THEN(수행부)'로 표현되는 구조를 가지고 있다. 조건부는 AND, NOT 그리고 사실로 구성되는 리터럴(literal)이 OR로 연결되는 리터럴의 모임으로서 구성되며, 수행부는 조건부가 만족될 때 수행되어야 하는 수행절로 구성된다. 다음은 생성 규칙을 이용한 화재탐지를 위한 기초적인 관련 지식을 표현한 예이다. 여기서 1번 규칙의 조건부는 2개의 리터럴로 구성되어 있는데, 열감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값이 m_i 이고 열감지기의 증가정도를 나타내는 소속정도 값이 m_j 일 때 열감지기가 선화재와 관련된 정도를 나타내는 소속정도 값 m_k 는 2가지 소속정도 값의 \min 값으로 취해진다는 규칙을 나타낸다. 여기서 PR은 규칙의 우선순위를 나타낸다. 이것은 규칙 충돌 발생시 적절한 규칙을 선택하게 하는 기준이 된다.

규칙 1)

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

PR(t) is 0.9

사례베이스의 축적에 따라 자동학습기능 향상의 긍정적인 면이 있는 반면에 지식베이스는 점차 무용화될 수도 있으므로 본 논문에서는 축적된 사례베이스로부터 규칙을 도출하여 지식베이스의 규칙을 수정하거나 추가할 수 있도록 하였다. 예외적인 경우에 화재가 발생하게 되는 각 사례들은 예외상황 사례베이스에 저장되어 있는데, 현재의 상황에 대하여 지식베이스를 기반으로 화재가 탐지되지 않았을 경우, 클러스터링 기법을 이용하여 사례베이스를 기반으로 조희된 사례를 가지고 화재를 재탐지하게 되며, 화재가 재탐지되었을 때는 사례베이스의 해당사례의 참조횟수를 1씩 증가시키게 하였다. 사례베이스에 저장되어 있는 각 사례의 참조횟수가 5 이상일 경우, 사례베이스로부터 새로운 지식을 도출하게 된다. 열감지기의 반응정도와 증가정도에 따라서 열감지기가 선화재와 관련된 정도를 구하는 규칙이 도출되고, 화염감지기의 반응정도와 증가정도에 따라서 화염감지기가 선화재와 관련된 정도를 구하는 규칙이 도출되며, 연기감지기의 반응정도와 증가정도에 따라서 연기 감지기가 선화재와 관련된 정도를 구하는 규칙이 도출된다. 또한 각 감지기가 선화재와 관련된 정도에 따라서 화재관련 정도를 구하는 규칙이 도출된다. 도출된 규칙을 지식베이스의 규칙과 비교해 보아서 유사도[15]가 0.85 이상인 경우에는 규칙을 수정하게 하였고, 유사도가 0.85 미만일 경우에는 새로운 규칙으로 지식베이스에 추가할 수 있도록 하였다.

3.3 탐지모듈 I

화재제어 지식베이스를 기반으로 하는 화재탐지는 전향 추론(forward chaining) 기법[16-17]을 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 화재 발생 유무를 탐지하게 된다. 만약 화재가 발생했다면 선박이 처한 상황에 따라서 화재제어 지식베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하며 새로운 사실이 생기면 이 새로운 사실을 가지고 다시 화재제어 지식 베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하는 일련의 반복과정을 통해서 적절한 조치를 취하게 된다.

3.4 클러스터링 모듈

클러스터링이란 주어진 집합의 데이터들을 비슷한 성질을 가지는 그룹으로 나누는 것을 말한다[18-19]. 클러스터

링 모듈에서는 예외상황 사례베이스에 들어 있는 사례들을 클러스터링한다. 클러스터링 모듈이 실행되기 위해서는 ‘열감지 센서 반응정도’, ‘화염감지 센서 반응정도’, ‘연기감지 센서 반응정도’, ‘열감지 센서 증가정도’, ‘화염감지 센서 증가정도’, ‘연기감지 센서 증가정도’ 등의 속성이 필요하다. 모듈의 실행이 끝나면 그 결과로 K개의 클러스터와 클러스터별로 1개의 중심이 도출된다. 이 결과는 클러스터별로 인덱싱되어 예외상황 사례베이스에 저장되며 이 정보는 조회 모듈에서 사례들을 조회할 때 사용된다. 본 연구에서 K값은 실험을 통해서 평균 화재탐지율이 제일 높은 3으로 정했다.

본 논문에서는 K-Means 클러스터링 알고리즘을 사용했으며, 다음과 같다.

- 첫 번째 단계 : 사례들을 K개의 초기 클러스터로 나눈다.
- 두 번째 단계 : 각 클러스터의 중심 사례를 구한다. 중심 사례는 각 클러스터에 속하는 각 사례들의 속성별 평균치로 한다.
- 세 번째 단계 : 임의의 한 사례를 선택하여 각 클러스터 중심 사례까지의 유사도를 계산한다. 만약 이 사례와 임의의 클러스터 중심까지의 유사도 중에서 가장 가까운 것이 자신이 속한 클러스터라면 그대로 두고, 그렇지 않을 경우 거리가 가장 가까운 클러스터에 재할당한다. 여기서 임의의 한 사례와 각 클러스터 중심까지의 유사도는 퍼지 근접관계[15]를 사용하여 구했으며, 식 (1)과 같다.

$$SM(case_e, case_c) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n |attr_{ek} - attr_{ck}|}{|n|} \quad (1)$$

- n : 속성 수
- case_e : 임의의 사례
- case_c : 각 클러스터의 중심 사례
- case_{ek} : 임의의 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 (1 ≤ k ≤ n)
- case_{ck} : 각 클러스터의 중심 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 (1 ≤ k ≤ n)

- 네 번째 단계 : 세 번째 단계를 모든 사례에 대해 수행한다.
- 다섯 번째 단계 : 두 번째, 세 번째, 네 번째 단계를 재할당이 없을 때까지 반복한다.

3.5 예외상황 사례베이스

예외적인 경우 화재가 탐지되는 각 사례들은 관계형 데이터베이스에서 하나의 테이블 형태로 저장되도록 설계하

였다. 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. <표 1>은 초기 사례베이스의 일부분을 보여준다. 여기서 반응정도란 각 감지 센서가 어느 정도 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 사례가 제시되어 화재를 재탐지하게 되었을 때 화재가 탐지된 횟수를 나타내는데, 유사도가 동일한 사례가 두 개 이상일 때, 참조횟수가 많은 사례를 선택하기 위하여 사용되어 진다.

각 센서의 감지값이 입력되어 규칙으로 표현된 화재제어 지식베이스를 기반으로 퍼지논리를 이용하여 화재탐지를 수행하고, 탐지에 실패한 경우 예외상황 사례베이스를 기반으로 화재탐지를 재시도하게 된다. 이 때 사례 검색시 요구되는 패턴 매칭의 양을 줄이기 위하여 클러스터링 기법을 사용하여 입력된 사례와 가장 유사한 클러스터 중심에 들어있는 사례들만 조회되도록 하여 수행시간을 감소시키게 되었다.

<표 1> A-FFIS의 초기 사례베이스

열감지 센서 반응정도	화염감지 센서 반응정도	연기감지 센서 반응정도	열감지 센서 증가정도	화염감지 센서 증가정도	연기감지 센서 증가정도	유사도	참조 횟수
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
⋮	⋮	⋮	⋮	⋮	⋮		⋮

3.6 조회모듈

탐지모듈 I에서 화재탐지에 실패할 경우, 예외상황 사례 베이스에 있는 사례들을 조회하여 현재 사례와 유사한 사례를 찾아낸다. 먼저 입력된 현재 사례와 각 클러스터의 중심 사례들간의 유사도를 계산하여 가장 가까운 클러스터 안에 들어 있는 사례들에 대하여 다시 유사도를 계산하게 된다. 입력된 현재 사례와 각 클러스터의 중심 사례들간의 유사도를 계산하기 위해서는 3.4절의 수식 (1)을 사용하였으며, 가장 가까운 클러스터 안에 들어 있는 사례들에 대하여 다시 유사도를 구할 때도 퍼지 근접관계 [15]를 사용하였으며 식 (2)와 같다. 이것은 현재 입력된 사례와 가장 유사한 클러스터 안에 들어 있는 각 사례들의 유사한 정도를 정량적으로 표현한 것이다. 본 논문에서는 유사도가 가장 큰 값을 갖는 사례를 선택하여 제시하도록 하였다.

$$SM(case_i, case_j) = 1 - \frac{\sum_{k=1}^n |attr_{ik} - attr_{jk}|}{|n|} \quad (2)$$

- n : 속성 수
- case_i : 현재 사례
- case_j : 과거 사례
- case_{ik} : 현재 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 (1 ≤ k ≤ n)
- case_{jk} : 과거 사례를 구성하는 k번째 속성을 나타내는 퍼지값 (1 ≤ k ≤ n)

사례의 조회 과정에서 완전히 일치하는 사례를 찾는 경우는 드물다. 따라서 조회된 가장 유사한 사례에 수정 규칙을 적용하여 현재의 상황에 맞도록 적용하는 과정이 필요하다. 그러나 본 시스템에서는 일관된 수정 규칙을 발견하기가 어려우므로 이러한 수정 규칙은 포함하지 않았으며 조회과정이 끝나면 가장 유사한 과거의 사례를 유사도와 함께 제시함으로써 사용자의 의사결정을 지원하게 된다.

3.7 탐지모듈 II

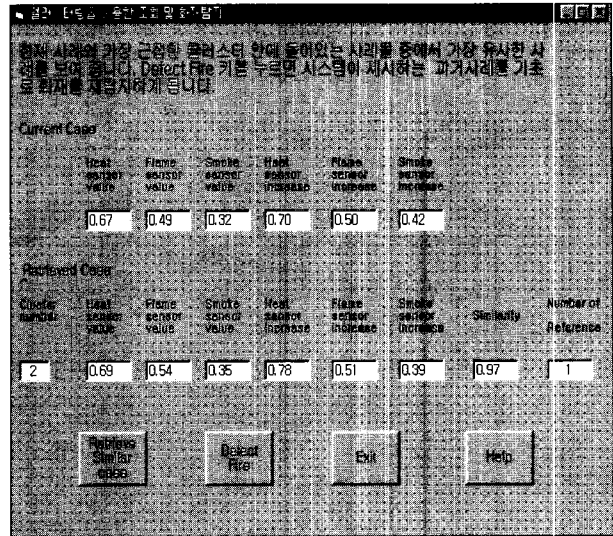
시스템이 제시하는 사례를 기초로 화재 발생 유무를 탐지하는 단계로, 성공적으로 화재를 탐지한 경우에는 저장단계로 진행하고, 화재탐지에 실패한 경우 종료하게 된다. 현재 화재탐지의 성공과 실패 여부는 화재관련 기기들을 판매하는 회사로부터 받은 데이터를 근거로 사용자가 판단하도록 구현하였다.

3.8 저장 모듈

조회모듈에서 제시한 사례를 기초로 화재탐지에 성공하고, 조회된 사례와 현재의 상황 사례가 완전히 동일하지 않으면 현재 상황 데이터를 예외상황 사례베이스에 새로운 사례로 저장시킨다. 이 때 클러스터링 모듈로 제어가 넘어가 새로운 사례가 어느 클러스터에 속하는지 결정하여 해당 클러스터에 저장시키게 된다.

4. 구현 및 실행 예

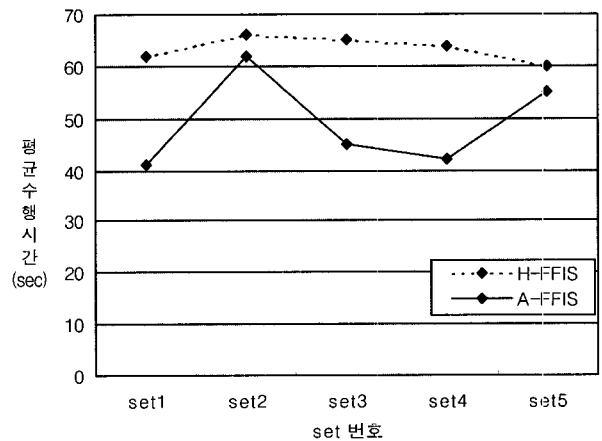
본 논문의 개선된 화재진압통제 시스템은 Windows환경 하에서 Visual BASIC 6.0[20-23]과 ACCESS 7.0 데이터베이스 관리 시스템을 사용하여 시뮬레이션 시스템이 구현되었다. (그림 5)는 지식베이스를 기반으로 화재가 탐지되지 않았을 경우, 클러스터링 기법을 사용하여 예외상황 사례베이스에 있는 사례들을 조회하여 유사도가 가장 높은 과거의 사례를 제시하여 주는 화면이다. Detect Fire 버튼을 누르면, 시스템이 제시해 주는 사례를 가지고 화재를 재탐지하게 된다.



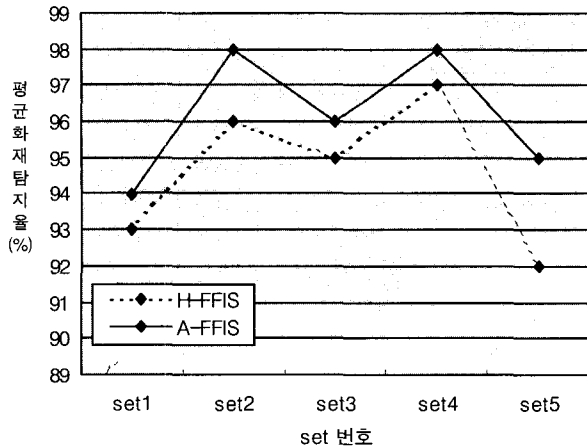
(그림 5) 클러스터링을 이용한 사례제시 화면의 예

5. H-FFIS의 성능 평가

본 시스템의 성능을 평가하기 위해서 이미 구축되어 있는 하이브리드 화재진압통제 지능시스템(H-FFIS)과 제안하는 개선된 화재진압통제 시스템(A-FFIS)을 비교하였다. 데이터는 화재진압 관련 기기들을 판매하고 있는 D사로부터 화재가 발생하게 되는 총 500가지 사건을 수집하여, 300가지 사건은 사례베이스에 저장하고 나머지 200가지 사건은 개발한 시스템들의 성능 평가를 위한 테스트용으로 사용하였다. 여기서 하나의 사건이란 시스템에 일정시간에 입력되게 되는 300개 센서의 감지값을 모두 포함하는 것이다. 두 시스템에서 200가지의 사건을 다섯가지 test set으로 나누어 실험을 해서 평균 수행시간과 평균 화재탐지율을 비교하였는데 (그림 6), (그림 7)과 같다. 기존 H-FFIS보다 제안하는 A-FFIS가 수행시간을 감소시키면서 평균 화재탐지율을 향상시켜 정확성을 높이게 되었다.



(그림 6) 시스템에 따른 평균 수행시간 비교



(그림 7) 시스템에 따른 평균 화재탐지율 비교

6. 결론 및 향후과제

제안하는 A-FFIS는 기존의 H-FFIS와 비교해 볼 때 평균 수행시간이 감소되었다. 이는 예외상황 사례베이스를 검색할 때 모든 사례들에 대하여 검색을 하지 않고, 입력된 사례와 가장 유사한 클러스터 안에 들어 있는 사례들에 대해서만 검색을 하기 때문이다. 또한 예외상황 사례베이스를 클러스터링 하지 않았던 H-FFIS보다 평균 화재탐지율도 향상시켰다. 또한 예외상황 사례베이스에 사례가 축적됨에 따라 축적된 사례를 가지고 새로운 규칙을 도출하여 지식 베이스에 있는 규칙을 수정하거나 추가시킬 수 있게 함에 의해서 향후 시스템의 성능을 더욱 향상시킬 것으로 기대된다.

본 연구에 이어서 향후에 이루어져야 할 과제는 다음과 같은 항목들을 고려하여 이루어져야 한다. 첫째, 개별 클러스터간의 구별 시 모호한 경계를 해결할 수 있는 방법에 대한 차후 연구가 요구된다. 둘째, K-Means 클러스터링시 유사도를 구하는 표준적인 방법이 존재하지 않으므로, 유사도를 구하는 표준적인 방법에 대한 차후 연구가 요구된다. 셋째, 본 시스템에서는 100곳의 컴파트먼트에서 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기를 각각 하나씩 모두 300개의 센서들을 고려했지만, 향후로는 선박에 실제로 설치된 모든 감지기들을 고려하여 시스템을 확장시키는 연구가 요구된다. 이 때 병렬처리 개념을 이용하여 다중 프로세서에서 병렬로 처리함에 의해서 처리속도를 향상시키기 위한 연구가 요구된다. 넷째, 제안하는 시스템을 통합플랫폼관리체제에 연결하여 화재발생시 보다 적절한 후속조치를 취할 수 있도록 해 주는 차후 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

[1] A. R. Golding and P. S. Rosenbloom, "Improving Rule-

Based Systems through Case-Based Reasoning," AAAI-91, pp.22-27, 1991.

[2] R. Barletta, "Case-based reasoning and information retrieval: Opportunities for technology sharing," IEEE Expert, Vol.8, No.6, pp.2-3, 1993.

[3] M. P. Feret and J. I. Glasgow, "Hybrid Case-Based Reasoning for the Diagnosis of Complex Devices," Proc. of the National Conf. on Artificial Intelligence(AAAI-93), pp. 168-175, 1993.

[4] J. L. Kolodner, "Improving human decision making through Case-base decision aiding," AI Magazine, Vol.12, No.2, pp. 52-68, 1991.

[5] A. Aamodt and E. Plaza, "Foundational Issues, Methodological Variations, and System Approaches," AI Communications, Vol.7, No.1, pp.65-79, 1994.

[6] C. K. Riesbeck and R. C. Schank, Inside Case-Based Reasoning, Lawrence Erlbaum Associates, Inc., 1989.

[7] D. W. Aha and D. Wettschereck, "Case-Based Learning : Beyond Classification of Feature Vectors," Proceedings of the European Conference on Machine Learning, 1997.

[8] 현우석, 김용기, "통합플랫폼관리체제에서 퍼지논리를 이용한 화재진압통제 지능시스템의 설계 및 구현", 한국정보처리학회논문지, 제7권 제7호, pp.2095-2108, 2000.

[9] 김은경, "신장 질환 진단을 위한 규칙 기반 추론과 사례 기반 추론의 통합", 한국정보과학학회논문지, 제24권 제10호, pp. 1093-1100, 1997.

[10] Woo-Seok Hyun and Yong-Gi Kim, "Improving Accuracy by Combining Rule-based and Case-based Reasoning for Fire Detection in a Ship," Proceedings of The 1st International Conference on EALPIIT, pp.232-235, Aug., 2000.

[11] J. Famme, "Automation : The Use of Automated Ship Control System Technology to Reduce the Cost of Ships and Submarines," Proceeing of Intelligent Ships Symposium, American Society of Naval Engineers, Philadelphia, PA, pp.1-20, June, 1994.

[12] G. F. Luger and W. A. Stubblefield, Artificial Intelligence, The Benjamin Cumming Pub. Co., Redwood City, 1993.

[13] K. C. Gowda, T. V. Ravi, "Divisive clustering of symbolic objects using the concepts of both similarity and dissimilarity, Pattern Recognition," Vol.28, No.8, pp.1277-1282, 1995.

[14] R. T. Ng and J. Han, "Efficient and effective clustering methods for spatial data mining," Proc. of the 20th VLDB Conference, Chile, 1994.

[15] Klir, G. and T. Folger, Fuzzy Sets, Uncertainty, and Information, Prentice-Hall International Editions, 1992.

[16] J. Giarratano and G. Riley, Expert Systems Principles and Programming, 2nd Ed., PWS, 1994.

[17] D. A. Waterman, A guide to Expert Systems, Addison-Wesley, 1986.

- [18] A. A. Afifi and V. Clark, Computer-Aided Multivariate Analysis, Chapman & Hall, 1990.
- [19] H. Rhee and K. Oh, "A Design and Analysis of Objective Function-Based Unsupervised Neural Networks for Fuzzy Clustering," Neural Processing Letters Vol.4, pp.83-95, 1996.
- [20] D. L. Schneider, Essentials of Visual Basic 6.0 Programming, Bk & Cd Rom Edition, 1999.
- [21] D. L. Schneider, An Introduction to Programming Using Visual Basic 6.0, 4th Edition, Bk & cdr Edition, 1999.
- [22] Microsoft Corporation, Microsoft Visual Basic 6.0 Programmer's Guide, Microsoft Press, 1998.
- [23] Microsoft Corporation, Microsoft Visual Basic 6.0 Reference Library, Microsoft Press, 1998.



현우석

e-mail : wshyun@bible.ac.kr

1987년 이화여자대학교 전자계산학과
졸업(이학사)

1993년 이화여자대학교 교육대학원 컴퓨터교육전공 졸업(교육학 석사)

2001년 국립경상대학교 대학원 컴퓨터과
학과 졸업(공학 박사)

1987년~1993년 한국외환은행 전산실

2001년~2002년 경희대학교 전자정보학부 컴퓨터공학전공 강의
전임강사

2002년~현재 한국성서대학교 정보과학부 전임강사

관심분야 : 인공지능, 지식기반 시스템, 퍼지 시스템, 정보검색
시스템, 의료정보시스템, 정보 보안 등