

통합플랫폼관리체제에서 퍼지논리를 이용한 화재진압통제 지능시스템의 설계 및 구현

현 우 석[†] · 김 용 기^{††}

요 약

통합플랫폼관리체제(IPMS, Integrated Platform Management System)의 운용에 있어서 손상제어장치를 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. 본 논문에서는 통합플랫폼관리체제하에서 센서의 비손상조건에서는 화재경보를 울리지 않고, 선박에서의 화재발생시 상황에 따른 적절한 조치를 자동적으로 취해주는 퍼지논리를 이용한 화재진압통제 지능시스템을 설계하고 구현한다. 제안하는 시스템은 기존 시스템과 비교했을 때, 보다 정확하게 화재를 감지하였으며, 화재발생시에도 선박이 처한 상황에 따라 보다 적절한 조치를 취하였다. 특히 비화재감지의 특이성의 향상이 현저하였다.

A Design and Implementation of the Intelligent System for the Fire Fighting Control using Fuzzy Logic in Integrated Platform Management System

Woo-Seok Hyun[†] · Yong-Gi Kim^{††}

ABSTRACT

In maned ship, crews may have risks as they manage damage control system in IPMS in damage situations such as fire in a ship. So the application of unmaned autonomous systems can reduce the number of boarding crews and attribute to safe marine transportation. The paper suggests an intelligent system of the fire fighting control using fuzzy logic in Integrated Platform Management System which can take measures against fire situation of a ship excluding unnecessary warnings with undamaged situations. The system here detected the fire more accurately and adopted more appropriate measures according to ship status compared with conventional systems. Of all, a reduction of false detection of fire was noted.

1. 서 론

해양수송(sealift)이란 인류가 만들어낸 유일한 운송 도구중의 하나이다. 해양수송외에도 공중수송(airlift)이 있긴 하지만, 공중수송만으로는 인류에게 필요한 모든

것들을 운송할 수 없다. 예를 들어 중요한 전투의 경우, 기갑부대와 같은 필요한 장비들을 공중수송만으로 모두 운송할 수 없다. 그럼에도 불구하고 몇몇 경제적인 이유로 인해 해양수송이 빠른 속도로 감소하고 있다. 승조원의 인건비가 상승하고 승조원의 인력을 구하기 힘든데도 불구하고 해양수송선에서 승조원의 승선비용은 아직까지 높다[1]. 따라서 승조원의 인력부족 현상을 해결하기 위해서 숙련된 승조원의 지식을 수집 정리하여 승조원의 역할을 지능적으로 수행할 수 있는

* 본 논문은 국방과학연구소의 2000년 착수 대학기초연구(ADD-00-6-2)의 지원에 의해서 이루어졌음.
† 준 회원 : 경상대학교 대학원 컴퓨터학과
†† 종신회원 : 경상대학교 컴퓨터학과 교수
논문접수 : 2000년 1월 31일, 심사완료 : 2000년 7월 11일

고수준의 선박무인화지능시스템을 개발하는 것이 요구된다. 선박무인화지능시스템은 선박의 통합플랫폼관리체제(IPMS, Integrated Platform Management System)[2]를 마치 숙련된 승조원이 작동하는 것처럼 제어하고 상황에 따라 적절한 대처안을 제시하는 자율 능력을 갖춘 지능시스템이다.

여기서 선박의 무인화란 선박 내 승조원을 완전 배제하고 이들을 자동화 장치로 모두 대체하는 것이 아니라, 자동화가 가능한 부분은 최대한 자동화하고 인간의 의사결정이 필요한 부분에는 숙련된 승조원을 배치하여 선박 운영 인력을 최소화하는 것을 의미한다. 선박 무인화를 위해서는 선박 내에 설치되어 있는 장치를 실제 승조원이 조작하는 것처럼 감시하고 수행하는 선박무인화지능시스템을 장착함으로써 구현 가능하다.

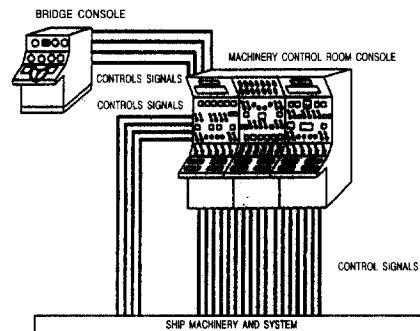
효과적인 선박 무인화를 위해서는 선박의 모든 장치를 통합적으로 제어 감시할 수 있는 통합플랫폼관리체제가 선행되어야 한다. 통합플랫폼관리체제는 선박에 장착된 장비를 디지털화하고, 네트워크를 이용하여 각 장비를 연결하며, 추진장치, 보조장비, 전원장치, 조타장치, 손상제어장치와 같은 5가지 기능을 모두 감시 제어할 수 있는 독립적 콘솔을 설치하여 선박의 운영을 통합적으로 관리하는 것이다.

통합플랫폼관리체제의 기능 중 손상제어장치를 제어하고 감시하는 승조원에게는 항상 높은 위험이 존재하고 있다. 따라서 선박에 무인화를 도입하면 인간이 수동적으로 처리해야 하는 부분을 기계로 대체하게 되어서 승선 비용을 줄이며 보다 안전하게 되어 위험도를 감소시킬 수 있는 해결책의 하나가 될 수 있다. 본 논문에서는 퍼지논리를 이용한 추론엔진을 갖는 화재진압통제 지능시스템을 설계하고 구현한다. 화재, 침수 등의 손상제어를 위해서 선박의 각 컴파트먼트가 모니터 되며, 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기가 선박의 여러 곳에 설치되어 손상정도를 정확하게 감지하게 된다. 화재진압통제 지능시스템은 각 감지기로부터의 다양한 정보를 입력받은 후, 추론엔진 내에서 화재발생 유무와 관련된 불확실한 상황에 대하여 퍼지논리를 이용하여 가장 적절한 평가를 내리게 된다. 그리하여 열 감지기, 화염 감지거나 연기 감지기의 순간적인 작동으로 인해 발생하는 비 화재에는 경보를 발하지 않는다. 또한 난방, 취사나 흡연 등과 같은 비 화재발생 요인을 미리 제거하게 된다. 그러므로 불필요한 화재발생 요인에 대해 화재경보를 내리고 후속 조치를 취하는 것을 제거함에 의해서 비용면이나, 능률면에서 효율적인 화

재진압을 가능하게 한다. 또한 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 자동적으로 후속적인 조치를 취하거나 사용자에게 적절한 후속조치를 제안함에 의해서 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 된다.

2. 기존의 화재진압통제 시스템

선박에서 손상제어시스템은 화재, 침수, 선박 손상 등에 의해 발생하는 손상을 제어하기 위하여 다양한 센서, 장비, 자재와 기술을 사용한다. 그 중 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 선박의 강도저하 등 매우 커다란 물적 피해를 입히며 때로는 귀중한 인명을 빼앗아 갈 수도 있다. 화재에 의한 피해를 경감하기 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 화재진압통제 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[3, 22, 23]. 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.



(그림 1) 아날로그방식제어시스템 구조

앞에서 살펴본 바와 같이 기존의 시스템은 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기를 각각 독립적으로 고려하여 화재를 탐지함에 의해서 감지기의 순간적인 높은 작동이나 난방, 취사, 흡연 등과 같은 비화재보에 대해서도 화재경보를 내리고 스프링클러를 작동시키는 문제점을 지니고 있다. 이러한 문제점을 해결하고자 제안하는 시스템에서는 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기를 독립적이 아닌 복합된 개념으로서 인식을 하여 퍼지논리에 의해 융합하여 화재를 탐지하게 한다. 또한 화재가 탐지되었을 시에도 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 된다.

3. 화재진압통제 지능시스템의 제안 및 설계

선박에서 화재진압통제 시스템은 화재 등에 의해 발생하는 손상을 제어하기 위하여 다양한 센서, 장비, 자재와 기술을 사용한다. 미 해군에서 1991년에 펴낸 Naval Research Laboratory 보고서에 따르면 새로운 1대의 선박에 대략 800개의 연기감지 센서, 열감지 센서, 화염감지 센서, 침수감지 센서를 지니고 있다[4, 5]. 그러므로 어떤 상황에서 손상정도를 정확하게 제어하기 위해서는 굉장히 많은 양의 정보를 처리해야 하며, 손상 유무를 결정짓기 위해서는 불확실한 정보들을 잘 융합해야 한다.

최근까지 지능시스템은 다양한 응용 영역에서 응용되고 있으나 문제점도 지니고 있다. 기존 지능시스템을 적용했을 때의 문제점 중의 하나로는 전문가지식(domain knowledge)을 표현하기 위해서 이진논리를 사용하는 것이다. 실제로 실세계에서 의사결정을 할 때 참이나 거짓으로 명확하게 구분하는 데에는 어려움이 따른다. 또한 전문가지식을 표현하기 위해서 언어영역(linguistic hedges)을 사용할 때에는 문제가 더욱 복잡해진다. 이러한 문제점에 대한 좋은 해결책으로는 지능시스템에 퍼지집합과 퍼지논리의 개념을 적용하는 것이다 [11]. 1975년에 Mamdani와 Assilian은 퍼지논리에 기본을 둔 언어형태(linguistic form)로서 인간 제어를 나타내는 퍼지 제어를 제안하였다[12]. 결과적으로 퍼지 제어의 응용은 인간 운영자를 대체시키게 되었다.

본 논문에서는 앞에서 언급한 문제점들을 제거하고 보다 현실성 있는 시스템을 구현하기 위해 퍼지추론엔진을 갖는 화재진압통제 지능시스템을 제안한다. 본 시스템을 구현하기 위해서 다음과 같은 세 가지 항목

에 초점을 맞추어 설계하였다.

첫째, 열 감지기, 화염 감지기나 연기 감지기의 순간적인 높은 작동으로 인해 발생하는 비 화재에는 경보를 발하지 않는다. 이것은 기존의 열식 또는 연기식 감지기의 경우 순간적인 높은 작동으로 인하여 화재가 발생하지 않았음에도 불구하고, 화재경보를 발하는 경우가 있는데, 이를 제거하기 위함이다. 본 시스템에서는 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기에서 감지한 값들을 퍼지논리에 의해 융합하여 화재가 발생했을 경우만 화재경보를 발하고, 그렇지 않을 경우에는 화재경보를 발하는 대신에 비화재보에 대한 상황을 설명해 주도록 하였다.

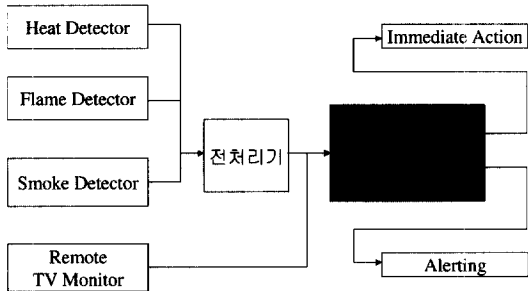
둘째, 난방, 취사나 흡연 등과 같은 비화재발생 요인을 미리 제거한다. 그러므로 불필요한 화재발생요인에 대해 화재경보를 내리고 후속조치를 취하는 것을 제거함에 의해 비용면에서나, 능률면에서 효율적인 화재진압을 가능하게 한다.

셋째, 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 해 준다. 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 자동적으로 후속조치를 취하거나 사용자에게 적절한 후속조치를 제안함에 의해서 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 된다.

3.1 시스템의 구조

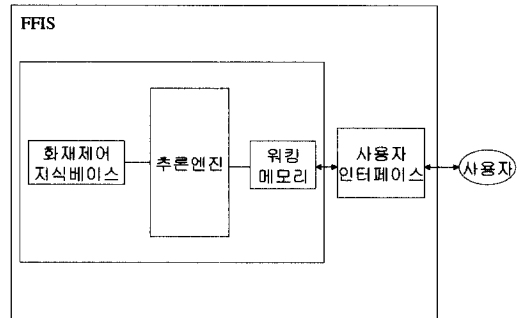
본 논문에서 제안하는 화재 자동제어시스템의 흐름도는 (그림 2)와 같다. 연기 감지기, 열 감지기는 모두 아날로그식 감지기이고, 화염 감지기는 아날로그 증계기를 이용하여 일정시간간격에 따라 변하게 되는 환경의 변화값을 감지값인 디지털값으로 출력하게 된다. 본 시스템은 다음과 같은 시나리오를 따른다. 먼저 화재 자동제어시스템에서 화재의 인식은 자동화된 연기 감지기, 화염 감지기, 열 감지기 등을 통하여 환경의 변화에 따른 변화값을 각 감지기가 얼마나 감지했나를 나타내는 감지값으로 출력하게 되는데 이 출력값은 다시 전처리기에 입력된다. 전처리기에서는 각 감지기로 부터의 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. 전처리기에서의 출력인 각 감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값과 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소

속정도 값은 화재진압통제 지능시스템(FFIS : Fire/Fighting control Intelligent System)으로 입력되어 화재발생 유무를 분석하기 위해 사용된다. 만약 화재가 발생했음을 결론짓게 되면 감지기가 설치되어 있는 화재발생 장소의 위치정보와 선박이 처한 상황을 분석하여 선박이 처한 상황에 따라 화재경보를 발발하고 적절한 조치를 취하게 된다.



(그림 2) 화재 자동제어 시스템의 흐름도

위의 (그림 2)에서 화재진압통제지능시스템(FFIS)의 구조는 (그림 3)과 같다. 화재제어 지식베이스는 화재진압통제를 제어하기 위한 규칙들로서 구성된다. 이 규칙들을 이용하여 화재를 탐지하고, 적절한 조치를 취하게 된다. 워킹메모리에는 전처리기에서 출력되는 감지기들의 반응정도를 나타내는 소속정도 값, 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값, 사용자로부터 입력받은 모든 사항들, 화재진압통제를 하기 위해 추론으로부터 얻어진 사항들이 사실로서 임시로 저장된다. 추론엔진에서는 워킹메모리에 있는 사실들에 따라서 지식베이스에 있는 규칙들 중 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하고 새로운 사실을 워킹메모리에 삽입하게 된다. 이러한 일련의 과정을 반복 수행함에 의해서 화재발생유무를 결정하게 된다. 만약 화재가 발생했다면 워킹메모리에 저장되어 있는 선박이 처한 상황에 따라서 지식베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하며 새로운 사실을 워킹메모리에 삽입하게 된다. 이런 일련의 반복과정을 통해서 적절한 조치를 취하게 된다. 사용자 인터페이스는 사용자가 시스템을 원활히 사용할 수 있도록 시스템과 사용자간을 연결해 주는 기능을 갖는다.



(그림 3) 화재진압통제 지능시스템의 구조

3.2 지식 표현

전문가가 지니고 있는 지식을 표현하는 방법(knowledge representation)으로는 의미망(semantic network), 프레임, 생성규칙 등이 있다[6, 7]. 본 시스템에서는 지식의 첨가와 제거 및 변경이 용이하고 다른 사람들이 이해하기 쉬우며 서술적인 지식을 표현하기에 적합한 생성 규칙을 사용하여 지식을 표현하였다.

3.2.1 화재제어 지식베이스

화재제어 지식베이스는 화재진압통제를 제어하기 위한 규칙들로서 구성된다. 규칙은 문제를 풀어 나가기 위한 장기정보(long-term information)로서 전문가가 어떤 결정을 내리기 위해 사실을 이용하는 법을 말한다. 본 시스템에서는 지식을 표현하는 방법으로 생성 규칙을 사용하며, 다음과 같은 두 부분으로 나뉜다.

① 화재발생 유무를 분석하기 위한 규칙

자동화된 연기 감지기, 화염 감지기, 열 감지기 등을 통하여 연속적으로 전달되는 출력값을 전처리기에서 감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값과 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값을 얻게 되는데, 이 값들을 퍼지논리에 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.

생성규칙의 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 생성규칙을 이용한 화재감시제어를 위한 기초적인 관련지식을 표현한 예이다. 여기서 1번 규칙의 조건부는 2개의 리터럴로 구성되어 있는데, 열감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값이 m_i 이고 열 감지기의 증가정도를 나타내는 소속정도 값이 m_j 일 때 열감지기가 선화재와 관련한 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)

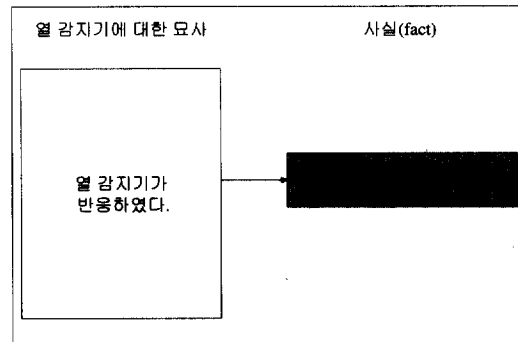
IF HR(t) is m_i AND HI(t) is m_j
 THEN HPF(t) is m_k [단, $m_k = \min(m_i, m_j)$]
 PR(t) is 0.9

3.2.2 워킹 메모리

사실이란 추론을 하는 동안에 추가 또는 삭제 가능한 단기정보(short-term information)로서 주로 데이터나 사물에 대한 묘사를 나타내며, 예를 들면 (그림 4)과 같다. 그림에서 보듯이 '열 감지기가 반응하였다'라는 것을 묘사하기 위하여 퍼지논리에 기본을 둔 언어 형태를 사용하여 'HR(t) is m_i '라는 사실로 표현하였는데 이것은 '열 감지기가 반응한 정도가 m_i 라는 소속정도 값 정도이다'라는 것을 나타낸다. 기존의 화재진압통제 시스템에서는 감지기의 감지값이 특정값 이상이면 경보를 발생하게 되는데, 이럴 경우 비화재보에 대해서도 화재경보를 발생하게 되는 문제점을 지니게 된다. 감지기의 특정 감지값에 따라 일률적으로 반응했다와 아니다를 구분하는 것은 어려운 일이기 때문에 퍼지논리에 기본을 둔 언어형태로서 사실을 표현함에 의해서 명확하게 구분하기 어려운 경우를 해결하게 하였다.

워킹 메모리는 전처리기로부터 입력받게 되는 감지기들의 반응정도를 나타내는 소속정도 값, 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값, 사용자로부터 입력받은 모든 사항, 화재진압통제를 하기 위해 추론으로부터 얻어진 사항을 사실로서 임시로 저장하는

부분으로 버퍼와 같은 역할을 하며, 선택할 규칙의 조건과 비교될 대상으로서 현재의 상태를 나타낸다. 지식베이스의 각 규칙의 조건부는 사실이 워킹 메모리에 의해서 만족되어야만 선택되어질 수 있다. 규칙의 수행부는 워킹 메모리의 내용을 변화시킬 수 있으며, 이렇게 됨으로써 다른 규칙의 조건부가 만족될 수 있다.



(그림 4) 사실의 예

본 시스템에서는 선박의 각 컴파트먼트에서 화재를 감지할 수 있도록 모여있는 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기 각각 한 개씩을 고려하였으며, 워킹 메모리의 구조로는 배열을 사용하였다. 배열을 사용한 것은 미리 기억장소의 공간을 잡아놓음으로 인해서, 수행시 기억장소의 공간 할당에 드는 시간을 줄여 수행시간을 단축하기 위함이다. (그림 5)는 본 시스템에서 사용하게 되는 워킹 메모리를 표현한 일 예를 보여준다. 열 감지기의 반응정도를 나타내는 HR(99), 열 감지기의 증가정도를 나타내는 HI(99), 열 감지기의 선화재 관련정도를 나타내는 HPF(99)에서 배열의 인덱스는 특정한 컴파트먼트 번호를 나타낸다. 인덱스가 0이면 컴파트먼트 0-111을, 인덱스가 1이면 컴파트먼트 0-112를, 인덱스가 99이면 컴파트먼트 2-134를 나타낸다. HR(0)의 내용으로는 컴파트먼트 0-111에서 열 감지기의 반응정도를 나타내는 퍼지 소속정도 값인 '0.32'가 저장되고, HI(0)의 내용으로는 컴파트먼트 0-111에서 열 감지기의 증가정도를 나타내는 소속정도 값인 '0.02'가 저장되며, HPF(0)의 내용은 컴파트먼트 0-111에서 HR(0)의 내용과 HI(0)의 내용에 따라서 결정되게 되며 열 감지기의 선화재 관련정도를 나타내는 소속정도 값인 '0.02'가 저장된 예를 보여준다.

	HR(0)	HR(1)	...	HR(99)
HR(99)	0.32	0.99		0.68

	HI(0)	HI(1)	...	HI(99)
HI(99)	0.02	0.97		0.06

	HPF(0)	HPF(1)	...	HPF(99)
HPF(99)	0.02	0.97		0.06

(그림 5) 워킹 메모리 표현의 일 예

3.3 지식의 처리

다음은 전처리기와 화재진압통제 지능시스템의 추론 엔진에서 3.2절에서 표현된 지식을 처리하는 방법에 대해 살펴본다.

3.3.1 전처리기

전처리기에서는 연기 감지값, 화염 감지값, 열 감지값을 입력으로 받아들여서 퍼지논리[11, 13, 14, 15, 16]를 이용하여 각 감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값과 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값을 구하게 된다. 기존의 감지기들은 일정 시간에 입력되는 감지값만을 고려하여 경보를 내 보내기 때문에 감지기의 순간적인 높은 작동인 오동작에 대해서도 경보를 울리게 되지만 본 시스템에서는 반응정도뿐만 아니라 증가정도를 함께 고려하기 때문에 순간적인 높은 작동에서는 경보를 발하지 않게 된다.

먼저 각 감지기로부터의 t시에 열 감지값, 화염 감지값, 연기 감지값 등을 퍼지이론의 소속함수[8, 9, 10, 11]를 이용해서 감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값을 구하게 된다. (그림 6)은 세 감지기에 대한 감지값의 반응정도를 구해주는 소속함수를 보여주고 있다.

세 센서에 대한 센서값의 반응정도를 구해주는 소속 함수를 수학적으로 표현하면 수식 (1),(2),(3)과 같다.

$$HR(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 0 \\ 2\left(\frac{x}{0.7}\right)^2 & , 0 \leq x \leq 0.35 \\ 1 - 2\left(\frac{x-0.7}{0.7}\right)^2 & , 0.35 \leq x \leq 0.7 \\ 1 & , x \geq 0.7 \end{cases} \quad (1)$$

$$FR(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 0 \\ 2\left(\frac{x}{0.3}\right)^2 & , 0 \leq x \leq 0.15 \\ 1 - 2\left(\frac{x-0.3}{0.3}\right)^2 & , 0.15 \leq x \leq 0.3 \\ 1 & , x \geq 0.3 \end{cases} \quad (2)$$

$$SR(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 0 \\ 2\left(\frac{x}{1.1}\right)^2 & , 0 \leq x \leq 0.55 \\ 1 - 2\left(\frac{x-1.1}{1.1}\right)^2 & , 0.55 \leq x \leq 1.1 \\ 1 & , x \geq 1.1 \end{cases} \quad (3)$$

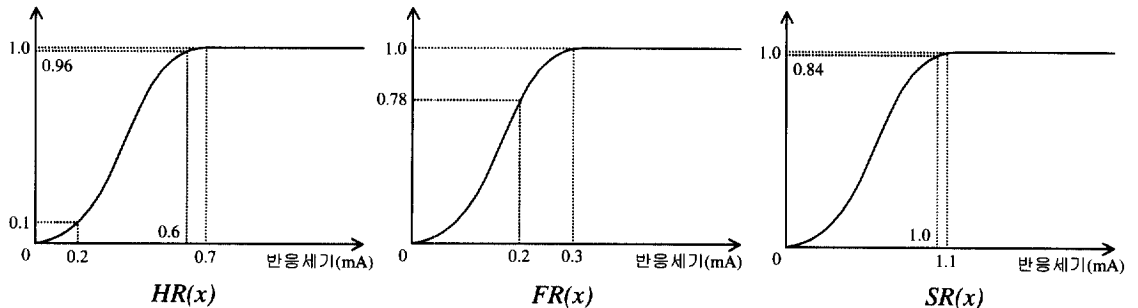
이어서 t시와 그 이전 시와의 감지값의 차를 구하게 되는데, 수식 (4), (5), (6)은 각 감지기 의 감지값 차를 구하는 수식을 나타낸다.

$$\Delta HeatDetectorValue(t) = HeatDetectorValue(t) - HeatDetectorValue(t-1) \quad (4)$$

$$\Delta FlameDetectorValue(t) = FlameDetectorValue(t) - FlameDetectorValue(t-1) \quad (5)$$

$$\Delta SmokeDetectorValue(t) = SmokeDetectorValue(t) - SmokeDetectorValue(t-1) \quad (6)$$

t시와 그 이전 10번의 연속적인 감지값을 가지고서,



(그림 6) 세 감지기에 대한 반응정도 소속함수

10번의 연속적인 감지값 차의 평균을 구하게 되며, 다음의 수식(7),(8),(9)과 같다.

$$Mean\Delta HeatDetectorValue(t) = \frac{1}{10} \sum_{i=t-9}^t \Delta HeatDetectorValue(i) \quad (7)$$

$$Mean\Delta FlameDetectorValue(t) = \frac{1}{10} \sum_{i=t-9}^t \Delta FlameDetectorValue(i) \quad (8)$$

$$Mean\Delta SmokeDetectorValue(t) = \frac{1}{10} \sum_{i=t-9}^t \Delta SmokeDetectorValue(i) \quad (9)$$

위에서 구해진 각 감지기의 10번의 연속적인 감지값 차의 평균을 가지고서, 각 감지기의 연속적인 감지값의 증가 정도를 나타내는 소속정도 값을 얻게 된다. 다음의 수식 (10), (11), (12)는 각 감지기의 연속적인 감지값의 증가 정도를 구해주는 소속함수를 수학적으로 나타낸 것이다.

$$HI(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 0 \\ 2\left(\frac{x}{0.041}\right)^2 & , 0 \leq x \leq 0.0205 \\ 1 - 2\left(\frac{x-0.041}{0.041}\right)^2 & , 0.0205 \leq x \leq 0.041 \\ 1 & , x \geq 0.041 \end{cases} \quad (10)$$

$$FI(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 0 \\ 2\left(\frac{x}{0.026}\right)^2 & , 0 \leq x \leq 0.013 \\ 1 - 2\left(\frac{x-0.026}{0.026}\right)^2 & , 0.013 \leq x \leq 0.026 \\ 1 & , x \geq 0.026 \end{cases} \quad (11)$$

$$SI(x) = \begin{cases} 0 & , x \leq 0 \\ 2\left(\frac{x}{0.048}\right)^2 & , 0 \leq x \leq 0.024 \\ 1 - 2\left(\frac{x-0.048}{0.048}\right)^2 & , 0.024 \leq x \leq 0.048 \\ 1 & , x \geq 0.048 \end{cases} \quad (12)$$

위에서 구해진 각 감지기의 반응정도를 나타내는 소속정도 값과 연속적인 감지값의 증가 정도를 나타내는 소속정도 값이 화재진압통제 지능시스템에 입력된다.

3.3.2 화재진압통제 지능시스템의 추론엔진

본 시스템은 일종의 의사결정 시스템으로서 센서와 관련된 모든 정보를 입력받아 화재발생 유무를 판별하고, 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 적절한 조치를 취하게 하는 전향추론(forward chaining)[6, 7] 기법을 사용하였다. 3.3.1에서 구해진 각 감지기의 반응 정도와 연속적인 감지값의 증가 정도를 나타내는 소속정도 값은 워킹 메모리에 사실로 임시 저장되는데, 지식 베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하고 새로운 사실을 워킹메모리에 넣게 된다. 이러한 일련의 과정을 반복 수행함에 의해서 화재발생유무를 결정하게 된다. 만약 화재가 발생했다면 선박이 처한 상황에 따라 지식베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론하며 새로운 사실을 워킹메모리에 넣게 된다. 이런 일련의 반복 과정을 통해서 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 된다.

3.4 적용 예

컴파트먼트 1-112에 설치되어 있는 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기에서의 감지값이 <표 1>과 같이 오전 6시부터 5초 간격으로 감지되었다고 가정했을 때의 간단한 예를 보인다. 각 감지기의 단위는 mA이며, 생략하였다. 현재 시각은 오전 6시 50초이다. 6:00:00부터 6:00:45의 감지기값은 이미 처리되었고, 현재 시각인 6:00:50의 감지기 값이 전처리기에 입력된다. 전처리기에서는 3.3.1의 (그림 6)의 소속함수를 이용하여 감지기 반응정도를 나타내는 소속정도 값을 구하게 되며, 그 값은 다음과 같다.

$$\begin{aligned} HR(0.55)_{06:00:50} &= 0.9 \\ FR(0.24)_{06:00:50} &= 0.92 \\ SR(0.57)_{06:00:50} &= 0.54 \end{aligned}$$

<표 1> 시간의 경과에 따른 감지기값

감지기 \ 시간	6:00:00	6:00:05	6:00:10	6:00:15	6:00:20	6:00:25	6:00:30	6:00:35	6:00:40	6:00:45	6:00:50
열 감지기	0.21	0.19	0.23	0.22	0.25	0.23	0.28	0.34	0.42	0.51	0.55
화염 감지기	0.04	0.03	0.05	0.02	0.04	0.09	0.13	0.19	0.18	0.21	0.24
연기 감지기	0.07	0.09	0.08	0.11	0.10	0.09	0.11	0.13	0.27	0.43	0.57

이어서 06:00:50과 06:00:45 사이의 감지값 차를 구하게 되며, 수식 (4), (5), (6)을 이용하여 구한 감지값의 차는 다음과 같다.

$$\begin{aligned} \Delta HeatDetectorValue(06:00:50) &= 0.55 - 0.51 = 0.04 \\ \Delta FlameDetectorValue(06:00:50) &= 0.24 - 0.21 = 0.03 \\ \Delta SmokeDetectorValue(06:00:50) &= 0.57 - 0.43 = 0.14 \end{aligned}$$

06:00:50과 그 이전 10번의 연속적인 감지값의 차를 가지고서, 10번의 연속적인 감지값 차의 평균을 수식(7), (8), (9)를 사용하여 구하게 되면 아래와 같다.

$$\begin{aligned} Mean\Delta HeatDetectorValue(06:00:50) &= \frac{0.34}{10} = 0.034 \\ Mean\Delta FlameDetectorValue(06:00:50) &= \frac{0.2}{10} = 0.02 \\ Mean\Delta SmokeDetectorValue(06:00:50) &= \frac{0.40}{10} = 0.04 \end{aligned}$$

위에서 구해진 10번의 연속적인 각 감지기의 감지값 차의 평균을 가지고서, 수식 (10), (11), (12)를 이용하여 연속적인 각 감지기의 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값을 얻게 되며 다음과 같은 값을 가지게 된다.

$$\begin{aligned} HI(0.034)_{06:00:50} &= 0.94 \\ FI(0.02)_{06:00:50} &= 0.89 \\ SI(0.04)_{06:00:50} &= 0.94 \end{aligned}$$

위에서 구해진 감지기 반응정도를 나타내는 소속정도 값과 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값은 지능시스템에 입력된다. 화재진압통제 지능시스템의 추론엔진에서는 워킹 메모리에 저장되어 있는 각 감지기 반응정도를 나타내는 소속정도 값과 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값을 가지고서 3.2의 지식베이스에 있는 규칙들 중에서 실행 가능한 규칙들을 가져와서 추론한다.

HR(t) = 0.9와 HI(t) = 0.94라는 사실들은 규칙 1을 활성화시켜 HPF(t) = 0.9라는 사실을 워킹메모리에 삽입하게 된다. FR(t) = 0.92와 FI(t) = 0.89라는 사실은 규칙 10을 활성화시켜 FPF(t) is 0.89라는 사실을 워킹메모리에 추가하게 된다. SR(t) = 0.54과 SI(t) = 0.94라는 사실은 규칙 22를 활성화시켜 SPF(t) = 0.54이라는 사실을 워킹메모리에 삽입하게 된다. 규칙 1, 규칙 10, 규칙 22에서 활성화된 HPF(t) = 0.9, FPF(t) = 0.89, SFP(t) = 0.54라는 사실은 규칙 28을 활성화시켜 FE(t) = 0.89라는 사실이 워킹메모리에 추가되며 현상황

이 화재경보 상태라는 것을 알린다. 이것은 규칙 29를 활성화시켜 현재선박이 처한 상황을 ShipStatus에 화재발발위치를 FireLocation에 저장한다. 현재 선박이 처한 상황이 대양항해모드라면 이것은 다시 규칙 30을 활성화시켜서, 화재발발위치를 화재진압조에게 알리고 침수감시제어전문가시스템의 작동을 금지시키며 화재구역에 물을 뿌려 화재진압을 시도한다. 이때 연기감지 센서값이 06:00:55에 0.84mA라는 사실이 워킹메모리에 삽입되었다고 가정하자. 이것은 SR(t) = 0.88와 SI(t) = 1.0라는 사실을 워킹메모리에 삽입하여 규칙 19를 활성화시켜 워킹메모리에 SPF(t) is 0.88 라는 사실이 생성된다. 이것은 규칙 31을 활성화시켜서 연기가 발생하는 위치를 파악한 후 해당 구역에 환풍장치를 가동시킨다. 이후 화재진압이 거의 다 진행되면 연기감지기 반응정도가 낮게 되어 규칙 32가 수행되어 해당구역의 환풍장치를 중지하고, 화재진압이 완료되었다면 각 감지기의 반응정도가 모두 낮게 되어 규칙 33이 수행되며 화재진압후단계에 진입하게 된다. 그런 다음 규칙 34가 수행되어 물 뿌리기를 중지하고 해당구역에서 침수감시제어전문가시스템을 허용하게 된다.

4. 화재진압 지능시스템의 구현

본 논문의 화재진압통제 지능시스템은 Windows환경 하에서 Visual BASIC 6.0[17, 18, 19, 20]을 사용하였으며, 메모리가 64MB인 Pentium II Personal Computer상에서 시뮬레이션 시스템을 구현하였다. 화재진압통제 전문가시스템[24]는 통합플랫폼관리체제를 고려하지 않은 상태에서 전처리기에서의 과정이 생략된 채, 전처리기의 출력을 전문가시스템의 입력으로 해서 프로토타입 시스템을 구현하였으나, 본 시스템에서는 각 감지기의 감지값으로부터 전처리기를 거쳐 지능시스템에 이르기까지 전 과정이 포함되어 있다. 본 시스템에서는 100곳의 컴파트먼트에서 화재를 감지할 수 있도록 모여있는 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기 각각 한 개씩 모두 300개의 센서들을 고려하였다. 제안하는 화재자동제어 시스템에서는 각 감지기의 감지값이 전처리기에 자동적으로 입력되게 하였으나, 시뮬레이션 시스템에서는 사용자가 각 감지기의 감지값을 입력하도록 하였다. 본 시스템에서는 화재발생 유무를 보다 정확하게 결정하기 위하여 퍼지논리를 사

용하였고, 정해진 시간 내에 결과를 출력시키기 위해서 병렬처리 개념을 시스템에 적용한다. 그런데, 병렬처리 시스템은 가격이 고가여서 쉽게 구할 수가 없으므로, 각 컴파트먼트에서 열 감지기, 화염 감지기, 연기 감지기 각각 한 개씩 모두 100개의 감지기의 집합이 시분할로서 수행되게 함으로써 병렬처리 개념을 대신하도록 하였다.

4.1 지식베이스 모듈 구현

지식베이스는 화재진압통제를 제어하기 위한 규칙들로써 구성된다. 본 시스템에서 지식베이스의 규칙들은 화재발생 유무를 분석하기 위한 규칙들과 화재가 발생했다면, 선박이 처한 상황에 따라 적절한 동작을 수행하는 규칙들로 구현되었다. 다음의 규칙1)은 화재발생 유무를 분석하기 위한 규칙의 일부이다.

규칙 1)

IF HR(t) is m_k AND HI(t) is m_j
 THEN HPF(t) is m_k [단, $m_k = \min(m_k, m_j)$]
 PR(t) is 0.9

4.2 워킹 메모리 모듈 구현

워킹 메모리는 전처리기로부터 입력받게 되는 감지기들의 반응정도를 나타내는 소속정도 값, 연속적인 감지값의 증가정도를 나타내는 소속정도 값, 사용자로부터 입력받은 모든 사항, 화재진압통제를 하기 위해 추론으로부터 얻어진 사항을 사실로서 임시로 저장하는 부분으로 버퍼와 같은 역할을 하며, 선택할 규칙의 조건과 비교될 대상으로서 현재의 상태를 나타낸다.

다음은 실제적으로 워킹메모리가 Visual BASIC에서 구현된 일부분을 보여준다. 여기서 HR은 열 감지기의 반응정도, FR은 화염 감지기의 반응정도, SR은 연기 감지기의 반응정도, HI는 열 감지기의 증가정도, FI는 화염 감지기의 증가정도, SI는 연기 감지기의 증가정도를 나타내는 워킹 메모리를 의미한다.

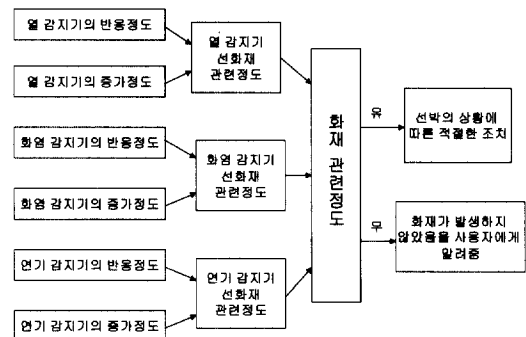
Dim HR(99), FR(99), SR(99), HI(99), FI(99), SI(99) As Double

4.3 추론엔진 모듈 구현

지능시스템의 지식베이스는 지식의 소스로부터 얻은 지식을 어떤 상황에 대한 정보로 표현하기 위한 특별하게 구성된 사실을 적용하는 것이다. 이러한 지식베이스를 효율적으로 사용하기 위해서는 인간의 사고와

유사한 추론 방법이 요구되며, 이러한 문제를 해결하는 데에는 추론엔진 모듈을 사용한다.

본 논문의 추론 제어 기법으로는 주어진 문제에 대한 모든 해답을 찾을 수 있는 전향추론 기법을 사용하였는데, 이 기법은 이용 가능한 정보로부터 출발하여 적절한 결론을 찾는 방법으로 주어진 상황에 해당하는 사실에 의하여 조건부가 만족되는 규칙을 찾아 결론부를 실행하고, 또 다음 단계로 계속 진행하여 나가는 추론기법의 일종이다. (그림 7)은 추론엔진 모듈에서 추론 절차의 흐름도를 보여준다. 기존 시스템에서는 각 감지기의 감지값만을 이용하여 화재를 탐지하게 되어서, 감지기의 순간적인 오동작에 대해서도 화재경보를 발하였으나, 본 시스템에서는 각 감지기의 감지값인 반응정도뿐만 아니라 일정기간동안의 증가정도도 함께 고려함에 의해서 감지기의 오동작을 판별할 수 있게 하였다. 또한 기존 시스템에서는 각 감지기를 독립적으로 사용하여 화재를 탐지함에 의해서 난방, 취사, 휴연 등과 같은 비화재보에 대해서도 화재로 감지하는 경우가 있었으나, 본 시스템에서는 세 가지의 감지기가 선화재와 관련된 정도를 퍼지논리에 의해서 융합하여 비화재보를 구별하게 하였다. 여기서 선화재 관련정도란 아직까지 화재와 관련이 확실히 있는 것은 아니지만 감지기가 확실하게 높게 반응을 한 정도를 나타낸다.



(그림 7) 추론엔진 모듈에서 추론절차의 흐름도

본 논문에서는 30여개의 규칙으로만 지식베이스를 구축하였으며, 규칙을 실행시킬 때 충돌이 발생할 때는 다음과 같은 방법을 이용하여 추론 규칙을 선택한다.

- ① 규칙에는 우선순위가 주어지는데, 우선순위가 높은 규칙을 선택한다.

② 우선순위가 같을 시에는 워킹메모리에 의해서 만족되는 최초의 규칙을 선택한다.

현재 워킹메모리에 'FR(t) = 0.54'와 'FI(t) = 0.92'라는 사실이 저장되어 있을 때, 지식베이스의 규칙의 조건부가 워킹메모리의 사실에 만족되는 규칙을 선택하려할 때 다음과 같이 만족되는 규칙이 2개 있다고 가정하자. 이 때 규칙을 선택하는 방법은 우선순위를 비교해서 높은 우선순위의 규칙을 선택하면 되는데, 두 규칙의 우선순위가 0.9로 같으므로 작업 메모리에 의해서 만족되는 최초의 규칙을 선택하게 된다. 여기서 최초의 규칙이라 함은 규칙이 지식 베이스에 놓인 순서를 말하는 것으로 제일 앞에 놓인 것이다. 이 경우에는 규칙 9)를 선택하게 된다. 따라서 워킹메모리 HPF(t)에는 '0.92'가 저장되고, PR(t)에는 '0.9'가 저장된다.

규칙 9)

IF FR(t) is m_i AND FI(t) is m_n
 THEN FPF(t) is m_n [단, $m_n = \max(m_i, m_n)$]
 PR(t) is 0.9

규칙 10)

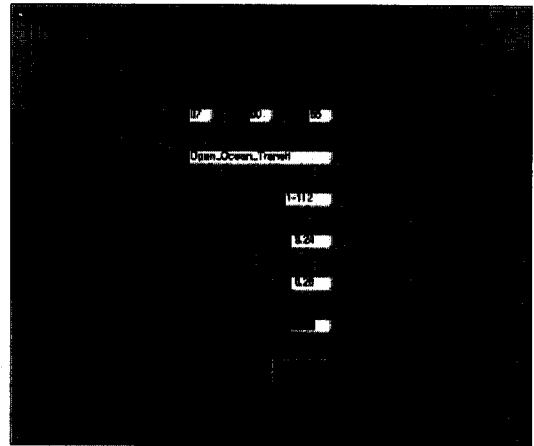
IF FR(t) is m_i AND FI(t) is m_n
 THEN FPF(t) is m_n [단, $m_n = \min(m_i, m_n)$]
 PR(t) is 0.9

4.4 사용자 인터페이스 모듈 구현

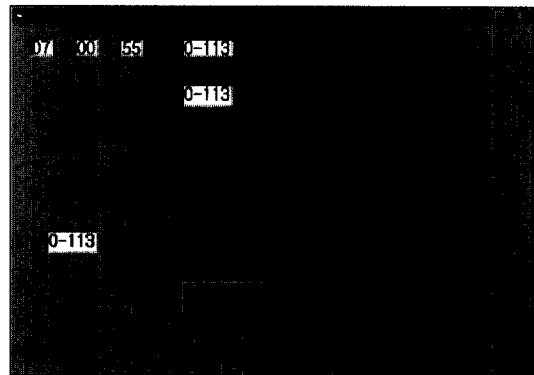
본 시스템의 시뮬레이션을 위한 사용자 인터페이스는 Visual BASIC 6.0으로 구현하였으며, 사용자 측면이 강한 GUI를 제공하여 사용자에게 친숙성을 제공한다.

인터페이스 모듈 구현절차는 폼을 이용하여 각 화면을 생성하고, 코드를 이용하여 각 화면의 진행순서를 연결하여 모듈을 구현한다.

본 논문에서 구현한 사용자 인터페이스는 주화면, 상황정보 입력 화면, 추론 결과 제공 화면, 도움말 화면, 종료 화면으로 구성되어 있다. (그림 8)은 각 컴파트먼트에 대한 상황정보를 입력하는 화면의 예이고, (그림 9)는 추론 결과를 제공하는 화면의 예를 보여준다. 100곳의 컴파트먼트의 상황정보를 입력화면을 통해 입력시키고 추론을 하게 되면, 시스템이 다양한 정보를 융합하여 추론을 해서 적절한 결과를 내보내 준다.



(그림 8) 상황정보 입력 화면의 예

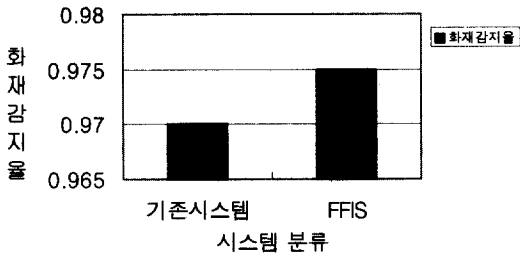


(그림 9) 추론결과 제공 화면의 예

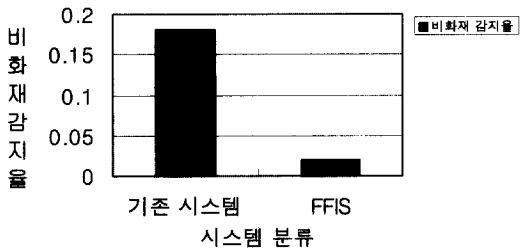
5. 평 가

본 시스템의 성능을 평가하기 위해서 기존의 점대점 방식의 화재진압시스템과 제안하는 화재진압통제 지능시스템(FFIS)을 비교하였다. 데이터는 화재진압 관련 기기들을 판매하고 있는 D사로부터 구했으며, 300가지의 사건을 가지고 실험을 하였다. 여기서 하나의 사건이란 본 시스템에 일정 시간에 입력되게 되는 300개의 센서의 감지값을 모두 포함하는 것이다. 사건은 다시 화재가 발생하는 경우의 사건 200가지와 화재가 발생하지 않는 사건 100가지로 구성되어 있다. 두 시스템에서 300가지의 사건을 가지고 실험을 해서, 화재가 발생한 사건 수에 대해 각 시스템이 화재를 감지한 사건 수를 나타내는 화재 감지율과 화재가 발생하지 않

은 사건 수에 대해 화재로 잘못 감지한 사건 수를 나타내는 비화재 감지율을 비교하였으며, (그림 10, 11)와 같다. 화재 감지율은 두 시스템에서 근사한 결과가 나타났으나, 화재가 아닌 사건을 화재로 잘못 감지하는 비화재 감지율에서는 제안하는 시스템이 기존 시스템보다 비화재 감지율을 감소시켜 결과적으로 보다 정확한 화재 감지를 가능하게 하였다.



(그림 10) 시스템에 따른 화재 감지율 비교



(그림 11) 시스템에 따른 비화재 감지율 비교

화재가 발생했을 시에도 기존의 시스템에서는 선박의 상황이 고려되지 못한 채 화재경보를 발생하고 스프링쿨러를 작동시키는 데 반해서, 제안하는 시스템에서는 선박이 처한 상황에 따라 자동적으로 후속조치를 취하거나 사용자에게 적절한 후속조치를 제안함에 의해서 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 해 주었다.

본 시스템이 실시간에서 제대로 작동하는 지를 나타내기 위해서 보장률[21]을 다음의 공식을 이용하여 구했으며, 그 값은 0.983이다. 이 값은 완전하지는 않지만 1에 가까운 근사치이므로 실시간에서 제대로 수행된다고 할 수 있다[21]. 시간을 재기 위해서 Visual BASIC의 타이머 컨트롤을 이용했으며, 추론결과가 제시될 때의 시간과 각 컴파트먼트에서의 상황이 다 입력되었을 때의 시간의 차가 1초를 초과하지 않는 데

라인 시간 이내일 경우만 실행이 완료된 사건으로 간주하였다.

$$\text{보장률} = \frac{\text{정상적으로 데드라인 시간 내에 실행이 완료된 사건의 수}}{\text{입력된 사건의 수}}$$

6. 결론 및 향후과제

제안하는 시스템은 기존의 시스템과 비교해 볼 때 다음과 같은 점에서 개선되었다. 첫째, 열 감지기, 화염 감지기나 연기 감지기의 순간적인 높은 작동으로 인해 발생하는 비 화재에는 경보를 발하지 않는다. 둘째, 난방, 취사나 흡연 등과 같은 비화재발생 요인을 미리 제거한다. 그러므로 불필요한 화재발생요인에 대해 화재경보를 내리고 후속조치를 취하는 것을 제거함에 의해 비용면에서나, 능률면에서 효율적인 화재진압을 가능하게 한다. 셋째, 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 해 준다. 화재발생시 선박이 처한 상황에 따라 자동적으로 후속조치를 취하거나 사용자에게 적절한 후속조치를 제안함에 의해서 선박이 처한 상황에 따라 가장 적절한 조치를 취하게 된다.

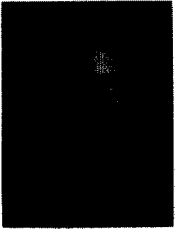
화재진압통제 지능시스템을 퍼지논리를 이용하여 구현함은 다음과 같은 의미를 지닌다. 첫째, 위험률이 높은 화재진압통제를 담당하고 있는 승조원을 대신하여 화재진압통제 지능시스템이 일을 처리함에 의해서 승선 비율을 줄이며 보다 안전하게 되어 해양수송의 감소를 막을 수 있는 해결책이 될 수 있다. 둘째, 화재가 발생하게 되는 불확실한 사실에 대하여 퍼지논리를 적용하여, 불확실한 사실들을 잘 융합할 수 있다. 셋째, 선박에서의 화재뿐만 아니라 일반적인 건물 등의 화재진압통제에도 적용될 수 있다.

본 연구에 이어서 향후에 이루어져야 할 과제는 다음과 같은 항목들을 고려하여 이루어져야 한다. 첫째, 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. 둘째, 보다 많은 실

험을 통해서 한 프로세서에서 처리 가능한 센서의 개수를 조정함에 의해서 실시간에 보다 잘 대처할 수 있는 시스템을 만드는 연구가 필요하다. 셋째, 제안하는 시스템은 규칙기반 시스템인데, 향후로는 규칙기반 추론과 사례기반 추론을 통합하여 시스템을 향상시키는 연구가 요구된다. 특히, 예외적인 상황으로 인해 화재가 발생하는 경우를 사례로 미리 구축해 놓을 경우, 규칙기반 시스템의 단점을 보완할 수 있을 것이다. 넷째, 제안하는 시스템을 통합플랫폼관리체제에 연결하여 화재발생시 보다 적절한 후속조치를 취할 수 있도록 해 주는 차후 연구가 요구된다.

참 고 문 헌

- [1] B. M. Jackson, M. B. Wilson and B. Marc, "Human Computer Interface for Sealift 2005 : The Intelligent Ship," Proceeding of Intelligent Ships Symposium, American Society of Naval Engineers, Philadelphia, PA, June. 1994.
- [2] L. Sperl, "Platform Control and Automation," in Naval Forces, International Forum for Maritime Power, pp.55-61, 1998.
- [3] 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, June. 1994.
- [4] D. L. Tate, "A Graphical User Interface Design for Shipboard Damage Control," NRL Report 9355, Aug. 1991.
- [5] H. K. Whitesel, W. F. Zeller and C. A. Miller, "Sensor Requirements and Technology for Damage Control," David Taylor Research Center Report DTRC/PAS-90-7, June. 1990.
- [6] J. Giarratano and G. Riley, 'Expert Systems Principles and Programming', 2nd Ed., PWS, 1994.
- [7] D. A. Waterman, 'A guide to Expert Systems', Addison-Wesley, 1986.
- [8] H. J. Zimmermann, 'Fuzzy Set Theory and Its Application', Kluwer Academic Publishers, 1991.
- [9] K. M. Passino and S. Yurkovich, 'Fuzzy Control', Addison Wesley Longman, 1998.
- [10] H. Ogawa, K. S. Fu and J. T. P. Yao, 'A Rule-Based Inference with Fuzzy Set for Structural Damage Assessment', in Gupta, M. M., ed., Approximate Reasoning in Decision Analysis, North-Holland, 1982.
- [11] G. Hwang, "Knowledge Acquisition for Fuzzy Expert Systems," International Journal of Intelligent Systems, Vol.10, pp.541-560, 1995.
- [12] E. H. Mamdani and S. Assilian, "An experiment in linguistic synthesis with a fuzzy logic controller," Int. J. Man-Mach. Stud. Vol.7, pp.1-13, 1975.
- [13] H. Yang, "Information/Knowledge Acquisition Methods for Decision Support Systems and Expert Systems," Information Processing & Management, Vol.31, No.1, pp.47-58, 1995.
- [14] R. Isermann, "On Fuzzy Logic Applications for Automatic Control, Supervision, and Fault Diagnosis," IEEE Transactions on Systems, Man, and Cybernetics, Part A : Systems and Humans, Vol.28, No.2, pp. 221-235, 1998.
- [15] S. Jonda, M. Fleisher and H. Meixner, "Temperature control of semiconductor metal-oxide gas sensors by means of fuzzy logic," Sensors&Actuators B-Chemical., Vol.34, No.1-3, pp.396-400, 1996.
- [16] A. S. Cherry and R. P. Jones, "Fuzzy logic control of an automotive suspension system," IEE Proc.-Control Theory Appl. Vol.142, No.2, pp.149-160, Mar. 1995.
- [17] I. Schneider, 'Essentials of Visual Basic 6.0 Programming', 4th Ed., Bk&Cdr 1999.
- [18] I. Schneider, 'An Introduction to Programming Using Visual Basic 6.0', 4th Ed., Bk&Cdr, 1999.
- [19] Microsoft Corporation, 'Microsoft Visual Basic 6.0 Programmer's Guide', Microsoft Press, 1998.
- [20] Microsoft Corporation, 'Microsoft Visual Basic 6.0 Reference Library', Microsoft Press, 1998.
- [21] M. L. Wright, M. W. Green, G. Fiegel and P. F. Cros, "An Expert System for Real-Time Control," IEEE Software, Mar. 1986.
- [22] 공하성, '소방설비기사 : 전기편', 서울 삼원 출판사, 1995.
- [23] 정재수, '최신 소방설비기사 : 기계분야', 서울 세화 출판사, 1999.
- [24] 현우석, 김용기, "퍼지이론을 이용한 선박의 화재진압 통제 전문가시스템", 한국 퍼지 및 지능시스템 학회 '99 추계 학술발표 논문집, 제9권, 제2호, pp.208-211, 1999.



현우석

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

1987년 이화여자대학교 전자계산
학과 졸업(이학사)

1993년 이화여자대학교 교육대학원
컴퓨터교육전공 졸업
(교육학 석사)

1987년~1993년 한국외환은행 전산실

현재 경상대학교 대학원 컴퓨터과학과 박사과정

관심분야 : 인공지능, 지식기반시스템, 자율무인함수정,
지능항해시스템, 퍼지시스템 등



김용기

e-mail : ygkim@nongae.gsnu.ac.kr

1978년 서울대학교 공과대학 졸업
(공학사)

1987년 University of Montana
(전산학석사)

1992년 Florida State University
(전산학박사)

1982년~1984년 KIST시스템공학연구소 연구원

1992년~현재 경상대학교 컴퓨터과학과 부교수

관심분야 : 인공지능, 지식기반시스템, 자율무인함수정,
지능항해시스템, 퍼지시스템 등