
선박화재감지를 위한 Addressable Type Smoke Detect System 구현

김태석* · 김종수**

An Addressable Type Smoke Detect System Implementation
to detect the Fire on a Ship

Tai-Suk Kim* · Jong-Soo Kim**

본 논문은 동의대학교의 교내연구지원비(2011AA178)에 의해서 수행되었음.

요 약

대형 화물선, 벌크선과 같은 선박에서 일어날 수 있는 해상화재를 초기에 진압하기 위한 요구사항을 바탕으로 선박용 연기감지시스템이 제작되어 선박에 장착되고 있다. Addressable Type으로 화재감지설비를 설계하는 것은 기존의 방식으로 설계를 했을 경우에 화재가 발생하면 전선의 단선으로 인해 전체 설비의 화재감지가 불가능하게 되는 단점을 보완할 수 있다. 본 논문에서는 ATmega 마이크로컨트롤러를 사용한 연기감지시스템의 개발을 위한 시스템을 구현하였고, 평가하였다.

ABSTRACT

The Smoke Detect System is setup to extinguish early a fire on the large ship like as the cargo ship and Bulk Carrier at sea. The Addressable Type Smoke Detect System that keeps the advantages and dispenses with the disadvantages of the existing conventional type system is composed of only one electrical cords. In this paper, we make the Smoke Detect System of an addressable type and implement to control it using ATmega Micro-controller and evaluate it.

키워드

선박, 화재, 연기, 감지

Key word

Ship, Fire, Smoke, Detect

* 정회원 : 동의대학교 (교신저자, tskim@deu.ac.kr)

** 정회원 : 동의대학교 컴퓨터소프트웨어공학과

접수일자 : 2011. 07. 11

심사완료일자 : 2011. 08. 02

I. 서 론

해상에서 운행 중인 대형선박에서 일어날 수 있는 해상화재는 일반적으로 화재의 초기 진압이 어려워서 대형화재로 이어질 가능성이 크므로 화재가 일어나기 전에 방재하는 것이 가장 좋은 방법이다. 화재의 조기 진압이 실패했을 경우, 배를 버려야 하는 사태까지 이를 수 있다[1].

이러한 요구사항을 바탕으로 제작되는 선박용 연기감지시스템은 국제해사기구(IMO)의 SOLAS Rule (SOLOA Chap. II-2, Regulation 13-1)에서 의무적으로 장착하도록 규정하고 있는 선박 안전운항의 필수적인 제품이다[2]. 그림 1은 선박용 연기감지시스템의 개요도를 보여준다.

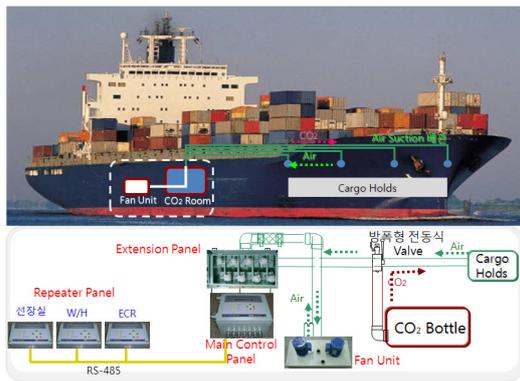


그림 1. 선박용 연기감지시스템의 개요도
Fig. 1 The Outline of Smoke Detect System

선박용 연기감지시스템은 일반적으로 다음과 같은 구성을 가진다.

- 1) Main Control Panel : 각 단위 시스템과의 통신을 담당하고, 주요 정보 표시
- 2) Repeater Panel : Main Control Panel에 표시되는 모든 정보 원격지 모니터링
- 3) Extension Panel : 선박 내 화물칸에서 흡입된 공기를 분석하여 화재를 탐지하는 유닛
- 4) Fan Unit : 모터를 이용하여 교대로 구동되는 2개의 팬으로 화물칸 공기를 지속적으로 흡입
- 5) 방재 시스템 : 수동 또는 자동으로 방호공간에 소화약제(CO₂)를 분사하여 화재 진압

Smoke Detect System을 설계하기 위한 방법으로는 크게 기존의 방식(Conventional Type)을 응용하는 것과 Addressable Type을 적용하는 방식이 있다. Conventional Type은 Smoke Detector 및 공기스위치와 연결되는 전선을 1개의 전선으로 구성하는 시스템인데 반하여, Addressable Type은 Smoke Detect Unit 및 공기스위치를 연결하는데 2개의 전선을 사용한다.

Addressable Type으로 화재 감지 설비를 설계하는 것은 기존의 방식으로 설계를 했을 경우 화재가 발생하면 화재로 인한 배선의 단선으로 인해 전체 설비의 감지가 불가능하게 되는 단점을 보완할 수 있다. 또한 Addressable Type은 설비가 필요한 전체 영역을 loop와 zone으로 세분화하여 설치됨으로써, 화재발생시 기존의 방식보다 빠르게 위치를 파악할 수 있다는 장점이 있다.

조선강국인 우리나라에 있는 국내 기업에서 본 시스템을 조속히 국산화 시키는 것이 필요하며, 이를 위해서는 시스템 전체를 제어하는 Main Control Panel, Display Module, Communication Module의 H/W와 S/W의 개발과 기능 개선이 필요하고, 추후 발생할 수 있는 유지 보수에 빠르게 대응하기 위해서는 H/W와 S/W의 모듈화가 편리한 설계가 필요하다[3][4].

II. 관련연구

화재를 감지하는 센서의 연기 감지 방식은 이온화식과 광전식이 있다.

이온화식 연기감지기는 일반적으로 연기가 흘러 들어가는 외부이온실과 밀폐된 내부이온실이 있다. 서로 직렬로 접속된 외부이온실과 내부이온실에서 이온 전류가 흐르고 있는데, 연기가 발생하여 외부이온실에 들어가면 이온 전류가 감소하여 외부이온실과 내부이온실의 전압비가 변화하게 된다. 이러한 전압차를 증폭시켜 감지기에 편성되어 있는 전기 회로를 작동시킴으로서 수신기에 화재 경보를 발생시키도록 구성한 것이 이온화식 감지기의 작동 원리다. 내부 및 외부이온실의 방사선 원소로 아메리슘 241(Am241) 또는 라듐(Ra) 등이 사용된다[5][6].

그림 2는 이온화식 연기감지기의 작동원리를 보여준다.

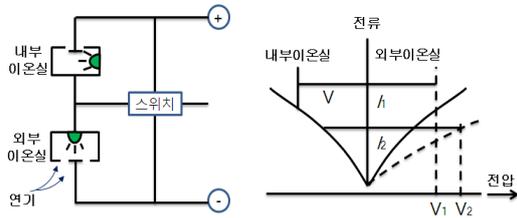


그림 2. 이온화식 연기감지기의 작동원리
Fig. 2 The performance properties of ionization Smoke Detector

화재감지기는 일반적으로 광전식 방식이 많이 사용된다. 화재발생시 연기가 밀폐된 상자 내부로 진입하면 연기입자에 의해 광원 램프에서 빛이 산란 현상을 일으키고 광전 소자는 그 산란광의 일부를 받아 전기 저항이 변하게 된다. 이러한 전기 저항의 감소에 따른 전류 흐름의 증가를 수신기로 보내도록 되어 있는 것이 광전식 연기 감지기다[7].

III. Addressable type Smoke Detect System 설계

현재 전량 수입에 의존하고 있는 본 시스템과 관련하여 최고 기술을 보유하고 있는 독일과 같은 Addressable Type의 Smoke Detect System을 개발할 필요가 있다. 그림 3은 선박용 연기감지시스템의 설계도를 보여준다.

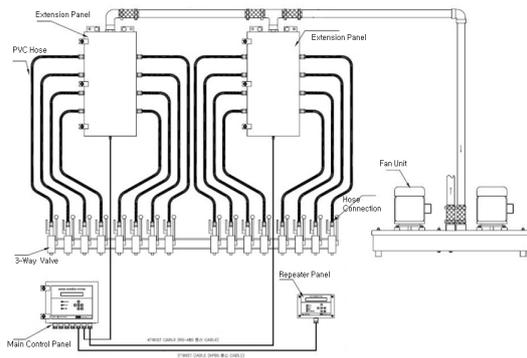


그림 3. 선박용 연기감지시스템의 설계도
Fig. 3 Design of a Smoke Detect System for a Ship

선박용 연기감지시스템을 제어하는 단위설비는 크게 Main Control Panel, Extension Panel, Repeater Panel, Fan Unit으로써 Extension Unit은 PVC 호스를 사용해서 해당 화물칸에 연기를 흡입한 후, 화재를 판별하여 경보한다. 화재가 발생하면 3-Way Valve를 통해서 해당 화물칸에 소화약제인 CO₂를 분사하여 화재를 진압한다. 효율적인 방재를 위해서 각 단위 설비들이 유기적으로 동작해야 한다.

Main Control Panel은 전체 시스템을 제어하고 전반적인 시스템 상태에 대하여 표시를 하는 장치으로써, 공기 흡입 시간 초과 및 흡입라인이 막혔을 경우에도 LCD에 경고 메시지를 표시해준다. Main Control Unit의 주요 기능 다음과 같다.

- 원격제어부와 통신연결(3-wire RS-485 연결)
- 샘플링부와 통신연결 (2-wire XP95 연결)
- 오류 및 화재 알람 (voltage free contacts)
- General emergency 알람(voltage free contacts)

메인 컨트롤러는 기타 단위 설비와의 통신을 위해서 RS-485통신 프로토콜을 사용한다. SN65LBC184 IC를 사용하는 모듈을 제어하기 위해서 관련 회로설계가 필요하고, c와 같은 프로그래밍 언어를 사용하여 1:n 통신을 지원하기 위해서 표준통신 프로토콜을 사용하는 RS-485 통신 프로그램, 메인 컨트롤 프로그램의 설계와 구현이 필요하다.

Main Control을 설계하기 위한 기본 IC로는 ATmega64, SC4002A, LATCON/16H등이 필요하다. 시스템을 전체적으로 제어하는 ATmega64를 기본으로 구성하여, 스위칭 컨버터로 PT78ST105H를 사용하였고, 출력핀으로 사용되는 아날로그 멀티플렉서 IC는 74HC4053을 이용하여 PB1, PE1, PE0의 출력으로 사용하였다. 공기를 흡입하여 판별하는 기구부인 Extension Unit과의 Addressable Sensor 통신을 위해 AD5282BRU50 IC를 사용하였다.

마이크로컨트롤러로 사용된 ATmega64는 40개의 문자를 2Line으로 처리해주는 LCD와의 통신을 위해 SC4002A IC와 정보를 주고받는다.

그림 4는 관련연구와 요구사항을 바탕으로 설계된 Main Control Panel의 회로설계를 보여준다.

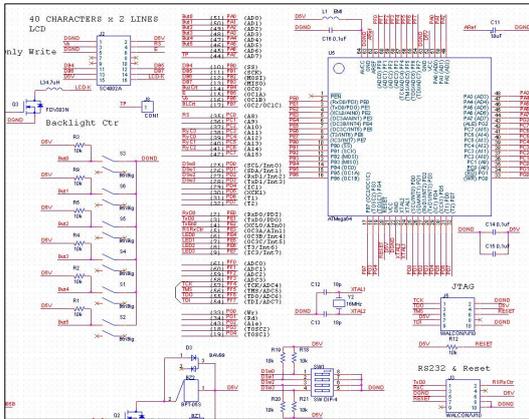


그림 4. Main Control Panel과 회로 설계
Fig. 4 Main Control Panel and Circuit Design

AVR Studio로 컴파일 된 자료를 다운 또는 업로드 하기 위한 JTAG 커넥트와 RS232C와 시스템 RESET을 위한 외부인터페이스 연결을 위해 WALCON/V/10을 2개 사용하였다.

IV. Smoke Detect System 구현

시스템을 구현하기 위해 다음과 같은 점에 중점을 두었다.

- SOLAS Chap. II-2, Regulation 13-1, Rule 적용
- Addressable Type Smoke Detect 모듈 개발
- Main Control Unit 및 Repeater Unit의 표시반 및 제어 가 용이하도록 개발

주 제어부는 전체 시스템을 제어하고 전반적인 시스템 상태에 대하여 표시를 하는 장치다. 공기흡입 시간초과 및 흡입라인이 막혔을 경우, LCD에 경고 메시지를 표시하여주며, 만약 AC/DC 변환기가 오류가 발생했을 경우 “Function Disable” 램프가 켜지게 된다. 다음과 같은 특징이 있다.

- 원격 제어부와 통신연결(3-wire RS-485 연결)
- 샘플링부와 통신연결 (2-wire XP95 연결)
- 오류 및 화재 알람 (voltage free contacts)

- General emergency 알람 (voltage free contacts)

그림 5는 구현된 Main Control Panel을 보여준다.



그림 5. Main Control Panel
Fig. 5 Main Control Panel

Main Control Panel에 파워가 공급되면 시스템은 초기화와 자가 테스트를 한다. 다음 단계는 Smoke Sensor와 통신을 체크하고, Repeater 모듈과 통신을 체크한다. 이후 연기를 감지하여 화재 유무를 판별한 후, 화재가 발생하면 “화재발생” 모드로 분기하여 화재와 관련된 처리를 하고, 화재가 발생되지 않으면 “기본모드”로 분기한다. 만약 각 loop나 zone으로 분리된 영역에서 오류가 발생하면 “오류모드”로 분기하여 오류를 처리한다. 이외에도 시스템 초기화 기능, 화재 발생 시, 이를 처리하기 위한 기능, 다른 패널과 통신하기 위한 기능이 있다.

전체 시스템에 필요한 소프트웨어를 개발하기 위해서 상수정의와 공용함수모듈, 각 유닛의 기능제어모듈, 통신모듈, 에러처리모듈, 키 입력처리, LCD입출력 및 제어모듈, Repeater Panel 제어모듈이 필요한데, 우선적으로 Main 모듈과 Fan Unit 제어 기능 모듈이 개발되었다. 효율적인 S/W의 개발과 유지 보수를 위해서는 S/W의 모듈화가 필요하며, 다양한 설계기법을 더할 필요가 있다.

V. Main Control과 Fan Unit 시스템 평가

구현된 시스템은 Conventional Type의 Smoke Detect System을 Addressable Type으로 업그레이드 한 시스템으로서 신뢰성, 효율성 등을 높일 수 있다. 우선적으로

Main Panel Unit과 Fan Unit에 대한 시스템 평가를 실시하였다. 2개의 전선으로 연결되는 Addressable Type으로 시스템을 개발할 경우, Smoke Detector 및 Air Switch 연결이 Loop를 형성하게 되어 화재감지가 신속하고, 기존 아날로그 방식의 High, Low 체크로 인한 화재감지 방식보다 신뢰성 있는 데이터 통신을 지원한다.

테스트는 Addressable Type Smoke Detect System의 전체 시스템에서 구현이 완료된 단위 유닛의 기능 및 성능 개선을 파악하기 위함이다. Main Control Unit과 Fan Unit의 각 부품이 가지는 특성을 바탕으로 주요기능을 테스트하였다.

- 테스트 No 1 : 초기 전원인가 시, 램프, 릴레이, 부저음의 작동 여부 확인(자가 테스트)
 - 초기 전원인가 시, 시스템이 정상동작을 할 수 있도록 자가 테스트가 우선적으로 이루어지며, 테스트가 정상적으로 완료되면 동작 모드로 전환하기 이전에 알림문장이 표시된다.

□ 자가 테스트

- 1단계 : Buzzer 테스트 - 짧은 부저음 2회
- 2단계 : LED테스트 → NORMAL(G) → FAULT(Y) → FIRE(R) 순차 점멸 1회 후, 동시 점멸 2회
- 3단계 : Main Board Relay ON/OFF 테스트
- 4단계 : Buzzer 테스트 - 짧은 부저음 2회
- 5단계 : LCD Display - 최초에 제품 정보가 출력되며 이후에 나타나는 메시지는[ACCEPT]나 [CANCEL]버튼의 입력을 통해 다음 단계로 넘어간다.

AS Loop calibration. Refer to the Manual, please. Press ACCEPT to proceed (Step1/3)

[ACCEPT] or [CANCEL] 입력

Step 2/3 : Disconnect Air Sw loop from MC please ACCEPT when ready, CANCEL to abort

[ACCEPT] or [CANCEL] 입력

Step 3/3 : Connect Air Sw loop back to MC please ACCEPT when ready, CANCEL to abort

[ACCEPT] or [CANCEL] 입력

Normal Operation(3S-R1 Ver. 0.2R)
Main Power, Fan-A:ON

- 녹색 LED 점멸

FAULT[01-01]: Data Transfer Repeater -01-
Main Power, Fan-A:ON

- 황색 LED 점멸(오류 메시지)

Normal Operation(3S-R1 Ver. 0.2R)
Main Power, Fan-A:ON

- 녹색 LED 점등(정상 모드)

- 테스트 결과 - 정상
 - 테스트 결과 부저, LED, 릴레이, LCD 모두 정상인 것으로 판단되었다.

표 1은 구현된 시스템의 주요 기능 테스트 항목과 성능 평가 결과를 보여준다.

표 1. Smoke Detect System 성능 평가표
Table. 1 Table of contents for evaluating performance

NO	테스트 항목	결과
1	초기 전원인가와 (자가 테스트)	정상
2	시스템의 리셋 기능	정상
3	팬 유닛 작동 및상태체크	정상
4	주전원과 비상전원의 상태 진단 기능	정상

4개의 주요 기능을 테스트하였으며, 모두 정상으로 나왔다.

화재와 관련된 국내 제품의 경우 한국화재보험협회의 부설연구소인 방재시험연구원(FILK : Fire Insurers Laboratories of Korea)의 공인검사를 통과해야한다. 또한 해외에 수출하는 선박의 경우 선주가 요구하는 국가의 선급검사도 통과해야한다. 본 시스템의 경우에도 FILK와 GL(Germanischer Lloyd:독일선급협회)의 선급 검사를 통과할 수 있도록 시스템을 설계하고 구현하였다. 현재까지 구현된 시스템의 부분 성능테스트는 두 검사기관에서 요구하는 성능을 만족하였다.

V. 결 론

본 논문에서 해상 운송 중에 발생할 수 있는 선박화재를 조기에 방제하기 위해 필요한 연기감지시스템을 설계하고 구현하였다. 선박화재를 감지하기 위한 방법으로 기존의 Conventional type의 단점을 보완한 Addressable type으로 시스템을 설계하였다.

기존 방식은 화재가 발생하면 화재로 인한 배선의 단선으로 인해 전체 설비의 화재감지가 불가능하게 된다는 단점이 있다. 제안된 Addressable Type의 Smoke Detect System은 기존 시스템의 단점을 보완할 수 있으며, 화재발생시 빠르게 위치를 파악할 수 있다는 장점이 있다.

설비의 주요 Unit인 Main Control Panel의 회로설계를 위해 범용 마이크로컨트롤러인 ATmega64를 이용하여 H/W와 이를 제어하기 위한 S/W를 설계하여 구현하였다. 또한 Main Control Unit과 Fan Unit을 제작하여 기능을 테스트하였다. Addressable type Smoke Detect System의 전체적인 테스트를 위해서 Repeater 모듈과 Senser 모듈을 결합한 통합 테스트와 이에 따른 성능개선이 추가적으로 필요하다.

본 기술은 선박뿐만 아니라 지하통신구, 전력구, 원자력발전소, 반도체 청정실 등 안전이 중요한 장소에 설치하여 자동으로 화재를 탐지하고 진화할 수 있는 시스템을 개발하는데 응용할 수 있다. 또한 구현된 기술을 활용하여 영상이나 무선통신과 같은 국내의 최신 기술을 접목하면, 본 시스템에 대해 현재 세계적인 기술우위를 가지고 있는 독일, 일본, 영국과의 경쟁이 가능하다.

참고문헌

[1] 한원희, 조대환, “선박 실내공간에서 화재의 크기 및 위치에 따른 연기거동특성,” 해양환경안전학회, 제 11권, 제1호, pp.53-59, 2005.06.30

[2] 이준호, “해상인명안전협약 SOLAS(Safety of life at sea), 1974,” En journal 통권 제29호, LIG엔셀팅, 2008.

[3] 전은경, 이상은, 김봉주, 국회입법조사처, “조선산업의 현황과 정책 과제,” 국회입법조사처, pp3-11, 2009.

[4] 유조숙, “조선업 설계업무의 효율성 향상을 위한 조

직제설계에 관한 사례연구,” 울산대학교 대학원 경영학과, 석사학위논문, pp27-28, 2009.12.

[5] 박상태, 이복영, 안제순, “기류변화에 의한 이온화식 연기감지기의 응답특성,” 방제시험연구, 한국화재소방학회 추계학술논문, pp164-169, 2002.

[6] 김시국, 백원돈, 옥경재, 이춘하, “이온화식연기감지기의 사용기간 경과에 따른 성능변화 연구,” 한국화재소방학회 2008년도 춘계학술논문발표회 논문집, pp.175-179, 2008.

[7] 안영주, “광전식 주소형 아날로그 연기감지기의 비화재보 감소방안에 관한 연구-병원사례를 중심으로-,” 서울산업대학교 산업대학원, 석사학위논문, pp.16-17, 2002. 7

저자소개



김태석(Tai-Suk Kim)

1993년 일본 KEIO대학 이공학부
계산기과학전공(공학 박사)
1994년 ~ 동의대학교 컴퓨터
소프트웨어공학과 교수

※관심분야: 정보시스템, 기계번역, 인터넷비즈니스



김종수(Jong-Soo Kim)

2006년 동의대학교
소프트웨어공학과 박사
2010년 ~ 동의대학교 산업기술
개발연구소 연구원

※관심분야: 소프트웨어 설계, 게임