

실내 화재 진압 및 인명구조 기술 개발

Development of Fire Extinguishment and Life-saving Technology for Indoor Environment

이우준*, 오주환, 최재석
(Woo-Jun Lee, Ju-Hwan Oh, and Jae-Seck Choi)

Abstract : The robot introduced in this paper is the Fire-Extinguishing Rescue Robot for indoor work which is considered to be a part of the Operation for Future Developmental Power. It is briefly introduced about the background of how we began this project, our goals, where we are today and what we would like to achieve from now on. Main contents include introduction to the equipments for Fire-Extinguishing Rescue robots that have been developed in advanced countries and the compositional concept of the developmental process, the GUI schematic, searching methods for fire inside a house, mechanical schematic and the present conditions of how the core technologies are developing through.

Keywords : fire fighting robot, GUI, rescue robot

I. 서론

과학이 발달함에 따라 위험제거 및 인명구조를 목적으로 다양한 로봇들이 개발되고 있다. 그에 따라서 인명사고가 가장 많이 발생하는 소방분야에도 화재지역에 투입하기 위한 다양한 로봇들이 개발되고 있으며 그 중 일부는 실전에 배치되어있다.



그림 1. 기존 소방로봇.
Fig. 1. The developed fire-extinguishing robot.

* 책임저자(Corresponding Author)
논문접수 : 2006. 12. 1., 채택확정 : 2006. 12. 22.
이우준, 오주환, 최재석 : (주)동일파텍 펠드로봇연구소
(lee.woo.jun@drbworld.com/oh.ju.hwan@drbworld.com/choi.jae.seck@drbfat ec.co.kr)

소방분야에 활용되고 있는 로봇은 작업에 따라 크게 방수형, 수중탐색형, 정찰형, 구조형의 네가지로 구분할 수 있으며[1], 조종방법에 따라 인공지능형과 원격조작형, 탑재형으로 구분할 수 있다[2].

그림 1에서 볼 수 있듯이 기존에 개발된 로봇은 일반적으로 화재발생 빈도가 높은 지상화재진압작업에 초점을 맞추어 개발되었다. 그러나, 실질적으로 소방관의 진압작업이 힘든 지하화재의 경우는 로봇개발이 미진한 상태이다.

지상화재진압작업은 소방관 및 기존의 장비로도 진압작업이 가능하지만 지하화재의 경우 폐쇄된 공간으로 인한 심리적 부담감, 짙은 농연으로 인한 시야확보의 어려움, 유독가스, 알지 못하는 위험상황 등(고온, 통신장애) 다양한 특징들을 가지고 있다. 이로 인하여 소형화재임에도 불구하고 진압이 힘들며 막대한 양의 소화용수를 사용하게 됨으로써 비용이 증가하고 더딘 화재진압으로 재산피해 및 인명피해 또한 증가하는 추세에 있다. 따라서, 본 논문에서는 지하 공동시설(지하상가 및 지하철역사)의 화재진압 작업을 수행하기 위하여 개발된 실내화재진압로봇의 특징과 기능에 대하여 서술하고자 한다.

II. 본론

실내화재진압로봇이 실내화재지역이나 지하화재지역에서 작업을 수행하기 위해서는 아래와 같은 문제점을 해결해야 한다.

- 1) 화재현장으로까지의 진입하는 방법
- 2) 가혹환경하에서의 탐색방법(농연, 암흑, 습기)
- 3) 내열 및 단열대책(복사열, 직사열)
- 4) 시스템 보호대책(내부온도 상승, 습기)
- 5) 강력한 견인능력(소방호수)
- 6) 장애물 극복능력/방법(수직등판, 계단승월) 등

따라서, 본론에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여 개발되어진 로봇의 특징과 기능에 대하여 서술하고자 한다.

1. 센서모듈

센서모듈은 화재지역에서 인명, 장애물, 지리정보, 온도정

표 1. 센서모듈의 구성.

Table 1. The component of sensor module.

	설명
열영상 카메라	주변의 온도차이를 감지
열전대	화재구역 진입 시에 내부온도 측정
LRF (Laser Range Finder)	레이저를 이용하여 근거리, 원거리 지면의 장애물 탐지
전조등	야간 및 화재구역에서 전방시야 확보
적외선센서	전방의 근거리 장애물 감지
CCD 카메라	현장 상황을 사용자에게 전송

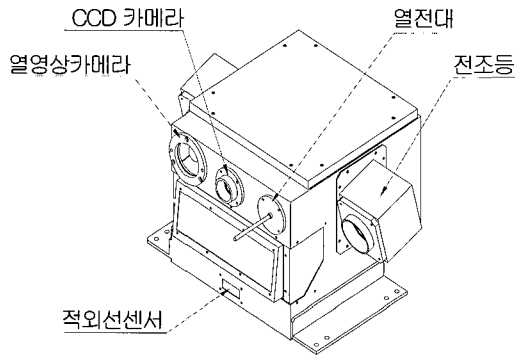


그림 2. 센서모듈의 사시도.

Fig. 2. The isometric drawing of sensor module.

보 등의 상황정보 획득을 위하여 5가지 센서로 구성하였으며 고온의 열로부터 보호하기 위하여 밀폐된 case로 제작하였다. 센서모듈에 탑재된 센서의 구성은 표 1과 같으며 위치 및 구조는 그림 2와 같다.

센서모듈의 장착위치는 지하화재특성을 고려한 높이에 장착되어있다. 지하화재의 경우, 밀폐된 공간에서 발생하는 경우가 많기 때문에 농연이 화재지역내에 잔류하다가 진입작업이 시작되면서 지상으로 연결되는 통로를 통하여 급격하게 분출되고 그로 인하여 열영상장비 및 기타 투시장비를 이용하여 소방관이 진입하기에는 힘든 상황이 된다. 진입하게 되더라도 농연과 암흑으로 인하여 화점 및 요구조자를 찾기가 어려운 상황에 직면하게 된다. 그러나, 농연의 특성상 상부로 이동하려는 특성을 가지기 때문에 화재공간에서 20%~30%의 탐색공간을 확보할 수가 있다. 따라서 본 로봇은 이러한 특성을 고려하여 지상에서 50cm높이에 센서모듈이 장착되어 있으며 열영상 및 LRF를 이용하여 지리정보, 장애물, 인명탐색 작업이 가능하도록 하였다.

2. GUI(Graphic User Interface)

로봇의 정확한 조종을 위해서는 모니터를 통하여 로봇의 상태정보 및 화재지역의 상황정보가 정확하게 사용자에게 전달이 되어야 한다. 즉 일반 사용자가 좀더 쉽게 로봇을 제어 할 수 있고 주위의 정보를 좀더 쉽게 인식할 수 있게 구성되어야 한다. 따라서 독자적인 GUI를 개발하였으며 그 기능은 다음과 같다.

1) 화재지역 Mapping 기능, 실시간 장애물 탐색 기능, 각종 상황에 대한 Comment, 소방포의 움직임을 화면상에 표시

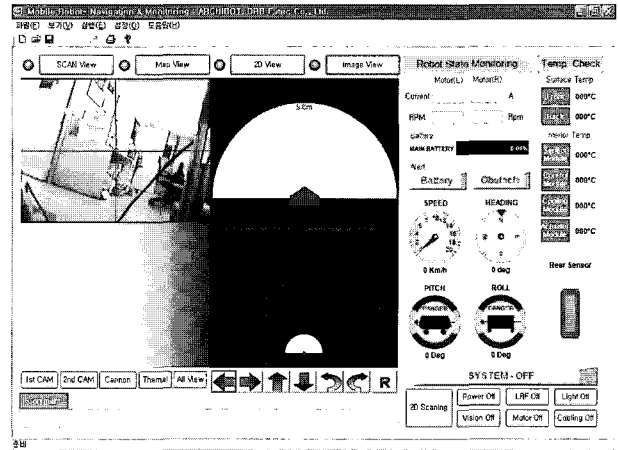


그림 3. GUI 메인화면.

Fig. 3. The main figure of GUI.

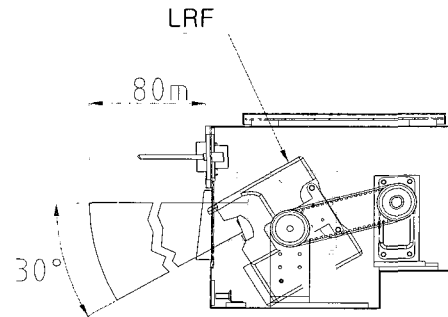


그림 4. 센서모듈의 단면도 및 LRF의 스캐닝 영역.

Fig. 4. The sectional view of Sensor Module and the scanning scope of LRF.

2) 화점탐색 및 인명탐색 기능, 소방로봇 내부/외부 온도 표시 및 모니터링 기능

그림 3은 개발된 GUI의 메인화면 이며 LRF는 실시간으로 장애물 정보 및 맵핑기능을 구현할 수 있다. 또한 영상데이터의 전송두절에 대비하여 LRF에 틸팅기능을 추가하여 상하(30°), 좌우(40°)의 2D도식화를 구현하였다.

그림 4는 센서모듈에 장착된 LRF의 위치 및 상하 스캐닝 영역에 대한 도면이며 LRF는 상하 3° 간격으로 30° 좌우 1° 간격으로 40°의 분해능을 가진다. 그림 5, 6, 7은 2m앞에 설치된 의자를 대상으로 카메라와 LRF 이용하여 캡처한 영상물 거리 및 각도에 따라 RGB값을 다르게 구성한 것이다.

GUI에는 그림 5, 6같이 영상확대기능(320x240 → 640x480)을 구현하였으며 영상(CCD 및 열영상) 및 도식화된 정보를 한눈에 볼 수 있도록 개발하였다. 그밖에 로봇의 외/내부온도, 기울기, 속도 등이 실시간 모니터링 되도록 구현하였다.

3. 기구부

3.1 기구부의 전체 구성

소방로봇은 실내화재 진입 및 소방관의 인명구조 보조를 전제로 개발하였다. 따라서 화재현장에서 계단승월과 같은 어려운 환경에서의 원활한 이동성이 기본이며, 내화, 단열, 소화, 방수 등의 기능이 필수적으로 보유되어야 한다. 현재 개발된 소방로봇은 하부 주행장치인 모바일플랫폼, 작업환경

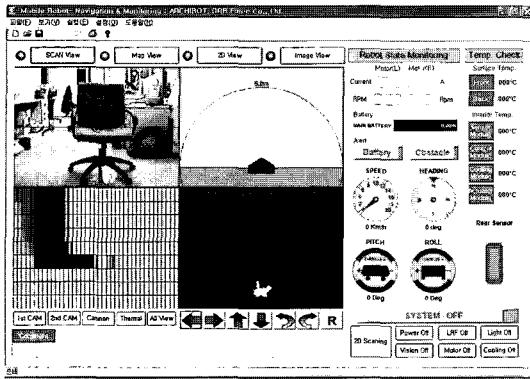


그림 5. GUI(전방의자 탐색장면).
Fig. 5. GUI(The searching figure of the chair in front of robot).



그림 8. 제작된 소방로봇.
Fig. 8. Produced fire-extinguishing robot.

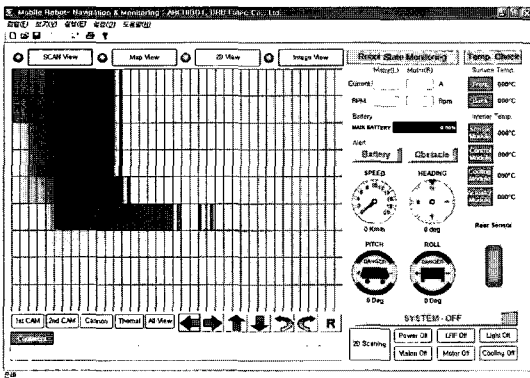


그림 6. LRF를 이용한 2D이미지(의자정면확대기능).
Fig. 6. Using LRF for 2D image(the magnification function of the front view).

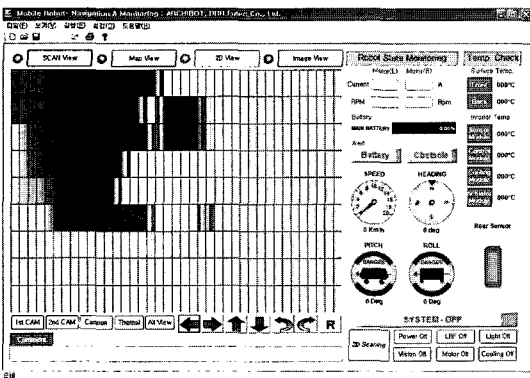


그림 7. LRF를 이용한 2D이미지(의자측면확대기능).
Fig. 7. Using LRF for 2D image(the magnification function of the side view).

분석 및 시야확보를 위한 센서모듈, 실내화재에서 내부 시스템을 보호를 위한 냉각시스템, 화재진압용 소화포로 등 구성 되어 있다. 그림 8은 실제 제작된 소방로봇의 사진이며 표 2에서는 로봇의 제원을 정리하였다.

3.2 모바일플랫폼

모바일플랫폼은 소방로봇의 기본주행 시스템이며 플랫폼 자체만으로도 주행능력을 가지고 있다. 모바일플랫폼은 소방, 군용, 사회안전 등의 다양한 작업수행을 위하여 개발하였으

표 2. 소방로봇 제원.

Table 2. The specification of fire-extinguishing robot.

	Spec.
Weight	500kgf
Size	1435mmx83mm0x1050mm(LxWxH)
Payload	200kg(소방호스 견인)
Speed(max)	20km/h(max)
등판각도	35°(계단주행)
동력원	LIPB
구동시간	2hr(필드환경)
냉각	질소냉각(외부 500°C)
방수	생활방수
통신(유선)	200mm(내열피복)
통신(무선)	9km(필드환경)
소방포	40mm, 2자유도 전동식

표 3. 모바일플랫폼의 활용.

Table 3. The application of mobile platform.

	어플리케이션
소방	모바일플랫폼 + 소방포
국방	모바일플랫폼 + 화기, 화생방감지기
사회안전	모바일플랫폼 + 로봇ARM

며 작업의 목적에 맞는 어플리케이션을 장착 할 수 있게 고안하였다. 따라서 현재 개발된 소방로봇 역시 모바일플랫폼의 어플리케이션이라고 할 수 있으며 표 3에서는 모바일플랫폼과 어플리케이션에 따른 활용방안을 정리하였다.

모바일플랫폼은 구동부, 현가장치, 전원부로 나눌 수 있으며 구동부는 DC모터와 워엄속기기로 구성하였다. 구동부는 워엄속기기의 사용으로 경사지에서의 역전을 방지하고 힘지주행시에 지면으로부터의 충격에 충분한 강성을 유지하게 하였다. 그리고 일반 적인 DC 3kw 분권모터를 사용하였으며 좌우 트랙은 개별적인 구동이 가능하므로 협소공간에서 방향 전환 및 자회전에 유리하도록 개발하였다.

모바일플랫폼은 다각적인 적용분야가 있으므로 다양한 지형조건에서의 주행을 고려하여야 한다. 따라서 힘지주행능력이 뛰어난 무한궤도 형태의 주행장치가 선정되었다. 그리고

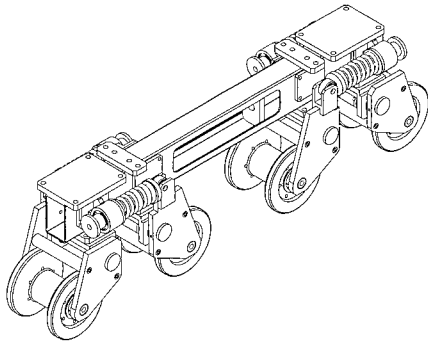
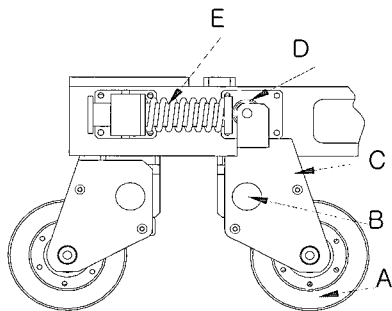


그림 9. 현가장치의 사시도.
Fig. 9. The isometric drawing of suspension.



A: 물러, B: 힌지, C: 삼각발, D:캠펠로우, E: 스프링 가이드

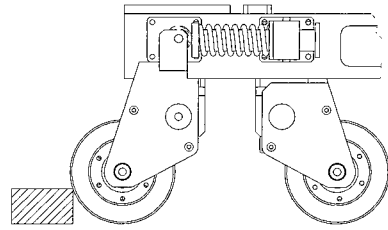
그림 10. 현가장치의 측면도.
Fig. 10. The side view of suspension.

힘주행시에 센서 및 제어기를 보호하고 효과적인 장애물 통과를 위하여 현가장치를 구성하였다. 모바일플랫폼의 현가장치는 소방 어플리케이션을 고려하여 가스식, 유압식을 배제하고 일반적인 압축스프링을 이용하여 제작하였으며 로봇의 협소공간에 설치 할 수 있도록 캠펠로우와 압축스프링을 적용하여 간단한 구조로 모듈화 하였다. 그림 9는 현가장치의 사시도 이다.

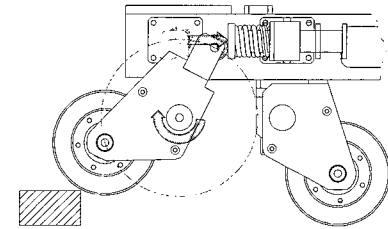
그림 10에서 볼 수 있듯이 현가장치는 물러, 삼각발, 힌지, 스프링가이드, 압축스프링, 캠펠로우 등으로 간단하게 구성하였으며 수직장애물 돌파 시에 힌지에 의한 물러의 회전력을 캠펠로우와 스프링가이드를 이용하여 면접촉 및 수직운동으로 전환하는 원리이며 1-4번 물러 모두 개별적인 스프링과 캠펠로우를 가지고 있다. 그림 10은 현가장치의 측면도의 일부분이며 각 부분의 명칭은 다음과 같다.

현가장치는 가만하중 200kg을 기준으로 설계 제작 되었으며 물러는 힌지점을 기준으로 원운동을 하므로 장애물 돌파 시에 수직 및 수평 변위를 동시에 가지게 된다. 다음의 그림 10(a)(b)(c)는 수직 장애물 돌파시의 현가장치의 변위를 나타 내었다.

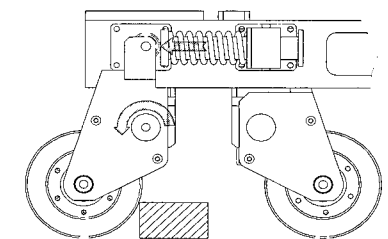
그림 11(a)와 같이 장애물 접촉 시에 물러는 그림 11(b)와 같이 수직변위를 하게 되며 힌지의 회전력은 캠펠로우와 스프링가이드에 의해서 수직력으로 변환된다. 이때 수직력은 스프링에 저장되며 장애물 돌파 후에 물러는 스프링의 복원력에 의하여 그림 11(c)와 같이 원복 하게 된다.



(a)



(b)



(c)

그림 11. (a) 수직장애물 적응 1단계 (b) 수직장애물 적응 2단계 (c) 수직장애물 적응 3단계.

Fig. 11. The adaptation step 1 against vertical obstacle (b) The adaptation step 2 against vertical obstacle (c) The adaptation step 3 against vertical obstacle.

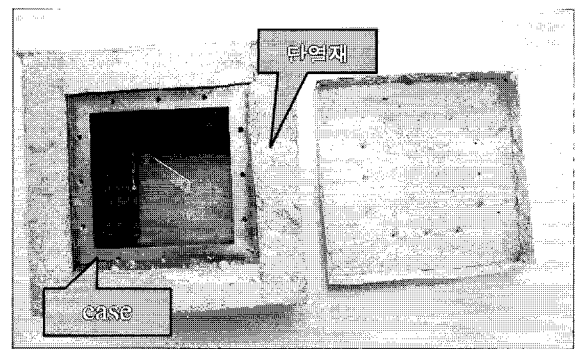


그림 12. 실험용 단열 ASE.
Fig. 12. The laboratory insulation CASE.

3.3 냉각시스템

화재현장에서 로봇이 정상적인 작동을 하기 위해서는 고온에서 제어시스템 및 센서류를 보호 할 수 있는 냉각시스템이 필수적이다. 따라서 소방로봇의 제어기, 센서류, 모바일 플랫폼과 같은 모듈들은 각각 밀봉된 CASE를 가지며 내화 및 단열을 위하여 외장은 내열도장 처리 하였다. 또한 CASE내부는 2중 단열재를 이용하여 내부의 냉매의 손실을 최소화 하였다. 그림 12에서 실제 제작된 CASE와 내부 단열재를 볼

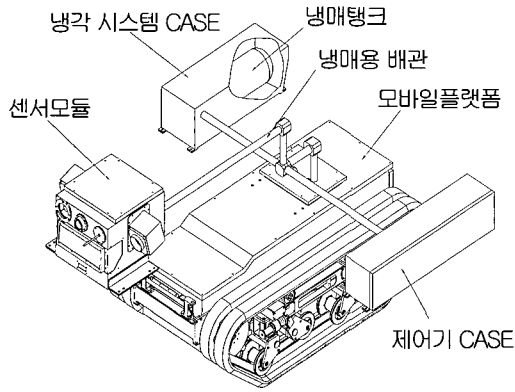


그림 13. 냉각시스템의 구성.
Fig. 13. The composition of cooling system.

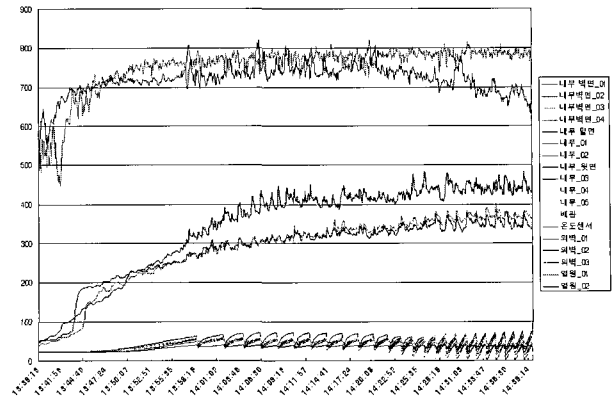


그림 16. 로봇외부 및 내부온도 데이터(실험시).
Fig. 16. Interior and exterior temperature data of robot.

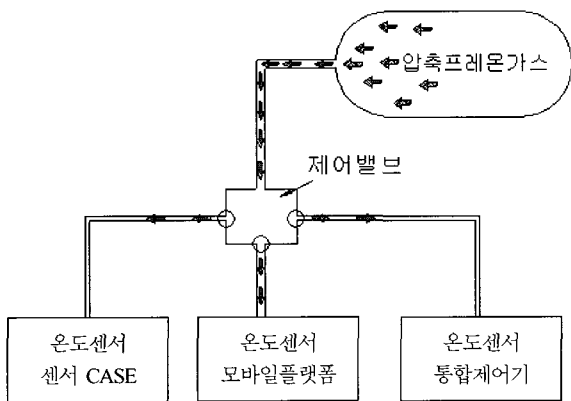


그림 14. 냉각시스템의 원리.
Fig. 14. The principle of cooling system.

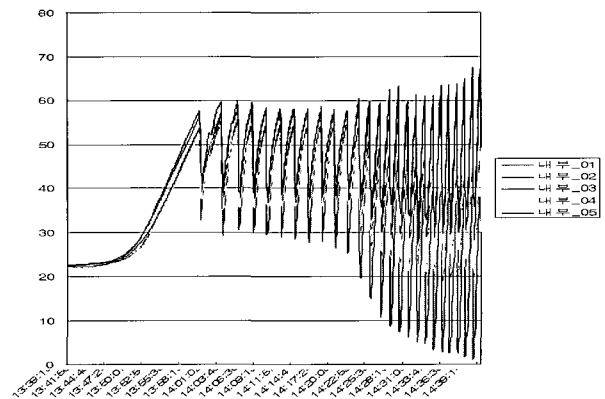


그림 17. 제어시스템 모듈내부의 냉각진행데이터.
Fig. 17. Cooling processing data in control system module.



그림 15. 냉각 테스트.
Fig. 15. Cooling test.

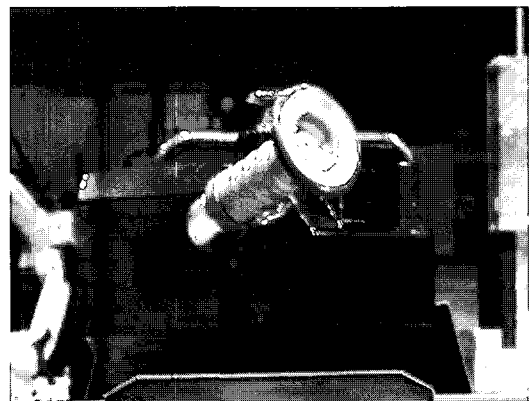


그림 18. 제작된 2자유도 전동식 소화포.
Fig. 18. Produced 2-axis electronic monitor.

수 있다.
로봇은 외부 500°C 이상에서도 내부 50°C를 유지 할 수 있는 별도의 냉각시스템을 장착하고 있으며 그 구성은 그림 13과 같다. 냉각시스템 CASE에는 프레온가스 압력용기가 장착되어 있으며 센서모듈, 제어기CASE, 모바일플랫폼은 냉매 탱크와 배관으로 결속되어 있다.
냉각시스템의 기본원리는 그림 14에서 볼 수 있다. 압력용기의 압축프레온가스는 제어밸브에 의하여 각 모듈에 연결

되며 각 모듈 내부의 온도센서는 내부 온도를 측정하게 된다. 만약 내부온도가 50°C 이상 상승하는 모듈이 발생할 경우 제어기는 제어밸브를 개방하고 프레온가스를 이용하여 모듈 내부의 온도를 50°C 이하로 냉각시키게 된다.
그림 16은 열전대를 테스트 박스 내외부 및 모듈내에 장착하여 화염에서 직접 받는 온도 및 시간에 따른 온도 상승 데이터를 도식화하며 그림 17은 냉각시스템 작동에 따른 내부 온도의 변화를 도식화한 것이다.

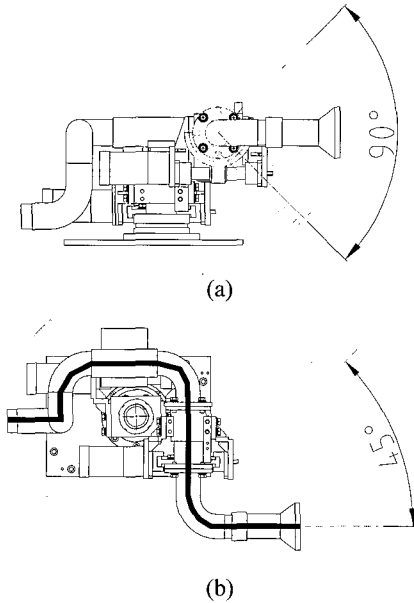


그림 19. (a) 소화포의 상하 작업영역 (b) 소화포의 좌우 작업영역.
 Fig. 19. (a) Vertical workspace of monitor (b) Horizontal workspace of monitor.

3.4 소화포

화재현장에서 로봇의 임무는 화재진압이라고 할 수 있으며 화재진압을 위해서 소화포의 역할은 가장 중요한 사항이다. 따라서 개발된 로봇에는 2자유도 전동식 소화포를 장착

하였다.

소화포는 웜기어를 이용하여 정지토크를 증대시킴으로써 소방차의 10kg의 수압에 적용 되도록 설계하였다. 또한 40A 관창은 소화액의 분사 및 직사가 가능하며 슬레노이드 밸브를 적용하여 사용자의 의사에 따라 소화용수의 개폐가 가능하도록 개발하였다.

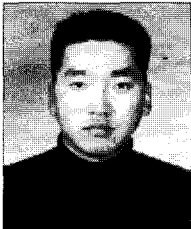
소화포 또한 냉각시스템에 결속 되어 있으며 소화포 상단에는 자유분무 노즐의 장착하여 화재진압시에는 로봇외장에 수막을 형성하게 하였다. 수막은 화재현장에서 로봇의 외장에 수냉식 냉각 효과를 부여하고 수막 자체만으로 복사열을 차단하게 된다. 그림 17은 제작된 소화포의 실제 사진이며 그림 19(a)(b)에서는 소화포의 운동반경을 나타내었다.

III. 결론

본론에서는 실내화재진압로봇의 개발내용에 대하여 간략하게 소개하였다. 현재까지 개발된 로봇은 실제 화재현장에 투입하기는 어렵다. 그러나 냉각시스템을 장착한 실물 테스트와 유·무선 통신시스템의 테스트 그리고 출입문을 열 수 있는 로봇Arm을 보완한다면 머지않아 실내화재진압로봇의 활약이 기대 된다.

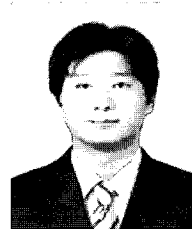
참고문헌

[1] 최준섭, “세계의 기술 소방방재로봇,” 대한기계학회기계저널, 제 49 권, 제 1 호, pp. 104-108, 2004. 1.
 [2] 김재덕, “화재소방기술과 화학공학,” NICE, 제 21 권, 제 6호, pp. 704-705, 2003. 3.



이우준

2002년 광운대학교 제어계측공학과(공학사). 2004년 광운대학교 제어계측공학과(공학석사). 2005년~현재 (주)동일파텍 필드로봇연구소, 관심분야는 로보틱스, 표적제어.



오주환

2004년 한국해양대학교 기계공학과(공학사). 2006년 한국해양대학교 기계공학과(공학석사). 2006년~현재 (주)동일파텍 필드로봇연구소, 관심분야는 로보틱스, 구조해석, 이족보행로봇.



최재석

2005년 부산대학교 정보컴퓨터공학과(공학사). 2006년~현재 (주)동일파텍 필드로봇연구소, 관심분야는 로보틱스, 인공지능, 데이터통신.