

목표지향설계 개념을 이용한 실외화재진압 및 인명구조 로봇의 개발

Development of Fire-fighting and Rescue Robot for Outdoor Environment using Target Oriented Design Methodology

김 종 현*, 김 문 준, Jin Maolin, 이 진 오, 장 평 훈
(Jonghyun Kim, Moon-June Kim, Jin Maolin, Jinoh Lee, and Pyung Hun Chang)

Abstract : This paper presents the development of fire-fighting and rescue robot for Outdoor Environment. In the procedure of this development, we follow Target Oriented Design (TOD) which is recognized as the systematic methodology to design a system by specifying the target clearly. For some real fire fighting tasks (e.g. tasks in shopping street and a market), narrow road make it difficult for existing fire engine to access the firing place. On the other hand, for dangerous tasks (e.g. gasoline station and a storehouse) the explosive materials make it impossible for firefighters to access the firing place. Moreover, the smoke and the high-temperature caused by fire make fire fighting difficult. In this situation, the solution is to develop the fire-fighting and rescue robot. TOD is performed firstly by analyzing the environment properties of fire place and the demanded tasks and the fire-fighting and rescue robot is manufactured. For safety, the fire fighting robot should be controlled by remote operation to keep the operator away from the fire, and the control system is divided into three parts: the robot controllers, controller for remote operating device and wireless communication system. We have selected and developed appropriate hardware and software for each part of control system with considering TOD. As a result, the fire-fighting robot functions correctly and the performance and usefulness of our control architecture is validated by successfully performing some fire-fighting tasks.

Keywords : disaster-mitigation and life-saving robot system, fire-fighting, control architecture, remote control

I. 서론

본 논문은 실외화재진압 및 인명구조 로봇의 개발에 대해 다루고자 한다. 최근에 저자는 실외에서 발생한 화재의 진압 및 인명구조 보조를 목표로 하는 로봇을 개발하고 있다. 이를 개발하는 데에 있어 저자는 목표지향설계(Target Oriented Design: TOD) [1] 개념을 그 기반으로 하였다.

본 논문에서 개발하고 있는 로봇의 대상이 되는 화재는 실외에서 발생하는 화재이다. 실외에서 발생하는 화재의 경우 일반적으로 실내에서 발생하는 화재보다 쉽다고 생각할 수 있지만, 사실 그렇지 않은 경우가 많다. 좁은 도로로 인해 소방차가 쉽게 진입할 수 없는 실외 공간이 많으며, 위험물 근방에서 발생하는 화재의 경우에는 그 위험성 때문에 근접하기가 쉽지 않다[2]. 또한 일반적인 화재의 특징인 짙은 농연과 고온/고열은 실외화재의 경우도 그대로 가지고 있기 때문에 화재진압 및 인명구조에 어려움을 가져오게 된다. 이를 통해 화재진압 및 인명구조에 어려움이 있는 실외화재의 특성을 정리하면 다음과 같다.

- 화재로 인한 짙은 농연
- 화재로 인한 고온/고열
- 좁은 도로로 인한 소방차의 진입 어려움
- 위험물로 인한 화재지역으로의 근접 어려움

따라서, 이러한 화재진압 및 인명구조의 어려움을 줄여줄 수 있는 로봇의 개발이 필요하게 된다.

앞서 언급한 어려움이 있는 실외화재의 경우로 그 초점을 맞추면, 개발되어야 할 로봇의 특징은 아래와 같다.

- 짙은 농연에서의 운용 가능성
- 고온/고열에서의 운용 가능성
- 좁은 도로를 통과할 수 있는 크기
- 원격조종을 통한 화재지역에의 접근성

이러한 목표를 만족시킬 수 있는 로봇 시스템을 개발하기 위하여 본 연구에서는 목표지향설계 개념을 사용하였다. 목표지향설계방식을 사용하면 분명히 정해진 로봇의 목표에 따라 기능들을 정의하고 각 기능을 구현할 수 있도록 로봇을 설계하며, 설계된 로봇을 잘 운용할 수 있도록 제어 시스템을 구성하는 단계로 로봇이 개발되게 된다. 그리고 이런 방식으로 개발된 로봇은 처음에 정해진 목표를 잘 수행할 수 있으며 그 시행착오를 줄일 수 있다는 장점을 가지게 된다.

본 논문에서는 이러한 목표지향설계 방식으로 실외화재진압 및 인명구조 로봇을 개발한 것을 소개한다. 본 논문을 통해 개발된 로봇은 실외화재의 화재진압 및 인명구조 보조를 충실히 수행할 수 있도록 그 목표가 설정되었으며, 이러한 목표를 잘 만족시킬 수 있도록 설계되고 제작되었다. 그리고 이러한 로봇 시스템을 운용하기에 적합하도록 제어 시스템 역시 개발되었다. 이렇게 개발된 로봇 시스템은 운용 시험을 통해 그 기능을 검증하고 있다.

본 논문은 다음과 같이 구성되어 있다. 먼저 2장에서는 기존에 개발된 소방로봇, 특히 실외화재를 위한 소방로봇에 그 초점을 맞추어 살펴본다. 3장에서는 개발된 실외화재진압 및 인명구조 로봇에 대해 목표의 설정 및 구성, 사양 등을 소개

* 책임저자(Corresponding Author)

논문접수 : 2006. 12. 1., 채택확정 : 2006. 12. 22.

노치원, 홍석교 : 아주대학교 전자공학과

(ctrl88@naver.com/skhong@ajou.ac.kr)

김문준 : 위이추식회사(mjkim@wia.co.kr)

김승훈, 강성철 : 한국과학기술연구원

(ksh1018@kist.re.kr/kasch@kist.re.kr)

한다. 4장에서는 3장에서 설계 및 제작된 실외화재진압 및 인명구조 로봇을 위한 제어구조에 대해 소개하고 실제로 구현된 제어기를 보인다. 마지막으로 5장에서는 결과를 요약, 정리하고 향후 계획에 대해 논한다.

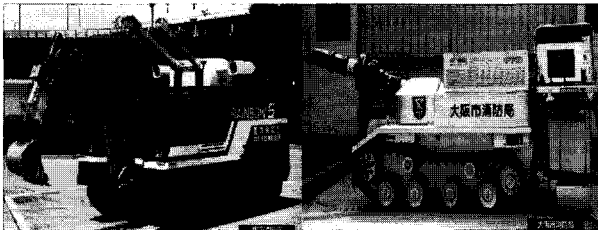
II. 기존연구

이번 장에서는 국외 및 국내에서 이전에 개발된 실외화재를 위한 화재진압 로봇의 특징에 대해 알아본다.

1. 일본의 실외 화재를 위한 로봇

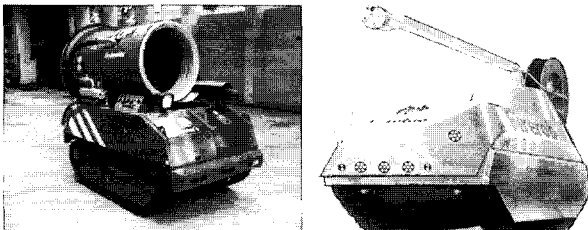
(1) Rainbow 5: 도쿄 소방청이 1986년에 개발한 로봇으로[3] 주로 석유 공업단지, 항공기 탱크로리 등의 유류화재와 강한 방사열을 발생하는 대규모 화재와 폭발 위험이 있는 화재 등 소방대원이 접근하기 곤란한 화재에 대처하는 것이 주목적이다(그림 1(a)).

(2) 원격 소화 로봇: 오사카 소방국에 있는 로봇으로 전용 화학차에 적재되어서 원격거리를 이동하며 소방대원이 접근하기 불가능한 공업단지 화재와 폭발위험이나 강한 복사열을 받는 화재 현장에서 소화작업을 수행한다(그림 1(b)).



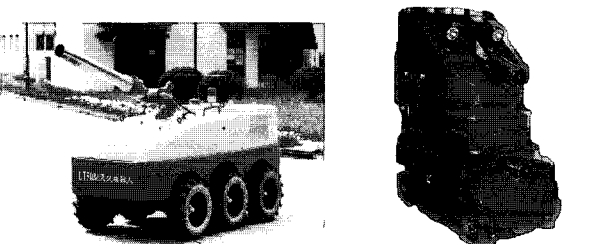
(a) Rainbow 5 (b) 원격소화로봇

그림 1. 일본의 실외 화재진압을 위한 로봇.
Fig. 1. Fire-fighting robots for outdoor in japan.



(a) LUF60 (b) Firerob

그림 2. 유럽의 실외 화재진압을 위한 로봇.
Fig. 2. Fire-fighting robots for outdoor in europe.



(a) Qiangshi 소방로봇 (b) HWRS-ERC 소방로봇

그림 3. 중국 및 한국의 화재진압을 위한 로봇.
Fig. 3. Fire-fighting robots in china and korea.

(3) Jet Fighter: 도쿄 소방청에 의해서 개발되었으며, 터널이나 지하층 화재에 대해 원격 조작식 소화장치를 적재하여 소방대가 진입 곤란한 화재현장에서 원격조작에 의해 화점에 접근하여 소화활동을 하는 로봇이다.

2. 유럽의 실외 화재를 위한 로봇

(1) LUF60: 유럽에서도 LUF60이라는 소방로봇이 개발되었다[4]. LUF60은 디젤엔진으로 구동된다. LUF60의 상부에 장착된 35kW의 배연장치를 이용하여 분무 바람을 발생시켜 소방관의 활동을 돕는다. 상하 30도까지 각도 조절이 가능한 이 장치는 내부에 360개의 노즐이 장착되어 있어 분무를 발생시키고 60m까지 소화가 가능하다. 그리고 배연장치로도 사용이 가능한 다목적 소방 로봇이다. 도로와 기차길의 터널이나 지하실 또는 건물내부의 폐쇄공간에 투입되어 대량의 분무를 이용하여 화재로 인해 최고조에 달한 대기온도를 낮추어 주고 또한 화염의 농도를 경감시켜주어 진압대원이나 구조대원의 접근이나 작업을 용이하게 하여준다. 이미 독일, 홍콩과 중국에 실전 배치되어 있다(그림 2(a)).

(2) Firerob: TeleRob사의 Firero는 내화시스템이 1400도의 고온에서도 견딜 수 있게 한 것이 특징이다[5](그림 2(b)).

3. 중국의 실외 화재를 위한 로봇

중국 상하이 Qiangshi 소방로봇은 중국국가 863프로젝트 연구성과 (2000년)로서 통신으로 소방관이 조작할 수 있도록 설계되었으며 경사면 주행기능, 제자리 회전기능, 소화포 발사 및 로봇의 보호를 위한 자체 분무기능이 특징이다[6] (그림 3(a)).

4. 국내의 실외 화재를 위한 로봇

실외 화재 관련 로봇의 개발은 거의 전무한 실정이다. 관련 연구로 실내화재 진압용 로봇으로는 KAIST의 HWRS-ERC에서 개발한 소방로봇이 있는데[7], 유압 구동기로 움직이고, 화점자동인식 기능이 그 특징이다(그림 3(b)).

III. 실외화재진압 및 인명구조 로봇

1. 실외화재진압 및 인명구조 로봇의 목표

실외화재진압 및 인명구조를 위한 로봇을 설계하면서 우리는 목표지향설계 개념을 사용하였다. 목표지향설계 개념은 로봇을 설계하는데 있어 그 로봇이 해야 할 목표를 잘 분석하고, 그 분석한 결과를 토대로 하여 로봇을 설계하는 방식이다[1]. 이런 방식으로 설계된 로봇은 우리가 정의한 목표를 잘 만족시킬 수 있으며, 설계 과정에서 생겨나는 시행착오를 최소화할 수 있다. 따라서 실외화재진압 및 인명구조를 위한 로봇의 목표를 잘 분석하는 것이 매우 중요하다.

본 로봇의 환경인 대상 화재는 소방 관계자들과의 긴밀한 협의를 통해 다음과 같이 결정하였다. ‘깊은 농연, 좁은 도로, 고온/고열 등의 특징을 가지고 있는 대형 공장, 주유소, 시장/상가, 위험물 저장소에서 발생한 화재’. 많은 소방 관계자들은 이러한 환경에서의 화재 진압 및 인명 구조에 어려움을 겪고 있었다.

다음은 앞서 정해진 환경에서 로봇이 어떤 목표를 수행해야 하는지를 결정하였다. 본 로봇의 대상 화재는 깊은 농연 및 고온/고열, 위험물, 폭발물 등의 위험성, 그리고 좁은 도로로 인한 불편함 때문에 화재지역으로 근접하기에 어려움을

겪는 곳이다. 따라서 본 로봇은 대상으로 하는 화재지역에 근접하여 화재진압 및 인명구조를 도와주는 것을 그 목표로 설정하였다. 로봇이 이러한 목표를 잘 수행한다면 화재 시에 로봇이 중요한 역할을 할 수 있으리라고 기대하였다.

앞서 결정된 본 로봇의 대상 화재 및 목표에 따라, 로봇의 기능을 좀 더 구체화시키고자 간략한 로봇의 운용 시나리오를 구성하였다. 이는 그림 4와 같다.

그림 4에 의하면, 첫번째로 화재지역 근접 투입을 위해서는 고온/고열에도 견딜 수 있는 원격조종에 의한 로봇 시스템이 필요하다는 것을 알 수 있다. 다음 화재지역 내 정보를 파악하기 위해 짙은 농연 및 고온/고열에서도 볼 수 있는 카메라 시스템이 필요하다. 그리고 화재 진압을 위해서는 물 분사를 할 수 있는 소화포 시스템이 필수적이며, 인명 구조 보조를 위한 지형 정보 제공을 위해 레이저 거리 측정기(Laser Range Finder : LRF), 위성 위치 확인 시스템(Global Positioning System : GPS) 등의 장치가 요구된다. 요구조자에게 위치정보를 제공해주기 위해서 전조등, 비상등 등의 시스템을 통한 로봇의 위치를 파악하게 해주는 기능 역시 필요하게 된다.

2. 개발된 실외화재진압 및 인명구조 로봇

목표지향 설계 방법에 따라 목표를 결정하고, 그에 따른 운용시나리오를 만족할 수 있는 기능을 가진 화재진압 로봇을 개발하였다. 개발된 화재 진압 로봇은 그림 5이며, 로봇의 제원을 표 1에 정리하였다.

본 로봇은 무선 주파수(RF) 데이터 무선 통신 및 아날로그 RF 영상 무선 통신을 이용하여 원격지에 있는 원격조종자에게 화재현장의 정보를 전달해 주고 로봇의 조종을 가능하게 해준다.

로봇에 장착된 영상시스템은 주행 시 필요한 줌 In/Out 이 가능한 전하 결합 소자(CCD) 카메라와 화점인식을 위한 적외선(IR) 카메라, 그리고 이 두 대의 카메라가 위/아래, 좌/우를 볼 수 있도록 2자유도 팬/틸트 장치로 구성되어 있다. 이와 함께, DGPS에서 로봇의 절대위치를 인식하고 LRF 장치가 2D 스캐닝을 통해 맵을 생성하고 장애물을 탐지하여 원격조종자가 원활히 로봇을 운용할 수 있도록 도와준다.

구동부는 정격 8Kw 인휠 모터를 사용하는 6x6 구동방식으로서, 스키드 조향이 가능하고, 토션빔 액슬 타입의 현가장치를 사용하여 좁은 도로나 장애물 등이 있어 근접하기 곤란한 화재현상에도 적용가능 하도록 설계되었다.

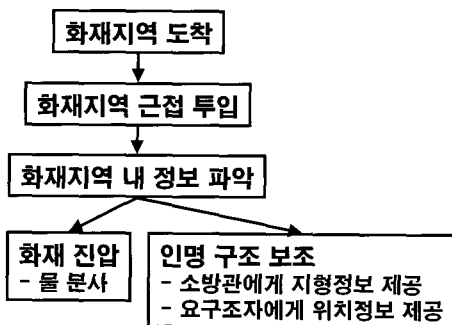


그림 4. 로봇의 운용 시나리오.
Fig. 4. Working scenario of the robot.



그림 5. 개발된 실외화재진압 및 인명구조 로봇.
Fig. 5. Developed fire-fighting and rescue robot for outdoor environment.

표 1. 개발된 화재 진압 로봇의 사양.

Table 1. The specification of a fire fighting robot.

항 목	사 양
전체 크기	3,200 x 1,600 x 1,200mm
총 중량	1,850Kg
구동부	6륜 (6x6) 구동 (인휠모터) 최대 속도 20Km/h 등판능력: 최대 20° 현가장치
소화포	사이즈: 65A 작동압력(최대): 20Kg/cm2 유량: 1,400 LPM 고저: 80° ~ -20°, 선회: 320°
카메라 시스템	CCD/줌/IR 카메라 팬/틸트 장치 주행/화점탐지, 인명구조
LRF/DGPS	2D스캐닝, 위치인식, 장애물탐지
무선 통신	데이터 통신: RF 영상통신: RF 아날로그 영상통신
운용 조건	운용온도: 100°C 최대 1,000°C 운용시간: 1 hr
기타	내화/단열재 피복, 단열도료 적용 차체 보호 시스템



그림 6. 소화포 분사 및 차체 보호 시스템 작동.
Fig. 6. Operation of watergun and cooling system.

화재 현장에 도착한 로봇이 화재 진압을 하기 위해 소화포를 장착하였다. 소화수의 공급은 근접해 있는 소화전 또는 소방차로부터 공급받는데, 50m 이상의 방수 능력을 가지며, 소화포가 팬/틸트의 2자유도 모션이 가능하므로 로봇이 고정된 상태에서 원하는 지점에 방수할 수 있다.

그리고 로봇이 화재지역에 근접 투입되어 화재진압을 해야 하므로, 로봇 자체에 내화/단열재 피복과 단열도료를 사용하였다. 또한 소화포를 통해 방수되는 물을 차체 주위에 분사될 수 있도록 분무 장치를 설계하여 차체 냉각이 가능한 차체 보호 시스템을 구축하였다(그림 6). 이때 소화포 및 차체 보호 시스템에서 분사되는 물이 로봇내부의 전기적인 시스템에 영향을 미치지 않도록 로봇의 외형 및 프레임 구조를 설계하여 방수가 되도록 하였다.

정리하면 원격조종자가 화재 현장의 정보를 획득 할 수 있는 카메라 및 LRF/DGPS 시스템, 이 정보를 무선으로 조종자에게 전달하고 또한 로봇이 조종자로부터 지령을 받기 위한 무선 통신 시스템, 화재 현장에 접근이 용이하도록 설계된 구동 시스템, 화재 진압을 위한 소화시스템과 고온/고열에 견딜 수 있는 내화 및 차체 보호 시스템이 본 화재진압로봇의 특징이다. 이러한 다섯 가지의 특징은 ‘길은 농연, 좁은 도로, 고온/고열 등의 특징을 가지고 있는 대형 공장, 주유소, 시장/상가, 위험물 저장소에서 발생한 화재 환경에 접근하여 화재 진압 및 인명구조를 돕는다는 목표에 따라 설계한 결과라 할 수 있다.

IV. 실외화재진압 및 인명구조 로봇의 제어구조 설계 및 구현

1. 전체 제어시스템 구조

화재진압 로봇은 무선 원격 조종 방식으로 구동이 된다. 제어시스템의 구조는 크게 세 부분으로 나누어 볼 수가 있는데, 원격 조종기로부터의 신호를 받아 로봇의 움직임을 제어하는 로봇제어기 부분, 원격지에서 로봇의 움직임을 조종하기 위해 로봇과 신호를 주고받는 원격 조종기 부분과 그리고 원격 조종기 부분과 로봇제어기 부분 간의 영상과 데이터를 무선으로 송수신하는 통신시스템 부분으로 나누어진다. 다음 절에서는 각 부분별로 제어알고리즘과 하드웨어의 구성을 살펴보도록 한다.

2. 로봇 제어기

2.1 제어기 하드웨어

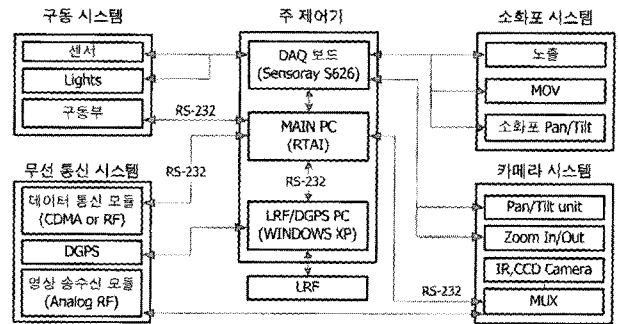


그림 7. 로봇 제어기 하드웨어.
Fig. 7. The hardware of the robot controller.

로봇의 제어기 하드웨어는 주 제어기, 구동 시스템, 소화포 시스템, 카메라 시스템, 무선 통신 시스템의 5개의 부분으로 나누어진다. 각 시스템의 제어기들은 그림 7에서 보는 바와 같이 모듈화되어 로봇 내부에 탑재되어 있다.

다양한 주변 기기의 통합 제어를 효과적으로 수행하기 위하여 고안된 주 제어기는 5.25" 크기의 인텔 1.4GHz 임베디드 PC 두 대가 사용되고 있다. 주 PC는 로봇의 통합 제어 알고리즘을 실행하는 PC이다. PCI 타입의 DAQ 보드 (Sensoray s626: DA-4Ch., 엔코더-6Ch., DIO-48Ch., AD-16Ch. 지원)를 이용하여 주변 시스템과의 인터페이스를 구축하였다. 다른 한대의 PC는 LRF와 DGPS 기기와 직접 연결되어 있는 PC로서, 계산 량이 많이 요구되는 LRF와 DGPS 데이터 처리를 전적으로 담당한다. 구동부 시스템은 RS-232C 통신을 통하여 주 PC로부터 로봇의 전·후진 및 좌우 회전 명령을 전달 받고, 구동부의 상태 및 속도, 경사 등의 정보를 주 PC로 보내 주는 역할을 한다. 소화포 시스템은 주 PC의 DAQ 보드로부터 디지털 출력(Digital Output: DO) 또는 DA 신호를 입력 받아, 노즐과 전동기 구동 밸브(Motor Operated Valve: MOV) 그리고 소화 포의 팬/틸트 모션 제어를 수행한다. 카메라 시스템은 소화 포 시스템과 마찬가지로 주 PC의 DAQ 보드으로써 제어가 되는데, CCD 카메라의 줌 In/Out 그리고 CCD 카메라와 IR 카메라가 장착된 팬/틸트 장치의 모션 제어가 수행된다. 두 대의 카메라의 영상은 주 PC가 RS-232C 통신으로써 제어한다. 무선 통신 시스템은 원격조종기와 데이터 통신과 영상 통신을 담당하는 파트이다. 데이터 통신은 코드분할다중접속(CDMA) 또는 RF 무선 통신 모듈이 주 PC와 RS-232C로 연결되어 있고, 영상 통신은 멀티플렉서와 무선 RF 영상 모듈이 직접 연결되어 원격 조종자에게 영상을 전달해 준다.

2.2 제어 알고리즘

로봇의 원격 구동 제어의 정확성을 높이기 위해 리눅스(Linux)를 기반으로 하는 RTAI 라는 실시간 OS(Real time OS) 상에서 제어 알고리즘을 개발하였다.

개발된 제어 알고리즘은 초기화, 비상상태, 정상작동의 3개의 '상태(state)'로 나누어 볼 수 있다(그림 8).

로봇의 주 PC에 전원이 인가되면, RTAI의 부팅 과정을 거쳐 제어 프로그램이 자동으로 실행이 된다. 처음으로, 초기화 단계를 거치게 되는데 이 단계에서는 로봇의 구동부, 카메라, 통신 모듈, 소화포 등을 초기화 해주는 작업을 수행한다. 로

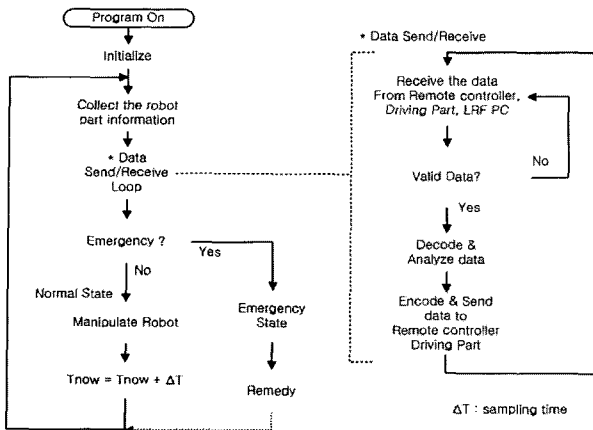


그림 8. 로봇 제어 알고리즘.
Fig. 8. Robot control algorithm.

봇이 초기화가 완료되면, 온도 센서, 경사센서 등의 각종 센서로부터 정보를 수집한 후에 주 PC와 주변기기와의 데이터 송수신 루프가 실행 된다. 무선 통신 모듈을 통해 원격 제어기의 데이터를 수신하고, 구동부와 LRF/DGPS PC의 데이터를 유선(RS-232C)통신으로 수신한다. 그런데 유/무선으로 수신된 데이터에는 각 모듈들이 송신한 실제 데이터와 일치되지 않을 가능성이 항상 존재한다. 그러므로 실제 데이터와 일치하는 유효한 데이터만을 취하기 위하여 체크섬(checksum)을 이용한 통신 에러 검출 알고리즘을 적용하였다. 이렇게 수신된 데이터는 미리 정의된 통신 프로토콜에 따라 디코딩되어 해당하는 변수에 저장된다. 데이터 수신을 마치면, 원격제어기와 구동부에서 요구하는 데이터를 프로토콜에 맞추어 인코딩하여 송신함으로써 데이터 송수신 루프가 끝나게 된다.

주 알고리즘에서는 로봇의 주변기기들로부터 수신된 데이터를 바탕으로 매 샘플링 시간마다 비상 상태를 판단한다. 이상이 없을 경우에는 원격 조종자의 명령대로 구동부, 소화포, 카메라 등의 주변기기들이 동작하도록 제어하는 루틴이 실행 된다. 로봇의 비상상태로 들어 가는 경우는 원격조종기로부터의 무선 통신이 두절되었거나, 구동부와 LRF-DGPS PC간의 통신이 끊기는 경우, 구동부에서 에러가 검출 되는 경우, 로봇이 동작 온도를 넘어서는 경우 등이 있는데 각각의 경우에 따라 if-then 구문에 의해 필요한 처치를 한다. 예를 들면, 원격 조종자와의 무선 통신이 끊겼을 경우 또는 구동부와 주 PC간의 통신이 끊긴 경우에는 로봇이 오작동하여 안전 사고를 발생시킬 수 있으므로, 구동부에 브레이크를 걸어주고, 제어보드에서 나가는 제어신호(DO, DA)를 차단한 후 통신이 복구되기를 기다린다. 로봇의 비상상태는 원격조종기를 통해 모니터링 할 수 있다.

3. 원격 조종기

3.1 원격조종기 하드웨어

원격조종기의 하드웨어는 임베디드 PC(인텔 펜티엄 1.4 GHz), 데이터 통신모듈(RS-232C/485 RF 모듈), 영상 통신모듈(RF 900MHz), DAQ보드, 로봇 조종 조이스틱, 카메라/소화포 조종 조이스틱, 각종 스위치, 전원 공급용 전지 등으로 구성하였으며 이동 가능한 형태로 제작되었다. 제작된 원격조

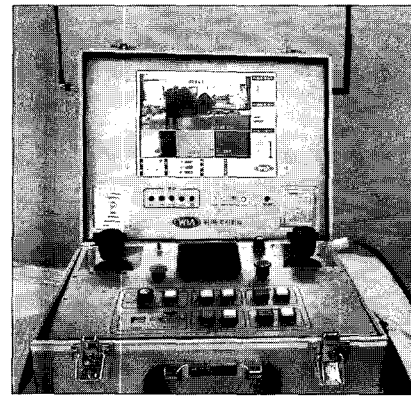


그림 9. 원격조종기.
Fig. 9. Remote controller.

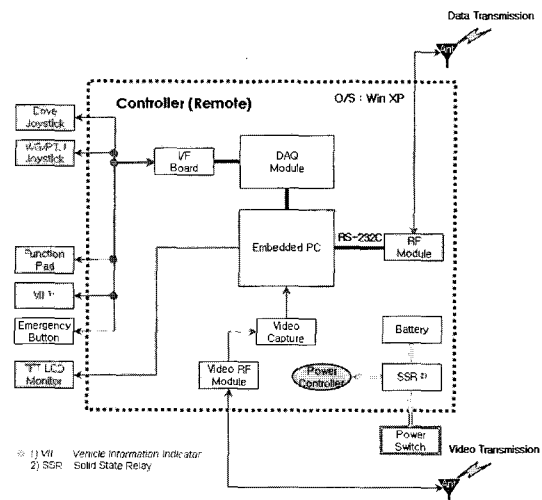


그림 10. 원격조종기 개념도.
Fig. 10. Function diagram of remote controller.

종기의 모습은 그림 9에 나타나 있으며 이의 하드웨어 구성도는 그림 10과 같다.

3.2 원격조종기 소프트웨어

원격조종기 소프트웨어는 사용자에게 정보를 전달하는 그래픽 사용자 인터페이스(Graphic User Interface: GUI)와 사용자의 명령을 로봇에 전달해 주는 통신 시스템으로 구성되었다. 구현된 GUI화면을 그림 11에 나타내었다.

사용자가 쉽게 로봇의 상황을 판단하게 하기 위하여 통신 상태, 구동가능 여부, 브레이크 상태 및 비상상태와 외부온도, 로봇 내부온도 및 컴퓨터 온도를 스크린에 표시하고 GPS 위치신호와 로봇의 롤/피치 각도, 소화포 및 카메라의 팬/틸트 각도, 로봇의 속도 등 정보를 사용자에게 쉽게 전달할 수 있도록 구성하였다.

프로그램은 윈도우 XP환경에서 Visual C++6.0을 사용하여 개발하였다. 데이터의 캡슐화와 유지 보수의 용이성을 위하여 객체지향 프로그래밍 기법을 사용하였고, 코드의 간결성과 독립성을 유지하기 위하여 각각의 모듈 별로 개발하고 이를 통합하는 방식을 사용하였다.

원격조종기의 소프트웨어는 크게 다음과 같은 부분으로 구성되어 있다. 각각의 기능들은 6개의 스레드(thread)로 나누

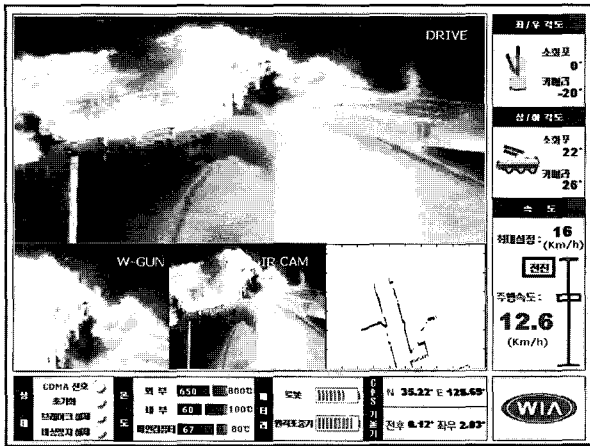


그림 11. 개발된 GUI 모습.
Fig. 11. Graphic user interface.

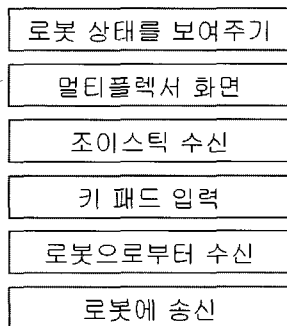


그림 12. 원격제어기 기능별 모듈.
Fig. 12. Function modules of remote controller.

어 멀티 스테딩 기법을 사용하여 프로그래밍함으로써 임베디드 PC의 CPU를 효율적으로 사용할 수 있게 하였다(그림 12).

4. 통신시스템

4.1 데이터 통신

RS-232C/485 RF 모뎀 모듈을 이용하여 데이터 통신을 하였다. 100ms에 한번씩 데이터의 송수신 상태를 주기적 덧붙임 검사 방식(Cyclic Redundancy Checking: CRC)으로 점검하여 사용자에게 빨강, 파랑의 두 등급으로 나누어 통신 상태를 표시해 줄 수 있도록 하였다.

4.2 영상 통신

영상통신은 데이터 통신과 분리하고자 900MHz RF아날로그 통신을 이용하였다. 1초에 30프레임, 프레임당 640*480 해상도의 영상 출력이 가능하였다.

V. 결론 및 향후 계획

본 논문에서는 실외화재 진압 및 인명구조 로봇의 목표와 개발된 로봇을 소개하였다. 이 로봇은 길은 농연, 좁은 도로, 고온/고열 등의 특징을 가지고 있는 대형 공장, 주유소, 시장/상가, 위험물 저장소에서 발생한 화재 발생시 투입되어 화재 지역 내 정보를 수집하고 화재진압 및 인명구조 보조를 해주는 로봇이다. 이러한 실외화재 진압 및 인명구조 로봇의 운용을 위해 적절한 제어 구조를 제안하였다. 이와 같은 개발 과정에 목표지향설계 개념을 적용함으로써, 설정한 목표의 성취도를 높일 수 있도록 도모하였다. 제안된 제어기는 원격 조종 개념을 도입하여, 크게 원격조종기, 로봇제어기, 통신시스템으로 나누어 개발되었으며, 이를 구현하기 위해 적합한 소프트웨어와 하드웨어를 개발하였다.

현재 개발된 실외화재 진압 및 인명구조 로봇의 시제품을 운용 시험을 통해 평가하는 단계에 있다. 추후 계획은 이러한 운용 시험을 통해 나타나는 문제점을 수정 보완하여 새로운 버전의 시제품을 제작하고, 이와 더불어 전시회 등에 참가하여 민간 및 정부의 관심을 유도할 계획에 있다. 특히 데이터 통신의 경우, 그 통신 거리 및 신뢰성을 향상시키기 위해 CDMA 방식의 통신을 적용하고자 추진 중에 있다.

참고문헌

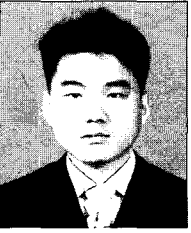
- [1] P. H. Chang and H. S. Park, "Development of a robotic arm for handicapped people: A task-oriented design approach," *Autonomous robots*, vol. 15, no. 1, pp. 81-92, 2003.
- [2] 경기 소방학교 교재, <http://www.fire.sc.kr/>
- [3] K. Miyazawa, "Fire robots developed by the Tokyo fire department," *Advanced Robotics*, vol. 16, no. 6, pp. 553-556, 2002.
- [4] <http://www.luf60.com/>
- [5] <http://www.americancrane.com/Telerob/Firerob.htm>
- [6] <http://www.qs119.com/>
- [7] 장평훈, 정제형, "화재 진압용 로봇의 개념 정의와 설계," 대한기계학회 동역학 및 제어부분 하계 워크숍, pp. 80-94, 2001.

**김 종 현**

1979년 8월 15일생. 2001년 한국과학기술원 기계공학과(공학사). 2003년 한국과학기술원 기계공학과(공학석사). 현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정. 관심분야는 원격조종 및 햅틱, 로봇틱스, 비선형제어.

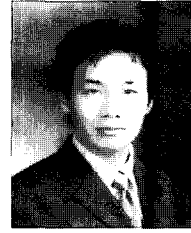
**김 문 준**

1977년 6월 7일생. 2001년 동아대학교 기계공학과(공학사). 2003년 부산대학교 지능기계공학과(공학석사). 현재 위아주식회사 선행연구개발부 재직. 관심분야는 원격제어, 임베디드 시스템, 비선형제어.

**Jin Maolin**

1976년 8월 19일 중국 Helong, Jilin Province 출생. 1999년 중국 연변과학기술대(공학사). 2004년 한국과학기술원 기계공학과(공학석사). 현재 한국과학기술원 기계공학과 박사과정. 관심분야는 비선형 플랜트 강인제어, 로봇제어, 임

피던스 제어, 하이브리드 제어.

**이 진 오**

1979년 12월 26일생. 2003년 한양대학교 기계공학부(공학사). 현재 한국과학기술원 기계공학과 석박사 통합과정. 관심분야는 로봇틱스, 비선형 제어, 로봇 강인 제어, 힘/위치 하이브리드 제어, 양팔 로봇 협동제어.

**장 평 훈**

1951년 10월 30일생. 1974년 서울대학교 기계공학과(공학사). 1977년 서울대학교 기계공학과(공학석사). 1987년 MIT 기계공학과(공학박사). 1987년~현재 한국과학기술원 기계공학과 교수. 관심분야는 로봇틱스, 비선형제어, 시스템 모델링.