

# 위해환경에서 구동가능한 원격제어 이동 로봇 개발

박제용 · 최현석 · 현웅근

호남대학교 전자공학과

## A development of remote controlled mobile robot working in a hazard environment

Jea-yong Park, Hyun-sok Choi, Woong-keun Hyun  
Dept. of Electronics Engr., Honam Univ., KOREA  
Email : yesazzac@hanmail.net

### 요 약

위해환경에서 동작되는 화상로봇에 대한 개발에 관하여 서술하였다. 개발된 로봇은 크게 로봇 제어부와 Host PC 에서의 Visual I/F program으로 구성되어 있다. 개발된 로봇의 구동부와 Camera의 구동부는 2자유도를 갖고 있으며 유저 친화적으로 개발된 Joystick으로 원격조종된다. 외부 상황은 비전 시스템과 초음파 센서로 인식되며, 화상 및 센서 데이터, 명령어 등을 각각 900MHz와 447MHz RF로 통신된다. 개발된 시스템의 효율성을 100m범위의 야외 시험장에서 운용되어 검사되었다.

### ABSTRACT

This paper describes a development of a robot working in hazard environment. The developed robot consists of robot controller with vision system and host PC program. The robot and camera can move with 2 degree of freedom by independent remote controlling a user friendly designed joystick. An environment is recognized by the vision system and ultra sonic sensors. The visual image and command data translated through 900MHz and 447MHz RF controller, respectively. To show the validity of the developed system, operations of the robot in the field area were illustrated.

### 키워드

remote controlled robot, hazard environment, visual robot

## 1. 서 론

최근의 화학 공장 및 제철소 등의 옥외 시설물은 설치된지 20년~30년 이상 된 노후 시설이 상당수 있어 이러한 시설물은 안전 및 정상적인 운영을 위하여 수시 감시 및 진단이 필요하다. 노후 된 대단위 화학 공정 시스템 등 옥외 설비 시스템의 안전 진단 유지 보수 등을 하기 위해서는 다수의 계측 시스템이 필요하고, 각 계측 시스템간의 통신이 중요하게 된다. 더욱이 설비 및 진단은 방사능을 사용하여 설비 및 기기 부분의 crack등을 판단하므로 계측기기의 반경 10m이내에는 측정요원이 접근할 수 없어 원격으로 계측할 수밖에 없다. 이러한 옥외 설비 진단 계측 장치는 고가여서 대단위 공장에서 한꺼번에 설치할 수가 없고, 진단을

위한 계측 역시 연중 상설 설치되는 기기가 아니라, 필요시 일정기간을 측정하는데 사용되는 반 고정용 장비이다. 따라서 계측기의 통신은 유선이 아니라 무선 시스템을 사용해야 하며 때로는 CCD 카메라가 부착된 이동 로봇으로 하여금 옥안으로 판별될 수 있는 crack 및 고장상태를 판별하거나 촬영하여 데이터를 보존 및 진단자료로 활용하여야 한다.

본 논문에서는 옥외 설비 등을 진단 계측 할 수 있는 원격 계측 화상 로봇을 개발하며 설비물을 이동하여 특정 진단 부위를 촬영, 원격 전송할 수 있는 CCD 카메라가 내장된 원격 이동 계측용 로봇을 개발한다. 또한 초음파센서를 이용하여 로봇의 지능적인 동작을 할수 있도록 구성되어 있다. 로봇은 다중 원격 계측 통신 제어 시스템의 네트워크의 일부로 제어된다.

## II. 화상 계측 시스템 구성

본 연구에서 개발한 원격계측 화상로봇의 개발을 크게 로봇 제어 시스템과 Host PC에서의 MMIF로 구성되어 있다. 로봇 제어 시스템은 화상 장치, 무선 원격장치, 구동 장치의 회로구성 및 이를 제어하는 Firmware로 이루어져 있으며, VMMIF(Visual man machin interface)는 Host PC에서 영상데이터의 처리 및 User friendly 한 Human I/F를 위한 인체공학적 Joystick 제어, RF 통신제어 등을 위한 S/W프로그램으로 구성된다.

### 로봇 제어시스템

원격계측 화상 로봇은 구체적으로 다음과 같이 6개의 부분으로 이루어져 있다.

- (1) 16bit MPU를 이용한 주 제어부
- (2) DC모터를 이용한 2자유도 구동부 및 Amp 회로부
- (3) Stepping 모터를 이용한 2자유도 CCD Camera 구동부
- (4) 화상 및 데이터 통신용 RF I/F 통신 제어부
- (5) 센서회로 구동부
- (6) Battery를 이용한 전원 회로부

그림 1은 원격 계측 화상 로봇의 전체적인 구조를 나타내고 있다.

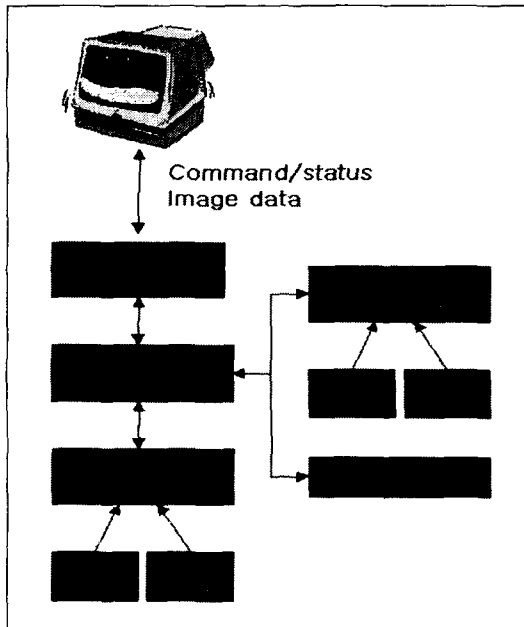


그림 1. 원격계측 화상로봇의 전체구조

Fig. 1 control structure of the proposed robot system

### 16bit MPU를 이용한 주 제어부

본 시스템은 Host Computer로써 600MHz급의 PC가 로봇의 화상 및 User I/F, Path planning등을 하며 로봇은 16bit MPU 80c196kc를 사용하여 2자유도 구동부인 2개의 DC 모터 제어, 2자유도 CCD 카메라 구동을 위한 Stepping 모터제어, 그리고 FSK 방식의 RF 통신을 이용한 센서데이터를 송신 및 명령어 송수신을 수행하는 바 기본 주기는 HSO를 이용하여 1ms를 기본 주기로 사용한다. Main Board에서는 우선적으로 무선 데이터를 기반으로 각각의 명령에 따라서 동작 하게 된다.

### DC모터를 이용한 2자유도 구동부 및 Amp회로부

DC 모터 구동부는 먼저 모터 구동부의 과전류 및 노이즈에 의한 Main 시스템의 다운을 방지 하기 위해서 전원 분리(Photo-Coupler)를 하였고 신호증폭을 위해서 Tr를 사용했다. 그리고 상단에는P-MOSFET(IRF9630)하단에는 N-MOSFET(IRF730)를 이용하여 H-Bridge를 형성하여 방향 제어(CW,CCW) 및 PWM 파에 의한 속도 제어를 할 수 있다.

표 1은 입력 signal에 의한 모터의 방향제어를 보여 주고 있다.

표 1. 입력 signal에 의한 모터의 방향제어

입력A	입력B	출력 방향
0	0	정지
0	1	Forward
1	0	Backward
1	1	정지

또한 두 개의 모터를 정속으로 유지하기 위해서 PI 자동제어 알고리즘을 적용하였다. PI제어는 H/W의 구성을 줄이기 위해 1개의 timer/counter를 사용하였는 바 HSO에서 1msec의 기본 주기를 활용하여 10msec timer interrupt를 걸어 사용하며 10msec를 교차로 두 바퀴의 제어를 교차적으로 제어하였다. 바퀴의 반지름은 6Cm정도이고 기어비는 16.6 : 1을 사용하였다.

DC모터를 제어하기 위하여 25V를 VDD로 하여 PWM으로 구동했으며 Duty비를 PI로 제어한다. 최고 속도는 약 40Cm/sec이다. 이러한 속도는 10msec주기를 교차로 사용하여 PI를 제어해도 무방한 속도로 사료되며 실험을 통해 정상적으로 작동됨을 보았다.

Stepping 모터를 이용한 2자유도 CCD Camera 구동부



그림 2. 2자유도 CCD 카메라의 모습  
Fig. 2 The developed CCD camera system with 2 d.o.f

Stepping 모터의 기능은 특정위치의 화상정보를 정확하게 보기 위해서 그리 2처럼 2자유도 구동을 할 수 있도록 설계되었다. 먼저 Driver 회로도의 특성은 L297과 SLA7024를 이용하여 2자유도에 대한 대각선 이동이 가능하다. CCD 카메라 제어하는 각도는 수평 방향 ±135°, 수직 방향 ±60° 까지 제어된다. Stepping 모터 제어를 위한 기본 주기는 HSO의 interrupt에서 발생하는 1msec를 Puls의 기본 주기로 사용한다.

화상 및 데이터 통신용 RF I/F 통신 제어부  
로봇을 구동하기 위한 원격 송/수신부는 447MHz의 특성소출력국용 주파수를 사용하는 모듈을 사용했다.(STR-400R) 이 모듈은 Half duplex 방식으로 4800bps로써 실외 500m까지 송/수신이 가능하다. 송/수신 Command protocol은 표 2와 같다.

표 2. 송/수신 Command Protocol

Head	Start	Command Data	End	Tail
0x02	'#'	"DF100100" "SAR040BU020" "YA120"	'!'	0x03

먼저 RF통신의 안정화를 위하여 preamble code로써 'U'(0x55)를 10번 보낸다. 그리고 Head의 0x02는 안정화된 데이터의 처음을 알리는 신호이고 Start의 '#'은 Command의 시작을 알리는 문자이다. End와 Tail도 마찬가지로 사용되며 Start와 End 사이의 Data가 명령문이다.

여기서 "DF100100"은 DC모터 명령을 위한 것으로써 DC모터를 Forward 방향으로 Right 모터 스피드 100 Left 모터 스피드 100으로 구동하는 것이다. 또한

"SAR040BU020"은 Stepping 모터를 Right 방향으로 40. Up으로 20. 움직이라는 것이고 "YA120"은 초음파 센서의 장애물과의 거리와 초음파 센서의 ID를 송신하는 형태를 보인다.

센서 회로 구동부

센서 구동부는 장애물 탐지를 위해서 초음파 센서(SRF-04)를 8개 사용했다. 이 초음파 센서의 특징으로는 감지 거리 3m 지향특성은 전방 30° 1번 동작하기 위한 최소 소요 시간 36msec이다. Sensor제어는 80c196kc에서 HSO를 55msec주기로 사용하여 초음파 센서의 입력을 주고 HSI(4개)를 이용하여 거리를검출하였다. 검출된 장애물에 대한 정보를 RF모듈을 이용하여 Host PC에 전송을 한 후 Host PC의 명령에 따르도록 설계되어 있다. 이로써 로봇의 전방에 대한 모든 장애물의 거리를 알 수 있으며 육안으로 살필 수 없는 장애물에 대한 지능적 동작을 수행한다.

아래의 그림 3은 초음파 센서에 의한 거리 산출을 보여주고 있다.

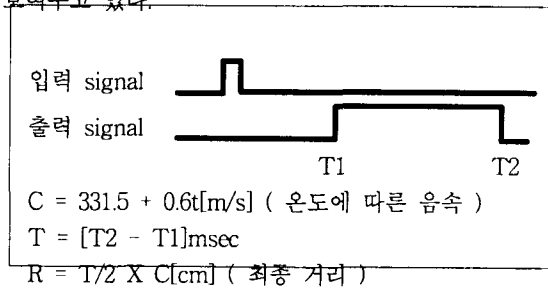


그림 3. 초음파 센서의 응답신호  
Fig.3 The response signal of ultra sensors

Host PC의 MNIF

Host PC에서의 VMMIF(Visual man machin interface)는 VC++로 구성되어 있으며 초당 15 frame의 Video display, Joystick 제어에 의한 로봇 명령어 생성, 명령어 및 센서 데이터의 RS-232 통신 등으로 이루어진다.

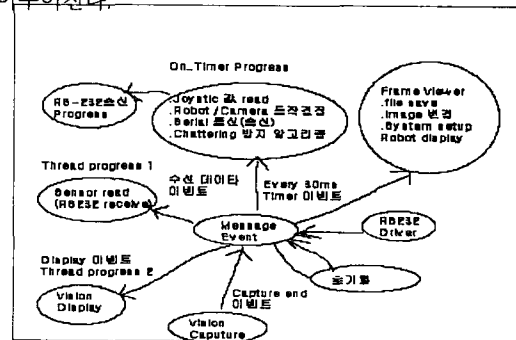


그림 4. S/W의 전체 구성도

Fig.4 A state diagram of the proposed algorithm

S/W의 전체 구성은 Capture board를 제어하는 device driver와 Win32 DLL 그리고 API 프로그램으로 구성되어 있는바, 기본적으로 message event 방식으로 되어있다.

우선 30ms를 주기로 Timer에 의한 message가 발생하여 On\_Timer progress를 Call하게 되며 USB통신에 의한 Joystic의 값을 read한다. 그리고 Joystic의 각도 및 값에 의하여 로봇 및 Camera의 동작값을 결정한다. 그리고 이를 RS232 송신 progress에 보내어 PC에 연결된 RF를 통하여 data를 송신한다. 그리고 Joystic button의 chattering 현상을 방지하기 위한 알고리즘도 내장되어 있다.

초기화 progress에서는 30ms마다 Timer interrupt를 걸어 parameter를 setting하고, file open 및 video progress를 초기화시킨다. 로봇에서의 초음파 센서 등의 센서 값은 RF를 통한 RS232로 받게되는데, 이는 송신 progress와 달리 임의시간에 data가 들어올 수 있으므로 polling 방식으로 처리하지 않고 thread progress를 통하여 처리한다. 처리된 수신 data는 frame view progress로 보내져서 Robot 주변의 장애물등을 표시한다.

화상 data의 수신은 NTSC 신호를 900 MHz의 RF 모듈을 통해 전송되며 이 신호는 Vision Capture progress에서 화상 Capture가 완성되면, thread progress인 vision display progress를 부르도록 message를 발생시킨다. 또, 필요시 또는 menu button down 등의 message가 발생시 Frame View progress가 call되어 파일저장, image의 contrast등의 변경, RS232 protocol등 parameter 변경, 키보드 데이터 송신, 그리고 Robot 모형 display등을 하게 된다.

Joystic에 의한 로봇제어 알고리즘

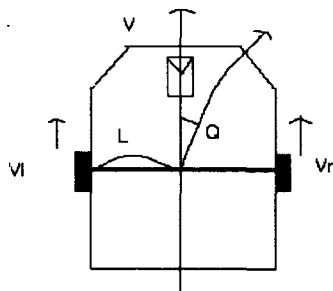


그림 5. 로봇의 구조

Fig. 5 A configuration of robot

그림 5에서처럼 로봇의 진행 속도를 V, 회전 속도를 Q, 송신될 좌. 우 바퀴의 속도를 각각 V<sub>L</sub>, V<sub>R</sub>, 바퀴의 반지름을 R, 로봇의 중심에서 바퀴까지의 거리를 L라고 하면,

$$V = (V_L + V_R)/2,$$

$$Q = (V_L - V_R)RL/2.이 성립한다.$$

이 두 관계식에서

$$V_L = V + KQ$$

$$V_R = V - KQ (K = 1/RL)를 구할 수 있다.$$

여기서 V, Q값은 조이스틱의 입력에 의해 다음과 같이 얻어진다.

$$V = \sqrt{(x^2 + y^2)}$$

$$Q = \tan^{-1}(y/x)$$

이처럼 조이스틱의 X-Y축의 각에 의해서 로봇이 동작하게 됨으로써 초보자도 쉽게 control할 수 있다. 또한 로봇의 속도는 축의 각에 의해서 좌우 모터의 속도가 결정된다.

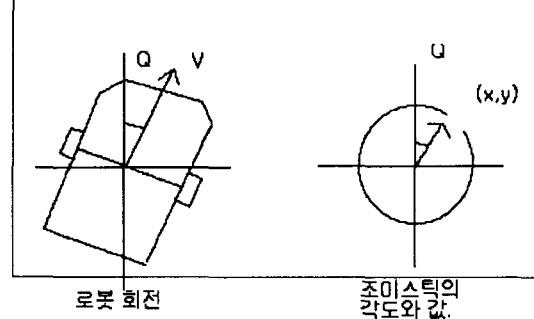


그림 6. 조이스틱에 의한 로봇의 구동

Fig. 6 A steering control mechanism of robot with joystick

III. 실험결과

그림 7은 로봇의 모습을 보이고 있고 크기는 50X60X55 [cm]이고 무게는 대략 60Kg이다. 그림 8의 화면에서는 주행중 capture된 모습이 Display 되고 있으며 Joystic에서 제어한 로봇의 모습이 그래픽처리되어있다. 또한 초음파 센서에 의해 로봇의 전방 180° 내의 장애물에 대한 거리가 표시됨으로써 로봇 주위의 많은 정보를 얻을 수 있었다. S/W는 VC++ 6.0으로 구성되어 있고 Win32 DLL을 사용하여 API응용 S/W를 구성 하였다. RF 데이터는 Serial 통신을 이용하였고 화면 Display는 Thread로 구성 되며 나머지는 Timer interrupt process, 그리고 Message event process로 구성 하였다. DC모터 Driver는 직접제작하

여 PCB화하였다. 그림 9은 주행실험 모습을 나타내고 있으며 실내 50m반경에서 성공적으로 실행 제어됨을 보이고 있다.

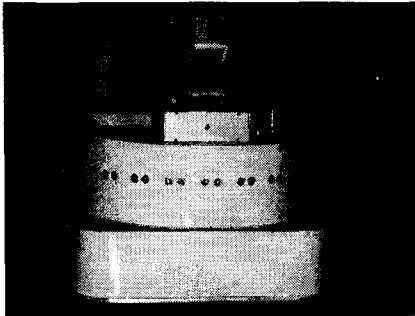


그림 7. 원격계측 화상 로봇  
Fig. 7 The developed remote controied measurement robot

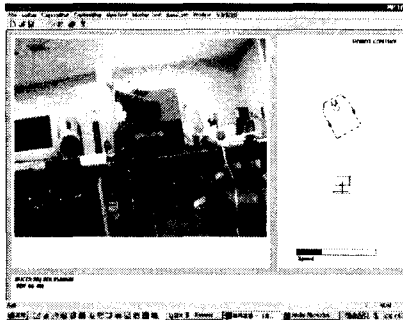


그림 8. Host Program의 실행 모습  
Fig. 8 A monitor display in host PC

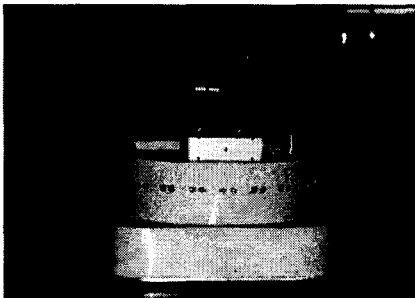


그림 9. 구현된 원격계측 화상로봇의 주행 모습  
Fig. 9 The developed robot working in indoor space.

이론구동 모바일 로봇 형태이며, 화상 카메라를 위한 구동 시스템도 2자유도를 갖추고 있다. 영상은 NTSC 신호를 900MHz로 통신하며 통신 영상의 화면은 640X480의 영상으로 화면의 filtering 기능을 갖추고 있어서 육안으로 확인이 어려운 부분도 쉽게 확인 및 저장 할 수 있다. 또한 전방 180° 범위에서 8개의 초음파 센서를 두어 이동시 장애물의 인식도 가능하다. 로봇의 조종은 인체공학적으로 설계된 조이스틱을 사용하여 초보자도 매우 쉽게 조종할 수 있도록 하였다.

### 참고문헌

- [1] R. D. Schraft et al., "Service robots: The appropriate level of automation and the role of users/operators in the task execution," Proc. Int'l Conf. on Systems Man and Cybernetics., Vol. 4, pp. 163-169, 1993.
- [2] S.S.Lee, J.S.Oh, Y.H.Choi and J.B.Park "A New Complete Coverage Navigation Algorithm of Autonomous Cleaning Robot in Unknown Environment," KIEE/IEEK/ICASE Journal of Joint Conference, Vol. 1,pp. 33-36, May. 2001.
- [3] Don Murray and Anup Basu, "Motion tracking with an active camera" , IEEE Transactions on Pattern Analysis and Machine Intelligence, 1994.
- [4] Richard R. Brooks and S.S.Iyengar, "Multi-Sensor Fusion : Fundamentals and Applications with Software", Prentice-Hall, Inc. 1998.
- [5] "magnetic Sensors Data Sheets", Solid State Electronics Center, Honeywell Inc, 1996.

### IV. 결 론

본 연구에서는 노화된 화학 공장이나 인간이 쉽게 접근 할 수 없는 근거리 시설물에서 활용할 수 있는 원격계측 화상 로봇을 개발하였다. 로봇의 시제품은