

대화식 무선통신 기능을 가진 이동로봇을 이용한 원격 탐색/감시 시스템의 개발

조성제*, 권용진

한국항공대학교 항공통신정보공학과

Development of Remote Surveillance System with Mobile Robot capable of Interactive Wireless Communication

Seong-Je Jo*, Yong-Jin Kwon

Dept. of Telecom. and Inform. Eng., Graduate School of Hankuk Aviation University

요 약

이동로봇에 통신기술을 결합하여 응용하려는 시도는 Tele-Robotics 라는 학문의 한 분야로 이미 국내외적으로 정착되고 있다. 초기에 Tele-Robotics · Tele-Operation 기술은 극한작업을 위해서만 사용되었으나, 최근에는 일상생활과 밀접한 다양한 분야로 그 응용분야를 넓혀가고 있다. 본 논문에서는 대화식 무선통신 기능을 가진 이동로봇을 제작하고 그와 통신할 수 있는 호스트 시스템을 구성하여 이동 로봇의 원격 제어, 원격리에서의 지형 탐색, 데이터 수집 기능 등을 구현함으로써 본격적인 원격 탐색 시스템 구축을 위한 기초 연구를 수행하였다.

1. 서론

로봇 혹은 이동로봇에 통신 기술 및 원격 조작 기술을 결합하여 응용하려는 시도는 Tele-Robotics 라는 학문의 한 분야로 이미 국내외적으로 정착되어 있다. 초기의 Tele-Robotics · Tele-Operation 기술은 우주, 원전, 해저 등에서의 극한 작업을 위해서 시작되었으나, 최근에는 보안, 감시, 일반 탐사를 비롯한 의료, 오락, 스포츠 등 서비스 복지 분야로 그 응용 범위를 넓혀가고 있다. 따라서 이 기술은 향후 통신, 로봇, 인공지능 등의 분야를 선도할 미래 기술이 될 것으로 예상된다[1][2].

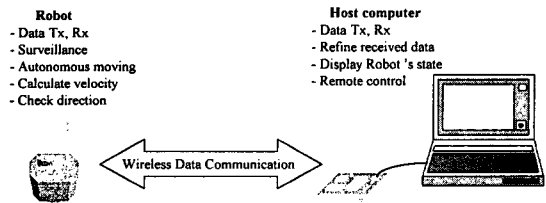
본 논문에서는 이동로봇을 사용하여 원격 탐색 시스템을 구현하였으며, 탐색에 사용되는 로봇의 이동성에 제약을 주지 않기 위해 무선 통신 방식을 사용하고, 이것에 의해 시스템의 효율성 증대 시켰다. 구현한 시스템은 무선통신 기능을 가진 이동로봇과, 그와 통신 할 수 있는 호스트 컴퓨터로 구성되어 있으며, 이를 사용해 기초적인 원격 탐색 작업을 수행할 수 있다. 호스트 컴퓨터와 로봇은 주고받는 데이터의 특성상 비동기적으로 통신을 하며, 로봇의 모든 움직임은 호스트로부터 전송되는 명령에 의해 제어된다. 로봇 내부에는 자율 이동, 호스트의 직접적인 이동 명령에 의한 이동, 이동 거리 및 방향 정보 전송, 수집한 외부 환경에 대한 데이터의 전송 등의 기능을 프로그램하여 내장하였다. 또한 호스트는 사용자에게 입력을 받아 명령어 데이터를 전송하고, 로봇으로부터 수신된 이동 상태 정보, 센서 정보 등을 적절히 가공하여 화면에 표시함으로써 로봇의 원격 제어와 함께 로봇 주변의 상황을 파악할 수 있도록 하였다.

먼저 2장에서는 구현한 시스템의 전체 구조와 설계 과정에 대해서 기술한다. 3장과 4장에서는 로봇과 호스트의 구조와 동작에 대해서 살펴보고, 5장에서는 이들 간의 데이터 통신에

대해서 설명한다. 최종 완성된 시스템 사용하여 시뮬레이션 한 결과를 6장에서 보이고 7장에서 종합적인 결론을 맺는다.

2. 시스템 개요

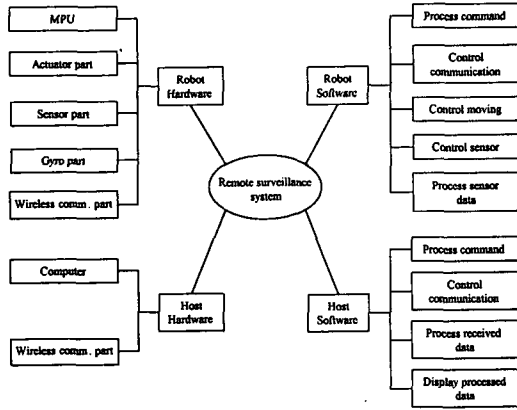
이동로봇을 사용한 원격 탐색이 가능하기 위해서는 로봇 자체에 외부환경에 대한 데이터를 수집하기 위한 센서와 이동거리 및 이동 방향을 측정하기 위한 센서 등이 장착되어야 하며, 호스트와 로봇간의 데이터 통신, 호스트에서의 로봇의 상태 및 주변환경에 대한 정보 표시 기능 등이 기본적으로 필요하다. 원격 탐색 위한 최소한의 기능을 [그림 1]에 나타내었으며, 이들 기능을 바탕으로 하여 전체 시스템을 제작하였다.



[그림 1] 전체 시스템 개념도

로봇과 호스트의 실제적인 구성은 크게 하드웨어 부분과 소프트웨어 부분으로 나눌 수 있으며, top-down 방식으로 설계한 후 제작하였다. 설계 과정의 첫 번째 단계는 전체 시스템의 기능을 정하는 일이다. 두 번째 단계로 그에 따라 필요한 하드웨어 및 이를 제어하기 위한 소프트웨어를 로봇과 호스트로 나

누어 설계하였다. 최종적으로 각 부분의 하드웨어를 제작하고 로봇은 제어 중심의 소프트웨어로, 호스트는 사용자의 콘솔 입력 처리와 수신 데이터의 처리, 표시 기능을 위주로 소프트웨어를 작성하였다. [그림 2] 이러한 방식으로 구현한 시스템의 실제 구조를 도시한 것이다.



[그림 2] 전체 시스템 구성도

호스트에서는 로봇으로 명령어 데이터를 전송할 수 있는데, 이것은 원격지로부터의 데이터 수집과 함께 로봇의 원격제어를 위한 것이다. 명령어는 로봇에서 호스트로의 데이터 전송, 자율 이동의 허가 및, 로봇의 수동 조작 기능을 수행하기 위한 최소한의 것으로 구성되어 있으며, 호스트 컴퓨터의 콘솔에서 사용자로부터 직접 입력받아 로봇으로 전송된다. [표 1]은 호스트에서 로봇 측으로 지시 가능한 명령과 그에 따른 호스트와 로봇의 동작이다.

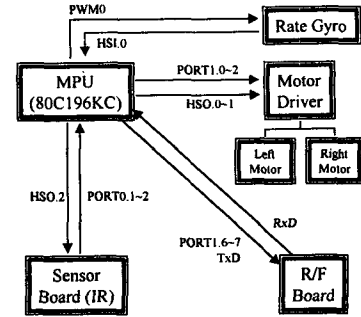
[표 1] 명령어와 기능

| 명령 | Host의 동작 | Robot의 동작 |
|----------------|--------------------------|------------------------|
| Forward | 명령어 데이터를 전송 | 직진 |
| Backward | 명령어 데이터를 전송 | 후진 |
| Turn Right | 명령어 데이터를 전송 | 오른쪽으로 90° 회전 |
| Turn Left | 명령어 데이터를 전송 | 왼쪽으로 90° 회전 |
| Stop | 명령어 데이터를 전송 | 정지, 자율이동 정지 |
| Tx Data | 명령어 데이터를 전송, Data를 수신 | 이동거리, 이동방향, 센서상태 등을 전송 |
| Stop Tx | 명령어 데이터를 전송, Data 수신을 멈춤 | 전송을 멈춤 |
| Ping | 명령어 데이터를 전송, Data를 수신 | 수신된 명령어를 다시 반송 |
| Autonomous Run | 명령어 데이터를 전송 | 내장된 프로그램에 의한 자율이동 |

3. Robot

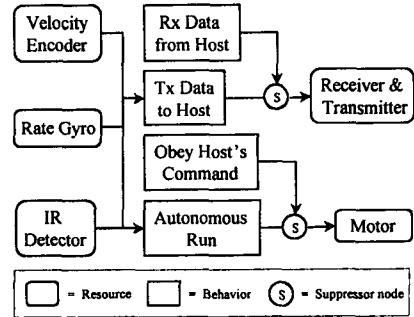
로봇은 이동거리 정보 추출의 용이성을 위해 wheel 방식으로 제작했으며, MPU는 Intel 사의 16 bit microcontroller인 80C196KC와 RAM, ROM, latch 등을 사용하여 구성하였다. MPU는 로봇을 구동하기 위한 대부분의 연산과 제어를 담당하며, 내장된 프로그램에 의해 주변 장치들을 적절히 관리한다. 로봇의 하드웨어 구조를 다음 [그림 3]에 block diagram으로 나타내었다.

원격 탐색을 위해서 로봇이 해야 하는 개략적인 기능을 진술 하였는데, 로봇의 소프트웨어는 구성된 하드웨어를 제어하고



[그림 3] 로봇의 하드웨어 구조

효율적으로 관리하여 그러한 기능들을 수행하여야 한다. 빠른 실행 속도를 위해 어셈블리어를 사용해 프로그램을 작성했으며, 효과적인 하드웨어 자원 사용과 자율이동시의 경로 계획을 위해 분산 실시간 제어와 센서 트리거 행동(sensor-triggered behaviors)을 결합한 포섭구조를 기초로 소프트웨어를 구성하였다[3]. 로봇의 여러 가지 기능들 중 가장 중요한 기능은 통신 기능이므로 다른 모든 작업을 보다 데이터 송수신을 우선적으로 처리하도록 했으며, 이를 위해서 Serial port Interrupt를 최상위로 설정하였다. 상위 단계에서 기술한 소프트웨어의 구조는 [그림 4]와 같다.

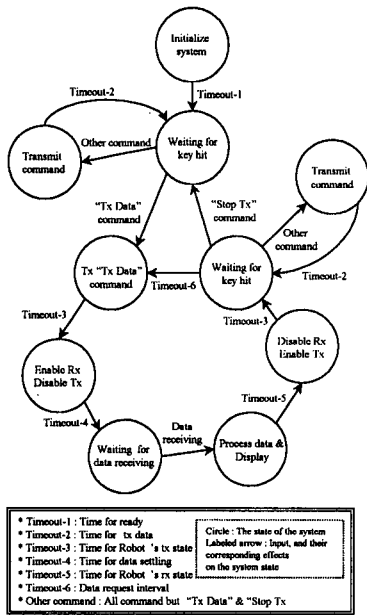


[그림 4] 로봇의 소프트웨어 구조

4. Host

호스트의 하드웨어는 컴퓨터와 RS-232C를 통해서 시리얼 케이블로 연결된 R/F 보드로 구성되어 있다. 호스트 컴퓨터의 화면에는 로봇이 수집한 자료들을 토대로 한 여러 가지 정보가 나타나며, 로봇의 움직임을 시각적으로 확인할 수 있다(그림 7 참고). 화면의 좌측에 로봇의 이동상태와 주위 장애물 정보를 시각적으로 나타내는 Indicator가 있다. 이 Indicator에는 로봇의 움직임에 따른 이동경로가 표시되고, 화면 우측에 총 이동거리와 출발점으로부터의 거리, 현재 이동 속도 등이 표시된다. 또한 로봇에 탑재된 센서의 상태를 확인할 수 있으며, 전송되어진 명령어는 화면 중앙 상단에 차례로 스크롤 되어 나타난다.

호스트의 소프트웨어는 데이터 송수신을 위한 직렬 포트 제어, 송수신 제어를 위한 병렬 포트 제어, 수신된 정보의 가공 및 가공된 정보의 표시등을 담당한다. 기능적인 측면에서 본 호스트의 소프트웨어 구조를 [그림 6]에 state diagram으로 나타내었다.



[그림 6] 호스트의 소프트웨어 구조

5. Communication

로봇과 호스트간의 통신은 기본적으로 RS-232C 인터페이스를 사용한다. 무선통신을 위해 사용한 R/F device와 RS-232C의 전기적 특성을 정합하기 위해 MAX232 driver를 사용하였으며, 통신을 설정 상태는 다음과 같다.

- 표준 비동기 통신 모드 ■ 38400 baud rate ■ 패리티 사용
- 프레임 구조 - Start bit : 1 Data bit : 8 Stop bit : 1

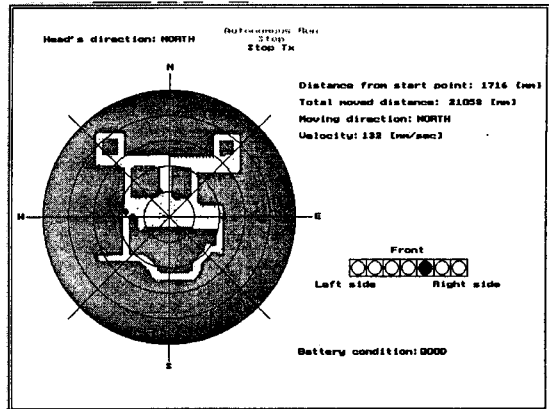
로봇과 호스트간의 통신에 사용한 비동기 통신 방식은 비교적 단순하고 구현하기 쉽다는 장점이 있으나 오버헤드(overhead)가 동기식 전송에 비해 높다는 단점이 있다[4]. 그러나 로봇과 호스트간에 송수신되는 데이터양은 초당 최대 5 바이트 정도로 많지 않으며, 따라서 비동기 통신 방식을 사용하는 것이 로봇과 호스트의 통신으로 인한 부하를 줄여 오히려 시스템 전체적으로 볼 때에는 더 유리하다. 본 논문에서 구현한 시스템은 통신만을 전용으로 하는 시스템들과는 달리 통신 이외에도 로봇측에서는 제어를, 호스트 측에서는 지속적인 화면 갱신 작업등을 수행하기 때문에 최소 단위의 기본 작업이 끝난 뒤 통신을 하는 방식으로 구성하였다. 실제로 전체적인 통신을 관리하는 것은 호스트이며, 로봇은 항상 수신 대기 상태에 있게 된다. 이 상태를 유지하면서 수신되는 명령어를 처리하고, 호스트가 데이터를 요구할 때에 한해서 송신을 한다. 표준 비동기 통신 모드에서는 근본적으로 full duplex 통신이 가능하지만, 사용한 R/F device가 half duplex이기 때문에 외부 포트를 이용한 송·수신 전환이 필요했다[7]. 또한 normally low 인 R/F device 와 normally high 인 표준 비동기 통신 모드의 데이터 형식의 차이점을 해결하기 위해 NOT operator를 사용하여 반전해서 보내고 반전해서 받는 형식으로 하드웨어를 구성했다. 이렇게 함으로써 start bit가 제대로 전송되도록 하여 데이터 전송 시 소프트웨어적으로 dummy byte를 보내지 않아도 오류 없는 통신이 이루어지도록 하였다.

호스트는 사용자로부터 "Tx Data"명령이 입력되면, 일단 로

봇에게 data request를 한번 한다. 그 이후로는 호스트의 소프트웨어 내부적으로 "Stop Tx" 명령이 내려질 때 까지 반복해서 data request를 하게 된다.

6. Simulation

구현한 시스템을 사용하여 6m×12m 크기의 사무실 환경을 탐색하는 화면이 [그림 7]에 나타나 있다. 그림 왼쪽의 indicator에는 로봇이 탐색한 경로와 장애물에 대한 정보가 나타나 있는데, 밝은 부분은 장애물이 없는 지역을 나타내고, 음영 부분은 미지영역을, + 부분은 장애물이 있는 부분을 나타낸다. 시뮬레이션 결과를 통하여 원거리에서의 개략적인 지형 파악이 가능함을 확인할 수 있었다.



[그림 7] 로봇이 탐색하고 있는 동안의 호스트 컴퓨터의 화면

7. 결론

본 연구에서는 무선통신 기능을 가진 이동로봇을 제작하고 그와 통신할 수 있는 호스트 시스템을 구성하여 이동 로봇의 원격 조작, 원거리에서의 지형 탐색, 데이터 수집 등을 구현함으로써 본격적인 원격 탐색 시스템 구축을 위한 기초 작업을 수행하였다.

영상 부분의 추가와 데이터 통신 능력의 확장, 실제 영역과 로봇이 스캔한 영역간의 오차에 대한 심도 있는 분석 등이 이루어진다면, 실무에 적용가능한 보다 유용한 시스템이 되리라 예상된다. 또한 본 연구를 기초로 하여 복수의 이동로봇을 기반으로 한 분산 데이터 처리 시스템에 대한 연구가 기대된다.

참고 문헌

- [1] <http://cdr.stanford.edu/Touch/exploration.html#future>.
- [2] <http://mywww.lgci.com/~kckoh/rep3.htm>
- [3] Rodney A. Brooks, A Robust Layered Control System for a Mobile Robot, IEEE Journal of Robotics and Automation, RA-2, pp. 14-23, 1985.
- [4] W. Stallings, "Data and Computer Communications", Macmillan, 1994.
- [5] IEEE Robotics & Automation Magazine, vol. 3, No. 4, pp.18-28, Dec. 1996.
- [6] Kweon I. S. and Kanade T, "High Resolution Terrain Map From Multiple Sensor Data", Proc. of IEEE Int. Workshop on Intelligent Robots and Systems, pp. 127-134, 1990.
- [7] BiM-433-F Datasheet, Radiometrix Ltd, 1997.
- [8] 80C196KC Datasheet, Intel Ltd, 1995