WPAN Platform과 레고 마인드스톰 NXT를 이용한 원격제어 로봇 개발에 대한 연구

이민철*, 송영호*, 이영철*, 김인환**,, 정구민***
*국민대학교 전자공학부, **SK 텔레콤 MD 개발 담당
***국민대학교 전자공학부 부교수/교신저자
e-mail:boru2mc@nate.com, syhf2000@nate.com, ihkim@sktelecom.com, gm1004@kookmin.ac.kr

A Study on Development of Remote Control Robot Using WPAN Platform and LEGO Mindstorms NXT

Min-Cheol Lee*, Young-Ho Song*, Young-Chul Lee*, In-Hwan Kim**, Gu-Min Jeong***
*School of Electrical Engineering, Kookmin University
**Mobile Device & Access Network R&D Office, SK Telecom, Korea
***School of Electrical Engineering, Kookmin University, Associate Professor/Corresponding Author

요 약

본 논문에서는 휴대폰과 LEGO Mindstorms NXT를 이용한 원격제어로봇 개발 모델을 제안하고 이를 기반으로 원격제어 로봇을 설계하였다. 제안하는 원격제어로봇 개발 방법은 LEGO Mindstorms NXT를 이용한 하드웨어 설계, 다양한 Tool을 이용한 소프트웨어 설계, Host System의 응용프로그램 개발로 구성되며, Host System으로는 WPAN Platform을 탑재한 휴대폰을, 통신 방식으로는 블루투스를 적용한다.

1. 서론

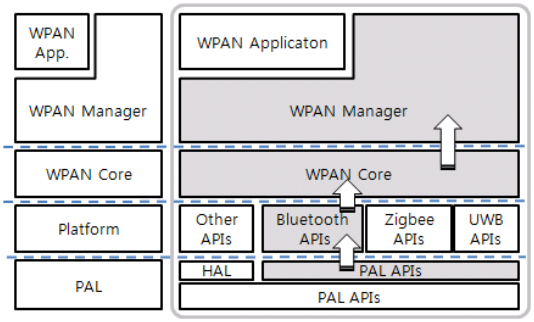
최근 로봇은 산업, 군사, 의료, 탐사, 가정, 엔터테인먼트 등 광범위한 분야에서 사용되고 있다. 이러한 로봇의 개발을 위해서는 로봇의 응용분야 및 목적에 따라 독립적인 하드웨어 와 소프트웨어의 설계가 요구된다. LEGO사에서 출시한 Mindstorms는 로봇 개발에 일반적으로 사용되는 요구사항을 만족할 뿐만 아니라 기존 LEGO 부품들과 완벽한 호환성을 갖추고 있다. 따라서 로봇 개발 시 하드웨어 제작에 대한 노력을 절감할 수 있으며, 로봇의 응용분야 및 목적에 관계없이 동일한 하드웨어 플랫폼을 이용할 수 있다.[1] 최근 이러한 장점을 이용하여 로봇에 대한 연구에 LEGO Mindstorms를 이용하는 사례가 증가하고 있다. 대만의 치아오텅 대학에서는 Mindstorms에 WebCam과 WLAN card를 장착하여 원격지를 탐색하고 Host PC에 영상정보를 전송하는 로봇을 구현하였다.[2] 울산대학교에서는 Mindstorms를 이용하여 다수의 이동로봇을 이용하여 넓은 범위를 효율적으로 탐색하는 군집로봇 시스템을 구현하였다.[3] 이러한 연구들은 알고리즘의 적절성 및 효율성을 파악하기 위한 연구로 하드웨어의 특성이 크게 고려되지 않는다는 특징이 있다.

또한 로봇의 경우 인간이 작업하기 부적합한 환경에서의 업무수행 능력이 요구되는 경우가 많이 존재하여 다양한 환경에서의 실험이 필요하다. 따라서 실험실과 같은 일반적인 환경이 아닌 다양한 환경에서의 실험이 필요한 경우 휴대성이 뛰어난 별도의 Host System을 구축하는 것이 바람직하다. 최근 SK Telecom에서 발표한 WPAN Platform은 개발자가 WPAN 테크놀로지에 대한 상세한 지식 없이도 개발이 가능하게 하여 휴대폰을 기반으로 다양한 WPAN 기술을 활용할 수 있게 한다.[4] 따라서 본 논문에서는 LEGO Mindstorms와 WPAN Platform을 탑재한 휴대폰을 이용한 로봇원격제어 개발 모델을 제안하고 이를 기반으로 원격제어로봇을 설계하였다.

2. 관련 연구

2.1 WPAN Platform

SK 텔레콤에서 최근 발표한 WPAN Platform은 다양한 Physical Layer에 동일한 어플리케이션 개발 환경을 제공한다. 또한 WPAN Platform은 개발자를 위해 WPAN API를 제공한다. 따라서 개발자는 cellular network API와 WPAN API 모두 사용하여 어플리케이션을 개발할 수 있다. WPAN API는 WPAN 테크놀로지에 대해 독립적인 개발이 가능하게 하여, 개발자가 WPAN 테크놀로지에 대한 상세한 지식 없이도 개발이 가능하다는 특징을 지닌다. WPAN Platform의 간단한 레이어 구조는 그림1과 같다.



(그림 1) WPAN Platform의 레이어 구조

현재 WPAN Platform은 블루투스 중심으로 설계되어 있으나 향후 Zigbee, UWB 등에도 Platform을 확대 적용해 나갈 계획이다.[5]

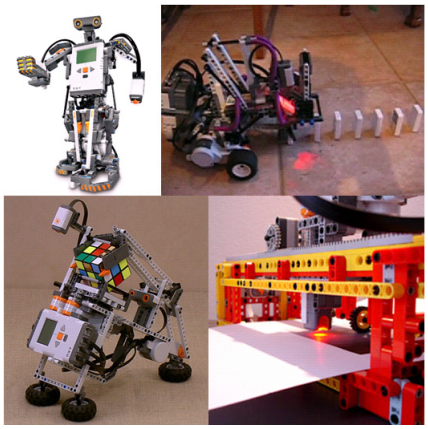
2.2 LEGO Mindstorms NXT

1998년에 LEGO 사에서 출시된 Mindstorms는 MIT 미디어랩과 10여 년간의 공동 연구로 개발되었다. Mindstorms는 1998년 출시된 RCX와 2006년 출시된 NXT가 있으며, NXT는 RCX에 비하여 향상된 ARM 기반의 임베디드 시스템이다. 본 연구에서 사용한 NXT는 로봇 설계를 위한 자율 이동형 플랫폼으로 표1과 같은 특징을 지닌다.

<표1> Hardware Specification for the NXT Brick

Main Processor	32-bit ARM7(Atmel)
Co-Processor	8-bit AVR(Atmel)
Memory	256KB Flash / 64KB RAM
Input	4 Ports(1-4)
Output	3 Ports(A-C)
Communication	Bluetooth v2.0+EDR - Supporting SPP USB 2.0(12Mbit/s)

입력 포트 및 출력 포트는 6핀 커넥터를 통해 다양한 센서 및 모터 등을 간단히 연결할 수 있으며, 초음파 센서, 광량 센서, 터치센서, 온도 센서 등을 지원하여 그림 2와 같이 목적에 맞는 다양한 하드웨어를 쉽게 구현 가능하다.

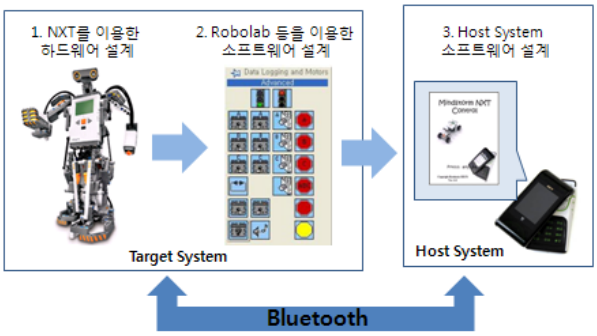


(그림 2) NXT를 이용한 하드웨어 설계

Mindstorms는 별도의 프로그램 없이 USB나 블루투스를 통하여 특정한 명령을 전송하여 지정된 동작을 행하게 하는 Direct Command를 지원한다. 또한 초보자도 접근하기 쉬운 Graphic 기반의 프로그래밍 환경을 제공하여 개발 목적뿐만 아니라 교육 목적으로도 활용된다.[6][7]

3. 원격제어로봇 개발 모델 제안

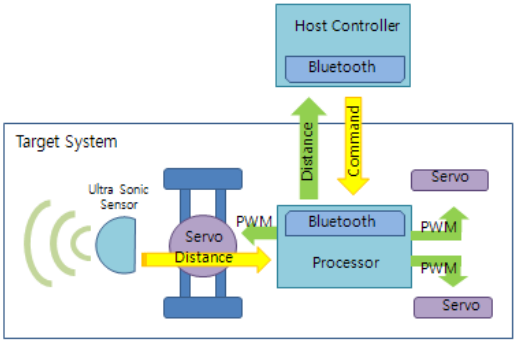
본 장에서는 우리가 제안하는 원격제어로봇 개발 모델을 소개 한다. 제안하는 모델은 다음과 같다.



(그림 3) 원격제어로봇 개발모델

먼저 그림 2의 1과 같이 Mindstorms NXT를 이용하여 하드웨어를 설계한다. 다양한 목적의 로봇에 대하여 동일한 하드웨어 플랫폼을 사용함으로서 하드웨어 설계에 대한 수고를 줄인다. 다음으로 그림2의 2와 같이 Robolab, NXC, LabVIEW toolkit for LEGO Mindstorms NXT 등을 활용하여 로봇의 소프트웨어를 제작한다.[8] NXT를 Direct Command로 제어할 경우 이 과정은 생략 가능하다. 마지막으로 로봇을 제어할 Host System을 설계한다. Host System은 다양한 환경에서의 실험이 가능하도록 휴대성과 범용성이 높은 휴대폰을 이용한다. 대다수의 휴대폰에는 블루투스가 탑재되어 있어, 통신을 위한 별도의 회로 구성없이 Mindstorms에 내장된 블루투스와의 통신이 가능하다.

본 논문에서는 이러한 개발 모델을 이용하여 원격제어 로봇을 구현하였다. 그림3은 구현한 모델의 구조를 나타낸다.



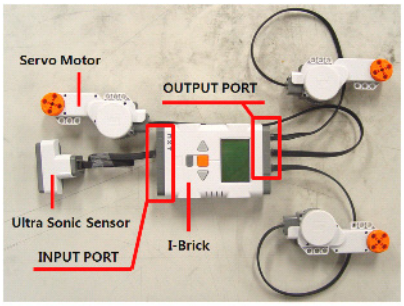
(그림 4) 원격제어 로봇 구조

로봇은 차량의 형태를 지니며 조향을 위한 1개의 Servo Motor와 구동을 위한 2개의 Servo Motor를 지닌다. 각 Motor는 연결된 포트에서 공급되는 PWM신호에

의해 제어된다. 로봇은 초음파센서를 탑재하여 장애물과의 거리를 파악하여 Host Controller에 보고한다. Host Controller는 로봇에 조향명령을 공급한다.

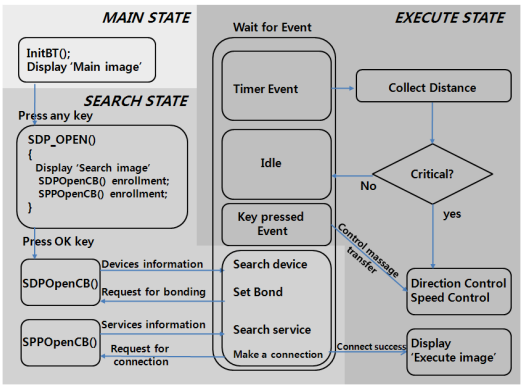
4. 휴대폰과 Mindstorms NXT를 이용한 원격제어 로봇 구현

본 장에서는 3장에서 제안한 모델의 구현에 대해 자세히 소개한다. 3장에서 소개한 절차에 따라 Mindstorms NXT를 이용하여 그림4와 같이 하드웨어를 구성하였다. 먼저 Processor 역할을 하는 Mindstorms NXT의 I-Brick을 중심으로 3개의 출력포트에 Servo Motor를 연결하였다. 그리고 거리 정보를 얻기 위해 입력포트에 초음파 센서를 연결하였다. Host System과의 통신을 위한 블루투스는 I-Brick에 내장되어 있으므로 별도의 하드웨어 구성이 필요하지 않다. 마지막으로 LEGO 블록을 이용하여 차량의 형태를 구현하였다.



(그림 5) 하드웨어 구성

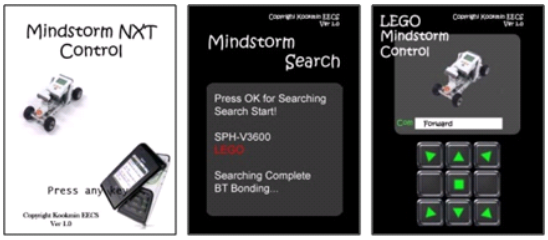
하드웨어 구성을 완료 후 NXT의 소프트웨어를 설계하여야 한다. 이 로봇의 경우 요구되는 동작이 복잡하지 않아 Direct Command를 이용하여 제어가 가능하다. 따라서 별도의 NXT 소프트웨어 설계는 생략하였다. 마지막으로 Host System의 응용프로그램을 작성하였다. 응용프로그램은 WIPI SDK를 이용하여 작성하였다. 응용프로그램의 구성은 그림 5와 같다.



(그림 6) 휴대폰 응용프로그램의 구조

응용프로그램은 초기화, 검색과 접속, 로봇의 제어순서로 이루어지며 각 상태에 따라 키패드의 입력이 다른 역할을 한다. 따라서 MAIN, SEARCH, EXECUTE의 3개 STATE를 두어 각 상태를 구분하였으며 응용프로그램 실행 시의 STATE는 MAIN STATE이다. MAIN STATE에서는 InitBT함수를 통해 블루투스를 초기화하고, 그림 6(가)의 화면이 표시된다. 사용자가 키를 입력하게 되면 SEARCH STATE로 전환되며 SDP_OPEN 함수가 실행된다. SDP_OPEN 함수는 그림 6(나)의 화면을 표시하고, 주변 블루투스 장치의 검색과 접속을 위한 SDP(Service Discovery Profile)와 SPP의 콜백함수를 등록한다. SDP_OPEN 함수 종료 후 사용자가 OK 키를 입력하게 되면 주변 블루투스 장치에 대한 검색을 시작한다.

(가) 메인화면 (나) 접속화면 (다) 실행화면



(그림 7) 휴대폰 응용프로그램의 실행 화면

SDPOpenCB함수를 통해 주변장치에 대한 기본 정보를 수집한 후, SPPOpenCB함수를 통해 SPP 접속을 시도한다. 접속이 성공적으로 완료되면 EXECUTE STATE로 전환되며 그림 6(다)의 화면을 표시한다. EXECUTE STATE에서는 로봇의 제어가 이루어진다. EXECUTE STATE에서는 1ms 주기의 Timer 이벤트가 발생한다. Event 발생 시 Direct Command를 이용하여 초음파 센서로부터 획득한 거리 정보를 수집한다. 만약 로봇과 장애물과의 거리가 기준치 이상이라면 로봇을 정지시킨다. 상기 과정을 통해 완성된 원격로봇제어 시스템은 그림 8과 같다.

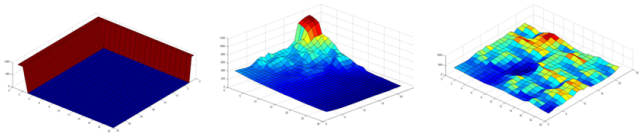
(그림 8) 원격로봇제어 시스템

5. 실험 및 결과

본 장에서는 4장에서 구현한 원격로봇제어 시스템을 이용하여 다양한 환경에서 실시한 주행 실험에 대해 소개한다. 실험과정은 다음과 같다. Host System인 휴대폰을 이용하여 로봇을 원격제어 한다. 로봇은 사용자의 명령에

따라 진행하며 전방의 장애물이 있을 경우, 사용자에게 이를 알리며 정지한다. 실험 환경은 실내, 산악 지형, 모래지역의 3가지를 선택하였다. 그림 9에 3가지 환경의 차이를 표현하였다.

(가) 실내 지역 (나) 산악 지형 (다) 모래 지역



(그림 9) 여러 가지 주행 환경

먼저 실내에서의 실험의 경우, 요구되는 동작을 이상적으로 수행함을 확인할 수 있었다. 두 번째로 산악 지형에서의 실험을 수행하였다. 산악지형의 경우 주행 중 전방에 장애물이 없는 상황에서 로봇이 정지하는 현상이 발생되었다. 이는 주행이 가능한 완만한 경사임에도 불구하고, 초음파 신호가 경사면에 반사되어 수신됨으로서 거리 계산에 오차가 발생하였다고 판단할 수 있다. 마지막으로 모래 지역에서의 실험을 수행하였다. 모래지역에서의 실험의 경우 실내에서 실험한 결과와 같이 요구되는 동작을 안정적으로 수행하였다. 그림 10은 3가지 환경에서의 주행 시험 모습을 나타낸다.

(가) 실내 지역 (나) 산악 지형 (다) 모래 지역

(그림 10) 여러 환경에서의 주행 시험

6. 결론

본 논문에서는 WPAN Platform이 탑재된 휴대폰과 LEGO Mindstorms NXT를 이용한 원격제어로봇 개발 모델을 제안하고 이를 기반으로 원격제어 로봇을 설계하였다. 제안하는 원격제어로봇 개발 방법은 LEGO Mindstorms를 이용한 하드웨어 설계, Robolab 등의 다양한 Tool을 이용한 소프트웨어 설계, Host System의 응용프로그램 개발로 구성된다. Host System으로는 WPAN Platform이 탑재된 휴대폰을, 통신 방식으로는 블루투스를 적용한다. 제안하는 방식으로 로봇원격제어 시스템을 설계한 결과 다음과 같은 이점을 얻을 수 있었다. LEGO Mindstorms를 이용하여 하드웨어를 설계함으로서 실험의 목적에 적합한 로봇을 손쉽게 구현할 수 있었다. 휴대폰을 Host System으로 하여 장소에 구애받지 않는 실험이 가능하였다. 또한 다양한 실험환경이 확보되어 고려하지 못한 상황에 대해 파악할 수 있었다. 마지막으로 WPAN Platform에서 제공하는 WPAN API를 활용하여 Mindstorms와 휴대폰간의 블루투스 통신을 손쉽게 제어할 수 있었다. 본 논문에서 제안한 원격제어로봇 개발 모델은 모터, 센서 등의 특성이 고정되어 하드웨어의 특성이 중요한 시스템 구현 시 적합하지 않다. 하지만 알고리즘의 성능 평가 등 하드웨어의 비중이 높지 않은 연구의 경우 하드웨어 설계의 비중을 크게 감소시킬 수 있으며, 개발기간을 단축시키며 다양한 환경에서의 실험을 가능하게 한다.

참고문헌

[1] Lego, "Lego mindstorms",http://mindstorms.lego.com/

[2] Yu-Chee Tseng, You-Cbiun Wang, Kai-Yang Cheng, Yao-Yu Hsieh, "iMouse: An Integrated Mobile Surveillance and Wireless Sensor System" IEEE JNL Computer Volume 40, Issue 6, pp. 60 - 66, June 2007

[3] 유영대, 장선아, 양재군, 박지현, 배재학 "교육용 소형 로봇을 이용한 군집로봇 시스템 구현", 한국정보과학회 2008 종합학술대회 논문집 제35권 제1호(C), 2008. 6, pp. 387 ~ 390

[4] In-Hwan Kim, Hoo-Jong Kim, Jong-Tae Ihm, Gu-Min Jeong, Ki-Dong Chung, "WPAN Platform Architecture and Application Design for Handset", Consumer Electronics, Jan, 2008

[5] In-Hwan Kim, Hoo-Jong Kim, Gu-Min Jeong, "WPAN Platform Design in Handset Integrating Cellular Network and Its Application to Mobile Games", Emerging Directions in Embedded and Ubiquitous Computing, Vol.4097, Page(s) 103-111, Aug, 2006

[6] David J. Barnes, "Teaching introductory Java through LEGO MINDSTORMS models", Proceedings of the 33rd SIGCSE technical symposium on Computer science education

[7] Sharad. S, "Introducing Embedded Design Concepts to Freshmen and Sophomore Engineering Students with LEGO MINDSTORMS NXT", IEEE International Conference on 3-4 June 2007 pp:119 - 120

[8] 공민식, 사공성태, 강현웅, "ARM 기반의 NXT를 이용한 지능형 로봇 시스템의 구현", 대한전자공학회 2008년 하계종합학술대회, 2008. 6, pp. 145 ~ 146