Journal of The Korea Society of Computer and Information
Vol. 20, No. 4, April 2015

www.ksci.re.kr
http://dx.doi.org/10.9708/jksci.2015.20.4.033

원격 제어 기능을 포함한 교육용 모바일 로봇 시스템의 설계 및 구현

정 중 수*, 정 광 욱**

A Design and Implementation of Educational Mobile Robot System including Remote Control Function

Joong-Soo Chung*, Kwang-Wook Jung**

요 약

본 논문에서는 원격 제어 기능을 갖는 교육용 로봇 시스템을 임베디드 환경에서 설계 및 구현하였다. 로봇 시스템의 기반이 되는 센싱 정보 처리와 소프트웨어 설계, 및 프로그래밍 실습 교육을 위한 템프릿 설계 기법을 제시하였다.

시스템의 개발 환경으로 CPU는 Cortex-M3 코어를 사용한 LPC1769 프로세서, 디버깅 환경은 LPCXPRESSO, 펌웨어 개발 언어는 C언어를, OS는 FreeRTOS를 사용하였다. 시스템 동작 과정은 무선 RF 통신을 이용하여 서버의 제어 명령을 수신하여, 교육용 로봇의 다양한 센서를 구동시킨다. 교육 과정으로는 로봇의 기본 동작 프로그램을 제공하여 실습생으로 하여금 컴파일 및 로딩이후 데모 동작을 우선 실행하도록 하였다. 이후 이의 데모 기능의 프로그래밍 기술을 교육하기 위해 단계별로 교육하도록 하였다. 로봇 동작과정에 대한 실습과 그에 대한 프로그래밍 기법이다. 또한 서버와 로봇 간 통신 기법은 RF 통신환경에서 독자적인 프로토콜이 설계되었고, 로봇 센싱 데이터 처리과정을 분석하여 만족할 만한 성능 처리 결과를 제시하였다.

▸ Keywords : 원격센싱; 원격제어; 교육용모바일로봇; 멀티타스킹; 임베디드 프로그래밍실습

Abstract

This paper presents the design and implementation of the educational remote controlled robot system including remote sensing in the embedded environment. The design of sensing information processing, software design and template design mechanism for the programming practice are introduced. LPC1769

•제1저자 : 정중수 •교신저자 : 정광욱
•투고일 : 2015. 2. 13, 심사일 : 2015. 3. 18, 게재확정일 : 2015. 4. 21.
* 국립안동대학교 공과대학 정보통신공학과 교수(Dept. of Information & Communication Engineering, Andong National University)
** 구미1대학 정보통신공학과 교수/(주)맨엔텔 대표이사(Dept. of Information & Communication Engineering, Kumi University / CEO of Man&tel Co, Ltd)
※ "이 논문은 2013년도 안동대학교 특별연구비에 의하여 연구되었음"

www.kci.go.kr

using Cortex-M3 core as CPU, LPCXPRESSO as debugging environment, C language as firmware development language and FreeRTOS as OS are used in development environment. The control command is received via RF communication by the server and the robot system which is operated by driving the various sensors. The educational procedure is from robot demo operation program as hands-on practice and then compiling, loading of the basic robot operation program, already supplied. Thereafter the verification is checked by using the basic robot operation to allow demo operation such as hands-on-training procedure. The original protocol is designed via RF communication between server and robot system, and the satisfied performance result is presented by analyzing the robot sensing data processing.

▸ Keywords : remote sensing; remote control; educational mobile robot; multi tasking; embedded programming practice

I. 서 론

최근 로봇에 대한 관심이 높아지면서 로봇에 부착된 다양한 센서 기술과 저속의 수십 미터 이내의 원격 제어가 주목받고 있다. 이 원격 제어 로봇 기술은 향후 산업 전반에 중추적인 기술로 확산된다. 원격 로봇 제어의 센싱을 위한 다양한 무선 개인영역 네트워크(WPAN) 기술이 수십 미터까지 무선 센서 네트워크 및 전자기기 제어에 주로 활용되고 있다[1][2][3][4]. 따라서 원격 센싱 기능을 갖는 로봇 제어 기술의 이해를 위한 프로그래밍 실습이 요구되고 있다. 그러나 원격 센싱 기능을 갖는 로봇 제어 기술을 이해하고 학습할 수 있는 교육용 장비는 부족하다.

기존의 국내 몇 개 회사("회사이름 거론은 온당치 않음")의 제품이 이미 출시되고 있다[5],[6],[7]. 이들은 다양한 센서와 센싱된 정보로 로봇을 제어하기 위한 교육용이나 연구용 모바일 로봇 플랫폼 구축과 데모 기반에 초점을 두고 있다. 즉, 교육을 위한 소프트웨어의 템플릿 구성으로 체계적인 교육방법의 접근이 부족하며, 이들의 성능 분석 결과 제시가 이루워지지 않고 있다.

본 논문에서는 모바일 로봇를 구성하는 시스템의 설계 및 구현[8]에 추가하여 이의 성능 검증을 수행하였다. 이의 교육용 기능으로 적용하기 위해 RF 통신 기술[9]로 다양한 센서[10] 정보에 근거한 로봇의 축이 되는 모터의[11] 원격 제어 기능의 설계 및 구현을 제시하였다. 즉, 원격 센싱 기능을 보유한 로봇 시스템의 제어 기법뿐만 아니라 임베디드 프로그래밍 기법을 교육하도록 소프트웨어 템플릿 시스템을 개발하여 교육용으로 활용 가능하도록 구현하였다. PC 서버(본 노문에서는 편의상 서버라도 칭함)에서 카메라를 부착하여 원격의 로봇이 움직이는 상태를 관찰하여 제어하도록 한다. 이때 로봇에는 다양한 센서를 부착하여 움직임을 원활하도록 한다.

하드웨어의 구성은 CPU로는 STM사의Cortex-M3 코어를 사용한 'NXP'사의 LPC1769를 사용하였다[12]. 디버깅 환경은 LPCXPRESSO[13], 펌웨어 개발 언어는 C언어, OS는 FreeRTOS[14]를 사용하였다.

센싱된 정보를 서버 PC와 통신을 위해 RF 통신을 사용하였다. 또한 원격에서 제어하는 서버의 소프트웨어 개발은 Visual C++를 사용하였다

본 논문의 구성은 II 장에서 교육용 원격 제어 로봇 시스템의 구조에 대하여 설명하였다. III 장에서는 본 논문에 제안한 교육용 원격 제어 로봇 시스템의 설계 및 구현을 서술하였다. IV 장에서는 제안한 시스템을 실제 환경에서 적용한 기능 점검 및 성능 분석을 기술하였다. 마지막으로 V 장에서는 본 연구의 결론과 향후 연구 방향에 대하여 간략히 기술하였다.

II. 교육용 모바일 로봇 시스템의 구성

원격 제어 기능을 구축한 교육용 모바일 로봇 시스템은 그림 1과 같이 로봇 본체, 카메라 및 서버 기능의 PC로 구성된다. 이를 구동시키는 소프트웨어는 서버 프로그램과 로봇 본

www.kci.go.kr

체에 로딩되는 임베디드 프로그램이 있다.

그림 1. 원격 제어 로봇 시스템의 구성
Fig. 1. Structure of remote control robot

로봇 본체에 장착된 센서로는 적외선 센서, 초음파 센서, 가속도 센서, 자이로 센서, 지자기 센서, 모터 센서가 있다. 로봇의 동작은 PC 서버의 명령에 의해 주행하게 되며, 주행 상태는 카메라를 통해 PC 서버의 화면에 디스플레이된다. 즉, 로봇은 주행하면서 PC에 접속된 카메라를 통해 자신에 근접한 장애물 등을 인지한다. 로봇은 자신의 주행 상태 점검을 위해 자신에 부착된 센서의 센싱 정보를 읽는다. 이때 센싱값에 해당하는 정보를 데이터 테이블에 기록되며, 서버는 RF 통신을 통해 기록된 정보를 수신하여 해석한다.

이러한 과정을 이해한 실습생들은 다양한 센서의 동작 프로그램을 참고하여 개발된 소프트웨어 템플릿을 활용하여 데이터를 목적에 맞게 수정하여 프로그래밍 실습도 가능하도록 설계하였다. 실습한 프로그램은 컴파일 후 로봇에 로딩하여 정상 동작하는지 검증하도록 하였다.

III. 시스템 설계 및 구현

1. 설계 개념

본 논문에서 구현한 시스템은 크게 하드웨어와 소프트웨어 부분으로 나눌 수 있다. 그림 1 의 로봇 하드웨어의 부분은 그림 2와 같이 CPU부, 각종 센서 부, 전원부, 모니터링부, RF 통신부로 구성된다.

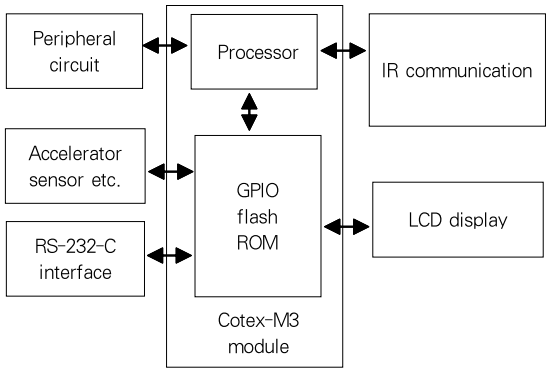

그림 2. 로봇 본체 하드웨어 구조
Fig. 2. Hardware Architecture of Robot System

로봇에 접속된 다양한 센서들의 정보를 읽기 위해서 로봇과 카메라간 RF 접속 후 서버에서 로봇으로 센싱 정보 읽기 명령을 입력시킨다. 이후 입력된 정보가 정상적으로 처리되는지 읽어보는 과정으로 정보를 헥사값으로 서버 화면에 디스플레이하여 기능 점검을 수행한다.

2. 소프트웨어 설계

로봇 시스템의 소프트웨어는 하드웨어에 로딩하기 위한 펌웨어와 IR 무선으로 로봇과 접속된 서버 프로그램으로 구성된다. 서버와 로봇 시스템은 미들웨어 통신 규약을 준수하며 이는 독자적으로 통신 규약을 정의하여 처리하였다.

로봇 본체의 소프트웨어 설계는 센싱한 정보 처리와 서버와의 센싱 정보의 송·수신 과정으로 설계하였다. 교육 과정으로는 다양한 센싱 정보의 처리와 서버와 통신시 프로토콜 흐름과 그에 따른 펌웨어 프로그램 구조를 분석하고 이와같이 작성하도록 템플릿상에서 실습한다. 또한 서버 없이 하이퍼터미널을 로봇 시스템에 접속하여 시스템의 센싱 정보를 개발된 소프트웨어 템플릿을 활용하여 데이터를 목적에 맞게 수정하여 프로그램밍하고, 컴파일 후 로봇에 로딩하여 정상 동작하는지 검증하도록 하였다.

2.1 서버의 소프트웨어 구조

본 논문에 소개되는 서버는 로봇 시스템을 제어하기 위해 로봇 시스템과 카메라를 통한 RF 통신을 수행한다. 서버 PC의 소프트웨어는 Visual C++를 사용하여 다이얼로그 베이스로 그림 3과 같이 설계하였다.

www.kci.go.kr

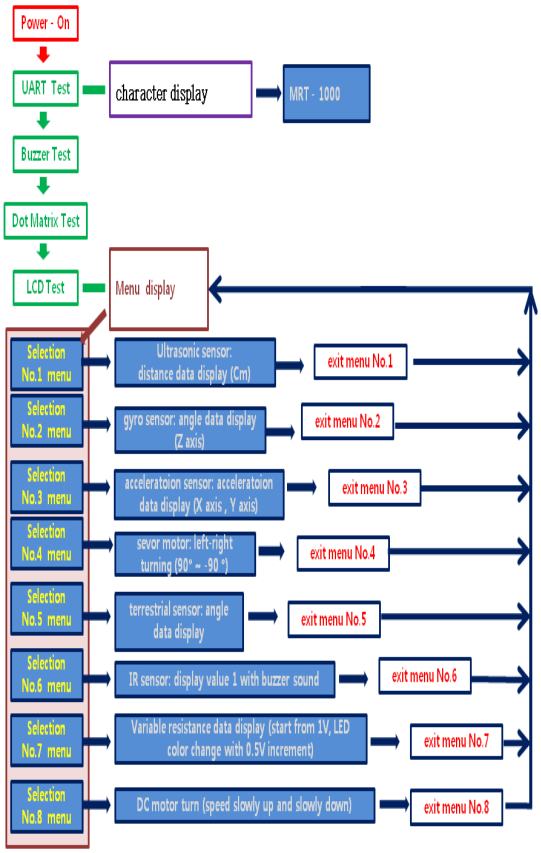

그림 3. UI 시스템의 구조
Fig. 3. Structure of UI system

로봇 시스템의 구동은 서버 프로그램의 UI 구조의 다이어그램을 작동시켜 이동시킨다. 로봇 이동에 관련된 각종 센서 및 모터에 대해 메뉴 번호를 부여하였다. UI 해당 메뉴값을 선택하면 그 메뉴에 해당하는 서버 프로그램의 동작에 의해 원격 접속된 로봇의 센서 값을 서버 화면에 출력되는 과정은 다음과 같다.

1) 로봇과 카메라간 RF 접속 후 서버에서 로봇으로 Read(센싱 정보 읽기) 명령을 입력시킨다.
2) Read 명령을 수신한 카메라는 로봇 시스템으로 정보 일기 명령을 전달한다.
3) 로봇은 자신의 데이터 테이블에 저장된 각종 센서 값을 카메라를 통해 서버에 전달한다.

2.2 로봇 시스템의 소프트웨어 구조

2.2.1 로봇 시스템의 인터페이스 구조

서버로부터 수신된 Read 기능 처리를 전달받아 로봇 시스템의 센싱 종류와 센싱값을 PC로 전달하는 기능을 수행하며 그 구성도는 그림 4와 같다.

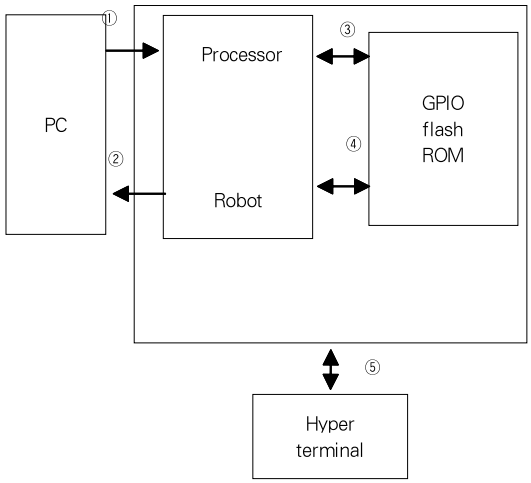

그림 4.소프트웨어 처리 구조
Fig. 4. Structure of software processing

로봇 시스템의의 동작과정을 살펴보면 다음과 같다. 그림의 ①, ②, ③, ④, ⑤는 각 기능 간 시그널 전달을 의미한다.

①, ②는 서버와 패킷 송·수신 시 호출되는 프리미티브로 ①은 서버로부터 로봇의 센싱 정보를 읽기 위한 명령패킷 수신 처리부로 일반적인 형식은 rx(uchar *ptr, uint len)이다. *ptr는 정보를 전달하는 데이터의 시작주소이고, len은 그 정보의 길이이다. ②는 tx(uchar *ptr, uint len)이며, ①에 대한 로봇 센싱정보를 전달하는 응답패킷 송신처리 과정이다. ③은 ①에서 명령 패킷 수신 시 명령 정보의 분석후 해당 센서를 찾아 그 값을 읽어 ④로서 전달한다.

⑤는 서버 없이 하이퍼 터미널을 로봇 시스템에 접속하여 로봇 시스템의 센싱 정보를 읽는 기능을 한다. 또한 하이퍼 터미널을 통해 펌웨어의 프로그램 수정, 컴파일, 디버깅 및 로딩을 수행한다. ①, ②의 정보전달 시 사용되는 독자적인 프로토콜은 표 1 및 표 2와 같다. PC로부터 로봇에 전달하는 명령의 내용은 표1과 같이 64 바이트 배열을 이용한다. 그 구성은 PC로부터 로봇에 전달되는 내용, 통신용도, 길이로 구성되며 간단한 내용은 다음과 같다.

- 20, 21번째 바이트 값: 1은 DC 모터의 우측 이동

www.kci.go.kr

2는 DC 모터의 좌측 이동
3은 서보 모터의 상하 이동

- 0~19 바이트 값: 20, 21번째 바이트 값에 대한 해당 모터의 움직여야 하는 단위

표 1. PC에서 로봇으로 전달되는 정보의 내용
Table. 1. Contents transmitted from PC to robot

drcdata [64] Array element No.	Contents
0 ~ 19	Contents transmitted from PC to ROBOT (User dependent)
20 ~ 21	Usage for Communication
22	Length of Contents transmitted from PC to ROBOT (Unit: BYTE Minimum Length : 0 , Maximum Length : 20 bytes)
23 ~ 63	Usage for Communication

표 2는 로봇에서 PC 방향으로 전달되는 30 바이트 배열을 이용하며 그 설명은 표 1과 유사함으로 생략한다.

표 2. 로봇에서 PC로 전달되는 정보의 내용
Table. 2. Contents transmitted from robot to PC

sensordata[30] Array element No.	Contents
0 ~ 19	Contents transmitted from ROBOT to PC (Length equals to the transmitted data from ROBOT to PC via Serial Communication)
20 ~ 21	Usage for Communication

2.2.2 로봇 시스템의 펌웨어

펌웨어는 FreeRTOS를 OS로 채택하였으므로 제어를 위한 응용 프로그램 구동은 멀티 타스킹으로 처리된다. 그림 5에서 FreeRTOS로부터 타스크가 호출되면 센서나 모터등의 로봇에 부착된 기기에 대한 응용 프로그램을 구동한다. 이때 FreeRTOS는 응용 프로그램의 Main.c를 호출하여 해당하는 IR 센서에 해당하는 IRSensor.c, MC 모터에 해당하는 DCMotor.c 등의 프로그램을 구동한다.

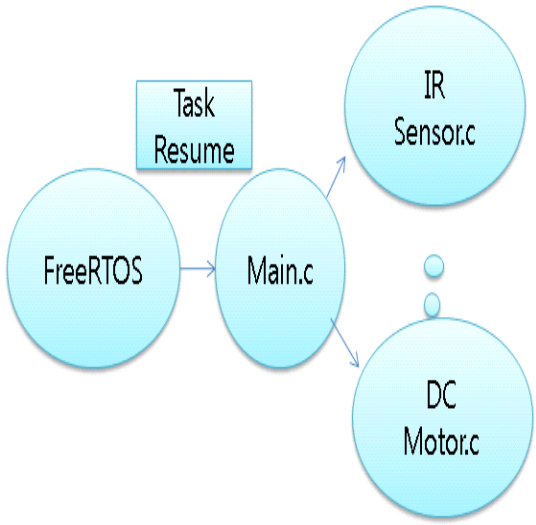

그림 5. 응용 프로그램 구조
Fig. 5. Application Program Structure

IV. 시스템 기능점검 및 성능분석

개발된 시스템의 기능 점검은 서버 제어에 의한 동작과정과 하이퍼터미널 접속에 의한 동작과정 점검이 있다.

1. 서버에서의 점검

서버는 단순히 로봇의 정상 수행과정을 점검한다. 로봇이 정상적인 주행을 하기 위해 여러가지 모드 형태로 동작시킨다. 구동 화면은 동작 상태에 따른 동작 메뉴, 로봇이 촬영한 영상, JoyStick과 로봇을 동작시키려는 동작버튼으로 구성된다. 동작과정은 수동모드와 자동모드가 있으나 여기서는 편의상 수동모드에 대해서만 서술하였다. 환경설정과 동작과정은 다음과 같다.

PC에서 수동(MANUAL)모드로 설정하는 과정은 그림 6과 같이 로봇의 동작 메뉴의 콤보 박스에서 MANNUAL을 선택한다.

이후 롯봇의 전원을 가한 후 이를 움직이는 동작방법은 아래와 같이 두가지이다.

- JoyStick는 중간에 동그란 노란색을 마우스로 클릭 후 드래그하면 드래그한 방향으로 로봇이 움직인다.
- 동작버튼중 전후좌우 버튼을 클릭하여 로봇을 원하는 방향으로 움직인다. 이후 STOP 버튼에 의해 정지한다.

www.kci.go.kr

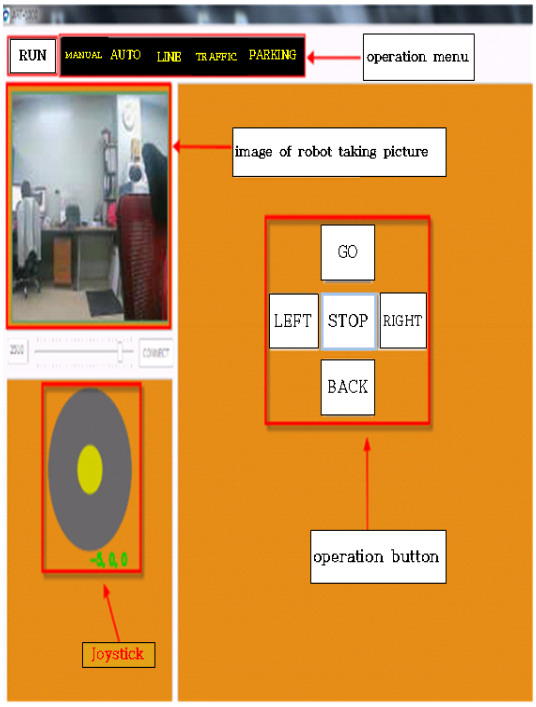

그림 6. 서버에서의 동작 점검
Fig. 6. Verification of server operation

2. 하이퍼 터미널에 의한 점검

하이퍼터미널을 로봇 시스템에 접속하여 처리되는 소프트웨어의 초기 화면구조는 그림 7과 같다. 시스템이 구동하면 각종 센서를 선택하여 선택된 센서의 센싱된 값을 LCD 화면에 출력하도록 하였다.

그림. 7 LCD 초기화면
Fig. 7. LCD initial display

다양한 센서중 적외선 센서 데이터 처리 과정은 그림 8과 같다. 나머지 센서의 동작 점검 과정도 동일하게 처리된다.

- 적외선 센서 데이터는 그림 2의 설계에 의해 메뉴 6번 항목인 IR을 선택한다.
- 적외선 센서를 누르면 센서값을 감지하여 LCD로 전달한다. 이때 센서값은 누룰때마다 "1"씩 증가한다.
- 손가락으로 가리면 카운터가 더 이상 증가 하지 않고 손가락을 때면 카운터가 증가한다.

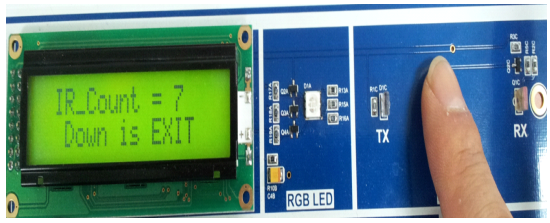

그림 8. 적외선 세서 동작 및 처리 과정
Fig. 8. Operation and Procedure of IR Sensor

3. 성능분석

다양한 센서로 구성된 원격 제어 로봇 교육용 시스템의 개발 이후 성능파악이 매우 중요하다. 여러 가지 성능 파악중 핵심이 되는 로봇 시스템이 주행을 살펴보자. 이는 센싱정보를 처리하는 시간이 로봇이 얼마나 민첩하게 주행하는가 하는 척도의 파라메터이다.

로봇 시스템이 주행하기 위한 필요한 센싱 정보는 자이로 센서, 가속도 센서, 모터센서에서 취득하는 정보이며, 이들 분석 후 다음방향을 선택하게 된다. 센싱정보 처리는 센서종류가 달라도 그 처리시간은 거의 동일하다.

로봇 동작의 성능 분석을 위한 중요한 파라메터의 처리값은 다음과 같다.

센싱 정보를 읽는 명령 프리미티브 처리 시간 : 3㎳
센싱 정보를 읽는 응답 프리미티브 처리 시간 : 2㎳
프리미티브 구동시 FreeRTOS 처리 시간 : 20㎳
명령/응답 분석시간 = 3㎳

로봇이 한 개의 동작 변화를 일으키는데 소요되는 시간을 성능 관점에서 살펴보자. 센싱 정보 처리를 위해 PC로부터 로봇으로 전달되는 명령과 그 반대의 응답과 프리미티브 처리 시간, 이의 분석 시간, OS 처리시간이 소모된다. 또 로봇이 한 개의 동작 변화를 일으키는데 자이로 센서, 가속도 센서, 모터센서가 사용된다. 따라서 한 개의 동작 변화 소요 시간은

www.kci.go.kr

다음과 같다.

(센싱 정보를 읽는 명령 프리미티브 처리 시간 + 센싱 정보를 읽는 응답 프리미티브 처리 시간 + 프리미티브 구동시 FreeRTOS 처리 시간 + 명령/응답 분석시간) *3 (3개의 센서 구동) 이므로 (3+2+20+3)*3 ms이다.

즉, 로봇 시스템이 주행을 위한 명령 처리 시간이 84ms이다. 이는 초당 약 10개의 명령 처리가 가능함을 의미한다. 따라서 로봇이 주행을 위하여 어떤 행위 처리 시 교육용으로서의 성능은 충분히 만족한다.

V. 결론 및 향후 연구

본 논문에서는 모바일 원격제어 로봇의 주행 및 제어기술을 교육하는 로봇 시스템을 설계하였다. 설계된 시스템은 원격으로 제어하는 과정과 하이퍼터미널로 직접 접속하여 로봇에 부착된 다양한 센서의 실시간 데이터를 이용하여 프로그래밍, 로딩 및 검증 실습이 가능하도록 템플릿을 설계하였고 그 기법을 구체적으로 제시하였다.

로봇 시스템 하드웨어의 구성은 CPU는 Cortex-M3 코어를 사용한 'NXP'사의 LPC1769를 사용하였고, 센서는 자이로 센서, 가속도 센서, 모터센서가 사용되었으며, Visual C++ 언어를 사용하여 로봇 시스템을 제어하는 서버 소프트웨어를 설계하였다.

또한 이의 검증을 위해 로봇시스템을 하이퍼터미널에 접속하거나 RF 통신으로 서버에서 처리되는 과정을 살펴보았다. 아울러 로봇 시스템이 주행을 위한 명령 처리 시간이 84ms로 초당 약 10개의 명령 처리가 가능하다. 이는 교육용으로서의 성능을 충분히 만족할 만한 결과를 얻었다.

향후 본 논문에서 제시된 원격 교육용 모바일제어 로봇 설계를 바탕으로 의료용, 재난구호용 등 첨단 산업용 로봇이 설계되어야 할 것이다.

REFERENCES

〔1〕 http://www.ZigBee.org

〔2〕 Park, Sun-Jin, Chung, Joong-Soo, "A Study on Characteristics of an IR Sensor with Bluetooth Technology ", Journal of Information and Security on Korea Information Assurance Society, Vol. 6, No. 3. pp. 79-86. September, 2006.

〔3〕 Park, Sun-Jin, Chung, Joong-Soo, "A Study on Characteristics of an Terrestrial Magnetism Sensor with Bluetooth Technology ", Journal of Information and Security on Korea Information Assurance Society, Vol. 6, No. 3. pp. 38-47. September, 2006.

〔4〕 Hanbaek, "Ubiquituos Sensor Network System using ZigbeX," 2007.

〔5〕 http://www.hybus.co.kr/products/Robotics

〔6〕 http://www.huins.com/products/Robotics

〔7〕 http://www.manntel.com/products/Robotics

〔8〕 Chung, Joong-Soo, "A Design and Implementation of Educational Robot System including Remote Sensing Function", UCWIT2014 , pp.. 135-138, KISS. 2014

〔9〕 ITU, Recommendation ITU-R BS.450-3 : "Transmission Standards for FM Sound Broadcasting", 2009.

〔10〕 Terrestrial Magnetism Sensor Module (P0-AMI-16-01), "http://www.devicemart.co.kr/

〔11〕 Servor Motor Module (HS-311), " "http://www.devicemart.co.kr/

〔12〕 http://www.STMM.com/product/LPC1769 Cortex-M3 core

〔13〕 http://lpcxpresso.code-red-tech.com/LPCXpresso/

〔14〕 http://www.freertos.org/

www.kci.go.kr

저 자 소 개

정 중 수

1981: 영남대학교
전자공학과(학사)
1983: 연세대학교
전자공학과(석사)
1993: 연세대학교
전자공학과(박사)
1983~994: ETRI연구원, 선임연구원
1987~989: 벨지움 Alcal/
Bell Tele-phone사
객원연구원
2000~001: 미국 UMASS/Lowell
전산학과 객원교수
1994~현재: 국립 안동대학교
공과대학정보통신공학과
교수
관심분야 : 컴퓨터 네트워크,
인터넷통신, 이동인테넷통신
Email : jschung@andong.ac.kr

정 광 욱

1982: 경북대학교
전자공학과(학사)
1984: 경북대학교
전자공학과(석사)
1984~1992: 삼성전자 책임연구원
1996: 경북대학교
전자공학과(박사)
1992~현재: 구미대학교
정보통신공학과 교수
2000~현재: (주)맨엔텔 대표
2011~현재: (주)맨엔헬스 대표
관심분야 : 무선통신, IT-의료융합기기
Email : kwjung@kumi.ac.kr

www.kci.go.kr