

임베디드 디바이스에 기반한 이동로봇의 터치기반 원격제어

論 文
10-2-3

Touch-based Remote Control of Mobile Robot based on Embedded Device

노 준 호, 황 유 건, 서 용 호*, 양 태 규

Joon-Ho No, Yu-Gun Hwang, Yong-Ho Seo, and Tae-Kyu Yang

Abstract

Embedded device that can support mobile computing environment has been popular recently. In this study, we propose a new robot application based on embedded device to control a mobile robot using a touch-based remote interface with information display of robot trajectory and sensors. We developed the robot application using Microsoft's .Net Compact Framework and Zigbee data communication with Windows CE kernel based embedded device. In experiment, we evaluated the feasibility and the effectiveness of the proposed system by showing a remote robot control using touch interface and a information display of the robot.

Keywords : embedded device, mobile robot, remote control, zigbee data communication

I. 서 론

최근 임베디드 디바이스의 급속한 발전으로 과거 PC에서 가능했던 여러 소프트웨어 기능들이 임베디드 환경에서 가능하게 되었다. 임베디드 디바이스는 특정 제품이나 솔루션에서 주어진 작업을 수행할 수 있도록 탑재되는 내장형 솔루션 혹은 시스템으로서 마이크로프로세서를 내장해 특정 기능을 수행하는 장치, 즉 컴퓨터의 하드웨어와 소프트웨어가 조합된 장치를 의미한다. 이러한 특징들로 인해 특정 작업을 수행하는 로봇 제어에 있어 임베디드 디바이스를 적용하는 사례들이 많아지고 있다 [1].

하지만 PC에 비해 경량화, 소형화가 된 임베디드 환경은 사용자의 조작성에 있어 단점이 있다. 입출력 장치의 소형화로 인해 사용자는 PC에 비

해 제약된 환경에서 작업을 수행하게 된다. 이러한 문제점을 보완하기 위해 임베디드 디바이스는 터치 인터페이스를 주로 사용하게 되었다. 터치 인터페이스는 조작이 쉽고 직관적이기 때문에 사용자들이 따로 학습할 필요가 없고 상호작용이 간단하고 빠르며, 넓은 디스플레이 영역의 확보가 가능하게 하는 장점을 가지고 있다 [2-3].

따라서 본 논문은 임베디드 디바이스가 PC를 대신해 로봇의 제어가 가능함을 보여주기 위해 임베디드 디바이스를 탑재한 이동로봇과 지그비를 이용한 이동로봇의 원격 제어를 위한 터치 인터페이스를 구현하였다. 또한 로봇과 사용자의 상호작용을 돕기 위해 로봇이 움직인 이동경로와 로봇 내부의 센서정보를 화면에 출력하는 보다 개선된 임베디드 환경을 위한 로봇 제어 및 표시 인터페이스를 제안하였다.

접수일자 : 2011년 03월 30일
심사일자 : 2011년 05월 17일
수락일자 : 2011년 06월 24일
*교신저자, E-mail : yhseo@mokwon.ac.kr

II. 임베디드 디바이스기반 이동로봇 제어환경

본 논문에서는 이동로봇 제어 인터페이스의 연구 및 실험을 위해 유진로봇의 X-BOT을 사용하여 아래의 그림 1과 같은 제어환경을 구성하였다.

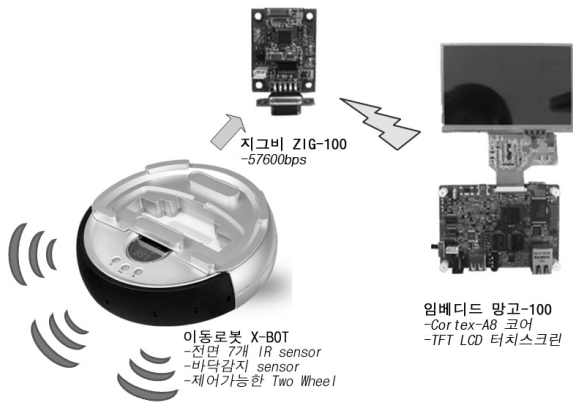


그림 1. 임베디드 디바이스기반 이동로봇 제어환경 구성
Fig. 1. Structure of Mobile Robot Control Environment based on Embedded Device

임베디드 디바이스와 X-BOT은 로보티즈의 ZIG-100 지그비 통신 모듈을 양측에 모두 장착하여 무선 시리얼 통신환경을 구성해 연결된다. 본 연구에서 사용된 이동로봇 X-BOT은 전면부에 적외선 센서가 탑재되어 전방의 장애물을 확인할 수 있다. 다음 표 1은 이동로봇 X-BOT의 사양이다 [4].

표 1. 이동로봇 X-BOT 사양
Table 1. Specification of Mobile Robot, X-BOT

크기	D : 35cm, H : 9.5cm
무게	3.1Kg
이동속도	최대 30cm/sec
충전시간	4시간
사용시간	2.5시간
가만하중	2.5Kg
소비전력	22W
배터리 사양	니켈수소(NiMH), 14.4V, 4300mAh

III. 이동로봇 제어를 위한 사용자 인터페이스

본 연구에서 제안된 이동로봇 제어를 위한 순서도와 사용자 인터페이스 화면은 그림 2와 같다. 그림 2의 우측 상단에 나타난 사용자 인터페이스

를 마우스로 클릭하거나 터치스크린을 손으로 터치하여 이동로봇을 조작하게 된다. 로봇의 모터 제어를 위한 제어 데이터는 제어 인터페이스의 조작 결과에 따라 생성된다. 생성된 제어 데이터는 로봇에 송신하여 움직이게 하는 것 뿐 아니라 이동로봇의 이동 경로를 출력하기 위한 입력 값으로 사용된다.

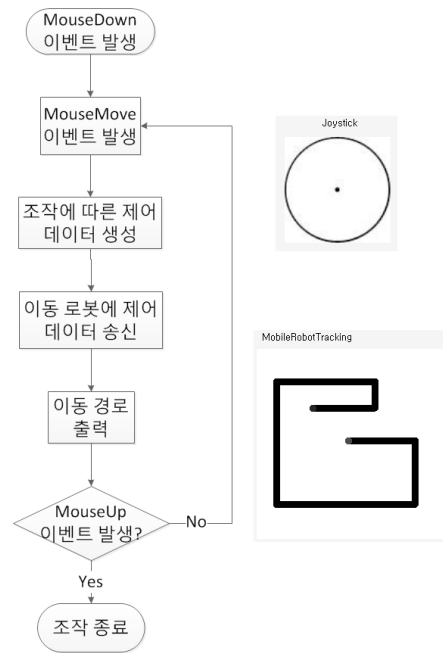


표 1. 이동로봇 X-BOT 사양
Table 1. Specification of Mobile Robot, X-BOT

1. 터치기반 이동로봇 제어 인터페이스

터치기반 이동로봇 제어 인터페이스는 사용자가 직접 이동로봇을 원하는 방향과 속도로 조작할 수 있다. 원형의 Joystick 이미지 위를 클릭과 드래그 하는 직관적 조작으로 로봇을 손쉽게 제어할 수 있다. 조작 방법은 원점의 위쪽 또는 아래쪽을 클릭하는 것으로 전진 또는 후진할 수 있고, 좌측과 우측을 클릭하는 것으로 로봇의 좌회전과 우회전을 할 수 있다. 그리고 중심과 클릭한 지점의 직선거리에 따라 로봇의 이동 속도를 결정할 수 있다.

이를 위해 본 연구에서는 그림 3과 같은 사용자 인터페이스 좌표계를 설정하고 원호 내의 터치 위치에 따른 이동로봇 제어 데이터 계산할 수 있도록 하였다.

터치기반 이동로봇 제어 인터페이스의 구현에는 C#언어와 .Net Framework의 원품 컨트롤러에 포함되어 있는

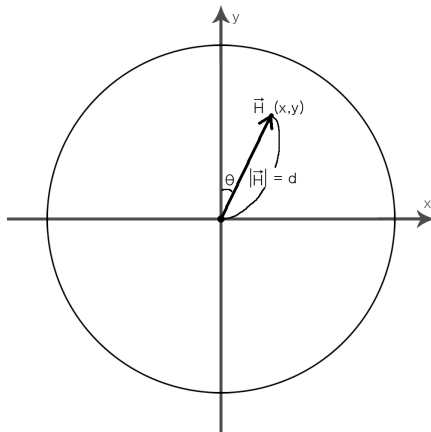


그림 3. 사용자 인터페이스의 터치 위치에 따른 이동로봇 제어 좌표계

Fig. 3. Coordinates of Mobile Robot Control according to Touched position on User Interface

PictureBox와 마우스 이벤트인 MouseDown, Mouse Move와 MouseUp을 사용하였다. 이 이벤트들은 터치스크린에서 그림위에 터치하고 있는 것, 터치한 상태에서 드래그 하는 것, 그리고 스크린에서 손을 떼는 것과 각각 대응된다. [5].

MouseDown은 마우스가 PictureBox위에서 falling edge가 발생 했을 때 동작하는 이벤트로 이 상태를 조작의 시작으로 인식한다. 그리고 MouseMove는 마우스가 PictureBox위에서 이동될 때 동작하는 이벤트로 MouseDown이벤트가 발생된 후 PictureBox위에서 마우스 포인터의 위치를 불러와서 이미지의 중점을 원점으로 하는 좌표 값을 구한다. 구해진 좌표 (x, y) 를 끝점으로 하고 원점이 시작점인 벡터(\vec{H})의 크기 (d) 를 다음 식과 같이 얻을 수 있다.

$$d = \sqrt{x^2 + y^2} \quad (1)$$

d 의 크기에 따라 이동로봇의 이동 속도가 비례적으로 결정된다. 또한 조작기의 y 축을 기준으로 벡터의 각도(θ)를 삼각함수 역 공식을 사용하여 구한다.

$$\theta = \tan^{-1} \frac{x}{y} \quad (2)$$

θ 의 크기에 따라 이동로봇의 좌우 바퀴 속도에 차이를 주어서 움직이는 방향을 바꿀 수 있다. 그리고 마지막, MouseUp은 마우스가 PictureBox위에서 rising edge가 발생 했을 때 동작하는 이벤트로 제어 인터페이스를 통한 로봇 제어를 종료한다.

2. 이동 경로 및 상태 출력 인터페이스

로봇의 이동 경로 및 상태 출력 인터페이스는 이동로봇의 움직임 궤적, 외부 환경 정보 및 내부 환경 정보를 출력하는데 이용된다. 외부 환경 정보는 그림 4와 같이 이동로봇 전방의 PSD센서를 통해 얻은 정보를 바탕으로 이동로봇 주변의 장애물을 인식하여 PSD의 on/off를 그림으로 출력하며 내부 환경 정보는 로봇의 주행 방향과 배터리 잔량 등의 로봇 상태를 텍스트로 출력한다. 이를 통해 사용자는 직관적으로 로봇의 상태를 확인 할 수 있다.

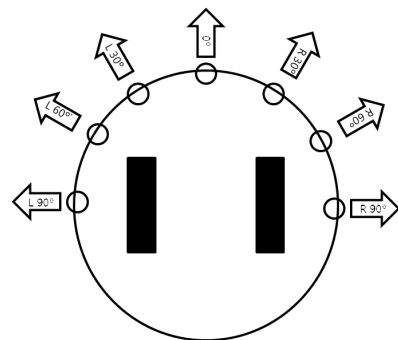


그림 4. 이동로봇 상태출력 인터페이스
Fig. 4. Status Indication Interface of Mobile Robot

이동 경로 출력 인터페이스는 사용자가 내린 명령을 분석하여 경로 출력의 데이터로 하였다. 또한 이동로봇의 좌, 우 바퀴가 각각 제어 가능하기 때문에 제자리에서 회전이 가능하며 방향전환이 자유롭다는 특징을 이용하여 선형으로 출력한다.

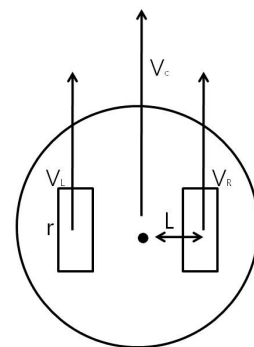


그림 5. 이동로봇의 구조 및 속도
Fig. 5. Structure and Wheel Velocity of Mobile Robot

본 연구에서 사용된 이동로봇은 그림 5와 같은 바퀴 구조를 가지고 있으며, 이 때 우측 바퀴의 속도는 V_R 이며 좌측 바퀴의 속도는 V_L 이다. 양 바퀴는 좌우 대칭이기 때문에 로봇의 중심은 양 바퀴 가운데이므로 로봇 중심의 이동 속도가 V_C

일 때 V_C 는 식 (3)로 표현할 수 있다. 또한 이동로봇의 회전 방향을 위해 각속도 ω 는 식(4)로 표현한다.

$$V_C = \frac{V_R + V_L}{2} \quad (3)$$

$$\omega = \frac{1}{L}(V_R - V_L) \quad (4)$$

식(3), (4)을 통해 얻은 이동 정보를 통해 이동 경로 출력 인터페이스를 구현하였다 [6-7].

IV. 구현 및 실험

앞장에서 설명한 이동로봇 제어를 위한 두 개의 사용자 인터페이스를 C#과 닷넷 컴팩트 프레임워크를 이용해 임베디드 디바이스에서 실행 가능하도록 그림 6과 같이 구현하였으며, 실험에서는 구현된 터치 인터페이스를 이동로봇 플랫폼인 X-BOT에 적용하여 무선으로 이동로봇을 제어하는 실험을 수행하였다.

다음 표 2는 실험에 사용된 이동로봇 제어를 위해 사용된 임베디드 디바이스의 하드웨어 사양을 나타낸다 [8].

표 2. 임베디드 디바이스와 지그비 사양
Table 2. Specifications of Embedded Device and Zigbee Module

CPU	Samsung S5PC100(Cortex-A8) CPU 667/833Mhz AP
Memory	256Mbytes Mobile DDR2 , 256Mbytes SLC NAND Flash
Ethernet	SMSC LAN9220 10/100Mbps
USB	USB 1.1 Host, USB 2.0 OTG
Power	5V/2A DC-JACK
Indicators	2 Indicator LED controllable from GPIO ports
LCD	4.8" LCD(800*480)
주파수 대역	2.4GHz
Bandwidth	MAX 250kbps
통신속도	57600bps
지그비 구동전압 및 소모전류	2.7V ~ 3.6V, 30mA (at 3.3V)

아래의 그림 7과 같이 임베디드 디바이스와 이동로봇에 지그비 무선 통신모듈을 각각 장착하여 실험환경을 구성한 후, 이동로봇 X-BOT을 원격 제어하는 실험을 수행하였다.

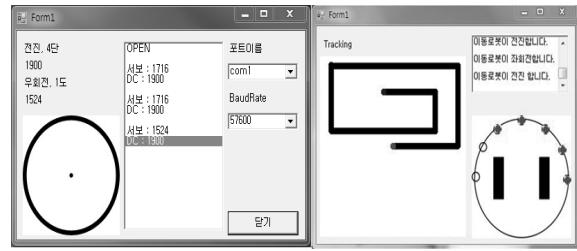


그림 6. 임베디드 기반 이동로봇 제어 인터페이스(좌)와 이동 경로 및 상태 표시 인터페이스(우)

Fig. 6. Mobile Robot Control Interface(left) and Moving Trajectory and Status Indication Interface(right)

실험에서는 그림 8과 같이 설계된 이동로봇 조작용 사용자 인터페이스를 이용해 아날로그 스틱 게임패드를 조작하듯이 터치로 로봇을 제어하고 그에 따른 로봇의 이동 경로를 출력하였다. 또한 이동로봇 전면부에 탑재된 PSD 센서의 상태와 로봇의 주행방향 등의 내부 상태 변화가 성공적으로 출력되는 것을 확인 하였다.



그림 7. 이동로봇 X-BOT(상)과 임베디드 디바이스에서 실행된 사용자 인터페이스 화면(하)

Fig. 7. Mobile Robot, X-Bot(upper) and User Interface running on Embedded Device(lower)

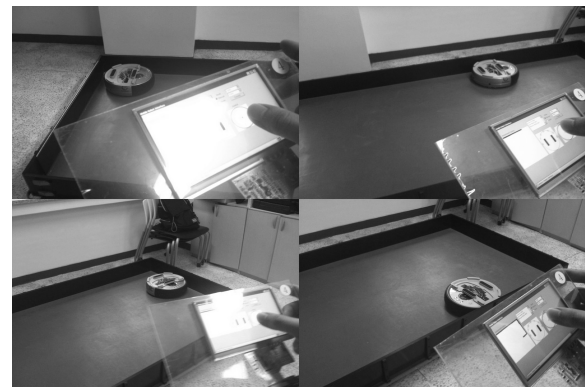


그림 8. 터치기반 원격조작과 이동 경로 출력

Fig. 8. Touch-based Remote Control and Trajectory Display

V. 결 론

본 연구에서는 임베디드 디바이스를 이용해 이동로봇을 제어하기 위한 터치기반 제어 인터페이스와 로봇의 이동경로 및 센서정보 표시를 위한 사용자 인터페이스를 설계하고 구현하였으며, 실험을 통해 그 효용성을 입증하였다.

임베디드 디바이스의 소형화, 경량화는 공간적 장점과 휴대성을 갖고 있지만, 그에 따른 문제점은 분명히 존재한다. 이러한 문제점은 제안된 터치기반 제어 인터페이스를 통해 어느 정도 극복할 수 있었다. 그러나 여전히 PC에 비해 디스플레이 공간이라는 제약은 있지만 많은 개발자들의 창의적인 아이디어를 통해 충분히 극복할 수 있는 과제라 생각한다.

본 연구는 임베디드 디바이스에서 손쉬운 로봇 제어를 위한 터치기반 인터페이스를 제안하고 그 효용성을 보여준 것에 그 의미가 있다.

보다 직관적이고 조작성이 쉬운 터치 인터페이스는 새로운 조작방법에 대해 새로 학습할 필요가 없고 조작성에 대한 결과가 실시간으로 확인 가능하다는 점에서 향후, 임베디드 디바이스의 주된 인터페이스로 비중 있게 사용될 것으로 예상된다. 본 연구는 제안된 인터페이스를 바탕으로 여타의 로봇 제어 인터페이스와의 차이를 분석하고 사용자 피드백을 수요하여 터치 인터페이스를 더욱 사용자 친화적인 방향으로 연구 및 개발 할 것이며, 현재의 이동경로 출력 인터페이스를 개선하여 이동로봇의 피드백을 받아 경로 추적을 구현하는 것을 향후 연구과제로 한다.

감사의 글

이 논문은 2011년도 정부(교육과학기술부)의 재원으로 한국연구재단의 지원을 받아 수행된 기초연구사업 연구임(No. 2011-0013776)

[참고 문헌]

- [1] A. Slawsby, R. Giusto, K. Burden, and D. Linsalata, "Worldwide Smart Handheld Device 2004-2008 Forecast and Analysis," IDC, 2004.
- [2] 김기성, 이상선, "소형 디스플레이의 손가락 기반 터치스크린 UI에 관한 연구", 한국디자인학회, 한국디자인학회 2006 봄 학술발표대회 논문집, pp. 10-11, 2006.
- [3] 윤진홍, 김미진, "터치 스크린 조작 인터페이스 분석을 통한 모바일폰 게임 인터페이스 구현", 한국디자인학회, 가을 한국디자인학회, 대한인간공학회, 한국감성과학회 통합 국제학술대회 논문집 2008, pp. 54-55, 2008.
- [4] 유진로봇 X-BOT, <http://www.yujinrobot.com>
- [5] Microsoft. MSDN .Net Framework Library, <http://msdn.microsoft.com/netframework>
- [6] 이강민, 임동균, 김경근, 서병철, "Mapping을 위한 자율이동로봇의 Wall Following 기법", 대한전기학회, 2005 정보 및 제어 심포지엄 논문집, pp. 102-105, 2005.
- [7] 한승봉, 이성구, 임재권, 김대영, 김종화, "초음파 센서를 이용한 이동로봇의 Map Building 알고리즘 및 주행 알고리즘에 관한 연구", 한국마린엔지니어링학회, 한국마린엔지니어링학회 2006년도 후기학술대회논문집, pp. 63-65, 2006.
- [8] 로보티즈 ZIG-100, <http://www.robotis.com>

Biography

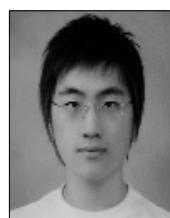


노 준 호

2008년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 학부생

<관심분야> 로봇비전, 임베디드시스템, 인공지능, 기계학습

<e-mail> nojh890@hotmail.com



황 유 권

2006년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 학부생

<관심분야> 매니플레이터 제어, 신호처리

<e-mail> ghkddbrrs@naver.com



서 용 호

1999년 KAIST 전산학과(공학사)
2001년 KAIST 전자전산학과(공학석사)
2007년 KAIST 전자전산학과(공학박사)
2007년 미국 MS 로보틱스그룹 인턴연구원
2008년 미국 쉐일 과장

2009년~2010년 남서울대학교 컴퓨터학과 전임강사

2010년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 전임강사

<관심분야> 지능로봇, 휴머노이드, 임베디드시스템

<e-mail> yhseo@mokwon.ac.kr



양 태 규

1982년 광운대학교 전자공학과(공학사)
1984년 광운대학교 전자공학과(공학석사)
1989년 광운대학교 전자공학과(공학박사)
1991년~2007년 목원대학교 전지공학과 교수
2007년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 교수

<관심분야> 지능제어, 로봇비전, 지능로봇, 센서네트워크

<e-mail> tkyang@mokwon.ac.kr