

# 스마트폰을 이용한 이동로봇의 터치기반 주행궤적 생성 및 데이터 획득

論 文

10-3-3

## Touch-based Moving Trajectory Generation and Data Acquisition of a Mobile Robot using a Smart Phone

정 효 영, 이 충 섭, 서 용 호\*, 양 태 규

Hyo-Young Jung, Chung-Sub Lee, Yong-Ho Seo, and Tae-Kyu Yang

### Abstract

This paper proposes a method of a touch-based remote control and sensor information acquisition of a mobile robot using a smart phone. An application in a smart phone processes the acquired sensor information and conducts autonomous navigation. By touching the screen of the smart phone, a series of points obtained from designated curve traces are analyzed and provide control of a robot. This study develops a mobile application that acquires and handles data from a mobile robot and sends appropriate action commands through remote control using Bluetooth communication with a smart phone. The utility and performance of the proposed control scheme have been successfully verified through experimental tasks using an actual smart phone and a mobile robot.

Keywords : touch-based robot control, remote data acquisition, mobile robot navigation

### I. 서 론

이동로봇은 로봇에 장착된 각종 센서를 이용하여 이동로봇 주변의 환경을 인식하고, 장애물을 회피하여 목적지까지 주행하는 것이 주된 용도이다 [1]. 이러한 기존의 이동로봇에는 일반적으로 PC수준의 컴퓨터가 장착되어져 자율주행을 수행해왔다 [2]. 하지만 최근 스마트폰 사용자의 급격한 증가와 더불어 스마트폰의 연산성능 또한 비약적으로 발전하고 있어, 스마트폰을 PC를 대신해 이용한 로봇의 개발 및 응용이 최근 주목받고 있다. 또한 최근 스마트폰은 다양한 센서들을 가지고 있어 이를 로봇개발에 응용하는 연구가 최근 활발히 진행되어 있고, 많은 로봇 S/W개발자들 또한 스마트폰용 어플리케이션 개발에 많은

관심을 가지고 있다.

따라서 본 논문에서는 이동로봇을 제어하기 위하여 별도의 고성능 처리장치를 탑재하는 방식과는 달리 휴대성이 있는 스마트폰 어플리케이션을 통한 이동로봇의 정보획득 및 주행제어에 대해 연구하였다.

본 연구는 현재 스마트폰 OS 플랫폼(Platform) 중에서 가장 많이 채택된 안드로이드(Android)를 탑재한 스마트폰을 이용하여 원격 어플리케이션을 구현하였으며, 이동로봇으로 씨엔로봇(주)의 CRX10을 사용되었다 [3]. 이동로봇과 스마트폰 간의 원격 데이터 송수신 방법으로 블루투스 통신이 적용되었다 [4].

스마트폰 어플리케이션의 경우, 획득된 센서정보의 시각화와 원격제어를 위해 터치기반 GUI를 디자인하고 [5], 스마트폰의 화면을 손가락으로 터치하여 그림을 그리듯이 곡선궤적을 그리고 이를 로봇에 적용하는 기법을 제안하였으며, 이를 스마트폰에서 수행하여 알고리즘의 성능을 검증하였다

접수일자 : 2011년 06월 29일

심사일자 : 2011년 07월 20일

최종완료 : 2011년 09월 10일

\* 교신저자, E-mail : yhseo@mokwon.ac.kr

[6]. 스마트폰 로봇 어플리케이션은 이클립스(Eclipse) 환경에서 안드로이드 Dalvik 가상머신을 위한 JAVA 를 이용해 개발하였다 [7].

## II. 이동로봇 플랫폼

본 논문에 사용된 이동로봇 플랫폼은 로봇의 센서입력 및 표현기능의 종류가 많고 고수준의 로봇 어플리케이션개발에 적합한 씨엔로봇(주)의 CRX10을 사용하였다.

이동로봇 플랫폼 CRX10은 블루투스를 통하여 안드로이드 기반의 스마트폰으로 제어가 가능하다. 이동로봇 플랫폼의 형태는 그림 1과 같고, 기능은 표 1에 나타내었다.



그림 1. 이동로봇 플랫폼 CRX10의 외형  
Fig. 1. Appearance of Mobile Robot Platform, CRX10

표 1. 이동로봇 플랫폼 CRX10 사양

Table 1. Hardware Specification of Mobile Robot Platform,

CRX10	
Function	Specification
MCU	ATmega128, ATmega88 Dual
Wheel	Two or Four
Display	8x8 LED dot' matrix
Sensor	PSD Sensor (3EA)
	FlowerIR Sensor (7EA)
	Magnetic Encoder Sensor
	Electric current load Sensor
Communication	Bluetooth 2.4Gh/Serial RS232
Speed	MAX. 1m/s
Battery	Li-ion cell 11.1V/2600mA
Charge / Run Time	2Hour.30Minute / 4Hour Up

본 연구에서는 CRX10과 안드로이드 기반의 스마트폰의 무선 인터페이스로 블루투스 통신을 사용하며, 이동로봇의 센서 정보를 스마트폰으로 실시간으로 전송한다. 이동로봇과 스마트폰의 데이터 전송속도는 115200bps이며, 이동로봇의 정보는 패킷당 20ms의 속도로 전송된다. 또한 양방향 통신이 가능하고 통신 거리는 최소20m에서 최대 100m까지 통신이 가능하다.

## III. 스마트폰 사용자 인터페이스 설계

### 1. 이동로봇 어플리케이션의 메인 메뉴

그림 2는 이동로봇의 정보획득 후 스마트 폰의 화면에 출력하는 기능과 실시간 블루투스 데이터 통신으로 이동로봇을 제어하는 기능을 선택할 수 있는 어플리케이션의 메인 메뉴를 구성한 화면이다. 각각의 모드별로 조이스틱 모드와 LED 모드, 스마트폰의 가속도센서를 이용한 제어모드, 이동로봇의 자율주행모드의 버튼들로 구성되어 있다.

각 모드의 버튼들을 터치하면 구성된 레이아웃의 화면이 나타나며, 이동로봇과의 블루투스와 연결된 상태에서도 동작이 가능하다.



그림 2. 이동로봇의 정보 출력 및 제어용 통합 어플리케이션의 메인메뉴

Fig. 2. Main Menu of Mobile Robot application for Information Output and Control

### 2. 이동로봇 상태 출력 및 표시장치 제어 인터페이스

이동로봇에는 전방에 PSD Sensor가 왼쪽과 가운데, 오른쪽에 배치되어 있으며, 이동로봇과 전방에 있는 장애물과의 거리 값을 이동로봇에서 획득하여 스마트 폰의 화면에 거리 값의 정보를 출력한다. 또한 주변 환경의 장애물 정보를 얻은 후 회피 알고리즘을 적용하여 모터제어를 통한 자율주행 어플리케이션을 개발한다. 기본적인 레이아웃은 그림 3과 같다. 그림에서 보이는 화살표의 이미지는 이동로봇의 이동할 때의 Encoder의 데이터 정보를 획득하여 모터의 위치에 따른 이동로봇의 진행 방향을 나타낸다.

이동로봇의 사양 중 Display에서 8x8 LED 도트 매트릭스의 기능이 있다. 이를 이용하기 위해 스마트폰의 화면에서 터치 이벤트를 받아 Off LED의 이미지에 해당하는 좌표 정보를 획득하여 터치 했을 때, 해당하는 Off LED의 이미지를 On

LED의 이미지로 변환하여 이동로봇에 도트 매트릭스의 LED 주소와 동일하게 출력하는 인터페이스를 구현하였다.

도트 매트릭스에서 64개의 LED에는 각각의 8비트 제어 주소가 할당되어있어 스마트 폰의 화면에는 LED의 주소에 맞게 이미지를 배치하였다. 그림 3은 스마트 폰 화면에 8x8 dot' matrix 위치 출력을 위한 LED제어 레이아웃과 블루투스 통신으로 LED의 좌표 범위에 따른 Bit 주소를 이동로봇에 전송하여 표시한 결과를 보여준다.

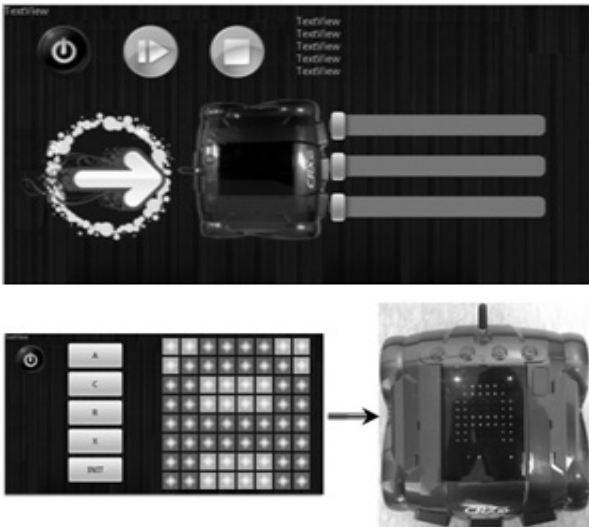


그림 3. PSD, Encoder 센서 데이터 출력(상) UI 및 8x8 dot' matrix 출력 UI 및 표시(하)  
 Fig. 3. PSD, Encoder Sensor Data Output(top) UI, and 8x8 dot-matrix Output UI and its Indication(bottom)

### 3. 이동로봇의 제어 인터페이스

이동로봇의 원격 제어 방법으로 이동로봇의 정보를 획득한 후 주변 환경에 따른 회피 알고리즘을 자체적으로 수행하면서 원격 마스터 디바이스로부터 실시간 데이터 전송을 통해 이동로봇에 움직임 명령을 전송하는 방법이 일반적으로 사용되고 있다 [8].

본 연구에서는 이러한 원격 마스터 디바이스인 스마트 폰의 UI상에 트랙볼 제어를 위하여 그림 4와 같이 이미지를 배치하였으며, 좌표 정보에 따라 이동로봇의 원격 주행제어가 가능하다. 또한 각각의 방위에 맞추어 버튼을 화면상에 배치하였으며, 버튼이 눌렸을 때에만 모터의 속도 값을 이동로봇에 전송하게 하였다.



그림 4. 트랙볼 제어 및 각 방위 버튼을 이용한 주행제어  
 Fig. 4. Track Ball and Direction Buttons for Mobile Robot Remote Control

### 4. 터치 기반 이동로봇 주행 궤적 생성

사용자가 화면을 손가락으로 터치를 시작했을 때부터 손가락이 화면에서 떨어질 때까지 좌표 값을 Array에 저장을 한 후 이들 중 주요 좌표들을 선택해 직선성분을 얻어낸다. 그리고 마지막으로 그어진 궤적에서 주요 좌표 5개를 선택해 표시한다. 그 후 표시된 포인트들의 좌표 값에 식(1)을 이용하여 직선을 구하고 직교 좌표계에 위치한 직선을 고려해서 식(2)을 이용하여 각도를 구한다. 또한 식(3)을 이용하여 각 포인트마다 길이를 구한다. 스마트폰 터치이벤트의 종류는 표2와 같다.

$$(y - y_1) = \frac{y_2 - x_1}{x_2 - x_1} (x - x_1) \quad (1)$$

$$\tan \theta = \frac{\Delta y}{\Delta x} = \frac{y_2 - y_1}{x_2 - x_1} \quad (2)$$

$$l = \sqrt{(x_2 - x_1)^2 + (y_2 - y_1)^2} \quad (3)$$

표 2. 터치이벤트의 종류  
 Table 2. Types of Touch Events

Action_DOWN	화면을 손가락으로 눌렀다.
Action_UP	화면에서 손가락을 떼었다.
Action_MOVE	화면에 손가락을 누른 채로 움직였다.

## IV. 실험

이동로봇에는 장착된 PSD Sensor를 이용해 전방에 있는 장애물과의 거리 값을 획득하여 스마트폰의 화면에 거리 값의 정보를 출력하고 이를 이

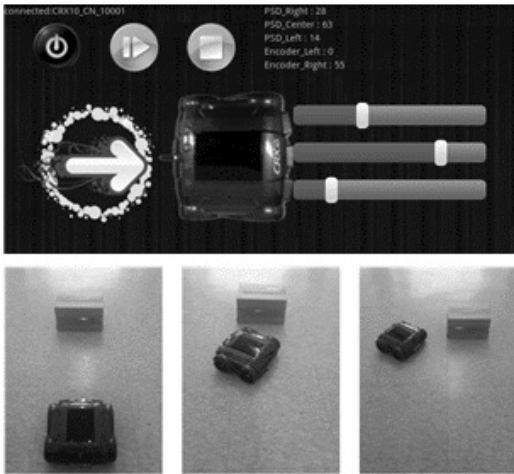


그림 5. 원격 센서정보 획득 및 장애물 회피 실험  
 Fig. 5. Remote Sensor Data Acquisition and Obstacle Avoidance Experiment

용해 회피하는 실험을 그림 5과 같이 수행하였다. 처음 어플리케이션을 실행 시, 이동로봇과 블루투스 연결을 한 후 스마트폰 화면의 터치 이벤트가 Action\_UP일 때 그려진 궤적 상에 그림 6과 같이 다섯 개의 주요 포인트가 빨간 점으로 그려지는 것을 확인하였다.

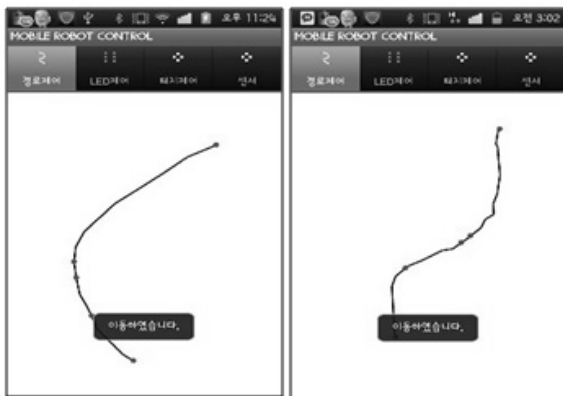


그림 6. 그려진 궤적 상에 주요 포인트 표시  
 Fig. 6. Display of Major Points from the Drawn Curve

이와 동시에 그림 7에서와 같이 이동로봇이 해당 포인트의 좌표 값으로 이동 후 이동로봇이 스마트폰으로부터 포인트에 도착했다는 파라미터(Parameter)를 전송해준다. 이 파라미터를 받은 스마트폰은 다음 포인트의 좌표 값 및 각도를 이동로봇에게 블루투스를 사용하여 32비트의 데이터를 전송하여 이동로봇을 제어하는 것을 확인하였다. 그림 7은 실제 스마트폰에서 터치를 이용해 궤적을 입력한 후, 이를 이용해 이동로봇이 주어진 궤적을 추종하는 실험을 보여준다.



그림 7. 터치 기반 이동로봇 주행궤적 생성 및 로봇의 궤적 추종 실험  
 Fig. 7. Touch-based Moving Trajectory Generation and Mobile Robot Navigation Experiment

## V. 결 론

본 논문에서는 스마트폰을 이용해 원격으로 이동로봇의 정보를 획득하고, 로봇을 원격 제어하는 기술을 제안하였다. 또한 스마트폰 터치이벤트를 이용하여 이동 로봇의 주행궤적을 생성하고 이를 추종하는 기술을 제안하였다. 손으로 그림을 그려 이동로봇을 제어하는 것은 보통의 버튼을 클릭하거나 센서를 이용하는 것보다 로봇에 대해 쉽게 접근할 수 있었다. 또한 포인트를 표시하여 로봇이 이동하기 때문에 이동 위치에 대해서 정확하게 알 수 있는 장점이 있었다. 이는 미리 로봇이 이동할 경로를 지정하는 등의 설정을 통해 해당 로봇의 정밀한 제어를 할 수 있었다.

마지막으로 실험을 통해 안드로이드OS 기반의 환경에서는 사용자의 의도에 따라 이동로봇의 경로를 획득하여 이러한 정보를 이용하여 이동로봇을 성공적으로 제어할 수 있음을 확인하였다.

향후 연구 과제로는 스마트폰을 이동로봇에 탑재하여 스마트폰의 GPS와 가속도 센서정보를 이용한 로봇의 위치인식(Localization)에 대해 연구를 수행할 예정이다.

### 감사의 글

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

[ 참고 문헌 ]

- [1] J. Borenstein and Y. Koren, "Histogramic in-motion mapping for mobile robot obstacle avoidance," *IEEE Transactions on Robotics and Automation*, vol. 7, no. 4, pp. 535-539, 1991.
- [2] Singh, S. and Shin, D. H., 1989, "Position Based Path Tracking for Wheeled Mobile Robots," *Proceedings IEEE/RSJ International Workshop on Intelligent Robot Systems*, pp. 386-391, 1989.
- [3] <http://www.cnrobot.co.kr/>
- [4] Hebah H.O. Naserddin and Amjad Abdullah Abdelkarim, "SMARTPHONE CONTROL ROBOTS THROUGH BLUETOOTH", pp. 399-404, 2010
- [5] 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.
- [6] Santos A. C., Tarrataca Luís, and Cardoso João M. P., "The Feasibility of Navigation Algorithms on Smartphones using J2ME," *Mobile networks and applications : MONET*, vol. 15, no. 6, pp. 819 - 830, 2010.
- [7] <http://developer.android.com/index.html>
- [8] S. K. Cho, H. Z. Jin, and J. M. Lee, "Teleoperation of a Mobile Robot Using a Force-Reflection Joystick With Sensing Mechanism of Rotating Magnetic Field," *IEEE/ASME Transactions on Mechatronics*, vol. 15, no. 1, pp. 17 - 26, Feb. 2010.

Biography



**정효영**

2010년 씨엔로봇(주) 인턴연구원  
 2011년 목원대학교 지능로봇공학과(공학사)  
 2011년~현재 목원대학교 IT공학과(석사과정),  
 씨엔로봇(주) 연구원

<관심분야> 마이크로프로세서, 스마트폰 원격제어, 시스템 설계  
 <e-mail> [yhe046@naver.com](mailto:yhe046@naver.com)



**서용호**

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

2009년~2010년 남서울대학교 컴퓨터학과 전임강사  
 2010년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 전임강사  
 <관심분야> 지능로봇, 휴머노이드, 임베디드시스템  
 <e-mail> [yhseo@mokwon.ac.kr](mailto:yhseo@mokwon.ac.kr)



**이충섭**

2006년~현재 목원대학교 지능로봇공학과 학부  
 생  
 <관심분야> HCI, 스마트폰 어플리케이션  
 <e-mail> [csmugene@gmail.com](mailto:csmugene@gmail.com)



**양태규**

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

<관심분야> 지능제어, 로봇비전, 지능로봇, 센서네트워크  
 <e-mail> [tkyang@mokwon.ac.kr](mailto:tkyang@mokwon.ac.kr)