

# RFID를 이용한 자율주행 안내 시스템 연구

김택수\* · 김윤곤\* · 정현우\* · 김영준\* · 박용욱\*\*

## Study of Autonomous Navigation for Path Guide System Using RFID

Taek-Su Kim\* · Youn-Gon Kim\* · Hyeon-Woo Jeong\* · Young-Jun Kim\* · Yong-Wook Park\*\*

### 요약

본 논문에서는 이동 로봇이 호텔과 같은 실내에서 길 안내 및 짐을 운반해줄 수 있는 자율주행이 가능한 안내 시스템을 연구하였다. 일반적인 자율 주행 안내시스템에 사용되는 이동 로봇의 경우 정확도 향상을 위해 시스템에 다량의 센서가 추가되어 비용의 문제가 발생된다. 따라서 센서의 수를 줄이며 정확도와 인식률을 높이기 위해 비용이 비싸지 않은 소형 MCU중 하나인 라즈베리 파이 3를 이용하여 자율 주행 안내 시스템을 구현하였다

### ABSTRACT

In this paper, we study autonomous navigation system for path guide system by using RFID that is enable to navigate and load in hotel. In case of a mobile robot used in a general autonomous navigation guidance system, a large amount of sensors are added to the system in order to improve the accuracy, resulting in cost problems. Therefore, to reduce the number of sensors, and to increase the accuracy and recognition rate, an autonomous driving guidance system was implemented using one of the inexpensive small micro controller units (MCU) such as Raspberry Pi3.

### 키워드

Guide System, Navigation, Mobile Robot, RFID, Raspberry PI3  
안내 시스템, 네비게이션, 이동 로봇, RFID, 라즈베리파이3

## 1. 서론

현대 사회에서 기술이 발전함에 따라 로봇이 산업 분야에 기여하는 부분은 더욱 커질 것으로 전망되고 있다. 또한 앞으로 가정과 사회에서 이동 로봇은 가족이나 사회 구성원으로 등장하게 될 날이 멀지 않았다. 최근에는 호텔이나, 공공기관에서 방문객들에게

원하는 정보를 제공하거나 위치를 안내하는 안내로봇의 개발이 활발하게 이루어지고 있고 2014년부터 2016년까지 조사된 자료에 따르면 우리나라도 정보통신 기술을 활용해 실생활에서 인간의 도우미 역할을 할 로봇을 개발하고 상용화를 위한 연구활동을 진행하고 있다[1].

표 1에서 알 수 있듯이 이동 로봇은 단순 반복적인

\* 남서울대학교 전자공학과 (kts3990@naver.com, dbrsrs0619@naver.com, ytokgj@naver.com, asimov@daum.net)

\*\* 교신저자 : 남서울대학교 전자공학과

• 접수일 : 2018. 10. 23  
• 수정완료일 : 2018. 12. 19  
• 게재확정일 : 2019. 02. 15

• Received : Oct. 23, 2018, Revised : Dec. 19, 2018, Accepted : Feb. 15, 2019

• Corresponding Author : Yong-Wook Park

Dept. of Electronics Engineering, Namseoul University

Email : pyw@nsu.ac.kr

작업을 하던 산업용 로봇과는 달리 사람과 같은 환경을 공유하며 인간 친화적인 지능형 서비스 로봇으로 발전하고 있고 이를 구현하기 위해서는 이동로봇의 자율 주행이 수행되어야 한다[2-5].

표 1. 로봇산업 생산현황  
Table 1. Robot Industrial Production status  
(출처: 로봇신문사)

Kind	2014	2015	2016
Manufacturing	24,671	25,831	27,009
Professional Services	1,615	2,830	4,055
Personal service	3,405	3,447	3,409
Part	7,983	10,061	11,499
Total	37,674	42,168	45,972

본 논문에서는 이동 로봇이 호텔과 같은 실내에서 길 안내 및 짐을 운반해줄 수 있는 자율주행이 가능한 안내 시스템을 연구하였다. 일반적인 자율 주행 안내시스템에 사용되는 이동로봇의 경우 정확도 향상을 위해 시스템에 다량의 센서가 추가되어 비용의 문제가 발생된다. 따라서 센서의 수를 줄이며 정확도와 인식률을 높이기 위해 비용이 비싸지 않은 소형 MCU( Micro Controller Unit)중 하나인 라즈베리 파이 3를 이용하여 자율 주행 안내 시스템을 구현하였다[6,7]. 또한 위치 및 길 안내에 관한 정보를 보유하고 있는 RFID를 이용하여 효율적인 길 안내를 수행할 수 있게 하였고 초음파센서를 사용해 충돌방지 및 장애물 감지를 수행할 수 있는 기능을 연구하였다 [8-10].

## II. 시스템 및 소프트웨어

### 2.1 시스템 구성도

본 논문에서 자율주행이 가능한 안내시스템용 이동 로봇을 구동하기 위한 시스템의 구성도는 그림 1과 같다. 입력부는 RFID 리더기, 초음파센서로 구성된다. 따라서 입력부의 리더기 및 초음파 센서부의 위치 정보값이 제어부인 라즈베리 파이 3로 전송되고 전송된 결과에 따라 출력부에서 서보형 DC모터를 이용하여 원하는 위치로 이동할 수 있도록 시스템을 구성하였다.

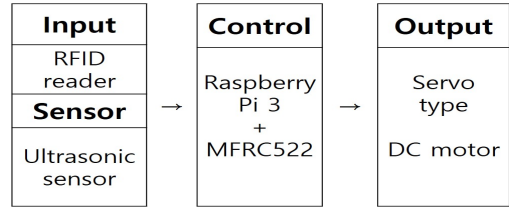


그림 1. 시스템 구성도  
Fig. 1 The Diagram of system configuration

### 2.2 시스템 동작

시스템 동작순서는 그림 2와 같은 알고리즘을 통해 구현 하였다. 시스템의 구성도와 같이 실내 입구에서 이동 로봇이 대기 하고 사용자의 방 정보가 있는 태그가 인식 되면 안내를 위하여 이동 로봇이 출발한다. 해당 방으로 이동하는 도중 초음파센서로 장애물을 감지하게 되면 정지하고 다음단계로 1초이상 장애물에 대한 초음파 신호가 수신되지 않으면 장애물이 없다고 판단하여 다시 이동하여 원하는 장소로 이동하게 된다.

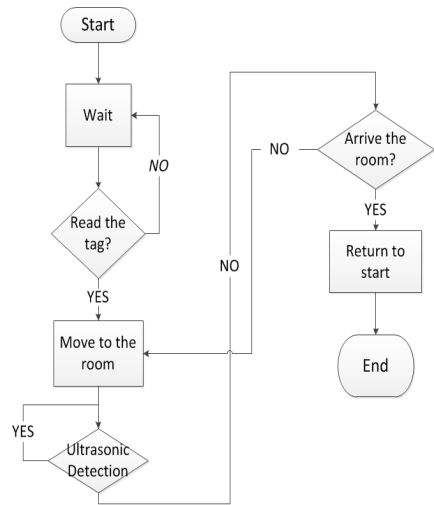


그림 2. 동작 알고리즘  
Fig. 2 Motion algorithm

바닥에 장착되어있는 태그의 정보에 따라 직진하거나 좌우로 방향전환을 하며 방마다 있는 태그 정보를 인식하게 되고 최종적으로 해당 방에 도착을 하게 되

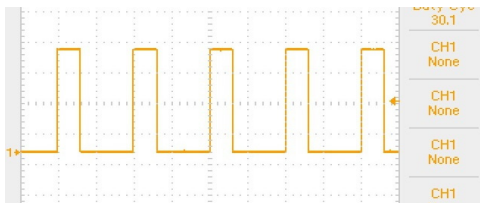
면 정지 하고 다시 원 위치로 복귀하는 알고리즘을 구성하였다. 그리고 이동 로봇에 부착된 LED의 경우 초음파로 동작할시 빨강 빛을 내고, RFID 태그를 인식하고 운행 시에는 초록 빛을 내며, 방 도착할시 흰색 빛을 내어서 사용자가 도착이나 정지정보를 알릴 수 있도록 LED를 이용하여 시각화 하였다.

### 2.3 위링파이 라이브러리

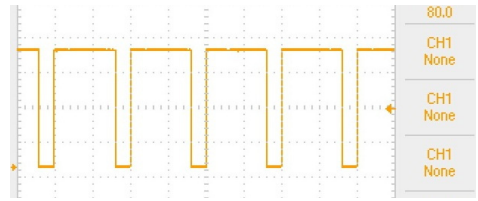
제어부인 라즈베리 파이 3를 구동하기 위해 라즈베리 파이 3는 리눅스를 기반을 둔 라즈비안 운영체제를 사용하고 python 프로그램 언어를 사용하여 GPIO를 제어하였다. wiring Pi는 python이 익숙하지 않은 사용자들을 위해 아두이노 소프트웨어의 입출력의 핵심인 wiring Pi를 라즈베리 파이에서 사용할 수 있도록 옮겨놓은 라이브러리로 이 라이브러리를 통해 C, C++과 같은 언어로 GPIO를 제어할 수 있다.

### 2.4 소프트웨어 PWM

이동 로봇의 정밀한 주행을 위하여 사용된 서브 모터 제어를 위하여 PWM 제어를 사용하여 서브모터를 제어하였다. PWM 펄스 폭 변조는 메시지를 펄스 신호로 인코딩 하는데 사용되는 변조 기술로 위치제어를 위해 정보를 인코딩 하는데 사용할 수 있지만 전기장치, 특히 모터와 같은 관성 부하에 공급되는 전원을 제어 할 수 있도록 하는 것을 주목적으로 사용하였다. 라즈베리 파이 3 자체에 PWM발생이 가능한 핀이 있지만 본 논문에 사용하는 것은 모터 이외에도 많은 핀을 사용하기 때문에, 위링파이를 설치하면 사용할 수 있는 소프트웨어 PWM을 주어 DC모터를 구동하게 된다. 그림 3은 서브 모터 제어에 사용한 PWM 펄스 파형을 보여 주고 있다.



(a) PWM 30 일 때 파형  
(a) Waveform at PWM 30



(b) PWM 80 일 때 파형  
(b) Waveform at PWM 80

그림 3. PWM 출력파형

Fig. 3 PWM output waveform

### 2.5 MFRC522

아날로그 인터페이스는 아날로그 신호의 변조 및 복조를 처리한다. 비접촉식 UART는 통신 프로토콜 요구 사항을 관리하고 호스트와 협력하여 프로토콜을 사용한다. FIFO 버퍼는 빠르고 편리한 데이터를 보장하고 호스트와 비접촉식 UART간에 주고받는다.

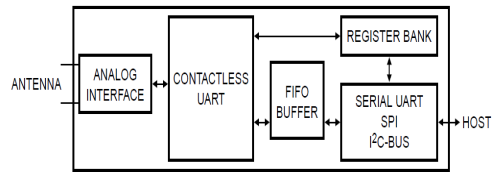


그림 4. MFRC522의 블록 다이어그램

Fig. 4 Block diagram of MFRC522

## III. 하드웨어 제작

### 3.1 프레임 규격 및 설계

본 논문에서는 프로그램 제작에 앞서 하드웨어를 먼저 제작하였는데, 이는 구현 동작을 기반으로 프로그램을 구성하기 위함이다. 하드웨어 설계에서 가장 먼저 고려했던 사항은 작품의 구동 방식, 구동 범위, 그에 따른 전체 규격 그리고 부품의 무게를 견딜 수 있는 강도를 지닌 재질이었다. 총 방의 개수를 3개로 나누어 맵을 설정하고 그림 5와 같은 동선을 갖는 실내 모형도를 제작하였다. 바닥에 있는 태그로 방향을 바꾸며 해당 방에 있는 태그를 이용해 정지하며 다시 시작점으로 복귀할 수 있도록 설계하였다.

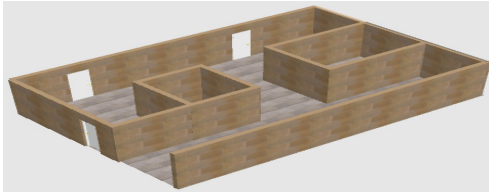


그림 5. 실내 모형도  
Fig. 5 Figure of interior model

그림 6은 이동 로봇의 외형을 보여주고 있다. 사용자의 방정보가 있는 태그와 실내 바닥에 있는 태그를 인식할 수 있는 RFID 리더기와 장애물을 감지할 수 있는 초음파센서 그리고 전체적인 센서와 리더기를 제어할 수 있는 라즈베리 파이 3가 있고 바퀴를 움직일 수 있는 서보형 DC모터로 구성되었다. 그 외에 전력을 공급해주는 보조배터리와 DC모터를 제어하는 모터드라이버 등이 있고 출발할 때 와 방도착할 때 그리고 초음파센서 감지 등을 사용자가 인식할 수 있도록 LED를 카트 상단부에 배치하였다. 실내복도 크기와 선연결, 센서 배치 등을 고려하여 이동 로봇을 설계하고 제작하였다.

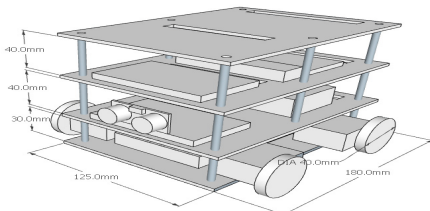


그림 6. 이동 로봇 디자인  
Fig. 6 Figure of Mobile Robot design

### 3.2 제어부

이동 로봇에 들어가는 핵심 부품에 대하여 설명하면 대표적인 소형 MCU 라즈베리 파이 3, RFID, 초음파 센서로 구성되어 있다.

#### 3.2.1 라즈베리 파이 3

라즈베리 파이 3는 본 이동 로봇의 핵심인 길 안내 기능과 센서 제어에 대한 명령을 수행한다. 대용량 저장 장치인 SD카드 슬롯과 USB 포트, HDMI 포트 등

을 이용하여 키보드, 마우스, TV등과 같은 다양한 주변 장치를 연동할 수 있으며, 무선 네트워크 구축이 가능하다. 또한 GPIO핀 포트를 이용하여 다양한 센서와 모터를 제어하는 것이 가능하며, 이러한 가능성 때문에 메인 CPU로 채택하여 실험을 수행하였다.

#### 3.2.2 RFID

실내 내부에서는 GPS가 불가능하여 정확한 위치 정보를 제공하기 위하여 RFID를 선택하였다. RFID 원형 태그는 5개의 방에 각각 키처럼 사용할 수 있고, 카드형 태그는 실내 바닥에 배치하여 방향전환 및 방도착 지점을 인식할 때 필요한 정보를 제공하여 이동 로봇에 정확한 위치 인식 및 이동이 가능하도록 하였다.

#### 3.2.3 초음파센서

초음파센서는 카트의 이동경로에 있는 장애물을 감지해 일정 범위 내에 들어오면 멈추게 하고 벽과의 충돌을 방지하는데 사용되었다.

## IV. 실험 및 결과

제작된 이동 로봇이 원활한 안내를 수행하기 위해서는 정확한 로봇의 이동방향 및 목표지점 인식이 필요하다. 따라서 이동 로봇의 PWM에 따른 인식률을 확인하기 위해 이동 로봇의 PWM에 따른 태그 인식률을 시험하였다.

표 2. RFID 태그 인식률 특성  
Table 2. Recognition rate of RFID

PWM	Recognition rate (%)
Less than 50	100
60	80
70	80
80	70
90	50
100	50

표 2는 PWM에 따른 RFID 태그 인식률 결과값을 보여주고 있다. 본 실험에서는 PWM당 10회 기준

으로 50이하부터 10씩 증가시키며 PWM 100까지 측정하였다. 실험결과를 분석하면 PWM 50이하에서는 100%의 인식률을 보였지만 PWM이 증가함에 따라 인식률은 점차 감소하였다. 그래서 본 이동 로봇을 이용한 안내시스템에서는 PWM을 50이하로 설정하여 RFID 태그인식에 문제가 생기지 않게 설정하여 시스템을 구현하였다.

또한 이동 로봇 바닥에 부착된 RFID 리더기와 태그가 인식하는 거리 특성을 확인하기 위해서 실험을 수행하였다. 표 3과 같이 1, 2, 3, 4, 5, 6cm의 거리에 따른 거리별 인식률을 확인한 결과 1, 2cm에서는 100%의 인식률을 보였지만 거리가 2cm이상으로 증가하면 인식률이 감소하는 특성을 확인 할 수 있었다. 따라서 제작된 이동 로봇의 최적의 거리 인식률은 2cm이하로 안정적인 거리별 정보 인식률을 제공하기 위해서 이동 로봇과 태그간의 거리를 2cm로 설정하여 안내 실험을 수행하였다.

표 3. 거리별 인식률 특성  
Table 3. Characteristics of recognition rates by distance

Distance (cm)	Recognition rate (%)
1	100
2	100
3	90
4	50
5	20
More than 6	0

본 논문에서 방향전환에 필요한 각도를 만들기 위해서는 각 모터마다 PWM을 일정하게 유지 한 다음 딜레이의 간격마다 반복의 횟수를 증가시켜 최적으로 동작하는 회전 각도를 확인하였다. 표 4의 결과에서 확인 할 수 있듯이 직진할 때와는 다르게 회전 시 PWM이 100인 조건에서는 제자리에서 회전을 하고 RFID의 인식과 초음파 센서에 의한 제동거리에 영향을 받지 않는 동작 특성을 보였다. 따라서 신속한 회전 특성을 구현 할 수 있도록 PWM을 100으로 설정하였다.

표 4. 반복 딜레이에 따른 회전각도 특성  
Table 4. Rotation angle characteristics according to repeat delay

PWM	Repeat	Delay (sec)	Rotation angle
100	150	0.01	250
100	250	0.01	150
100	950	0.001	80
100	1050	0.001	90

## V. 결 론

본 논문에서는 라즈베리 파이 3에 RFID 및 DC모터를 연동하여 RFID 시스템을 통해 방향전환 및 정지를 하고 이동 중 초음파센서로 장애물 감지와 벽 충돌방지를 하며, 해당 방에 도착을 하게 되면 도착을 알리기 위해 카트에 있는 LED가 빛나게 되고, 다시 시작 위치로 복귀를 수행할 수 있는 RFID를 이용한 자율주행 안내 시스템을 연구하였다. 본 연구에서는 제안된 설계 규격에 따라 프레임워크를 직접 제작하였고 주 제어 장치로는 라즈베리 파이 3가 채택되었으며, 주 제어 장치를 통해 RFID시스템을 이용한 사용자의 카드정보 인식과 바닥에 있는 카드를 인식해 해당 방을 찾아내고 정지할 수 있는 성능을 가진 이동 로봇을 설계, 제작하였다.

제작된 이동 로봇을 이용한 안내 시스템 실험에서 PWM 제어를 통해 PWM이 50이하인 경우 100%까지 인식률을 갖도록 시스템을 구현하였고 또한 이동 로봇과 RFID 거리를 2cm 고정하여 초음파 센서의 인식률은 100%로 작동되게 RFID를 이용한 자율주행 안내 시스템을 구현하였다. 향후 소형화 및 신뢰성 확보를 구현한다면 실제 호텔뿐만 아니라 다른 부분에서도 적용될 수 있을 것으로 예상된다.

## References

- [1] B. Baek and H. Kim, "Industry Trend and Policy Direction of Intelligent Robot Industry,"

*The Magazine of the IEEK*, vol. 44, no. 9, 2017, pp. 17-18.

- [2] D. Jeong, J. Park, and Y. Kim, "Study on Design of Mobile Robot for Autonomous Freight Transportation," *Journal of Korean Institute of Intelligent Systems*, vol. 23, no. 3, 2013, pp. 202-207.
- [3] K. Hyun, B. Hoon, K. Yeon, and Y. Hyun, "The Design and Implementation of an Indoor Navigation System using Beacon Signal," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 1, no. 12, 2017, pp. 31-38.
- [4] B. Lee, H. Park, J. Jang, S. Lee, and Y. Ko, "Walking assistance system for Visually Impaired People using multiple sensors," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 4, no. 12, 2017, pp. 533-538.
- [5] B. Yoo and S. Choo, "A research on the generation of Bus Stop Information by the line using passenge's boarding and getting off information on Smart cards," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 6, no. 12, 2017, pp. 873-882.
- [6] M. Suh, J. Park, W. Jang, W. Cho, and J. Kim, *Directly Coding Raspberry Pie3*. Goyang: Answerbook, 2018, p. 74.
- [7] J. Kim, "A Smart Home Prototype Implementation using Raspberry Pi." *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 10, no. 10, 2015, pp. 1139-1144.
- [8] D. Park, "Constraint Control Method of PWM Control Type Motor," *Trans. of the Korean Society of Automotive Engineers*, 2015, pp. 330-331.
- [9] J. Yang and S. Kwak, "Design of Brushless DC Motor Speed Control System for Handpieces," *J. of the Korea Institute of Electronic Communication Sciences*, vol. 11, no. 6, 2016, pp. 597-604.
- [10] Noer, Hasanuddin and Djamaluddin, "Implementatation of RFID based raspberry Pi for user authentication and offline intelligent payment system," *Int. Symp. on Electrical and Computer Enginerring 15th Int. Conf.*, Mexico City, Mexico, 2017, pp. 251-255.

## 저자 소개



**김윤곤(Youn-Gon Kim)**

2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)



**김택수(Taek-Su Kim)**

2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)



**정현우(Hyeon-Woo Jeong)**

2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)



**김영준(Young-Jun Kim)**

2019년 남서울대학교 전자공학과 졸업예정(공학사)



**박용욱(Yong-Wook Park)**

1989년 2월 연세대학교 전기공학 과 졸업(공학사)

1991년 8월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학석사)

1999년 2월 연세대학교 대학원 전기공학과 졸업(공학박사)

2000년 9월~현재 : 남서울대학교 전자공학과