

QR 코드 인식 실내이동 로봇제어 융합연구 - 무선시스템 구성을 중심으로

이정익
인하공업전문대학 기계설계과 교수

A Convergency Study on the QR Code Perception Indoor-mobile Robot Control - Focused on Wireless System Configuration

Jeongl-Ick Lee
Professor, Dept. of Mechanical Design, INHA Technical College

요약 QR 코드는 스티커 형태로 인쇄되어 설치비용이 저가로 위치 인식하기 위한 천장이나 벽면에 인공지표를 붙이는 위치 인식 방식과 비전으로 위치 인식을 하는 방식에 비교하여 위치 인식 정확도 면이나 설치비용 면에서 많은 장점을 보유하고 있어 모든 산업에 전반적으로 적용 가능한 로봇을 만든다. 본 연구에서는 정사각형 2차원 바코드를 통해 오차범위는 3 mm 이내 로봇에 적용하는 기술로 정확도가 뛰어나 정확한 위치제어가 가능한 로봇을 만들 수 있음을 보여주며, 특히 여러 공학 기술이 합쳐진 융합연구는 QR 코드 인식 실내이동 로봇제어 연구의 시스템 구성을 중심으로 기술한 것이다.

주제어 : 융합, 물류, 컨베이어 로봇, 스마트 공장, 내부 위치 인식 기술, QR 코드

Abstract The QR codes are printed in sticker form and have many advantages in terms of location recognition accuracy or installation cost compared to the location recognition method, which attaches artificial indicators to ceilings or walls for low-cost location recognition, and the way in which the location is recognized by vision, to create robots that are generally applicable to all industries. In this study, it is shown that the two-dimensional square bar code applied to the robot within 3 mm of error allows the robot to be made with high accuracy and accurate location control. In particular, the fusion research, combined with various engineering technologies, describes QR code-aware indoor mobile robot control research centered on the construction of the system.

Key Words : Convergence, Logistics, Conveyor robot, Smart factory, Inside position perception technology, QR-Code

1. 서론

센서 시스템을 이용한 지능형 로봇의 융복합 적용 분야는 날로 발전되고 있으며 산업계의 전반에서 일어나고

있다[1,2]. 센서 시스템이란 미지의 작업 공간에서 어떤 센서를 이용하여 어떤 알고리즘으로 사용하는지에 따라 로봇의 성능이 결정된다[3,4]. 현재로는 이동형 로봇의 경우 초음파, 적외선, 엔코더 외의 센서들을 장착하여 거

*This work was supported by INHA TECHNICAL COLLEGE Research Grant.

*Corresponding Author : Jeong-Ick Lee(jilee@inhac.ac.kr)

Received November 4, 2019

Accepted December 20, 2019

Revised December 2, 2019

Published December 28, 2019

리 주행계(Odometry)를 이용하여 자기 좌표를 인식하고 장애물을 회피하였다[5,6]. 현재까지는 로봇의 위치를 인식하려는 노력은 많았으나 정확한 위치 인식에 대한 방법을 찾지는 못하고 있었다. 현재로는 위치 인식을 위해서 AGV의 마그네틱이나 비전 등의 센서를 이용해 작업 경로에 설치하고 있으나 그 설비와 설치비용이 높으며, 쉽게 경로를 바꾸거나 조정하기 또한 쉽지 않다. 그러나 이러한 방법들은 인식의 오차범위가 매우 높아 정확한 위치 인식과 낮은 시공비용의 방법이 요구되는 시점이다. 이에 대한 대안으로써 본 연구에서는 높은 경로 인식과 낮은 설치비용을 위해서 QR 코드 인식 로봇 개발, 위치 인식과 자율 주행을 하기 위한 실내 로봇제어에 관한 내용을 중심으로 나타내었다. 이를 보완하기 위해 일차로 무동력 로터 엔코더 기구부 모델링을 수행함에 있어 실내 이동로봇의 구동축 선상에 배치시킨다. 이동로봇의 직진성 보장을 위한 위치 오차 및 무동력 엔코더 신호 보정을 위해 바닥의 QR 코드를 이용 이차로 보정한다 [7-9].

본 연구에서는 QR 코드 인식 실내 이동로봇 제어를 중심으로 시스템 구성, 주행 제어 모델, 주행 운영 기법, 보조 엔코더를 이용한 추측 방법을 중심으로 구성하였으며, 본 논문에서는 무선 시스템 구성을 중심으로 기술하고자 한다.

2. 연구의 필요성

QR 바코드 인식기술을 통해 실내 이동로봇을 움직이게 하며 이를 산업체 전반으로 확대시키려하며 이 기술에는 QR 코드를 이용하여 실내 이동로봇의 위치 및 방향을 인지한다. 로봇의 QR 코드 리더기가 인식하면서 오차 3 mm 내로 정확도 또한 우수하다. Fig. 1과 같이 QR 코드의 경우는 우리가 흔히 사용하는 붙였다 제거했다 하는 스티커 타입으로 그 시공비용이 낮다.

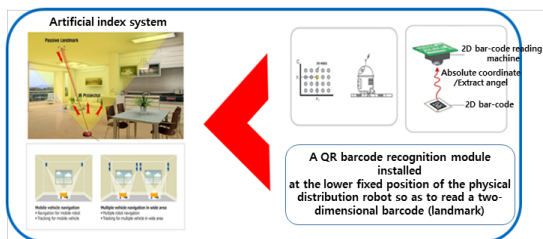


Fig. 1. Benefit of QR code recognition system

또한, 경제/산업적 측면에서 보면, 위치 인식 자율 주행 로봇의 상용화가 된다면 물류 시장의 증가는 위치 인식 자율 주행 물류 로봇의 상용화를 통한 매출 기여와도 비례할 것이다.

3. QR 코드 인식 실내 이동로봇

기존의 위치 인식 자율 주행 로봇은 슬랩 방식 또는 마그네틱 라인에 의존하여 주행하는 로봇으로서 자율성이 보장되면 정확도가 떨어지고, AGV 방식과 같이 마그네틱 라인을 인식하여 정확도는 일부 상승하였지만, 실내 이동로봇으로서의 자유도는 매우 떨어진다. 본 연구에서는 Fig. 2와 같이 이전 AGV의 마그네틱 원리에서 벗어나 실내 이동로봇의 QR 코드 인식을 기본으로 자율 주행 및 위치 인식이 가능한 연구결과를 나타낼 것이다 [10-12].

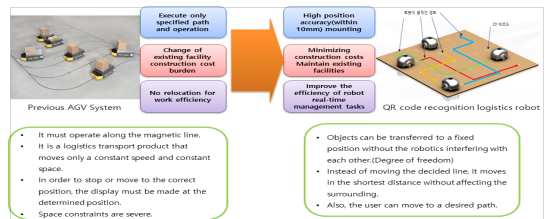


Fig. 2. Conceptual diagram of smart logistic robot

일반 실내 이동로봇이나 AGV 시스템의 경우는 일정 경로에 의존해 주행하거나 특정한 공간만을 이동할 수 있어 로봇의 응용성이 매우 낮다. 또한, 위치 인식을 위해 인공지표 랜드마크를 별도로 시공해야 하는 비용부담이 생기며, 정밀도 또한 보장할 수가 없다. 본 논문에서 제안하고자 하는 실내 이동로봇의 방식은 경로 주행도 가능하고 경로 이외의 주행도 가능하며, QR 코드의 입력값에 따라 임무지정 및 위치 인식이 가능하다. 본 연구에서 개발된 QR 코드 인식기술은 Fig. 3과 같다. 달성된 기초연구로는 QR 코드를 통한 맵 데이터 합성으로 방향 및 위치 인식이 가능하고 위치 인식의 오차를 감소시키기 위해 보조엔코더를 사용하여 신호 분석을 통한 위치 인식 기술을 획득하고 이를 맵으로 표현할 수 있는 알고리즘을 제작하였다. Fig. 4의 는 QR 코드를 인식한 맵에서 정확히 절대 좌표로 분산 배치가 가능한 알고리즘을 나타내었다[13].



Fig. 3. Making of QR code and calibration of recognition rate

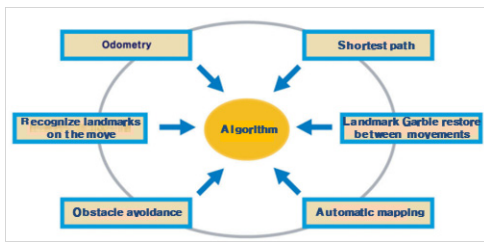


Fig. 4. Recognition algorithm of position of QR code

3.3 QR 코드 인식하여 위치 인식 실내 이동로봇의 요구사항

선행 연구의 문제점은 다음과 같다. 현재 상용화가 되어 있는 실내 이동로봇은 인공지능이나 슬랩 방식의 위치 인식을 진행하고 있다. 앞서 기술은 정확한 위치 인식이 되지 않아 이에 대한 필요성이 증대되고 있다. 여러 가지 로봇의 위치 인식과 경로를 파악하는 기술은 상용화시키려 하였지만 높은 가격과 시공비용으로 인하여 국내/외 현장에서 쉽게 상용화가 되지 않고 있다. 국내 대부분의 물류 부분의 로봇 방식으로는 AGV 시스템이 대부분이며, 이 AGV 시스템은 정해진 경로로 이동하기 때문에 정밀도는 보장되나, 자율 이동이 불가능하다. 연구개발 방향은 다음과 같다. 실내 이동로봇이 QR 코드 인식을 통해 정해진 경로를 움직여야 하며, 궁극적으로는 슬랩 방식으로 지정된 경로 없이 이동 가능해야 한다. QR 코드를 이용한 공간 이동로봇은 라인을 따라가는 AGV에 대비하여 인식률이나 습득력이 높을 것이다. 본 연구에서는 QR 코드 로봇의 직선 주행선 오차 보정 및 개선 방법에 대해서도 제안할 것이다. QR 코드를 이용한 실내 이동로봇의 경우 QR 코드 만으로는 인식률이나 정확도가 떨어지므로 정확한 위치 인식을 위한 보조엔코더 및 오도메트리를 통한 직진 보정과 마지막으로 자이로센서를 이용

한 회전 보정의 기술까지 제안할 예정이다[14,15].

4. QR 코드를 이용한 위치 인식제어 구성 제안

4.1 QR 코드 인식 실내 이동로봇 시스템의 구성

아래 Fig. 5는 QR 코드 인식 이동로봇의 시스템 구성이다. 주제어기, 모션 제어기, PC 제어기, 모터, 센서로 구성하였다. 전체를 로봇 플랫폼으로 둔다면 주 제어기에는 모션 플래닝(motion planning), 이미지 프로세싱(image processing), 데이터 프로세싱(data processing), 카메라 모듈(camera module), 로터리 엔코더 신호(rotary encoder signal)이고, 보조 제어기는 모션 제어기(motion control), 2개의 BLDC 모터(2 BLDC motor(주 바퀴&보조 바퀴)), 초음파 센서(ultra sonic sensor) 및 QR 코드(QR code)로 이루어져 있으며, 주 제어기 및 보조 제어기를 실시간 상태 감시(real time status checking)를 하는 PC 제어기(PC control)가 중간에 놓이도록 시스템을 구성하였다. Fig. 6은 QR 코드 이동로봇의 제어장치 구조도이며 그림에서 보듯이 ARM-Core Bases 32Bit Processor를 이용하고 BLDC 모터(2개)를 컨트롤 할 수 있는 모터 드라이버와 전방, 후방이 가능한 최대 4채널 초음파 센서, 2개의 배터리(Li-Po) 직렬 24볼트 20암페어로 구성하였다.

전진 기능으로는 좌측, 우측 회전 엔코더를 이용해 거리 주행계(Odometry)의 데이터 추출과 좌 및 우측 2개의 BLDC 모터와 리프트 모터 제어 및 거리 데이터 추출, S/W와 통신(RS232)가 가능하도록 제작하였다.

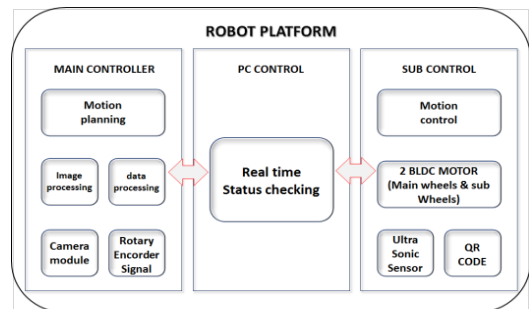


Fig. 5. System platform of QR code recognition robot

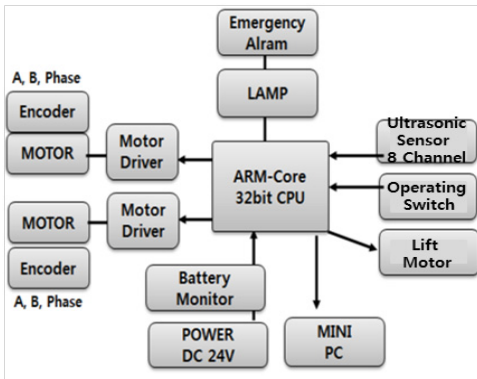


Fig. 6. Structure of control device of QR code recognition robot

4.2 QR 코드 인식 실내 이동로봇 시스템의 설계

실내 이동로봇의 구동 방식에는 3가지가 있으며 그들은 삼륜, 다륜, 차륜 구동이다. 본 연구의 경우 두 바퀴의 회전 속도에 따라 제어가 되는 차륜 구동을 사용하고 있다. Fig. 7은 기구부 설계로 BLDC 모터 2개, 보조바퀴 4개, 보조엔코더의 장착을 나타내었다.

전체 센서로는 바닥의 QR 코드 인식이 가능한 카메라 모듈 및 초음파 센서가 있다. Fig. 8은 본 연구를 위해 제작된 QR 코드 인식 실내 이동로봇을 보여주고 있다[16, 17].

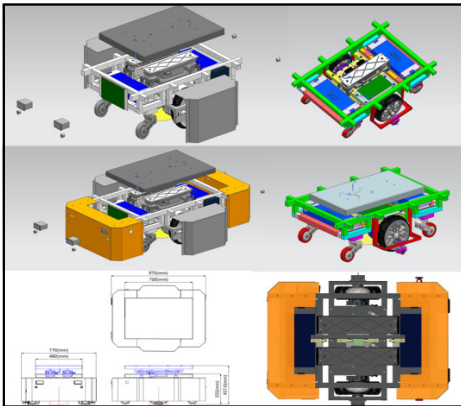


Fig. 7. Mechanical design of room mobile robot in QR code recognition robot

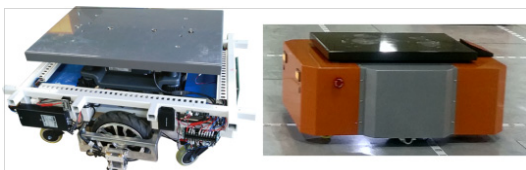


Fig. 8. Photos of QR code recognition room mobile robot

Fig. 9는 경로연구 및 로봇자동 확인을 위해 QR 코드를 부착한 실험장을 보여주고 있다.



Fig. 9. QR code is affixed and testbed

5. 결론

QR 코드는 스티커 형태로 인쇄되어 설치비용이 저가로 위치 인식하기 위해 위치 인식 방식과 비전으로 위치 인식을 하는 방식에 비교하였다. 정확도 면이나 설치비용 면에서 많은 장점을 가지며 위치 인식 기술인 바코드를 인식기술로 오차범위 3mm 내 정확한 위치제어가 가능한 이동로봇을 만들었다. 정확한 위치 인식, 구동 제어 및 주행 중심기술 구현을 위해 연구를 계속 추진할 것이며 본 연구에서는 특히, QR 코드 인식 실내 이동로봇 제어에서 시스템 구성을 중심으로 연구를 수행하여 다음과 같은 결과를 얻게 되었다.

1. QR 코드의 위치 인식이라는 연구 소재를 이용하여 아마존의 키바, 인도의 오렌지 기업 로봇, 베이징의 GEEK+를 능가하는 QR 코드 인식하며 실내에서 자유롭게 이동 가능한 로봇 시스템의 구성을 위한 하드웨어 기반을 구축하였다.

2. BLDC 모터 및 정확한 위치 인식과 슬립 현상 없이 정확한 정지를 위한 엔코더를 장착한 QR 코드 인식 실내 이동로봇 시스템의 기구설계 및 실제 시제품 제작을 시행하였다. 또한, 로봇의 바닥부에 정확한 정지를 위한 카메라 센서와 초음파 센서도 장착하였다.

3. QR 코드가 부착된(affixed) 테스트 베드를 구축하여 실제 QR 코드 위치 인식 실내 이송 로봇이 동작 가능함을 실험해 보았다. 향후 현 QR 코드 로봇 위에 가반 중량을 높이거나 컨베이어 등을 장착하여 다양한 사용자의 요구조건에 부합할 QR 코드 물류 로봇의 연구를 구축하였다.

REFERENCES

- [1] M. S. Jung. (2011). A study on the management of cadastral control points and its utilization using QR-code, *Journal of The Korean Cadastre Information Association*, 13(1), 43-51.
- [2] Y. G. Song, D. Y. Lee, J. H. Jang & C. H. Lee. (2011). A study on QR code based management of aircraft maintenance parts, *Journal of Korea Safety Management and Science*, 13(1), 183-188.
- [3] T. H. Kim, D. M. Shin, M. S. Kim, J. S. Kim, K. H. Ryu & M. S. Shin. (2012). An Ontology based Context Aware System to Control the Robot Manipulator in Delivery Logistics Industry, *International Conference, ISI 2012*, 221-226.
- [4] Y. K. Lee & H. Yoo. (2012), QR-code finder recognition using four directional scanning method, *Journal of The Korea Institute of Information and Communication*, 16(6), 1187-1192.
- [5] C. Kim., J. K. Shin & J. S. Cha. (2012). A study on the A-R type monitoring technique using QR-code and environment monitoring sensor based on smart device", 12(5), 261-265.
- [6] Y. S. Im & E. Y. Kang. (2012). Watermarking and QR code in digital image coding", *The Journal of The Institute of Internet, Broadcasting and Communication*, 12(6), 99-104
- [7] K. W. Lee. (2013). A study of content generation system using QR-code in smart- phone environment, *Journal of Korea Academia- Industrial Cooperation Society*, 14(6), 2999-3004.
- [8] S. H. Seo, C. Y. Choi, G. Y. Lee & H. K. Choi. (2013). QR-code based mobile dual transmission OTP system, *The Journal of Korean Institute of Communication and Information Science B*, 38(5), 377-384.
- [9] J. E. Ha. (2019). Detection of QR-code based on mask R-CNN using synthetic image under perspective transformation, *Journal of Institute of Control, Robotics and Systems*, 25(9), 770-774.
- [10] S. H. Kim & J. S. Han. (2014). Smart cold-chain monitoring automation system architecture based on internet of things, *Journal of Digital Convergence*, 12(12), 351-356.
- [11] Y. K. Lee & H. S. Yang. (2016). A study for secure the reliability of automated warehouse system, *Journal of Digital Convergence*, 14(10), 253-259.
- [12] J. S. Jang, H. J. Son, J. Y. Sim, S. Y. Kang, J. M. Moon & T. R. Lee. (2019). Design and development of clear aligner management system using QR code, *Journal of Digital Convergence*, 17(9), 185-192.
- [13] S. D. Kim & J. K. Lee. (2012). Efficient customer reception policy with QR code, *Journal of Convergence for Information Technology*, 2(1), 1-9.
- [14] J. H. Lee & M. G. Cho. (2017). A study on emergency medical information management methods for elderly patients using QR code and finger-print recognition, *Journal of Convergence for Information Technology*, 7(6), 135-141.
- [15] E. Y. Oh. (2019). A study on non-storage data recording system and non-storage data providing method by smart QR code, *Journal of Convergence for Information Technology*, 9(4), 14-20.
- [16] J. I. Lee. (2017). The development and application for logistic conveyor robot system of smart factory system based on inside position perception technology by QR code(1), *Proceedings of the Korean Society of Mechanical Technology*, 17.
- [17] J. I. Lee, B. K. Koh & M. S. Yeo. (2016). The development of logistic robot in perception of QR code, *Proceedings of the Korean Society of Mechanical Technology*, 61-64.

이 정 익(Jeong-lck Lee)

[정회원]



- 1991년 2월 : 한양대학교 공과대학. 기계공학과 (공학사)
- 1993년 2월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학석사)
- 1999년 8월 : 한양대학교 공과대학. 정밀기계공학과 (공학박사)
- 1993년 1월 ~ 1999년 12월 : (주)대우전자. 중앙연구소 (선임연구원)
- 2000년 3월 ~ 2007년 2월 : 용인송담대. 자동차기계설계전공 (교수)
- 2007년 3월 ~ 현재 : 인하공전. 기계공학부. 기계설계과 (교수)
- 관심분야 : CAD/CAM/CAE, 공장자동화, 생산자동화, 사출금형, 유비쿼터스, MEMS, BIOMECHANICS
- E-Mail : jilee@inhac.ac.kr