

# 저비용 센서 기반의 확장 가능한 자동 운반 시스템<sup>+</sup>

## (Cost-effective Sensor-based Scalable Automated Conveyance System)

김 준 식<sup>1)</sup>, 정 우 순<sup>2)</sup>, 이 형 규<sup>3)\*</sup>

(Junsik Kim, Woosoon Jung, and Hyung Gyu Lee)

**요 약** 무인 차량 기술의 주된 초점은 차량이 목적지에 도달할 때까지 운전자의 개입 없이 다양한 센서에서 얻은 정보로 차량의 방향과 속도를 제어하는 것이다. 본 논문에서는 물류창고 혹은 공장과 같이 차량의 이동 범위가 제한된 환경 내에서 저비용 센서들을 활용한 무인 운반 시스템을 개발하는 데 초점을 둔다. 또한, 실내 위치 정보를 나타내는 수단으로 RFID 시스템을 채택하였으며, 경로 수정 및 확장 가능한 자동 운송 시스템을 제안한다. 제안하는 시스템은 무인 운송에 사용되는 차량의 수와 동시에 이동하는 차량 간의 충돌이나 교착 상태가 없도록 차량의 효율적인 제어 메커니즘을 포함하고 있으며, 프로토타입 시스템을 구현하여 제안된 시스템의 효율성과 기능을 성공적으로 검증한다.

**핵심주제어:** 무인 자동차, 자율 주행 자동차, RFID 실내 위치 추적

**Abstract** The important goal of the unmanned vehicle technology is on controlling the direction and speed of the vehicle with information acquired from various sensors, without the intervention of the driver, until the vehicle reaches to its destination. In this paper, our focus is on developing an unmanned conveyance system by exploiting low-cost sensing technology for indoor factories or warehouses, where the moving range of the vehicle is limited. To this end, we propose an architecture of a scalable automated conveyance system. Our proposed system includes a number of unmanned conveyance vehicles, and the efficient control mechanism of the vehicles without neither conflicts nor deadlock between the vehicles being simultaneously moved. By implementing the real prototype of the system, we successfully verify the efficiency and functionality of the proposed system.

**Keywords:** Unmanned Vehicle, Autonomous Car, RFID Indoor Location Tracking

\* Corresponding Author: hglee@daegu.ac.kr

+ 이 논문은 2017년 대구대학교 학술연구비지원에 의한 논문임  
Manuscript received February 16, 2021 / revised  
February 23, 2021 / accepted February 24, 2021

1) 대구대학교 ICT융합학부 인공지능전공, 제1저자

2) 대구대학교 대학원 정보통신공학과, 제2저자

3) 대구대학교 ICT융합학부, 교신저자

### 1. 서 론

정보통신기술과 함께 자율 주행 자동차에 관한 연구가 세계적인 자동차 기업들뿐만 아니라 구글을 비롯한 IT 기업 사이에서 활발히 이루어지고 있다. 자율 주행 자동차인 ‘구글카’에서

사용되는 대표적인 센서들은 카메라, 레이더, 라이다(LIDAR: Light Detection and Ranging), 위치 측정기 등이 있으며, 이들 센서는 주변의 차량, 사물, 사람, 신호, 차선 등의 제반 상황을 파악한다. 이처럼 실제 도로에 적용되는 스마트 자동차에는 고속주행에서도 안정성을 보장하기 위한 수많은 고가의 센서들과 이른 시일 안에 데이터를 효율적으로 처리할 수 있는 복잡한 기술들이 사용하고 있고, 이러한 점들은 무인 자동차 기술이 상용화를 어렵게 만드는 요인이기도 하다. Kong, Y. I. (2013)에 의하면, 구글카에는 고가의 라이다 센서를 비롯하여 총 60여 개의 센서가 내장되어 있으며, 센서 비용이 자율주행 자동차의 상당 부분을 차지한다. 즉, 구글카가 당장 출시된다 하더라도 구매할 여력이 있는 사람은 극히 일부분일 것이다.

따라서 본 논문에서는 저비용의 무인주행 기술을 이용하여 도로 위를 고속으로 주행하는 무인 자동차가 아닌 공장, 물류창고 등의 제한된 공간 내에서 효율적으로 물건을 운반하기 위한 무인 운반 시스템에 활용하는 것을 제안한다.

비용을 최소화한 스마트 자동차에 관한 연구 사례를 보면, Kim, J. Y. and Lee, W. C. (2014)은 다수의 초음파 센서와 장애물 회피 알고리즘을 적용한 자율 주행 기법을 발표한 바 있으며, Kim, W. C. et al. (2011) 및 Ko, E. S, Lee. C. W. (2013)는 영상처리를 적용하여 자율 주행 기술을 구현한 바 있다. 하지만 이들은 충돌 방지, 차선 이탈 방지에 무게를 둔 시스템으로써 무인주행 자체에 목적을 두고 있을 뿐 이를 활용한 운반 시스템에는 효율적으로 사용되지 못한다.

현재 물류창고에서 운용 중인 대표적인 무인 운반 시스템으로는 미국의 아마존 社가 인수한 KIVA systems (2007)의 ‘KIVA mobile fulfillment system’이 있다. 이 시스템에서의 운반 로봇은 라인트레이서 형식으로 광학 물질을 따라 주행하며, Wi-fi 네트워크로 서로 통신한다. 로봇이 선반 밑으로 들어가서 선반을 들어 운반하는 방식이며, 물류창고의 포장 구역, 배송 준비 구역 등 각 섹터 별로 효율적인 운반을 스스로 진행한다.

공장 또는 물류창고 등에서는 보통 운반 차량

의 이동 경로가 일정하므로 고 수준의 무인주행 기술이 없이도, 효율적인 저비용 운반 시스템의 구현이 가능하다. 본 논문에서는 라인트레이서 기반의 무인 운반 차량 및 이러한 운반 차량이 안전하고 정확하게 목적지까지 도달할 수 있는 운반 차량 구조를 제안하고, 이를 효율적으로 운용할 수 있는 통신 기능을 포함하는 시스템 구조 및 인터페이스를 구현한다.

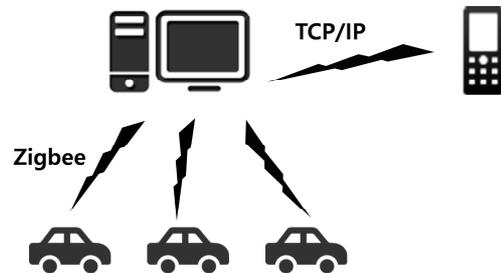


Fig. 1 Block diagram of the system

## 2. 본 론

### 2.1 무인 운반 시스템 구성

Fig. 1은 본 논문에서 제안하는 무인 운반 시스템의 구조를 설명한다. 무인 운반 시스템은 자율 주행을 하며 물건을 운반하는 운반 차량, 이를 제어하기 위한 제어용 컴퓨터 및 제어용 스마트폰으로 구성된다. 무인 운반 차량은 PC와 스마트폰 모두에서 상태 확인 및 제어를 할 수 있다.

Fig. 1에서 보는 바와 같이 본 논문에서 제안하는 무인 운반 시스템은 여러 대의 운반 차량을 제어하는 것이 목적이다. 따라서 1:N의 네트워크 구성을 위하여 Zigbee 통신을 채택하였다.

공장이나 창고에서 실제로 차들을 제어하기 위해 제어용 컴퓨터를 사용하는데, 컴퓨터가 제어실 안에 설치되어 있다면 제어실 안에서만 무인 운반 차들을 제어할 수 있다. 이런 방식은 현장의 상황을 반영하지 못하기 때문에 비효율적이다. 이러한 점을 해결하고, 현장에 있는 근로자

가 시스템을 직접 제어할 수 있도록 스마트폰에서도 제어할 수 있도록 애플리케이션을 구현하였다. 스마트폰은 제어용 컴퓨터와 TCP/IP로 네트워크가 구성되어 있기 때문에, 시스템의 사용자들은 어느 곳에 있더라도 현장의 무인 운반 차량의 상태를 파악할 수 있고, 제어할 수 있다.

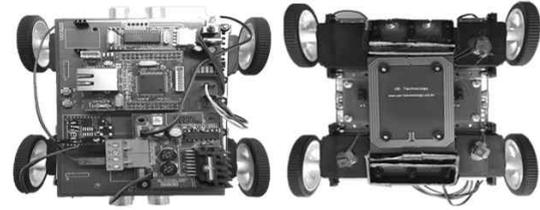


Fig. 3 Photos of the vehicle prototype

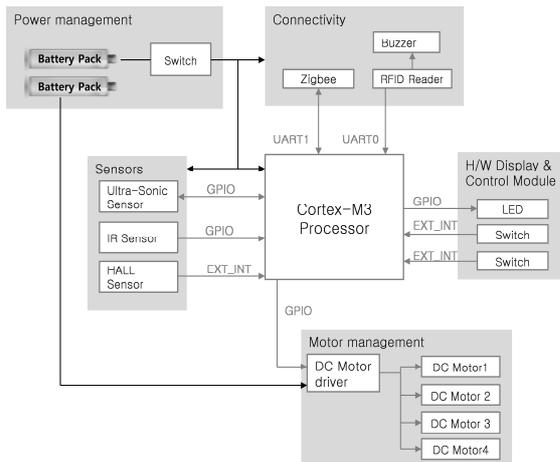


Fig. 2 Block diagram of the vehicle hardware

**2.1.1 무인 운반 차량의 하드웨어 구성**

무인 운반 차량의 하드웨어 구성은 Fig. 2와 같다. 주행 경로를 따라 진행하기 위한 적외선 센서, 충돌 방지를 위한 초음파 센서, 차량의 위치 파악 및 효율적인 경로설정을 위한 RFID 통신, 차량의 정밀한 위치 파악을 위한 홀 센서, 무인 운반 차량과 제어용 컴퓨터의 통신을 위한 Zigbee 모듈 등을 사용한다.

모든 구성요소 및 부품들은 자체 PCB 제작을 통해 통합하였다. 운반 차량 본체는 PCB에 모터와 휠, 주변장치 등을 서포터 및 볼트 등으로 결합하여 제작하였다. Fig. 3은 제작한 운반 차량 프로토타입을 위, 아래에서 바라본 모습이다.

**2.1.2 무인 운반 차량의 소프트웨어 구성**

무인 운반 차량을 제어하기 위한 소프트웨어 구성은 Fig. 4와 같이 크게 3가지로 나뉘었다.

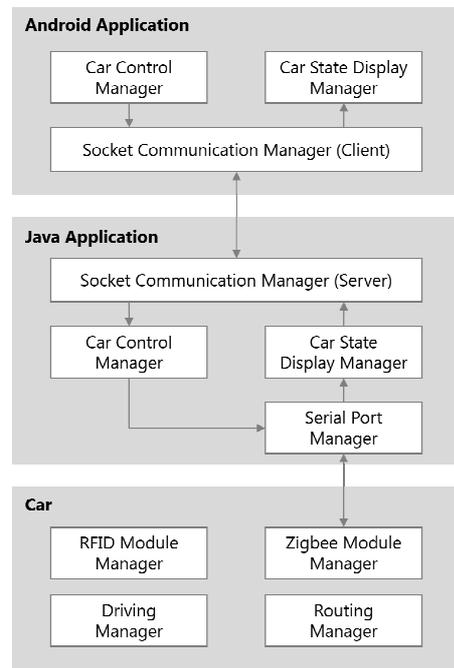


Fig. 4 Block diagram of the software in each layer

첫째, MCU에 탑재된 소프트웨어는 개개의 무인 운반 차량의 제어를 목적으로 한다. 전방 장애물과의 거리에 따른 주행속도 제어, 적외선 센서의 패턴 분석을 통한 주행 경로 및 교차로 판단, RFID와 홀 센서를 통한 차량의 실시간 위치 및 진행 방향 판단 등의 제어가 이루어진다. 차량의 주행 관련 데이터들은 Zigbee 모듈을 통하여 주기적으로 제어용 컴퓨터에 전송된다.

둘째, 제어용 컴퓨터(서버)에서 운용되는 자바 애플리케이션은 개개 차량의 정보를 받아 주행을 제어한다. Serial Port Manager는 PC의

COM 포트에 연결된 통신용 모듈인 Zigbee 모듈 제어를 담당하며, Car Control Manager는 운반 차량에 목적지, 출발, 정지 등 명령어를 전달하는 모듈이다. Car State Display Manager는 운반 차량의 상태를 인터페이스를 통해 보여 주는 역할을 한다. Socket Communication manager는 스마트폰과의 통신을 담당한다.

마지막으로, 스마트폰에서 운용되는 안드로이드 애플리케이션을 통해 스마트폰이 클라이언트가 되어 제어용 컴퓨터와 메시지 교환을 통해 간접적으로 차량을 제어할 수 있다. 제어용 컴퓨터에서는 Zigbee 네트워크의 코디네이터 역할과 TCP/IP에서의 서버 역할이 동시에 이루어진다.

## 2.2 다중 경로 상에서의 주행 기술

### 2.2.1 운반 차량의 진행 메커니즘

본 시스템에 사용된 무인주행 기술은 라인 트레이싱 기법을 이용하므로, 주행 경로 설치하는 바닥에 검은색(혹은 흰색)의 테이프를 붙이거나 도료를 칠하는 것만으로 완성할 수 있기 때문에 설치 및 운용에 비용과 시간을 대폭 절약할 수 있다. 본 시스템과 일반적인 라인 트레이싱 기술의 차이점은 다중 경로에서의 진행을 지원한다는 점이다. 삼거리 및 사거리의 교차로를 지원하기 때문에 보다 직관적이고 효율적인 경로 설치가 가능하다.

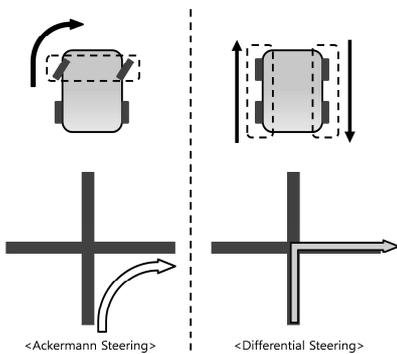


Fig. 5 Ackermann Steering vs Differential Steering

현재 구현한 무인 운반 차량은 차륜 구동 방식(Differential Steering)을 채택하였다. Fig. 5에서와 같이 일반적인 자동차의 조향 방식(Ackerman steering)은 실생활에서 많이 사용되나, 회전반경이 넓어 좁은 공간에서는 비효율적이기 때문이다. 차륜 구동 방식으로 인해 교차로에서 제자리 회전이 가능하다. 또한, 진행 방향에 있어서 앞, 뒤의 구분이 없으므로 목적지에 도달한 후 방향 전환을 하지 않고도 다른 목적지로 운행할 수 있다. 이 기능을 구현하기 위하여 적외선 센서와 초음파 센서를 무인 차량의 앞, 뒤에 똑같이 배치하였다.

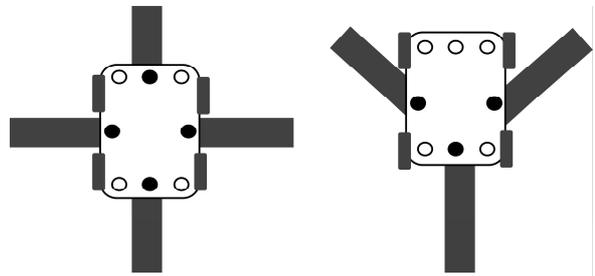


Fig. 6 Detecting type of crossroads using IR sensors

### 2.2.2 교차로에서의 진행

본 논문에서는 더욱 효율적인 공간 활용을 위해 운반 차량의 진행경로에 삼거리와 사거리 교차로를 지원한다.

Fig. 6과 같이 각 운반 차량은 기초적인 라인 트레이싱을 위한 전, 후방 각 3개의 적외선 센서를 가지고 있으며, 정확한 교차로 판단을 위해 차량의 중간에 2개의 적외선 센서를 추가로 사용한다. 운반 차량이 진행 중에 중간에 설치된 적외선 센서 2개에 동시에 라인이 감지되면 교차로에 진입한 것으로 판단한다. 그 후, 해당 교차로가 삼거리인지 사거리인지를 판단하는데 만약 진행 방향의 적외선 센서에 라인이 감지되지 않을 때는 삼거리라고 판단하며, 그렇지 않으면 사거리로 판단한다.

교차로의 유무와 그 종류를 판단하면, 입력된

목적지에 맞는 방향으로 진행한다.

### 2.2.3 Deadlock 방지 기법

본 시스템은 한 대의 운반 차량이 아닌 다수의 운반 차량을 제어한다는 목표로 설계되었다. 운행 경로는 하나의 라인에 양방향 진행이 가능한 방식이다. 따라서 교차로가 아닌 경로 위에서 서로 다른 방향으로 주행하던 운반 차량이 마주하게 된다면 마주한 운반 차량은 서로 진행할 수 없는 상황(Deadlock)이 발생할 수 있는데, 본 연구에서 구현된 시스템에서는 이를 감지하고, 회복할 수 있다.

Deadlock 감지는 운반 차량의 전·후면부에 각각 부착된 초음파 센서를 통해서 수행되며, 회복은 운반 차량 간 양보로 해결된다. 먼저 상대 차량을 인식한 운반 차량이 일정 시간을 대기한 후, 잠시 경로 밖으로 이탈하였다가 상대 차량이 진행하고 나서, 다시 경로로 진입하게 된다. 이 때, 상대 차량이 지나갔는지 판단 여부는 초음파 센서를 통해 결정된다.

### 2.3 경로 선택 기법

위치를 판단하는 기술의 대표적인 예로는 GPS 기술이 있으나, 이는 좁은 공간이나 실내에서 사용하기에는 적합하지 못하기에 해결방안으로 RFID 시스템을 선택하였다. 고속도로의 하이패스(Hi-pass) 시스템에서 착안한 방식으로, 자동차에 RFID 태그가 부착되고 톨게이트에 리더기가 부착되는 방식을 반대로 구현하였다. 운반 차량의 바닥 면에 RFID 리더기를 부착하였으며, 운반 차량의 진행경로 곳곳에 RFID 태그들을 부착하였다. 이로써 운반 차량이 진행 중 읽어오는 RFID 태그의 데이터를 기반으로 운반 차량의 현재 위치를 파악할 수 있다.

RFID 태그를 이용한 위치 판단 방식에서, 위치 정보의 정밀도는 각 RFID 태그 간 간격에 비례한다. 설치되는 RFID 태그의 개수가 많을수록 높은 정밀도를 가지지만, 비용이 증가하는 단점이 있다. RFID 개수에 따른 비용 증가를

최소화하기 위하여 홀(HALL) 센서를 휠에 부착하는 방법으로 극복하였다.

운반 차량이 자신의 위치를 인지할 수 있으므로 오류 검출과 오류 정정의 두 가지 이점을 갖게 된다. 설정된 목적지를 향해 올바른 경로로 진행 중인지 판단할 수 있으며, 잘못된 경로로 진입하더라도 운반 차량의 현재 위치와 진행 방향을 파악하여 올바른 경로로 수정할 수 있다.

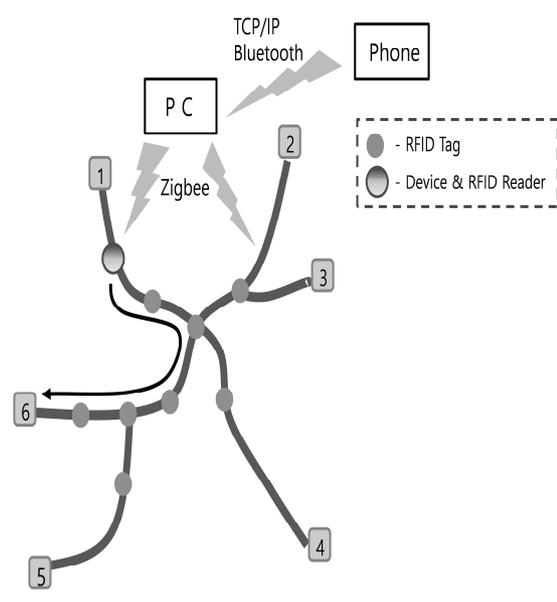


Fig. 7 System-level driving control

#### 2.3.1 수동형 RFID 기반 경로 선택 알고리즘

운반 차량이 올바른 목적지로 도착하기 위해서는 교차로에서의 진행 방향을 알고 있어야 한다.

Fig. 7에서 경로상의 각 원과 1~6이 표기된 사각형들은 모두 RFID 태그들이다. Fig. 7은 1번에서 6번 목적지로 진입하기 위한 예시이며, 목적지로 도달하기 위해서는 첫 번째 교차로에서 우회전, 두 번째 교차로에서 우회전하면 최종 목적지인 6번 목적지에 도달할 수 있다. 이처럼 간단한 경로(우회전 후 우회전)의 경우, 사용자가 MCU에 모든 진행 방향을 직접 입력하는 방법으로 간단하게 구현된다.

위 예시에서와 같은 시스템에서는 Fig. 7에서

나타낸 각 목적지의 번호와 실제 RFID 태그의 데이터를 매칭 시켜주는 절차가 필요하다. 즉, 모든 RFID 태그의 데이터를 미리 알고 있어야 하며, 해당 데이터가 지도 상 어느 위치인지 시스템에 미리 입력해두는 절차가 필요하다.

### 2.3.2 RFID 기반 능동적 경로 선택 알고리즘

진행경로가 복잡해질 경우, 시스템 개발자가 일일이 모든 RFID 태그의 데이터를 실제 지도 상의 위치 데이터와 매칭 시켜야 한다.

이 문제점의 해결책으로 새로운 방식의 효율적인 경로설정 알고리즘을 제시한다. 이 경로 선택 알고리즘에서 주행 경로에 설치된 RFID 태그의 역할은 마치 라우터(Router) 임무를 수행한다. 기존의 경로 선택 방식은 운반 차량이 미리 목적지의 정보를 가지고 출발하는 형태였다면, 개선된 방식에서는 RFID 태그의 데이터가 이정표 역할을 하여 운반 차량이 능동적으로 목적지를 찾아갈 수 있다.

RFID 태그에 목적지에 따른 운반 차량의 주행 방향에 관한 데이터를 기록함으로써, 운반 차량이 직접 진행 방향을 인지할 수 있게 된다. 기존의 알고리즘과 가장 큰 차이점은 실제 지도 데이터와 RFID 태그를 매칭 시킬 필요가 없기 때문에 경로 수정이 용이하다는 점이다. 또한, 아무리 복잡한 경로가 설치된다 하더라도 운반 차량의 MCU에 맵 데이터로 인한 오버헤드가 발생하지 않는다는 것이다. 심지어 운반 차량이 잘못된 경로로 진입하는 경우가 발생한다 하더라도, RFID 태그를 지날 때마다 올바른 주행 경로로 수정하여 진입할 수 있다. 2.3.1절의 경로 선택 알고리즘에서는 한 명의 개발자가 모든 경우의 수를 판단하여 운반 차량의 MCU에 직접 코딩해야 하는 문제가 있었지만, 개선된 알고리즘을 사용함으로써, 여러 명이 동시에 RFID 태그들에 데이터를 기록할 수 있다.

이 방법을 사용함으로써, 사용자는 더욱 직관적으로 경로를 제작할 수 있으며, 한 사람의 개발자가 아닌 여러 명이 동시에 교차로에서의 진행 방향 정보를 주입할 수 있어 시간을 획기적으로 줄일 수 있다.

- Tag for the direction: 'L' (Left), 'R' (Right), 'F'(Forward), 'B'(Backward)
- Tag for the angle of entry: Clockwise from 12 o'clock 0, 1, 2, 3.

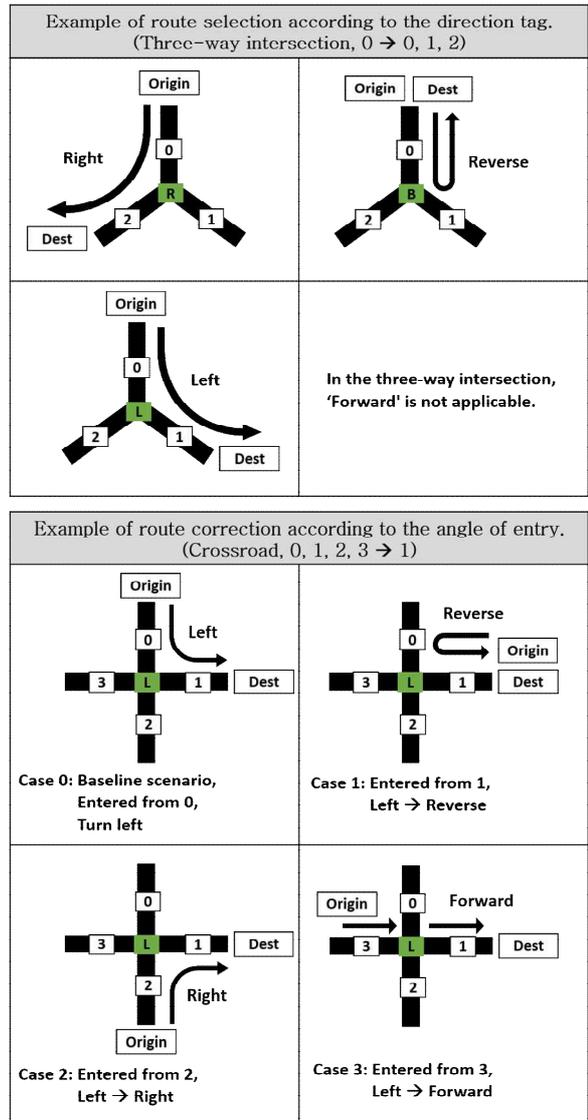


Fig. 8 Determining the direction of the vehicle according to the entering direction

### 2.3.3 RFID 태그의 역할에 따른 분류

본 논문에서 RFID 태그는 크게 2가지로 구분된다. 위의 2.3.2절에서 언급한 바와 같이, 목적지에 도착하기 위해 현재 교차로에서 어느 방향으로 조향해야 하는지를 나타내는 RFID 태그(진행 방향 판단용)가 있으며, 운반 차량이 어느

지점으로부터 진입했는지 판단하기 위해 사용되는 RFID 태그(진입 방향 판단용)가 있다.

진입 방향 판단용 태그들은 교차로와 교차로 사이의 각 중간 지점에 부착하는데, 이때 주행 경로의 12시 방향에 '0'을 부착하고, '1'부터 '3'까지의 값을 시계방향으로 부착한다.

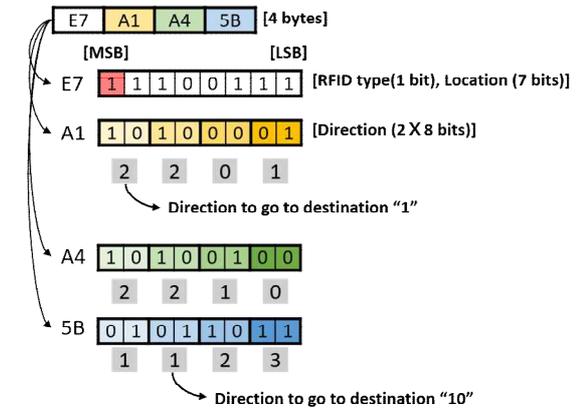
진행 방향 판단용 태그는 교차로의 정중앙에 부착되며, 해당 교차로에서 최종 목적지로 도달하기 위한 진행 방향을 제공한다. 진행 방향 판단용 태그는 항상 12시 방향에서 진입했다는 가정 하에, 최종 목적지로 도달하기 위한 방향(좌회전, 우회전, 직진, 후진)을 의미하는 데이터를 담고 있다.

Fig. 8은 운반 차량의 진입 방향에 따라 어떻게 진행 방향이 설정되어야 하는지를 보여준다. Fig. 8의 위 그림은 삼거리 교차로에서 운반 차량이 12시 방향에서 진입하는 경우를 나타내는데, 모든 경우에서 진입 방향이 12시('0')이므로 진행 방향 판단용 태그에 기입된 진행 방향대로 조향하면 된다.

Fig. 8의 아래 그림은 사거리 교차로에서 발생할 수 있는 총 4가지 시나리오를 보여주는데, 모든 경우에서 목적지는 3시 방향('1')이다.

첫 번째 경우(case 0에 해당, '0'에서 진입), 목적지에 도달하기 위해서는 좌회전을 수행해야 한다. 교차로에 부착되는 진행 방향 판단용 태그는 '0'에서 진입하는 상황을 기준으로 데이터가 작성되었으므로, 이 경우에는 그대로 '좌회전'을 수행하면 된다. 반면, Case 3의 경우 '3'에서 '1' 목적지로 도달하기 위해서 '직진'을 수행해야 하나, 해당 태그의 데이터는 '좌회전'을 의미하므로 잘못된 목적지에 도달할 수 있다. 이 경우 경로 수정 작업이 요구되는데, 이미 진입 방향 판단용 태그를 통해 운반 차량이 '0'이 아닌 '3'을 통해 진입했다는 것을 알고 있으므로 쉽게 수정이 가능하다. 이처럼 진입 방향 판단용 태그는 나침반 역할을, 진행 방향 판단용 태그는 이정표 역할을 수행하므로 경로 선택 측면으로 안정적인 시스템을 구축할 수 있다.

RFID tag's UID example: for determining the "Direction"



RFID tag's UID example: for determining the "Location"

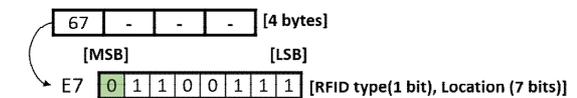


Fig. 9 Details of tag data used in the vehicle routing

### 2.3.4 RFID 태그의 데이터 구성

본 연구에서는 가장 쉽게 접할 수 있는 RFID 규격 중 하나인 ISO-14443A를 채택하였으며, RFID의 UID 필드만 이용한다. 사용된 태그는 4 바이트 크기의 UID를 가지며, Changeable UID를 채택하여 데이터를 쉽게 수정할 수 있다.

Fig. 9는 주행 경로에 설치될 RFID 태그 데이터의 상세이다. 첫 바이트의 MSB는 해당 RFID 태그가 진행 방향 판단용인지 진입 방향 판단용인지를 구분한다. 나머지 7 비트는 주행 경로 상 위치를 특정하기 위한 고유한 위치 정보를 나타낸다. 나머지 3 바이트 영역은 진행 방향을 나타내는 필드이며, 진행 방향을 표현하기 위해 2 비트를 사용한다. 2 비트 단위의 각 데이터의 의미는 '후진'(00), '좌회전'(01), '우회전'(10), '직진'(11)을 나타낸다.

그림에 기입된 바와 같이 목적지가 '1'인 경우, 운반 차량에서는 두 번째 바이트(0xA1)의 MSB 2 비트인 '10'(우회전)에 해당하는 동작을

수행한다.

본 연구에서는 4 바이트 크기의 UID를 사용하였으므로, 최대 12개의 목적지를 지정할 수 있다.

Fig. 10은 '3'에서 '7'으로 향하는 상황을 나타낸 그림이다. 원이 위치한 지점의 진행 방향 판단용 태그의 UID를 살펴보면, 총 8개의 목적지를 지원하므로 필요한 UID의 크기는 3 바이트 (위치 정보 1 바이트 + (2 비트 × 8))이며, 해당 교차로에서 목적지 '7'로 도착하기 위해 확인할 데이터는 Fig. 10의 표에 음영으로 표기된 부분(01, '좌회전')에 해당한다.

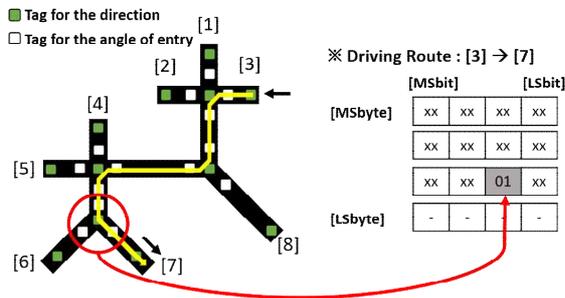


Fig. 10 Example of driving a vehicle

## 2.4 사용자 인터페이스

제어용 컴퓨터에 설치된 자바 애플리케이션에는 운반 차량의 주행 여부, 현재 위치, 전방의 장애물 여부가 표기된다. 어느 운반 차량을 제어할지 선택하는 명령, 운반 차량의 출발 및 정지 명령과 목적지를 설정하는 명령들이 있는데, 사용법은 간단하다. 제어하고 싶은 운반 차량의 번호와 목적지를 설정한 후, 시작 버튼을 누르는 것만으로 제어할 수 있으므로 누구나 쉽게 사용할 수 있다.

스마트폰에서는 운반 차량과 직접 통신을 하지 않지만, 서버(제어용 컴퓨터)를 통해 데이터를 교환하기 때문에 제어용 컴퓨터에서의 기능과 같은 권한으로 같은 기능을 수행할 수 있다. 이로써 긴급 상황 발생 시, 서버 PC 측에 관리자가 없더라도 애플리케이션을 설치한 스마트폰의 소유자라면 누구나 운반 차량을 제어할 수

있다.

## 2.5 시제품 구현 및 시스템 검증

Fig. 11은 시제품으로 구현된 운반 차량(왼쪽)이며, 시스템을 테스트하기 위해 제작된 테스트 베드(오른쪽)이다. Fig. 11에서의 흰색 선은 운반 차량이 이동하는 경로이며, 각 선의 끝은 목적지로서, 테스트 베드는 6개의 목적지를 3개의 교차로를 통해 도착할 수 있도록 제작하였다. 여러 번의 반복된 실험을 통해 각 운반차량들은 목적지까지 성공적인 주행을 하는 것을 확인하였으며, 주행 중 전방에 장애물이 발견될 시에는 즉각적인 속도 제어를 하였다. 또한, 주행 중에는 읽어들이는 RFID 태그와 홀 센서의 데이터를 통해 자신이 이동한 거리를 정확히 측정하였다.

본 시스템의 오류 검출 및 정정 능력을 판단하기 위해 주행 중인 운반 차량을 진행 방향과 전혀 다른 위치로 옮겨 놓았지만, 운반 차량은 자신의 위치와 진행 방향, 설정된 목적지를 토대로 오류를 감지하고 진행 방향을 정정하여 올바른 목적지까지 경로를 수정하여 도달하였다.

## 3. 결론

### 3.1 요약

본 논문에서는 공장 또는 물류창고 등의 제한된 공간 내에서 매우 효율적으로 사용할 수 있는 무인 운반 시스템의 구조를 제안하고 이에 대한 효율성 및 기능성 검증을 위한 시제품을 개발하였다. 제안된 기술은 저비용의 센서만으로 구현할 수 있으며, 운용되는 환경에 따라 운반 차량의 크기를 다양화하여 공장 및 물류창고를 비롯하여 사무실처럼 좁은 공간에서도 손쉽게 운반 시스템을 구현할 수 있는 장점이 있다.

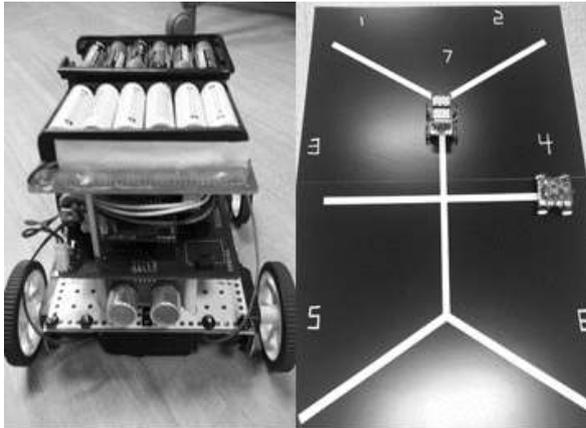


Fig. 11 Prototype of the vehicle (left) and test platform (right)

### 3.2 기여도

본 연구는 공정 자동화(FA)의 큰 요소인 운반에 관한 것으로 실제 공장이나 물류창고에 적용이 된다면 운반에 쓰이는 인력과 장비들을 대폭 감소시킬 수 있을 것으로 전망하며, 절약된 자원은 다른 분야에 효율적으로 사용할 수 있을 것이다.

RFID 기반의 능동적 경로 선택 알고리즘 측면에서는 운반 차량이 마치 이정표를 보며 주행하듯, RFID 태그의 데이터를 따라 능동적인 주행을 한다. 따라서 본 시스템이 설치된 장소의 구조가 변경된다 하더라도, 운반 로봇의 업데이트가 필요하지 않다. 단지 RFID 태그의 정보만 변경하면 된다.

예를 들어, 100대의 운반 로봇을 운행 중이라면 경로의 일부가 추가/제거되더라도, 100대의 모든 운반 차량의 펌웨어를 업데이트할 필요 없이 추가된 경로의 RFID 태그 데이터만 변경하면 된다.

## References

Kim, J. Y. and Lee, W. C. (2014). Real-Time Obstacle Avoidance of Autonomous Mobile

Robot and Implementation of User Interface for Android Platform. *IEMEK Journal of Embedded Systems and Applications*, <https://doi.org/10.14372/IEMEK.2014.9.4.237>

Kim, W. C. et al. (2011). On the self-driving of a model car using image processing. *Proceeding of Institute of Control, Robotics and Systems*, pp. 660-663.

KIVA Systems, "DEFYING THE LAWS OF FULFILLMENT - THE KIVA MOBILE FULFILLMENT SYSTEM", *Kiva Systems*, p.2 - 7, 2007

Ko, E. S, Lee. C. W. (2013). Implementation of Lane Tracking System using a Autonomous RC Toy Car, *IEMEK Journal of Embedded Systems and Applications*, 8(5), 249-254.

Kong, Y. I. (2013). Trend: the Business trend and direction of Google Car.. *ICT & Media Policy*, 25(5), 57-70.



**김 준 식 (Junsik Kim)**

- 정회원
- 대구대학교 인공지능전공 학사과정
- 관심분야 : 자율 주행, AI



**정 우 순 (Woosoon Jung)**

- 정회원
- 대구대학교 임베디드시스템공학과 학사
- 대구대학교 정보통신공학과 석사
- 대구대학교 정보통신공학과

박사과정

- 관심분야 : 저전력 시스템 설계, 패턴인식, AI



**이 형 규 (Hyung Gyu Lee)**

- 정회원
- 서울대학교 전기컴퓨터공학부 석사
- 서울대학교 전기컴퓨터공학부 박사
- 대구대학교 정보통신대학 임베

디드시스템공학부 부교수

- 관심분야 : 저전력 시스템 설계, 에너지 하베스팅, 저전력 메모리