

무선 네트워크 기반 자율주행 시스템 설계

Design of Autonomous Navigation Systems based on Wireless Networks

박혜공 · 이형근 · 권순학[†]

Hye G. Park, Hyong G. Lee and Soon H. Kwon[†]

영남대학교 전기공학과

요 약

최근 산업 현장에서 자율주행 시스템에 관한 관심이 날로 증대되고 있다. 자율이동 로봇을 포함한 자율주행 시스템은 인간의 지속적인 도움 없이 거칠고 변화하며 구조화되지 않으면서도 불확실한 주변 환경에서 원하는 작업을 수행할 수 있는 능력을 지녀야 한다. 이를 위해서 근거리 무선통신 네트워크로 로봇 간 서로 교신을 하여 위치 및 상태 등의 정보를 공유를 통해 원만한 자율 주행을 할 수 있는 시스템의 설계가 요구된다. 본 논문에서는 센서 네트워크 및 무선네트워크에 기반한 자율주행 시스템을 개발하고 실험을 통하여 개발된 시스템의 성능을 검증한다.

키워드 : 자율주행, 무선 네트워크, 자율주행 시스템

Abstract

Recently autonomous navigation systems are taken great attention in real industry. The ability to performing desired tasks in rough, changing, unstructured and uncertain environments without continuous human assistance is needed in autonomous navigation systems including autonomous robots. Industrial Mobile robot can be required wireless network communications for the purpose of navigation information sharing. According to these backgrounds, in this paper, we develop sensor network and wireless network-based autonomous navigation systems, and provide experimental results in order to show the validity of the developed systems.

Key Words : Autonomous navigation, Wireless network, Autonomous navigation system

1. 서 론

최근 로봇산업의 발전으로 인해 경비 로봇, 간호 로봇, 물류이송 로봇 등을 포함한 자율주행 시스템은 산업 및 농업, 가정에서 활용도가 더욱 확대됨에 따라 더욱 더 큰 관심을 끌고 있다[1]. 다양한 형태의 이동로봇은 산업용에서 인간을 닮은 2족 보행로봇, 가정용 청소로봇 등 오락적인 요소 및 헬스케어를 위한 인간 편의적 방향으로 진화되고 있다. 또한, 인간의 일을 대신해주는 것으로부터 인간에게 지식이나 정보를 주고 인간과 감정을 교류할 수 있는 형태로 진화할 것으로 예측된다[1, 2]. 자율주행 시스템의 주행 경로 감지방법은 크게 고정경로 감지 주행방식과 개방경로 감지 주행방식으로 나뉘어진다. 개방경로 감지 주행방식은 이동경로의 물리적 지정이 없이 로봇에 장착된 센서에 의해 통신, 외부환경 스캐닝 등을 통해 능동적으로 주행환경을 분석하여 목적지 까지 주행하는 방식이다. 대표적인 주행방법으로는 레이저 스캐닝 센서에 의해 주변 환경을

분석하여 주행하는 LGV(Laser Guided Vehicle), 무선 RF(Radio Frequency) 및 초음파 센서를 통해 삼각 위치 좌표 해석으로 로봇의 위치 좌표를 추종하는 액티브 비컨(Active Beacon)센서 주행시스템, SLAM(Simultaneous Localization And Mapping)[3-4] 등이 있다. SLAM의 경우 주행공간에서 발생할 수 있는 기본적인 문제(바퀴와 바닥의 미끄러짐, 바퀴의 정렬 상태 등)에 의해서 엔코더 및 센서의 오류가 발생할 수 있으며, 자율주행 시스템이 주행함에 따라 주행 거리 오차(Odometric error)가 누적되어 정확한 위치를 추정하기 어렵다. 이를 해결하기 위한 다양한 센서의 구성 및 복합 알고리즘 구현은 자율주행 시스템의 복잡성을 야기한다[5]. LGV 시스템은 고가의 Lidar(Light Detection and Ranging) 센서를 채용함과 동시에 환경 분석을 위한 연산량의 증가, 액티브 비컨 등의 통신 시스템은 동적 장애물에 의한 전과 교란 등 주변 환경에 매우 민감하다는 단점이 있다. 최근에는 인간의 감각 중에 가장 뛰어나다고 할 수 있는 시각(Vision)을 통하여 사물과의 접촉 없이 사물을 판별하고 주변 환경 및 상황에 대한 정보를 획득할 수 있는 카메라 센서, 스캐너 등과 같은 영상 획득 장치를 이용하여 전자적으로 얻어진 영상에 다양한 알고리즘[6-8]을 적용하여 처리한 후 자율주행 시스템에 적용하는 연구가 진행되고 있다.

접수일자: 2012년 6월 28일

심사(수정)일자: 2012년 6월 28일

게재확정일자 : 2012년 8월 8일

[†] 교신 저자

고정경로 감지 주행방식은 자율주행 시스템의 경로에 전자유도선, 마그네틱 테이프, 형광선등의 경로를 지정하여 지정된 경로를 주행함으로써 구성이 단순하여 개방형 방식에 비해 경로 이탈의 확률이 적어 상대적으로 안전이 중요시 되는 고중량 이송로봇에 적합하다. 따라서 산업 현장에서는 사람이 바로 옆에서 작업을 하거나 사람의 동선과 가까이 설치되는 장소는 경로 이탈 가능성이 없는 고정 경로 감지 주행방법을 지향한다. 그리고 같은 현장에서 다수의 자율주행 시스템이 운용될 경우 충돌 및 사고 위험성이 크므로 이를 방지하기 위하여 자율주행 시스템 상호간의 정보 교환에 의하여 충돌을 회피하게 하는 알고리즘의 개발이 필요하다. 또한, 생산 단가를 낮추기 위해서는 저가의 센서를 채용하면서 안전성이 확보되는 무선 네트워크 기반 자율주행 시스템의 설계가 요구된다.

본 논문에서는 이러한 요구에 부응하여 산업현장에 직접 적용할 수 있는 센서 네트워크 및 무선네트워크에 기반한 자율주행 시스템을 개발하고 실험을 통하여 개발된 시스템의 성능을 검증한다. 본 논문에서 설계 및 구성한 자율 주행 시스템의 효율적인 이동경로 추종을 위해 해상도가 뛰어난 아날로그 방식의 마그네틱 가이드센서와 구동 모터의 응답성 및 신뢰성을 보장받기 위해 엔코더 센서를 이용한다. 생산을 위한 작업 공간은 물류의 효율적인 흐름을 위해 교차되는 영역이 발생하므로 교차지점에서 효율적인 충돌 회피를 위해 근거리 무선 통신을 사용하며, 로봇의 위치 및 속도 등의 정보를 근거리 무선 통신[9]으로 서로 공유하여 작업의 효율성을 높인다.

2. 자율주행 시스템을 위한 주행법 및 센서

본 절에서는 자율주행 시스템을 주행법 중 대표적 기법인 SLAM (Simultaneous Localization And Mapping) 방식 및 레이저 센서에 대하여 간략히 서술하기로 한다.

기존의 자율주행 시스템의 경우 정확한 현재 위치추정, 다양한 센서의 구성과 복합 알고리즘을 통한 복잡성 증대 및 불확실한 상황에 대한 대처 능력의 부족 등과 같은 문제점을 가지고 있다. 자율주행이라는 관점에서 지능형 자율 시스템의 주행계획은 목적지에 대한 지도를 스스로 생성하여야 하며, 동시적 위치추정 및 지도 작성을 위한 대표적 기법으로 SLAM방식이 있다[3-4]. 그림 1은 SLAM을 이용한 위치 추정과 랜드마크를 나타낸다.

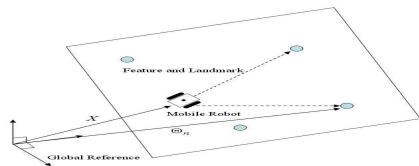


그림 1. SLAM을 이용한 위치 추정과 랜드마크

Fig. 1. Position estimation by SLAM

SLAM은 지도와 자율주행 시스템의 자세를 통해 다음과 같은 확률적 추정에 기반을 두고 있다[4].

$$p(X, \Theta|Z, U, N) \quad (1)$$

여기서 X 는 자율주행 시스템의 경로, Θ 는 환경지도, Z 는 탐지, U 는 제어 입력, 그리고 N 는 정보 조합을 나타낸다. 식 (1)을 자율주행 시스템의 위치 추정부와 지도 작성부로 다음 식 (2)와 같이 인수 분해하여 계산하면 보다 효율적인 SLAM의 수행이 가능하다[4]

$$p(X, \Theta|Z, U, N) = p(X|Z, U, N) \prod_{n=1}^N p(\Theta_n|X, Z, U, N) \quad (2)$$

위의 식 (2)가 성립하기 위해서는 주어진 각 랜드마크는 조건적으로 독립이어야 한다. 즉, 예측에 의해 자율주행 시스템의 경로가 주어지면 독립 확률을 통해서 주어진 모든 랜드마크의 위치를 추정할 수 있어야 한다. 따라서 이러한 가정에 근거하여 분해된 식 (2)의 우측 첫번째 항은 자율주행 시스템의 위치를 추정하는 경로 확률이며, 우측 두번째 항은 랜드마크를 추정하는 확률부분이 된다. 자율주행 시스템의 실내 주행을 위한 대표적인 무선 위치인식 방법으로 액티브 비컨(Active beacon) 시스템이 있다. 이는 실내 특정 공간에서 움직이는 자율주행 시스템의 절대위치를 실시간으로 감지하여 위치를 인식하고 다른 위치로의 이동을 지령하는 기술로 3차원 공간에서 정지 혹은 자율주행 시스템의 현재 위치, 이동 속도, 방위각을 제어한다. 구현방법으로는 라디오 주파수(RF: Radio Frequency)와 초음파(Ultrasonic)를 매질로 하여 삼각법(Trilateration)으로 거리를 측정하는 방식이 널리 이용되고 있다.

자율주행 시스템의 외부환경 감지에 대한 연구는 적절한 센서의 선택에서 출발한다. 감지센서의 군은 크게 두 가지, 즉, 시각적 센서와 비시각적 센서의 용도로 나눌 수 있다. 가시적 센서로는 CCD 카메라, 웹 캠코더 등이며 주요 연구 분야는 주행 중 운전자의 자세(Posture), 표정(Face) 등과 같은 차량의 내부 환경을 검출한다. 비시각적 센서로는 레이저, 레이더, 초음파, 자이로센서 등이며 주요 연구 분야는 주행로(Lane), 주행로 표면(Road surface) 등과 같은 차량의 외부환경을 검출한다[10-12].

레이저 센서는 센서가 장착된 위치와 장애물 사이의 거리를 측정하여 반환해 주는 센서이다. 레이저 센서의 경우 주변 환경의 발광 소자에 의한 잡음영향이 적으며 직진성이 뛰어나므로 획득한 정보에 대한 신뢰성이 보장된다. 단점으로는 가격이 비싸다는 점이다[13, 14]. 그림 2는 레이저 센서를 이용한 장애물 검출 방법을 나타낸다.

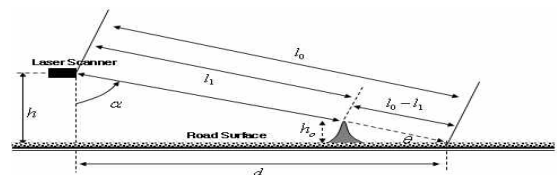


그림 2. 레이저를 이용한 장애물 검출

Fig. 2. Obstacle detection by laser sensor

레이저 센서를 이용한 탐색 거리(d)는

$$d = h \cdot \tan \alpha \quad (3)$$

가 되며, 여기서 h 는 지면으로부터 레이저 센서까지의

높이를 나타낸다. 위와 같은 레이저 센서를 이용한 장애물의 높이(h_o) 측정은 식 (4)와 같다.

$$h_o = (l_0 - l_1)\sin\theta \quad (4)$$

레이저 센서를 이용하여 그림 2의 l_0 와 l_1 의 거리를 측정할 수 있으며, 구성된 센서의 각도 α 를 알고 있으므로 θ 를 알 수 있다. 따라서 위의 측정된 값 l_0, l_1 과 θ 를 이용한 식 (4)로부터 장애물의 높이를 계산할 수 있다. 위와 같은 방법으로 검출된 장애물 및 노면의 상태에 기반한 회피 기법의 자율주행 시스템은 장애물과의 충돌 없이 안정적 운항이 가능하다.

3. 무선 네트워크 기반 자율주행 시스템

본 절에서는 무선 네트워크 기반 자율주행 운항 알고리즘에 의한 능동적인 자율주행을 구현하기 위하여 그림 3과 같은 무선네트워크 기반 자율주행 시스템을 제안한다. 제안된 자율주행 시스템은 독립적인 4축의 구동바퀴와 1축의 스티어링으로 구성된다. 제안된 시스템의 구성은 다음과 같다: 1)모션 제어 시스템 2)무선 네트워크 시스템, 3)가이드 센서 시스템, 4)RFID TAG 감지 시스템, 5)장애물 감지 센서 시스템. 아래에서는 이들 각각의 시스템의 구성 및 기능에 대하여 서술한다.

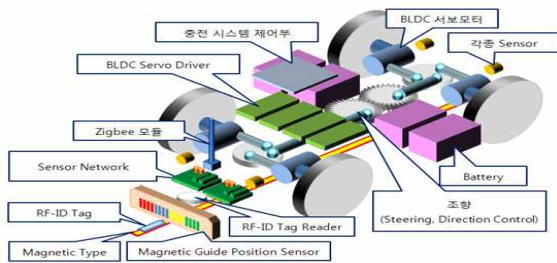


그림 3. 무선네트워크 기반 자율주행 시스템 구성도
Fig. 3. Overall structure of wireless network-based autonomous navigation system

3.1 유선 멀티링크에 의한 계층구조 모션제어 시스템

모션제어 시스템은 자율주행 시스템에 부착된 각각의 감지센서 모듈로부터 감지된 데이터(동적 장애물에 대한 충돌 감지, RFID TAG 감지, 마그네틱 테이프 주행로 감지데이터)를 유선 멀티링크 통신(RS-485)을 통해 모션제어 시스템으로 제공한다. 모션제어 시스템은 주행을 위한 전동기에 직결된 엔코더로부터 위치를 감지하여 위치 제어를 수행한다. 모션제어 시스템은 센서 감지를 위한 상위 제어기와 DSP(Digital Signal Processor) 기반의 하위제어기 및 이를 연동하여 통신을 수행하기 위한 멀티링크 전자시스템의 계층구조로 구성된다. 자율주행 시스템의 능동적인 경로판단과 유선 멀티링크 계층 구조의 주행시스템의 전동기 제어를 위한 PID 제어 알고리즘과 하드웨어 구성도는 각각 그림 4 및 그림 5와 같고, 사용된 PID 제어기의 제어입력을 구하는 식은 식 (5)와 같다.

$$u(t) = K_P e(t) + K_I \int e(t) dt + K_D \frac{de(t)}{dt} \quad (5)$$

여기서 $e(t)$ 는 기준신호와 출력신호간의 오차를 나타낸다. P, I 및 D 제어 각각의 이득 조정을 위하여 측정된 속도와 출력 $u(t)$ 를 PC로 수신하여 시행착오를 통해 비교하는 방식으로 결정하였다.

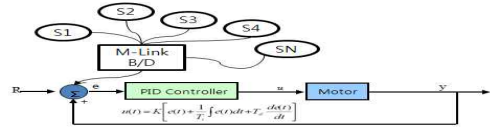


그림 4. 유선 멀티링크 계층 구조의 제어 알고리즘
Fig. 4. Algorithm for a Controller with wire-multilink hierarchical structure

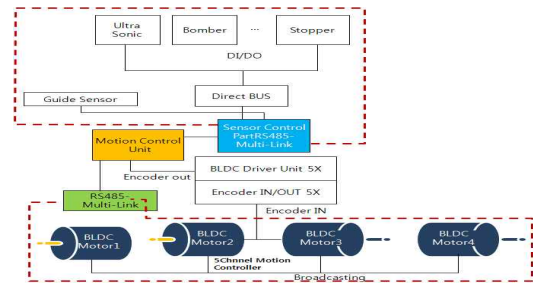


그림 5. 유선 멀티링크 계층 구조의 제어기 구성도
Fig. 5. Configuration of a Controller with wire-multilink hierarchical structure

독립적인 4축의 구동바퀴와 1축의 스티어링으로 구성된 제안된 자율주행 시스템의 전체 5축은 PID제어 방식으로 제어되는 동시에 가이드센서 및 기타 센서로부터의 정보를 처리해야 하므로 빠른 연산이 가능한 DSP 프로세서 TMS320F2812 32bits을 사용하여 구현한다. 그림 6은 구현된 자율주행 시스템 주 제어보드를 나타내고 표 1은 주 제어보드의 사양을 나타낸다.

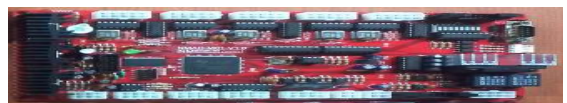


그림 6. 구현된 자율주행 시스템 주 제어보드
Fig. 6. Developed main board

표 1. 주 제어보드 사양
Table 1. Specification of main board

항목	사양	
CPU	CPU	TMS320F2812
	CPU 연산속도	150 MIPS
	시리얼 통신	2 ch.
부가기능 (모션 및 I/O 보드)	엔코더	라인드라이브 방식 5ch
	통신	RS485
	모터드라이버	200W 모터 정/역 기동
	입력 I/O	DC 24V 입력, 8 ch.
출력 I/O	DC 24V 출력, 8 ch.	

3.2 주행환경 감지를 위한 센서 인터페이스

본 절에서는 자율주행 시스템의 주행 중 경로 이탈방지 및 외부의 동적, 정적 장애물을 감지하기 위해 적용된 다양한 센서 인터페이스에 대하여 서술한다. 그리고 외부 환경에 대하여 감지된 정보를 효과적으로 주 제어 보드로 전송하기 위한 멀티링크 제어 모듈과 적용 내용에 대하여 서술한다.

3.2.1 위치 검출을 위한 가이드 센서 모듈

본 논문에서 제안된 자율주행 시스템에서는 자기테이프에 의한 주행경로 추종 방식을 사용하였으며, 이를 통해 자기테이프의 자기장을 고해상도의 자기 센서(Hall effect sensor)와 증폭기 및 MCU 그리고 DAC(Digital Analog Converter)로 구성된 센서보드를 통해 감지한다. 마그네틱테이프에 유도된 자기센서의 신호를 저역통과필터를 통해 처리한 후 MCU에서 보간 연산을 하여 상위 모션제어기와 인터페이스 할 수 있는 아날로그 값을 출력한다. 그림 7과 8은 각각 구현한 가이드 센서 모듈 구성도와 모듈을 나타낸다.

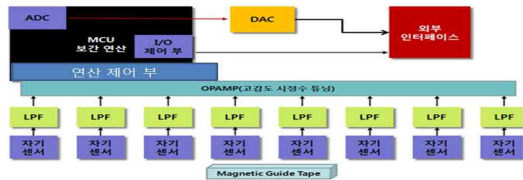


그림 7. 가이드 센서 모듈 구성도
Fig. 7. Overall structure of guide sensor module



그림 8. 구현된 마그네틱 가이드 센서 모듈
Fig. 8. Developed magnetic guide sensor module

3.2.2 RFID TAG 감지 시스템

자율주행 시스템의 운항 효율을 높이고 충돌과 같은 위험 상황을 회피해야만 하는 자율주행 시스템은 상호 위치 정보를 교환하여 정지해야 할 장소에서는 스스로 판단하여 정지하여야만 한다. 그리고 갈림길을 만났을 때 우측 또는 좌측 중 택일을 하여야 한다. 이러한 동작표를 가지고 있는 것이 RFID TAG가 된다. 입력된 동작표는 즉시 상위 모션제어기로 보내지고 각각의 모션 제어기는 고유의 ID를 가지고 있으며 입력된 동작표에서 해당 ID의 동작만을 읽으면 되도록 설계한다. RFID TAG 감지 절차는 그림 9의 순서도와 같으며 그림 10은 구현된 RFID TAG 감지 모듈을 나타낸다.

표 2는 그림 9의 동작표를 나타내며 주행 시 방향 결정은 분기 지점에서 주행방향 TAG를 읽어 생산라인별 방향 정보와 미리 기억된 생산라인 번호를 마스킹하여 방향을 판단한다. 교차로에서는 진입전 교차로번호 TAG를 읽어 그림 12의 알고리즘과 같이 주행 및 정지를 판단한다. 그밖에 역주행을 위한 회전 TAG와 곡선주행에 필요한 감속 TAG, 정지 TAG 등이 있고, 생산공정별 추가되는 명령은 계속 생성이 가능하다.

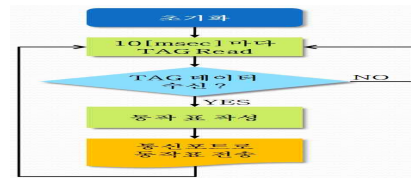


그림 9. RFID TAG 인식 순서도
Fig. 9. Flowchart for RFID tagging



그림 10. RFID TAG 감지 모듈
Fig. 10. RFID tagging module

표 2. RFID TAG 동작표
Table 2. Commands for RFID TAG

TagByte0	내용
생산라인부여	TagByte1 : 0 ~ 8
주행방향	생산라인별 마스킹법
	TagByte1 : 좌회전
	TagByte2 : 직진 TagByte3 : 우회전
교차로번호	TagByte1 : 0~255(교차로번호) TagByte2 : 교차로 진입 or 이탈 표시
회전	역주행을 위한 회전
감속	TagByte1 : 1~10 단계 감속
정지	다음 명령 전 까지 정지

3.2.3 장애물 감지를 위한 초음파 센서 모듈

자율주행 시스템의 이동 중 장애물 충돌 회피를 위하여 장애물 감지 모듈로 다양한 센서군중 가격이 저렴한면서도 효과적인 초음파센서를 적용하여 설계한다. 적용된 센서는 RS-485통신으로 센서제어가 가능하며 측정값도 통신으로 획득가능하다. 그림 11은 구현된 장애물 감지용 초음파 센서 모듈을 나타낸다.

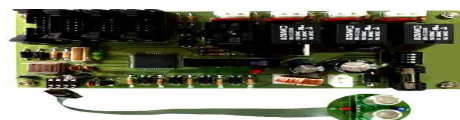


그림 11. 구현된 장애물 감지용 초음파 센서 모듈
Fig. 11. Developed ultrasonic sensor module

3.3 근거리 무선 네트워크 통신 시스템 설계

고정식 경로의 주행 라인은 다수의 로봇이 서로 공유하며 주행하기 때문에 충돌의 가능성이 존재한다. 고정식 경로방식의 특성상 고정물체는 라인 위에 있을 수 없다고 미리 약속을 하며 충돌이 유발되는 경우는 교차로 내에서 로봇 간의 충돌과 앞선 로봇이 정지한 상태 그리고 사람이나 이동물체 등과 충돌 되는 경우가 있다. 주행하는 로봇의 앞을 가로막는 이동 물체에 대해서는 로봇의 전방을 감시하는 초음파센서를 통해 장애물이 감지되면 바로 정지하고 이를 작업자에게 알려주는 방식으로 충돌을 회피하며, 주행라인이 교차되는 영

역에서 충돌 회피 방법은 로봇 상호간 서로의 위치 및 속도 정보를 서로 공유하여야 한다. 위치를 공유하는 방법은 그림 14와 같이 노랑색으로 표시한 박스 내를 충돌이 유발되는 교차영역으로 본다. 이 교차영역의 진입과 이탈 되는 부분에 RFID TAG를 설치한다. TAG를 읽은 로봇은 현재 자기가 교차로를 진입했는지 이탈했는지에 관한 정보를 무선 통신을 통하여 상대 로봇에 자신의 상태를 알려주어 충돌을 회피한다. 다수의 교차로 표현 방법은 TAG에 교차로의 번호를 주어 로봇 상호간 같은 교차로에 진입 및 이탈 정보를 공유함으로써 다른 교차로에 있는 로봇으로 부터 혼선을 막는다. 제안된 시스템에서는 공유하는 수단으로 근거리 무선 통신인 Zigbee를 도입한다. 통신프로토콜은 데이터 길이에 유연한 방식인 PPP(지점간 프로토콜)를 사용하여 RS-232C 통신을 구성한다. 그림 12는 무선 네트워크 기반한 충돌 회피 알고리즘을 나타낸다. PART2의 Slave별 진입 우위 평가는 로봇의 고유ID의 앞선 번호를 우선순위로 한다. 사용자는 고유ID의 번호를 부여하면서 로봇의 주행 우선순위를 지정 할 수 있다. 무선 이동통신 경로 작성은 2대 이상의 로봇이 동시에 교차로를 감지하였을 때 라인 번호별 우선순위를 처리하며 그 방법은 앞서 설명한 고유ID 우선순위와 같은 방법이다. 그리고 그림 13은 구현된 자율주행 시스템을 나타낸다.

서 교차로를 주행하는 것을 나타낸다. 그림 15는 그림 14에서의 테스트 조건을 실제 시험 공간에서 시험한 결과를 나타낸다.

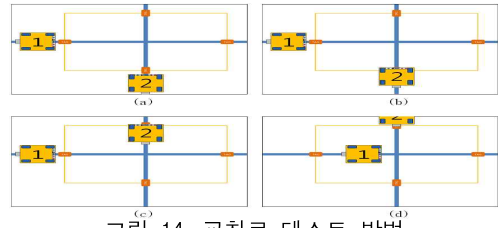


그림 14. 교차로 테스트 방법

Fig. 14. Schemes for test at crossing



그림 15. 실제 환경에서의 교차로 테스트

Fig. 15. Test at crossing

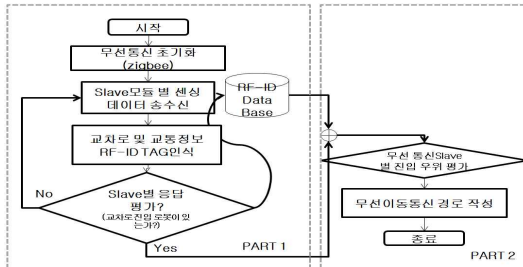


그림 12. 충돌 회피 알고리즘

Fig. 12. Obstacle avoiding algorithm

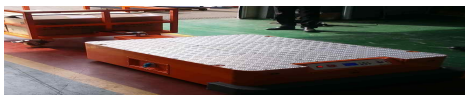


그림 13. 구현된 자율주행 시스템

Fig. 13. Developed autonomous navigation system

4. 실험 및 검토

본 절에서는 제안된 무선 네트워크 기반 자율주행 시스템의 성능을 검증하기 위하여 약 330m²의 시험 공간을 구성하고 그림 14와 같은 교차로에서의 충돌 회피를 위한 테스트로 구현된 무선 네트워크 기반 자율주행 시스템의 타당성을 확인한다.

그림 14에서 (a)는 2대의 로봇이 교차로에 동시에 진입 한 것이며, (b)는 2번 로봇이 교차로 테그를 먼저 읽어서 교차로에 진입했다는 것을 다른 로봇에게 교차로 진입 금지 정보를 Zigbee 통신으로 전송하고 자신은 계속 주행한다. (c)는 2번 로봇이 교차로를 통과했다는 테그를 읽어 다른 로봇에게 교차로 진입 금지를 해제시킨다. (d)는 1번 로봇이 교차로 진입 금지가 해제되어

표 3은 레이저 트랙커(Laser tracker)와 자율주행 시스템 간에 측정된 거리를 나타내며, 그림 16은 표 3을 토대로 나타나는 회전이동 반경 궤적이다. 그리고 그림 17은 실제 시험 환경에서의 실험을 나타낸다.

표 3. 회전이동반경 시험결과

Table 3. Experimental results of turning radius

측정포인트	좌표			비고
	X	Y	Z	
Point21	11852.4678	8824.4561	-701.2057	
Point22	11852.9688	8823.6006	-701.2050	
Point23	11853.6650	8822.4883	-701.2033	
Point24	11854.4854	8821.2012	-701.2250	
Point25	11855.0459	8820.2549	-701.2055	
Point26	11855.9287	8818.8652	-701.2167	
Point27	11856.6680	8817.6748	-701.2084	
Point28	11857.2334	8816.7256	-701.1852	
Point29	11858.1904	8815.2383	-701.2250	
Point30	11858.8428	8814.1514	-701.2587	
Point30	11859.4619	8813.1074	-701.2532	

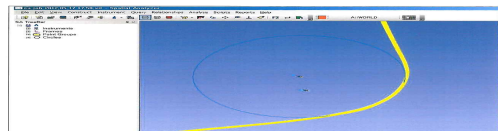


그림 16. 회전이동반경 궤적

Fig. 16. Trajectory of turning radius



그림 17. 회전이동반경 시험

Fig. 17. Test of turning radius

5. 결론

최근 산업 현장에서 관심이 날로 증대되고 있는 자율주행 시스템은 인간의 지속적인 도움 없이 거칠고 변화하며 구조화되지 않으면서도 불확실한 주변 환경에서 원하는 작업을 수행할 수 있는 능력을 지녀야 한다. 이를 위해서 근거리 무선통신 네트워크로 로봇 간 서로 교신을 하여 위치 및 상태 등의 정보를 공유를 통해 원만한 자율 주행을 할 수 있는 시스템의 설계가 요구된다. 본 논문에서는 산업 현장에 직접 적용할 자율주행 시스템의 구현을 위하여 무선 네트워크 기반 자율주행 시스템 및 이의 자율주행을 위한 충돌회피 알고리즘 개발 및 이를 구현하여 산업 현장에 적용 실험을 통하여 그 효용성을 검증하였다. 추후 연구과제로는 퍼지논리, 신경 회로망, 유전자 알고리즘 및 연산 지능과 같은 지능적 알고리즘의 활용 및 시각 정보를 이용하여 자율주행 시스템에 고도의 지능을 부여하기 위한 연구를 들 수 있다.

참 고 문 헌

- [1] 한국 로봇 산업협회, <http://www.korearobot.or.kr>
- [2] 국방과학연구소 Packbot 로봇, <http://www.add.re.kr>
- [3] N. Karlsson, E. D. Bernardo, J. Ostrowski, L. Goncalves, P. Pirjanian, and M.E. Munich, "The vSLAM Algorithm for Robust Localization and Mapping," *In Proc. IEEE Int. Conf Robotics and Automation*, pp. 24-29, 2005.
- [4] M. Montemerlo, *Fast SLAM : A Factored Solution to the Simultaneous Localization and Mapping Problem with Unknown Data Association*, PhD thesis, Robotics Institute, Carnegie Mellon University, 2003.
- [5] J. J. Leonard, and H. F. Durrant-Whyte, *Directed Sonar Sensing for Mobile Robot Navigation*, Kluwer Academic Publishers, 1992.
- [6] 서석태, 손세호, 이인근, 정혜천, 권순학, "그레이 레벨의 공간적 상관관계 기반 이진화," *퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제17권, 제4호, pp. 466-471, 2007.
- [7] 서석태, 이인근, 정혜천, 권순학, "가우시안형 유한 혼합 분포에 기반한 다중 임계값 결정법," *퍼지 및 지능시스템학회 논문지*, 제17권, 제1호, pp. 283-286, 2007.
- [8] 단나, 서석태, 박혜공, 권순학, "평면 곡선에 기반한 다중 임계값 결정," *한국지능시스템학회 논문지*, 제20권, 2호, pp. 279-284, 2010.
- [9] 박혜공, 서석태, 정혜천, 권순학, "통신 상태 검출에 기반한 무선 네트워크 선정 시스템," *한국지능시스템학회 추계학술대회 학술발표논문집*, 제19권, 2호, pp. 151-153, 2009.
- [10] J. M. Holland, *Designing Autonomous Mobile Robots: Inside the Mind of an Intelligent Machine*, Newness Press, 2003.
- [11] 김혜진, 윤호섭, "지능형 로봇 부품 기술 동향," *전자통신동향분석*, 제 22권, 2호, pp. 58-69, 2007.
- [12] L. Li, and F. Y. Wang, *Advanced Motion Control and Sensing for Intelligent Vehicles*, Springer, 2007.

- [13] M. Dissanayake, P. Newman, S. Clark, H. Durrant-Whyte, and M. Csorba, "A Solution to the Simultaneous Localization and Map Building (SLAM) Problem," *IEEE Transaction on Robotics and Automation*, vol. 17, no. 3, pp. 229-241, 2001.
- [14] R. Chellappa, and A. Jain, *Markov Random Fields : Theory and Applications*, Academic Press, 1993.

저 자 소 개



박혜공(Hye G. Park)

2004년 : 경운대학교 전자공학과 (공학사)
2011년 : 영남대학교 대학원 전기공학과 석사과정 수료

관심분야 : 지능 시스템
Phone : 053-810-3932
E-mail : phkbest@naver.com



이형근(Hyong G. Lee)

2001년 : 영남대학교 전기전자공학부 (공학사)
2011년 : 영남대학교 대학원 전기공학과 박사과정 수료
2003년~현재 : 엘씨텍(주) 연구1팀장

관심분야 : 제어 시스템, 지식기반 지능 시스템
Phone : 053-810-3932
E-mail : hglee@lc-tek.co.kr



권순학(Soon H. Kwon)

1983년 : 서울대 제어계측공학과 (공학사)
1995년 : 동경공업대학 총합이공학연구과 (공학박사)
1996년~현재 : 영남대학교 교수, 시인

관심분야 : 영상처리 및 지능 시스템
Phone : 053-810-3514
E-mail : shkwon@yu.ac.kr