

무인 운반용 유연궤도 이동로봇 시스템 제작에 관한 연구

이부형* · 송필재**

A Study on Manufacturing of Mobile Robot System having Flexible Trajectory for Manless-Transportation

Boo-Hyung Lee* and Pil-Jae Song**

요 약 본 논문에서는 유궤도 이동로봇의 이점을 활용하고 궤도의 유연성을 높여주기 위해 금속 테이프형태의 유궤도를 갖는 이동로봇 시스템을 제작하였다. 제작된 무인 운반용 이동로봇은 초음파 및 광(적외선)센서가 탑재된 센서부, 모터 및 엔코더로 이루어진 모터부, 사용자 인터페이스부, 중앙제어부, 컴퓨터 인터페이스부로 구성된다. 초음파센서를 이용하여 이동 경로상의 장애물을 감지하고, 광(적외선) 센서를 이용하여 금속 테이프의 궤도를 정확히 감지하여 원하는 위치에 이동할 수 있도록 하였다. 개발된 유궤도 이동로봇은 금속 테이프형태의 궤도를 사용함으로써 궤도의 유연성을 높여줄 뿐만 아니라 무인 이동로봇들의 하드웨어적, 소프트웨어적인 비용을 상당부분 절감할 수 있도록 하였다.

Abstract In this paper, a mobile robot system which have trajectory of metal tape-type is designed and manufactured. The mobile robot for manless-transportation consists of sensor-part with ultrasonic and infrared sensor, motor-part with motor and encoder, user interface-part, central control-part and computer interface-part. The ultrasonic sensor detects obstacles which can appear during the mobile robot is move. The infrared sensor has ability which detect the metal tape trajectory and then lead the robot to a correct position. By using the mobile robot, the flexibility of a moving trajectory is improved and cost which can happen in using a mobile robot system having trajectory is cut as well.

Key Words : Flexible Trajectory, Mobile Robot System, Metal tape-type, Ultrasonic sensor, Infrared sensor

1. 서 론

최근 물류 자동화 시스템 및 생산라인의 자동화의 중추기로서 무인 이동로봇과 그와 관련된 시스템의 역할이 새로이 부각되고 있다[1, 2]. 무인 이동로봇은 기존의 컨베이어 시스템의 단점을 극복하여 자유로운 이동경로와 높은 공간 활용도를 이용하여 사람이 없이도 여러 가지 생산품들을 원하는 위치에 운반할 수 있는 기능을 하고 있다[4]. 현재까지 사용되는 대부분의 무인 이동로봇은 다양한 종류의 궤도를 이용하는 유궤도 방식을 사용하는데 일반적으로 케이블을 매설하고 케이블에 전기를 흘려 전자장을 검출하여 궤도를 인식하는 방식을 사용하고 있다. 이와 같이 유궤도 방식을 이용한 무인 이동 로봇의 경우 기존 컨베이어 시스템에 비해 많은 장점을 갖는 반면 다음과 같은 문제점을 갖는다.

첫째, 궤도의 제한으로 설비전체의 구조에 영향을 준다. 둘째, 궤도의 수정이 어렵다. 셋째, 응용범위가 매우 좁다. 넷째, 초기 설치시 비용이 많이 든다.

산업전반의 세계적인 추세인 통합생산 환경을 뒷받침하기 위해서 반드시 위의 문제를 해결하여야 하기 때문에 현재 무궤도 이동로봇의 사용이 해결책으로 인정 받고 있으나, 위치인식 및 지도형성 등에서 많은 어려움이 있는 것으로 지적되고 있다. 즉, 로봇 자신의 위치를 인식하기 위해 레이저나 카메라 센서를 이용하므로 정보의 처리나 시스템의 비용이 증가되며, 지도형성에서는 다양한 환경의 변화에 따라 지도 데이터가 자주 변경되어야 하기 때문에 잘못된 지도형성으로 인해 교착상태나 기아현상이 발생할 수 있다는 문제점이 있다 [3]. 따라서, 아직까지는 무궤도 이동로봇은 현재 산업용보다는 연구용으로 많이 사용되고 있는 실정이다.

따라서, 본 논문에서는 유궤도 이동로봇의 이점을 활용하고 궤도의 유연성을 높여줌으로써 기존의 유궤도 이동로봇들의 문제점을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 무

*천안공업대학 컴퓨터과

**동서울대학 컴퓨터시스템과

인 이동로봇들의 하드웨어적, 소프트웨어적인 비용을 상당부분 해결할 수 있는 유궤도 무인 이동로봇을 설계한다. 제한하는 이동로봇은 금속 테잎형태의 궤도를 이용하여 커다란 비용 없이 궤도의 수정을 용이하게 할 수 있도록 하였으며, 초음파, 적외선 센서 및 엔코더를 이용하여 금속 테잎의 궤도를 인식하여 정확하게 이동할 수 있도록 설계하였다.

2. 유궤도 이동 로봇 시스템의 설계

2.1 유궤도 무인 이동 로봇 시스템 개략도

본 논문에서 설계한 유궤도 무인 이동 로봇 시스템은 그림 1과 같이 초음파 및 광(적외선)센서가 탑재된 센서부, 모터 및 엔코더로 이루어진 모터부, 사용자 인터페이스부, 중앙제어부(즉, 중앙컴퓨터), 컴퓨터 인터페이스부로 이루어진다. 센서부에서의 초음파센서는 궤도를 이동하는 과정에서 나타날 수 있는 장애물등을 인식하기 위해 이용되며, 광(적외선)센서는 금속 테잎을 인식하여 궤도를 정확히 이동할 수 있도록 한다.

컴퓨터 인터페이스부는 이동로봇이 중앙제어부로 로봇에 대한 정보(즉, 로봇의 위치, 작업내용 및 진행사항 등)를 전달하거나, 또는 중앙제어부에서 로봇으로 정보(궤도수정,요구 등)를 전달하는 기능을 갖는다. 사용자 인터페이스부는 컴퓨터 인터페이스부로부터의 정보 이외에 사용자가 직접 로봇에게 전달하기 위한 각종 정보(Home 위치, 좌표 등)들을 전달하는 기능을 갖는다. 모터구동부는 중앙제어부로부터 전달된 정보에 의해 정해진 궤도를 따라 이동하는 기능을 가지며, 엔코더는 이동로봇의 속도에 대한 정보를 제공하는 기능을 한다.

이동로봇이 동작하는 바닥면의 불균일성은 이동로봇의 각 구동바퀴에 인가되는 하중의 변화를 가져오고 이는 이동로봇 전체의 회전 중심을 변화시켜 방향오차를 발생하게 한다. 이러한 회전중심의 변화는 일반적인 기

구학과 동역학만으로 해석하기 어려우며 따라서 이동로봇의 정밀한 제어도 매우 어렵게 만든다. 이동로봇의 정밀한 위치 및 속도 제어를 위해 이동로봇이 이동하는 동안 외부의 환경에 의해 이동로봇의 회전 중심이 어떻게 천이하는 가를 추정할 필요가 있다. 실질적으로 바닥면의 굴곡과 같은 외부오차의 측정에는 다양한 센서가 필요하며 정확한 외부환경의 분석이 매우 힘들다. 그러므로 단순히 encoder만으로 외부요인에 의해 발생하는 방향오차의 보정을 위해 회전중심의 천이를 추정해 낸다. 각 모터에 전달되는 각속도의 변화 성분과 encoder로부터 획득되는 각 바퀴의 출력 속도와의 관계에서 회전중심의 천이를 추정하게 된다. 회전중심의 천이는 이동로봇에서 3차원적인 이동으로 나타나지만, 이동 중심을 1차원적인 이동으로 근사화 하여 정밀한 제어를 할 수 있도록 하였다. 1차원적으로 근사화된 이동 중심이 방향 오차를 현저히 줄이고 위치, 방향, 속도 변화에 미치는 영향이 없도록 하였다.

그림 2는 본 논문에서 설계한 유궤도 이동로봇의 구조를 나타낸다.

그림에서와 같이 궤도이동시 장애물 등을 감지할 수 있도록 최전방에 두개의 초음파센서가 배치되며, 금속 테잎을 인식하기 위해 전, 후방에 각각 광센서가 배치된다. 이동로봇의 바퀴구동은 후륜 구동 방식을 채택하여 차체의 무게 중심을 뒤로 옮기게 함으로써 앞 캐스터의 의존성과 바퀴의 슬립(slip)현상을 줄이고 몸체의와 회전이 자유롭도록 설계하였다. 또한, 후륜 구동 방식을 채택함으로써 무인이동로봇은 속도와 방향을 두

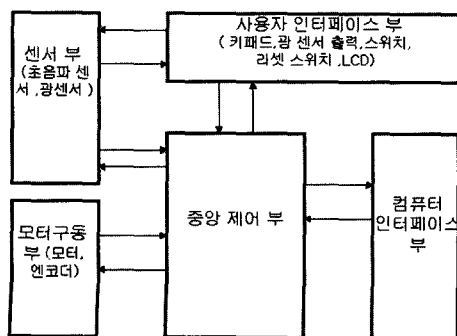


그림 1. 유궤도 이동 로봇 시스템 개략도.

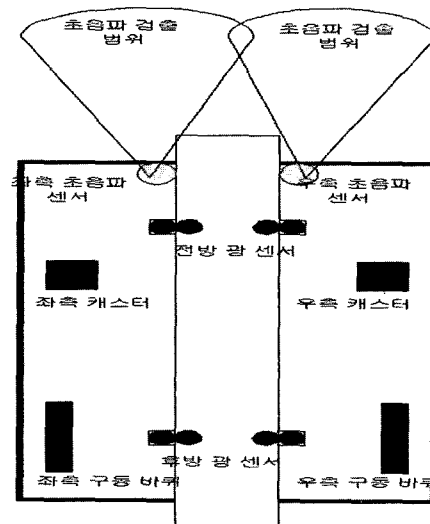


그림 2. 유궤도 이동 로봇의 구조

바퀴의 속도차에 의해 제어가 가능하도록 하였다. 차체의 무게와 짐의 하중에 견딜 수 있도록 상대적으로 큰 토크(torque) 지닌 DC 모터를 사용하였으며, 바퀴에 부착된 엔코더(encoder)로부터 현 무인이동로봇의 속도를 측정할 수 있으며 중앙 제어부에게 다음의 속도를 제어할 수 있도록 피드백(feedback) 신호를 넘겨준다.

앞쪽의 두 캐스터(caster)축으로서 무인이동로봇이 한 방향으로 기울어졌을 때 지지할 수 있도록 하였다.

2.2 작업공간에서의 통신 및 이동방법

2.2.1 작업공간에서의 통신 방법

그림 1에서의 중앙제어부와 이동 로봇의 통신을 담당하는 컴퓨터 인터페이스부는 SHARP 사의 RF 송수신 모듈(module)을 사용하고 있다. 사용하고 있는 주파수 대역은 수신할 때는 914.0125 MHz~914.9875 MHz를 사용하며 송신할 때는 959.0125 MHz~959.9875 MHz를 사용한다.

송신컨트롤러는 Dual Tone Multiple Frequency Generator에 Data를 순차적으로 보내며 수신 Controller는 RF Module을 거쳐 DTMF Receiver의 4비트 신호를 받는다. 무인 이동로봇은 다음과 같이 4종류의 data를 사용한다.

- ① 무인이동로봇의 현재위치(2Byte)
- ② 무인이동로봇의 주행상태(1Byte)
- ③ 무인이동로봇의 경로(Host)(20Byte)
- ④ 기타 Host의 경고 신호(Host or 무인이동로봇)

2.2.2 작업공간에서의 이동방법

그림 3은 이동로봇이 이동할 수 있는 작업공간도이

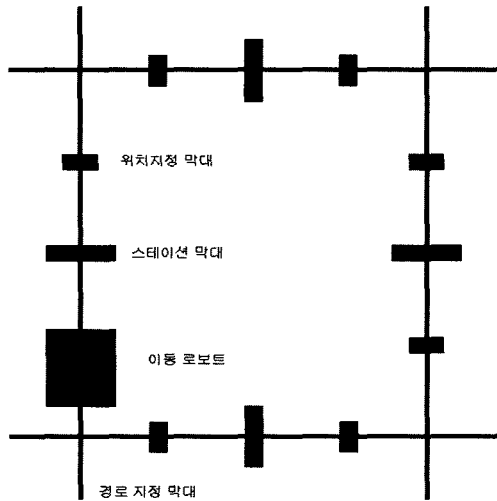


그림 3. 작업 공간도

다. 전체 작업공간을 그림에서와 같이 경로 지정 막대, 위치지정 막대, 그리고 스테이션 막대로서 설정하였다.

이동로봇이 주행하는 궤도의 좌표값은 위의 막대들이 놓인 기하학적 표현에 의해 좌표계가 설정되는데, 작업공간도에서는 +를 이용하여 위치를 표시하며 각 위치는 2차원 좌표값(x,y)으로 표현된다.

처음 동작을 시작하는 위치는 HOME으로 표현하며 좌표로는 (0,0)으로 인식한다.

예를 들어, (0,0)에서 출발하여 (0,5)인 위치에서 정지한 후 일정한 작업을 수행하고 (0,10)에서 우회전한 후 직진하는 동작을 가정해보자. 무인이동로봇이 정지하여 정해진 작업을 수행하는 위치를 station으로 정의하면 위의 경로에는 하나의 station만 존재하며, 위의 예와 같은 HOME에서 station 1까지 사이에 5개의 + 표시가 있어야 하며 좌회전 전까지 역시 5개의 + 표시가 있어야 한다.

3. 센서 시스템의 설계

3.1 초음파 센서(Ultrasonic sensor)

본 유계도 이동 로봇에 설치한 초음파 센서는 1대의 카메라로 얻기 힘든 거리 정보의 획득, 목적지에 도달했을 때 자신의 정지 정도의 보상 및 장애물을 회피하기 위한 목적에 이용된다. 사용될 초음파 센서의 주파수는 400KHz 대역이다.

그림 3의 최전방에 설치된 초음파 센서는 그림 4에서와 같이 4개의 송신부와 수신부의 쌍으로 구성되어 있다. 센서들 간격을 10 cm의 등 간격으로 배치를 했으며 수신부와 송신부의 일치성을 위해 5 cm의 간격으로 좁혔다. 좌측 두 쌍은 좌측의 50 cm내의 장애물을 검출하고 우측 두 쌍은 좌측의 장애물을 검지한다. 4쌍의 초음파를 순차적으로 동작시켜 초음파 간의 간섭이 없도록 하였으며, 얻어진 좌측과 우측의 두 쌍의 데이터의 평균치를 얻어 데이터의 신뢰성을 높였다. 최종적으로 장애물의 검출 여부를 판별해서 디지털 신호 출력을 중

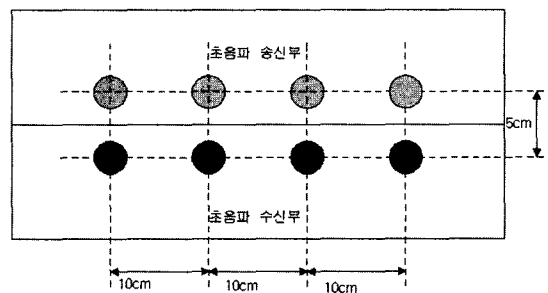


그림 4. 초음파 센서

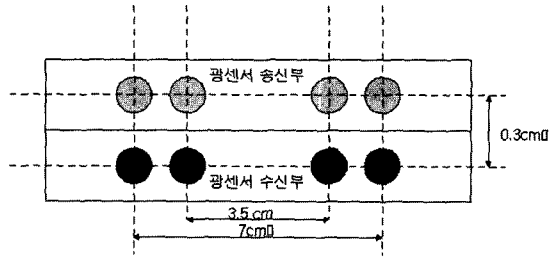


그림 5. 광(적외선)센서

양 제어부에 전달해 준다.

3.2. 광센서(Infrared sensor)

그림 2에서 나타낸 전, 후방 두 개의 광 센서는 그림 5와 같이 각각 송신부와 수신부의 4쌍의 센서로 구성되어 있다. 그림 5의 광 센서도 그림 4의 초음파 센서처럼 센서들 사이의 간섭을 없애기 위해 순차적으로 센서를 구동하고 있다. 광 센서의 역할은 경로 지정 막대로부터 무인 이동로봇의 위치지정의 정보를 파악한다. 경로 지정 막대와 바닥의 구별은 빛의 반사율의 정도로서 구별되어진다. 경로 지정 막대의 반사율에 정도에 따라 임계치(threshold)를 달리 할 수 있도록 설계되어 경로 지정 막대의 품목을 다양하게 하였다. 그리고 외부 광원에 의해 광 센서의 반응을 차단하기 위해 광 센서의 송신부에 한정된 수의 펄스(pulse)를 내보내고 송신부에서는 카운터(counter)를 사용해서 반사된 신호의 펄스의 수를 세서 경로 지정 막대를 검출 여부를 판별한다. 검출 결과는 중앙 제어 부에 전달되어지며 사용자 인터페이스 부의 LED에 출력된다.

4. 유계도 무인 이동 로봇의 특징

그림 6은 본 논문에 의해 제작된 유계도 무인 이동 로봇인 무인이동로봇을 나타낸다. 제작된 무인이동 로봇은 다음과 같은 성능을 가진다.

- ① 회전반경: 1 m
- ② 주행최고속도: 초당 35센티
- ③ 가동시간: 완전 충전후 6시간
- ④ 전원: 24 V 300 AH
- ⑤ 속도 조절: 3단계(가속 단계, 감속단계, 정속단계)로 이루어짐
- ⑥ 운전제어방식: 2륜 속도차방식

5. 결 론

본 논문에서는 유계도 이동로봇의 이점을 활용하고

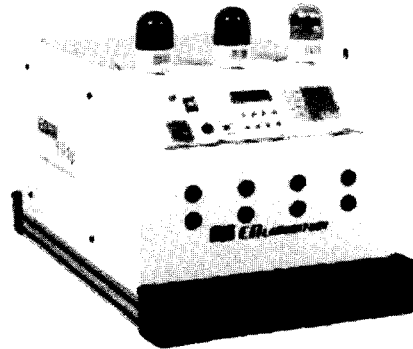


그림 6. 제작한 유계도형 무인 이동 로봇

계도의 유연성을 높여줌으로써 기존의 유계도 이동로봇들의 문제점을 해결할 수 있을 뿐만 아니라 무인 이동로봇들의 하드웨어적, 소프트웨어적인 비용을 상당부분 해결할 수 있는 유계도 무인 이동로봇을 설계하고 제작하였다. 본 논문에서 설계한 유계도 무인 이동 로봇 시스템은 초음파 및 적외선센서가 탑재된 센서부, 모터 및 엔코더로 이루어진 모터부, 사용자 인터페이스부, 중앙제어부(즉,중앙컴퓨터), 컴퓨터 인터페이스부로 이루어진다.

제작된 이동로봇은 금속 테일 형태의 계도를 이용하여 커다란 비용 없이 계도의 수정을 용이하게 할 수 있도록 하였으며, 초음파, 적외선 센서 및 엔코더를 이용하여 금속 테일의 계도를 인식하여 정확하게 이동할 수 있도록 설계하였다. 현재 개발된 로봇은 실제 교육용 기자재로 사용되고 있다.

유계도 유연 mobile robot는 작업환경이 협소한 중·소형 생산 설비 현장에서도 적용될 수 있다. 작은 물건들을 빈번히 운반해야 되는 병원이나, 빌딩 자동화에 필요한 방법 기능에도 확대 사용될 수 있다. 또 실내에서 생산되는 물건의 이송을 우선적으로 적용할 수 있겠으나, 개발된 기술은 그대로 공항이나 항만, 건설현장, 공원, 각종 전시장과 같은 외부 환경으로 응용될 수 있고 특히 특정지역을 순환하는 운전자 없는 버스의 개발에도 응용될 수 있을 것이다.

그러나, 아직까지 유계도 이동로봇은 경로가 제한적이라는 단점을 가지고 있기 때문에 무계도 이동 로봇의 개발 및 사용이 활성화 될 수 밖에 없을 것이다. 향후에는 카메라 인식 기술과 첨단 센싱 기법들을 이용한 무계도 mobile robot는 위에서 지적한 유계도 mobile robot의 문제점들을 대부분 해결하여 mobile robot가 자동화 산업에의 기여도를 증대하여 전반적인 자동화

작업을 촉진할 것으로 기대한다.

참고문헌

- [1] 성학경, 김진오, 김성권 “공장 자동화를 지능 로봇 시스템”, 제어, 자동화.시스템 공학회지 제2권, 제3호, pp. 16-24, 1996년 5월.
- [2] 변중남, “지능제어기술”, 생산자동화, pp. 60-62, Feb. 1996.
- [3] T. Tamashita, M.Murata, M.Onish and H. Tabata, “Start of autonomous mobile Robot’s operation in clean room”, IEEE/RSJ inter. Workshop on Intelligent Robots and Systems, Tsukuba, Japan, pp. 512-519, 1989.
- [4] 여인택, “산업용 로봇기술 발전동향”, 제어. 자동화. 시스템공학회지 제1권, 제1호, p. 35-38 1995, 7월.