

무궤도 자율 AGV 개발

표종훈*, 최진욱, 한민홍
고려대학교 산업공학과

Autonomous AGV for Automation

Jong-Hoon Pyo, Jin-Wook Choi, Min-Hong Han

ABSTRACT

In this study, we developed an autonomous AGV which carries materials between workshops.

In most of existing AGV systems, when AGV is required to change its navigating path, the guideline or landmark of AGV should be rebuilt according to new navigating path.

Using sensors and internal coordinate system, our AGV, however, can navigate along the new path by only changing input parameters of program. On navigating, if AGV meets obstacles, it avoids them and go on to the destination.

I. 서론

공장에서 물류자동화의 일환으로 사용하고 있는 대부분의 무인반송차(AGV : Automated Guided Vehicle)는 지하에 매설된 유도라인이나 바닥에 부착된 자기테이프를 따라서 진행한다. 또, 때로는 비전시스템(Vision System)을 이용하여, 인위적으로 설치된 랜드마크(Land Mark)를 카메라로 본 영상을 분석함으로써 주행경로를 찾아내는 AGV도 있다. 만일 부득이한 상황으로 AGV의 주행경로를 바꾸어야 할 필요가 발생하면 새로운 경로에 맞도록 유도라인이나 랜드마크를 다시 설치해야하는 번거로움을 겪어야한다. 이 때 새로운 유도라인을 매설하는데 뿐만 아니라 기존의 유도라인을 제거하는데도 상당한 경비가 필요하게 된다. 이러한 경비의 낭비는 AGV의 주행경로가 변경되는 횟수가 늘어남에 따라 심각한 문제로 대두된다.

본 연구에서 개발한 무궤도 자율 AGV는 유도라인을 매설하거나 랜드마크를 설치할 필요없이, 프로그램에서 지정해 준 경로를 따라 주행한다. 주행도중 장애물을 만나면 입력된 논리에 따라 장애물을 피해가면서 목적지에 도달한다. 따라서 AGV의 주행경로가 변경되더라도 프로그램의 입력데이터를 수정하는 것만으로 기존의 AGV가 가지는 주행경로 변경시의 번거로움이나 경비의 낭비를 제거할 수 있다.

II. 본론

1. 무궤도 자율 AGV의 특성

본 AGV는 공장이나 병원, 공공기관등에서 이용이 가능한 무인운반차로 개발되었다.

본 AGV는 여러 가지 센서를 이용하여 주위환경을 인식하므로 이용에 있어서 공간상의 제약을 받지 않는다. 초음파센서와 내부좌표시스템으로 주위환경을 인식하고, 적외선센서로는 초음파센서가 감지할 수 없는 돌발사태를 대비하고 있다. 그리고, 내부좌표시스템과 적외선센서시스템을 하드웨어 인터럽트와 연결시켜 AGV 주위의 환경변화에 실시간으로 대처한다.

2. 시스템 구성

(1) 하드웨어 구성

<그림 1> 참조

① 초음파센서 감지부

총 7개의 소나 초음파센서로 구성된다.

각 초음파센서는 정확한 의사결정을 내리기에 용이한 방향으로 설치되어 장애물을 탐지한다. 설치된 소나센서의 수가 많을수록, 또 탐지거리가 길수록 정확한 의사결정을 할 수 있다. 하지만, 초음파센서 컨트롤보드가 거리값을 읽는데 상당한 시간이 소요되므로, 실시간처리가 힘들어진다. 그러므로 적절한 센서의 수와 탐지거리의 결정은 대단히 중요하다.

② 초음파센서 처리부

하나의 컨트롤보드와 하나의 인터페이스보드로 구성된 다. 컨트롤보드는 일정한 시간마다 거리를 읽어 들인다.

호스트컴퓨터(Host Computer)는 프로그램된 알고리즘을 수행하면서 임의의 시간에 컨트롤보드로부터 거리값을 읽는다.

③ 통신부

초스트컴퓨터는 직렬포트(Serial Port)의 COM2를 통하여 초음파센서 컨트롤보드와 통신한다.

④ 의사결정부

IBM-PC 286 AT 한대로 구성된다.

버스(Bus)를 통해 모터제어부와 연결되며, 직렬포트의 COM2를 통해 초음파센서 처리부와 연결된다. 하드웨어 인터럽트가 들어올 때마다 실시간으로 내부좌표를 계산하며, 각 부분과 통신하여 얻은 데이터로 주위상황을 인식하여 모터를 구동시키는 최종결정을 내린다.

⑤ 모터제어부

어셈블리어로 프로그래밍된 제어 루틴을 i8742 chip에 써 넣어 사용한다.

컨트롤보드는 의사결정부로부터 하나의 명령을 받아서 두개의 모터를 구동시킨다. 일단 명령을 받으면 의사결정부와 독립되어 그 명령에 필요한 모든 정보를 병렬로 처리한다.

⑥ 모터구동부

두개의 DC모터로 구성되고, 동력은 내장된 밧데리로부터 얻는다.

⑦ 적외선센서부

총 5개의 적외선센서와 하나의 i8255 chip으로 구성된다.

초음파센서로 물체를 감지하기 어려운 상황에서 유용히 쓰인다.

⑧ 음성출력부

하나의 Sound Blaster Board로 구성된다.

(2) 시스템 개발

< 내부좌표계 시스템 >

좌우 각각의 모터에는 엔코더가 하나씩 연결되어 있고, 이 두 엔코더는 하나의 i8254 chip에 연결되어 있다. 각 모타가 얼마나 회전하였는가는 i8254 chip의 각 카운터를 읽어서 알 수 있다. 각 바퀴가 움직인 거리는 펄스 수를 거리로 환산하면 된다.

- l_l : 좌측 바퀴가 움직인 거리
- l_r : 우측 바퀴가 움직인 거리
- β : 월드좌표의 X축과 AGV의 전진방향이 시계 반대방향으로 이루는 각
- x : 현재의 X 좌표

- y : 현재의 Y 좌표
- ref_x : 점(x,y)에서 β 방향을 Y축으로 한 좌표축을 기준으로 할 때 점(x', y')의 X 좌표
- ref_y : 점(x,y)에서 β 방향을 Y축으로 한 좌표축을 기준으로 할 때 점(x', y')의 Y 좌표
- x' : 변환된 X 좌표
- y' : 변환된 Y 좌표
- r : TURN 명령시 회전의 중심이 되는 점으로부터 AGV 중심까지의 거리
- d : AGV의 중심으로부터 한쪽 바퀴까지의 거리 (CW,CCW) : 왼쪽 모타가 시계방향으로 회전하고, 오른쪽 모타는 시계반대방향으로 회전 함을 의미

CASE 1. $||l_l - l_r| < \epsilon$

(1) 두 바퀴의 회전방향이 같을 때 ---> 직선운동

- a. (CW, CW) ---> 전진
 $sign = 1$
- b. (CCW, CCW) ---> 후진
 $sign = -1$

$$x' = x + sign * l_l * \cos(\beta)$$

$$y' = y + sign * l_r * \sin(\beta)$$

(2) 두 바퀴의 회전방향이 다를 때 ---> 회전운동 ($r = 0$ 인 곡선운동)

- a. (CW, CCW) -----> clockwise 회전
 $sign = -1$
- b. (CCW, CW) ---> counter clockwise 회전
 $sign = 1$

$$\theta = \frac{sign * l_r}{d}$$

$$\beta = \beta + \theta$$

CASE 2. $||l_l - l_r| > \epsilon$

---> 반지름을 가진 곡선운동 ($r > 0$)

이동후의 좌표계를 이동전의 좌표계(월드좌표계)로 변환한다.

<그림 2> 참조

- a. (CW, CW) -----> 전진
 $sign = 1$

b. (CCW, CCW) ----> 후진

$$\text{sign} = -1$$

$$\theta = \frac{(l_1 - l_r)}{2d}$$

$$r = \frac{((l_1 + l_r) / 2)}{\theta}$$

$$\text{ref_x} = r - r * \cos(\theta)$$

$$\text{ref_y} = \text{sign} * r * \sin(\theta)$$

$$\begin{pmatrix} x' \\ y' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \cos(\pi/2-\beta) & \sin(\pi/2-\beta) \\ -\sin(\pi/2-\beta) & \cos(\pi/2-\beta) \end{pmatrix} \begin{pmatrix} \text{ref_x} \\ \text{ref_y} \end{pmatrix} + \begin{pmatrix} x \\ y \end{pmatrix}$$

$$\beta = \beta + \theta$$

단, 위의 1. 2. 모두에 대해서 $0 < \beta < 2\pi$ 이므로

만일 $\beta > 2\pi$ 면, $\beta = \beta - 2\pi$

만일 $\beta < 0$ 면, $\beta = \beta + 2\pi$

<인터럽트 시스템>

AGV는 3가지의 하드웨어 인터럽트를 사용하여 매우 중요한 처리를 수행한다.

(i) 내부좌표계 계산

하드웨어 인터럽트 73번을 사용한다.

i8254 chip의 타이머를 이용하여 주어진 시간간격마다 인터럽트가 발생하면 AGV의 내부좌표 계산을 실시간으로 처리한다. 인터럽트 시간간격은 소프트웨어적으로 조절할 수 있다.

(ii) 적외선센서 작동

하드웨어 인터럽트 72번을 사용한다.

총 5개의 적외선센서중 어느 하나라도 물체를 감지하면 인터럽트를 발생시킨다. 그 구체적 용도는 두가지로 구분된다.

- 감지된 센서의 위치 식별

모든 적외선센서는 하나의 i8255 chip에 함께 연결되어 있다. 적외선센서에 의해 인터럽트가 발생하면 i8255 chip을 읽어서 어느 센서가 인터럽트를 발생시켰는지를 알 수 있다. 그러므로 AGV는 돌발사태가 발생할 경우 센서의 위치를 식별하여 그 사태에 다양하게 대처할 수 있다.

- 물체 감지의 정확성

초음파센서는 초음파를 흡수하거나, 또는 크기가 작아서 초음파를 반사하지 못하는 물체를 감지하지 못한다. 그러므로 AGV의 앞쪽에 장착된 3개의 적외선센서중 하나를 초음파센서의 보조역할로 사용한다. 다른 4개의 적외선센서가 낮

은 위치에 고정되어 있는 반면, 이것은 일종의 광레이다 역할을 수행하기 위하여, 약간 높은 위치에 장착되어 스테핑모타에 의하여 좌우 45도씩, 90도의 폭으로 회전운동을 반복한다. 이 센서에 물체가 감지된 순간, 스테핑모타에 연결된 i8742 chip으로부터 모타의 회전각을 읽어내어, 감지된 물체의 정확한 위치를 알 수 있다.

(iii) 배터리 충전상태 확인

하드웨어 인터럽트 74번을 사용한다.

AGV를 장시간 운행하면 배터리가 방전되어 주행도중 시스템이 다운되는 사태가 발생할 수 있다. 따라서 배터리의 방전이 주어진 수준을 넘으면 하드웨어 인터럽트가 발생되어, 경고 메시지를 전달한후 시스템을 정지한 뒤 자동적으로 운행을 중지한다.

<배터리 자동 충전 시스템>

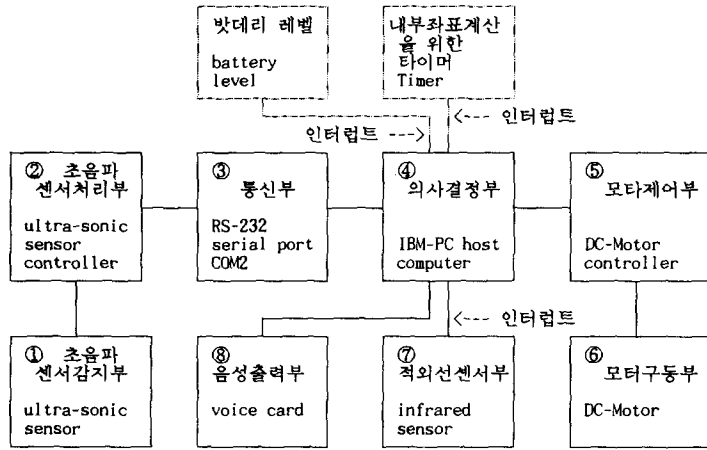
자체 개발한 소형 배터리 충전장치가 내장되어 있다. 이 장치는 외부전원(AC 100V)을 공급받아 충전을 제어한다. 배터리의 전압이 일정 수준(Threshold Level) 이하가 되면 충전을 개시하여 완전충전상태가 되면 회로를 차단시킨다. 그러므로 과충전으로 인한 배터리의 수명 단축을 방지하고 회로를 보호한다. Hysterisis를 조절할수 있게 되어 있어 배터리 특성에 맞는 조절이 가능하다.

<DC모타 구동 시스템>

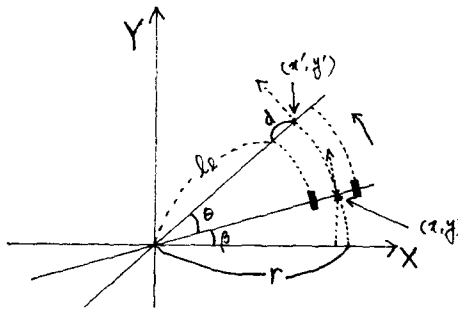
구동시스템은 DC모타와 연결된 엔코더가 하나의 쌍이되어 양 바퀴를 구성하며, 하나의 i8742 chip에 의해 컨트롤된다. 모타 제어의 개념은 엔코더에서 들어오는 펄스값을 CPU가 판단하여 속도를 PWM(Pulse Width Moduration)방식으로 출력한다.

PWM은 모타의 관성보다 높은 주파수로 모타 드라이브단을 스위칭하여 전압을 조정하는 방식으로 스위칭 파위의 원리와 비슷하다. 기존 D/A컨버터를 사용하면 남은 전압을 熱로 발산하여야 하므로 효율이 많이 떨어졌다. 하지만 PWM방법을 사용함으로써 모타의 전원효율을 높일수 있었다.

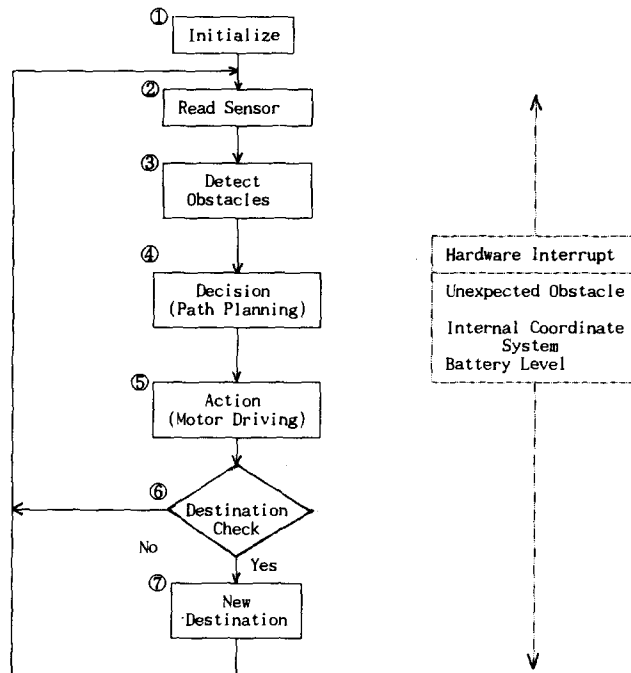
모타 드라이브단은 FET(Field Effect Transistor)를 사용하여 기존의 바이폴라 TR(bipolar transistor)에 비하여 드라이브단의 소비전력 절약과 고속의 스위칭 주파수(PWM에 선 필수적인 요소), 열발생의 감소, 회로의 간략화를 실현하였다.



<그림 1> Block Diagram of AGV Hardware



<그림 2> Coordinate Transformation in case $r > 0$



<그림 3> Algorithm Flow Chart

3. 주행 알고리즘

<그림 3> 참조

① Initialize

모터 컨트롤보드, 초음파센서 컨트롤보드, 인터럽트용 타이머등을 초기화하며, 초음파센서의 감지가능범위를 설정한다.

② Read Distance

호스트컴퓨터는 초음파센서 컨트롤보드로부터 탐지된 거리를 읽는다.

③ Detect Obstacles

초음파센서의 탐지거리가 감지가능범위보다 작으면 물체를 만났다고 인식한다.

④ Decision (Path Planning)

장애물이 탐지되더라도 그 장애물의 위치가 AGV의 주행에 영향을 미치지 않을 것이라고 판단된다면 일단은 장애물의 존재를 무시한다.

만일 탐지된 장애물의 위치가 AGV의 주행을 방해할 정도로 가까이 있다면, 그 장애물을 피해서 주행할 수 있는 새로운 경로를 찾는다.

⑤ Action (Motor Driving)

④에서 결정된 경로로 AGV를 주행시킨다.

⑥ Destination Check

인터럽트에서 계산된 현재 좌표와 목적지의 좌표를 비교한다. 만일 목적지로부터 가까운 일정한 범위내에 들어갔다고 판단하면, 현재 위치를 목적지로 간주하여 음성메시지를 출력한 후 지정된 작업을 수행한다.

현재 좌표가 목적지가 아니면 <그림 3>의 ②부터 ⑦까지를 반복한다.

⑦ New Destination

지정된 작업을 수행한 후, 다음의 목적지를 향하여 주행을 시작한다.

III. 결론

본 무궤도 AGV는 내부좌표계를 이용한 자율운행이 가능하므로, 장애물을 피해 목적지에 도착할 수 있다. 여러가지 센서를 장착하여 주위환경의 변화에 보다 더 민감하게 반응할 수 있을 뿐 아니라, 성인 한명이 들어올릴 수 있을 정도의 소형화 및 경량화를 이루었다.

본 AGV는 공공장소에서의 안내용로봇으로 응용할수도 있으며, 좁은 실내에서도 물체에 부딪히지 않고 주행할 수 있으므로, 가사 및 사무자동화에도 도입될 수 있다.

AGV는 1초에 1m정도의 속도로 주행할 수 있으나, 고속으로 인한 바퀴의 미끄러짐으로 내부좌표의 오차가 발생할 수 있으므로 속도를 약간 낮추어 운행하고 있다.

현재, 비전시스템을 이용하여 AGV 내부좌표의 오차를 보상하는 방법을 개발하였고, 음성인식기술을 접목시켜 주행 중 사람과 대화를 주고받을 수 있는 시스템을 개발중이다.

