

## 패턴 인식에 의한 이동 로봇의 주행에 관한 연구

신 중 섭, 정 동 명, 조 중 만, 장 원 석, 홍 승 흥  
인 하 대 학 고 전자공학과

### A study on locomotion of a mobile robot by a pattern recognition.

J.S. Shin, D.M. Jeong, J.M. Cho, W.S. Chang, S.H. Hong  
Departments of Electronics INHA UNIV.

#### A B S T R A C T

This paper describes the mobile robot system to recognize the guidance tape, and presents the locomotion algorithm. It is composed of image processing unit, A/D converter and camera. This system converts video image to binary image by setting an optimal threshold and obtains the parameters to move the robot. The mobile robot moves according to the programmed route in memory. But after recognized the obstacle on the locomotion route, this system constructs the new route and the robot moves following the new route.

#### 1. 서 론

현재까지 로봇 연구는 로봇의 운동 (Kinematics, dynamics 및 control 등) 에 관하여 중점적으로 연구되어 왔다. 최근 산업의 발달과 더불어 로봇은 FA의 한 구성원으로서 FA의 현장에서 보다 효율적, 효과적으로 이용하기 위해서는 AI에 바탕을 두고 고도의 신뢰성, 고속성, 현장 적응성, 저가 및 사용의 편리함을 갖추어야 한다. 이를 실현하기 위해서는 정돈되지 않은 환경에서도 움직일 수 있는 로봇 개발을 위한 유동성의 증대에 관한 연구, 작업환경에서의 적응성 증대 및 센서의 개발과 로봇에의 응용에 관한 연구, AI 기법에 바탕을 두고 자동적으로 문제를 풀어갈 수 있는 문제 해결의 지능에 대한 연구가 추진되고 있다.

이동로봇의 유도방식으로 광, 초음파, 레이저, 카메라등을 이용한 여러가지 방식들이 있으나, 현재의 기술 동향은 카메라를 이용한 guidance의 방향으로 연구되고 있으며, 경로유도의 내용이 보다 복잡하고도 다변화 할 수 있게 추진되고 있다.

이에 본 연구는 카메라로부터 정보를 획득하여 자동 주행하는 이동로봇에 관한 것으로서 guidance 테이프를 따라 주행하고 주변환경의 인식, 위치 파악, 방향 제어를 위한 알고리즘을 제안한다. 주행경로는 map 형식으로 메모리에 저장되고, 또한 프로그램화 할 수 있으며 2~3 개의 서로 다른 색깔의 테이프를 사용할 경우 미리 지정된 색깔의 테이프를 따라 주행을 가능하게 할 수 있다. 주행에 있어서의 모터의 구동은 디지털 PWM 방식을 사용하여 소프트웨어로서 듀티 사이클을 조정하여 속도를 제어한다.

#### 2. 시스템의 구성

본 시스템은 크게 이미지 입력부와 이를 해석하여 로봇을 주행시키는 구동부로 구성된다.

##### (1) 이미지 입력부

화상처리에 있어서는 카메라의 NTSC 영상신호를 A/D 하여 2진 레벨로 양자화 한다. 이때 각 화소의 계조도는 64(8bit) 단계를 갖는다. 화상의 주사방식은 인터레이스 방식으로서 한 화상의 샘플

플링 시간은 1/30초이다. 본 연구에서는 화상이 단순하기 때문에 홀수 주사선만을 취하여도 필요한 정보를 얻을 수 있으며 한 화소당 A/D 변환시간은 200ns 로써 화상의 한 라인에 대하여 256 개의 화소를 샘플링 한다.

그림 1은 이미지 입력부의 블록도이다.

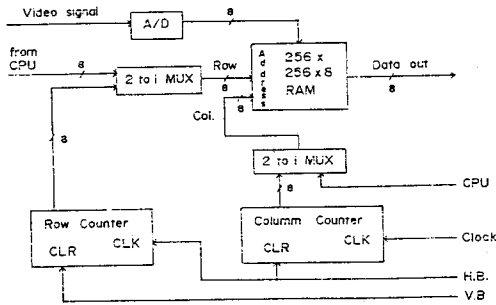


그림 1. 이미지 입력부의 블록도

### 가) 비디오 메모리 구성

한 화상은 256 X 256 으로 구성되며 6264(C-MOS RAM) 8 개로써 전체용량은 64 Kbyte 이다. 메모리 어드레스는 화상을 받아들일 때와 시스템에서 필요로 할 때를 구별하기 위하여 74LS257 ( 2 to 1 select) 를 사용하였다.

### 나) H.B(Horizontal Blank) 및 V.B(Vertical Blank) 신호 발생

카메라는 외부동기식으로써 수평 및 수직 구동 신호를 공급해 주어야 하는데 이 신호는 다음과 같이 구해진다. A/D 변환에 사용되는 기준클럭은 5MHz이고, 이 기준클럭을 1MHz로 분주하여 카운터 ( 74LS390 ) 의 클럭으로 입력한다. 이 클럭의 갯수를 카운터하여 74LS42(BCD to Decimal Decoder)를 통하여 주기가 63.5 $\mu$ s ( 한개의 주사선에 대한 시간 )인 H.B 신호를 발생하고, 이 H.B 신호를 256 개 카운터하여 V.B 신호를 발생한다.

그림 2는 H.B 및 V.B 신호 발생 회로이다.

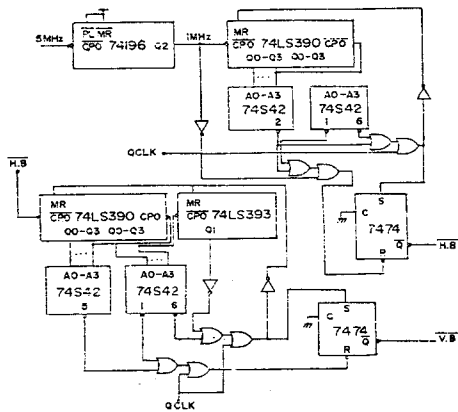


그림 2. H.B 및 V.B신호 발생 회로

### (2) 구동 제어부

구동 제어부는 CPU(Z-80B)와 메모리, PWM 펄스 발생 회로, SIO(8251), PIO(8255)등으로 구성되는데, PIO는 바퀴의 회전수 입력 PORT, 키보드 인터페이스, 컨트롤 신호등을 위하여 사용된다.

그림 3은 구동 제어부의 블록도이다.

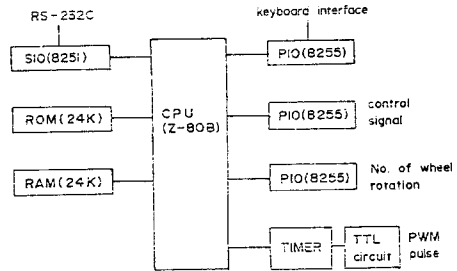


그림 3. 구동 제어부의 블록도

모타의 구동은 소프트웨어로서 듀티 사이클을 조정하므로써 쉽게 속도 제어를 할 수 있다.

PWM 펄스 발생을 위하여 8253C-2 타이머를 사용하였고, 이때 타이머의 COUNTER #0는 PWM 주기를 갖는 펄스를 연속적으로 발생하고 COUNTER #1과 COUNTER #2는 각각 왼쪽, 오른쪽 바퀴를 위한 것으로서 원하는 PWM 펄스를 얻을 수 있다.

### 3. 화상 해석

카메라로부터 얻은 화상은 일반적인 natural scene 보다 훨씬 간단하며 단순하다. 입력된 화상을 2진 레벨로 양자화하고, guidance tape의 검출은 래스터 scan방향의 조도변화에 의하여 노면과 guidance tape의 경계선을 검출한다. 주행에 필요한 파라메타값을 결정하기 위하여 화상의 일부만만을 추출하여 테이프의 끝점들을 구함으로써 처리시간을 줄일 수 있다.

이때 래스터 scan방향의 조도차를  $G(x,y)$ 라 하면

$$G(x,y) = \frac{\Delta G}{\Delta X} = f(x,y) - f(x+n,y)$$

이다.

여기서  $f(x,y)$ 는 현재화소,  $f(x+n,y)$ 는 래스터 방향으로  $n$  만큼 떨어진 화소의 조도값을 나타낸다.

### 4. 테이프의 형태인식으로부터 주행경로의 제어

주행시 양쪽 바퀴의 속도차 또는 다른 어려오 인으로 인하여 테이프의 주행경로와 틀리게 되는데, 테이프로부터의 편향각  $\theta$  를 구하고 이것을 최소화 함으로써 로봇트가 올바른 경로를 주행하도록 한다.

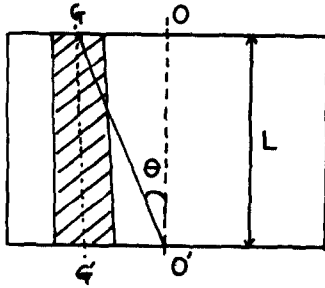


그림 4. 테이프로부터의 편향각  $\theta$  계산

그림 4에서 편향각  $\theta$  는

$$\theta = \tan^{-1} \frac{O_x - G_x}{O_y - O_y}$$

이다.

표 1은  $\theta$  값에 따라서 로봇의 다음 이동방향을 나타낸다.

표 1. 로봇의 다음 이동방향

$\theta$	다음 이동방향
$\theta > 0$	left( 현재 로봇이 오른쪽 편향)
$\theta < 0$	right( 현재 로봇이 왼쪽 편향)
$\theta \approx 0$	straight

## 5. 주행 알고리즘

### (1) node간의 주행

각 node간의 주행은 카메라로부터 입력된 화상의 해석에 의한다. 화상의 중앙선과 검출된 tape 화상 패턴의 중앙선을 일치시킴으로써 항상 tape의 중앙을 따라 주행하도록 한다. 즉, 양쪽 바퀴의 속도를 다르게 함으로써 주행의 편향각  $\theta$  값이 최소가 되도록 한다. 이러한 과정은 일정한 주기를 갖고 화상으로부터 다음 node가 인식될 때까지 계속된다.

이때 편향각  $\theta$  는

$$\theta = \tan^{-1} \frac{\text{화상과 tape 패턴의 X 좌표차}}{\text{화상의 수직거리(L)}}$$

이다.

### (2) node에서의 다음 주행 방향 선택

각 node에서의 분기선은 4 개이고, 서로 다른 코드로써 각각의 주행 경로를 선택한다. 각각의 주행 방향 선택 코드값은 1 byte로 구성되며 다음과 같다.

code = 00 ----- straight  
 01 ----- left  
 02 ----- right  
 03 ----- back

코드 값이 03인 경우는 주행을 멈추고 재자리에서  $180^\circ$  회전하여 이전의 node로 이동한다.

### (3) 방향 선택 코드값에 따른 제어신호

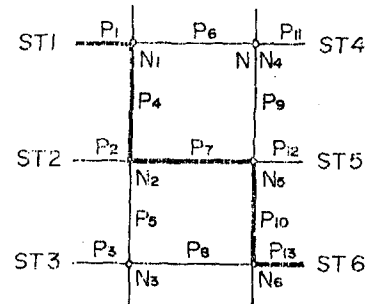
각 코드값에 따라 구동부에 인가되는 제어신호는 표 2와 같은데, speed 항은 시간  $t$  를 일정하게 하여 시간  $t$  요소를 제거하였다. 표 2에서 W는 로봇의 폭을 나타낸다.

표 2. 주행경로 선택값에 따른 제어신호와 속도

code	00	01	02	03
control	L → fw* R → fw.	L → back R → fw.	L → fw. R → back	L → back R → fw.
speed	L=R=NS	L=R= $\pi W/4$	L=R= $\pi W/4$	L=R= $\pi W/2$

fw\* = forward

### (4) 새로운 주행경로의 구성



STn ----- station No.  
 Pi ----- path No.  
 Nj ----- node No.

그림 5. 주행 경로의 예

그림 5와 같은 주행에 있어서, 주행경로 P7에서 장애물이 감지되면 이전의 node N2까지 이동하고, node N2로부터 ST6까지의 새로운 주행경로를 설정한다. 즉, P7 → P10 → P13인 경로가 P5 → P8 → P13으로 대체되고 이 새로운 경로를 따라 주행한다. 새로운 주행경로는 장애물이 감지된 경로상에서 가장 나중에 지난 node를 기준으로 설정하며, 기준점 이전 위치의 node보다 이전의 node는 고려하지 않는다. 새로운 주행 경로들 중에서는 방향 전환이 최소인 경로, 시간이 가장 적게 걸리는 경로를 선택한다. 주행 알고리즘을 flow chart로 구성하면 그림 6과 같다.

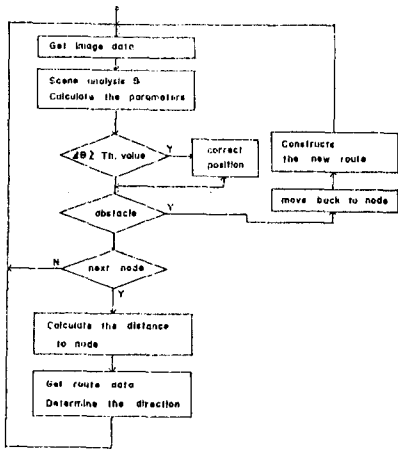


그림 6. 주행 알고리즘 flow chart

### (5) 장애물 감지

화상 해석에 의한 장애물 감지는 데이터의 방대한 양과 처리 및 인식 시간이 많이 걸리므로 제 2의 센서를 사용하여 인터럽트 처리한다.

### 6. 결 론

본 연구에서는 화상처리에 의해 주행정보를 인식하고 guidance tape 를 따라 주행하는 이동로봇의 주행에 관한 것으로 guidance tape 의 인식은 2진 레벨로서 tape의 edge를 검출하여 주행에 필요한 정보를 구하였다. 그러나 조도 변화에 따른 임계값 설정과 그림자 등에 의하여 오인식될 수 있으며 장애물 감지에 있어서는 일정한 크기 이하의 것은 감지되지 않을 수 있다. 주행경로는 map 형식으로 메모리에 저장되고 경로상의 장애물이 감지되었을 경우 새로운 주행경로를 구성한다. 분기점이 인식되면 그 분기점까지는 현재 카메라에 잡힌 영상과는 무관하게 그 분기점까지 이동하므로, 그 분기점까지의 거리 오차가 발생할 수 있으나 분기점에서 90° 회전하여 다음 이동경로가 카메라에 잡힐 범위안에 있으면 되므로 어느 정도의 오차는 무시할 수 있다. 화상 해석에 의한 장애물의 감지는 화상 처리 시간을 최소한으로 줄이는 방향으로의 연구가 요망된다. 또한 주행경로는 프로그래밍할 수 있으므로 주행경로를 자주 변경하는 곳에서 유용하리라고 생각된다.

### 7. 참고문헌

1. Julius T. Tou, " Computer vision for the guidance of roving robots", SPIE Vol. 595, Computer Vision for Robots, 1985
2. V. Liario. et al, "Mobile robot guidance by visual perception", SPIE Vol. 595, Computer Vision for Robots; 1985
3. Fujiwara, K. et al, "Development of guideless robot vehicle", Proc. 11th ISIR, P-51, 1981
4. Waxman et al., "A Visual Navigation System for Autonomous Land Vehicles", IEEE JOURNAL OF ROBOTICS AND AUTOMATION, VOL. RA-3, NO. 2, APRIL, 1987
5. 변 증남, 신 유식, " FA의 연구 개발 동향 ", 대한 전자 공학회지, Vol.13, No.2, April, 1986, pp 103-106
6. 김 병수, 신 중섭, 장 원석, 홍 승홍, "맹인 안내용 Mobile Robot 의 LOCOMOTION Module에 관한 연구", '86 한국 자동제어 학술회의 논문집 Vol.1.,1986
7. 신 중섭, 정 동명, 조 증만, 장 원석, 홍 승홍 " 시각정보에 의한 이동 로봇의 주행에 관한 연구 ",1987 전기 전자공학회 학술대회,