

시각정보에 의한 이동 로봇의
주행에 관한 연구

○ 신 중 심, 정 용 명, 조 중 만, 장 원 석, 홍 승 봉
인 하 대 학 고 전자공학과

A study on locomotion of a mobile
robot by a visual perception

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

ABSTRACT

This paper describes the mobile robot system to recognize the guidance tape, and presents the locomotion algorithm. 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

최근 산업의 급속한 발달과 더불어 공장의 자동화, 무인화를 실현하기 위한 이동 로봇의 도입이 불가피하게 되었으며, 이러한 로봇은 작업 옮김, 방사능 물질의 운송, material handling, plant watching, 의료용 등 여러가지 목적으로 사용, 연구되고 있으며, 효율적, 효과적으로 이용하기 위해서는 신뢰성, 고속성, 현장 적응성, 저가 및 사용의 편리함을 갖추어야 한다. 이동 로봇의 유도 방식으로는 광, 초음파, 레이저, 카메라 등을 이용한 방식들이 있으며, 이 중 카메라로부터 얻은 시각정보에 의한 유도방식이 활발히 연구되고 있으나, 이것을 이동 로봇에 적용함에 있어서 다변하는 주변환경의 인식을 위하여는 방대한 양의 자료를 처리해야 하므로, 처리의 효율화, 고속화, 신뢰성의 문제점이 야기된다.

이에 본 연구에서는 이러한 문제점을 해결하기 위하여, guidance 테이프를 따라 주행하고, 주변환경의 인식, 위치 파악, 그리고 방향제어를 위한 알고리즘을 제안한다. 이때 주행경로는 map 형식으로 메모리에 저장되어 있으며, 주행 경로는 프로그램화 할 수 있다.

이동 로봇의 Vision시스템은 그림 1과 같다.

이동 로봇의 비전 시스템은 그림 1과 같다.

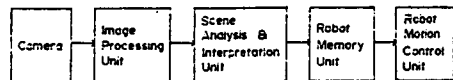


그림 1. 이동 로봇의 비전 시스템 구성
이동 로봇의 주행시 기본적인 요구 조건은 주행 방향, 장애물 감지 및 인식과 송출방지, 이동 범위 결정, 목표점 확인 등이며 그림 1의 Scene analysis and Interpretation unit는 그림 2와 같다.

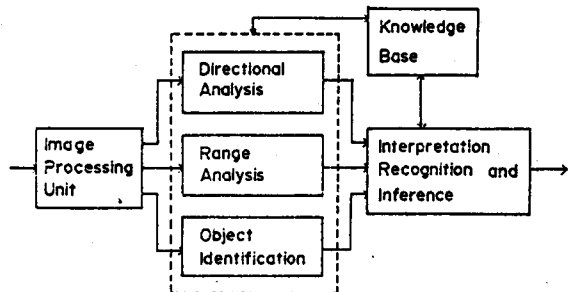


그림 2. 영상 해석 및 분석 유니트의 구성

2. 화상 해석

본 시스템에 입력되는 화상은 2진화상(binary image)으로서 단순하고 직선적이다. guidance tape의 검출은 테스트 scan 방향의 조도 변화에 의하여 노면과 guidance tape의 경계선을 검출하고 주행에 필요한 파타매타 값을 결정하기 위하여 테스트의 공칭(S1, S2, S3, S4)를 구한다. 테스트 scan 방향의 조도차는 다음 식으로 나타내며, 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 테스트 방향으로 n만큼 떨어진 화소이다.

(1) 화상 입력

본 연구에서는 화상회복에 있어서 카메라의 NTSC 영상신호를 2진 레벨로 양자화하고 각 화소의 계조도는 64단계(8bit)를 갖는다. 한 화상의 샘플링 시간은 1/30 초이다.

영상회복의 블록도는 그림 3과 같다.

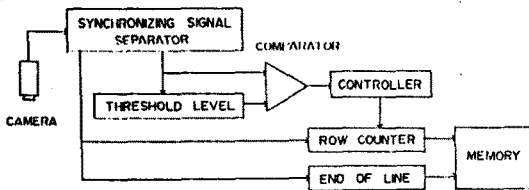


그림 3. 영상회복의 블록도

카메라로부터 동기신호를 분리하고 영상신호를 문턱값과 비교하여 문턱값보다 크면 1로 set되고 작으면 0으로 set된다. END OF LINE은 화상의 한 라인에 구성되는 화소의 갯수(280개)를 제한하며, ROW COUNTER는 코드화된 데이터가 저장될 위치(192라인)를 지정해 준다.

(2) tape 형태 인식

guidance tape의 형태 인식에 사용한 화상은 280 x 192의 해상도를 가진 양자화된 화상으로 gray level과 조명을 변화시키면서 tape의 Edge를 검출하였고, 잡음, 조명에 의한 반사 등의 오차 요인을 줄이기 위하여 데이터의 갯수를 변화시키면서 일반 실내 조명하에서 주행에 필요한 파타매타값(tape의 Edge점)을 평균적으로 구하였다. 각 Edge점의 값(X 좌표)을 표 1에 나타내었다. (a)는 일반 실내 조명하에서 구한 값이고, (b)는 일반 실내 조명하에서 로보트에 광

원을 부착하였을 때의 값이다. 표 1에서 알 수 있듯이 두 경우에 있어서 각 Edge점들의 검출된 값은 오차가 거의 없었다.

tape의 형태인식에 있어서는 scan과정에서 같은 형태가 n회 이상 계속될 경우 올바른 정보로 인식하고 n회 미만일 경우에는 에러로 처리한다

level	1		3		5		6		8	
No. of data	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
10	118	157	116	158	115	158	116	158	116	158
20	117	157	116	158	115	158	116	158	115	158
30	117	157	116	158	116	158	115	158	116	158

level	1		3		6		8	
No. of data	S3	S4	S3	S4	S3	S4	S3	S4
10	107	167	106	168	105	168	106	169
20	108	168	106	169	105	168	105	169
30	108	168	106	169	105	169	105	169

(a)

level	1		3		5		6		8	
No. of data	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2	S1	S2
10	117	158	116	158	115	158	115	158	115	158
20	117	158	116	158	115	158	115	158	115	158
30	117	158	116	158	116	158	115	158	115	158

level	1		3		6		8	
No. of data	S3	S4	S3	S4	S3	S4	S3	S4
10	107	167	106	168	105	168	105	168
20	107	168	106	169	105	169	105	169
30	107	168	106	169	105	169	105	169

(b)

표 1. guidance tape의 Edge점의 좌표값

(a) 일반 실내 조명

(b) 일반 실내 조명 + 유도 조명

3. 주행 알고리즘

(1) node간의 주행

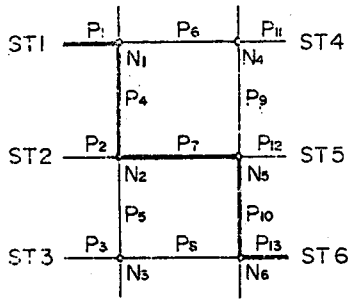
각 node간의 주행은 카메라로부터 입력된 영상의 해석에 의한다. 즉, guidance tape가 세로 방향으로 존재하므로 화상의 중앙선과 검출된 tape 화상 패턴의 중앙선을 일치시킴으로써 항상 tape의 중앙을 따라 주행하도록 한다. 화상 해석에 의해 현재 주행의 편향각 θ 를 구하고 양쪽 바퀴의 속도를 다르게 함으로써 θ 값을 최소화하여 tape의 중앙을 따라 주행하도록 한다. 이러한 과정은 일정한 주기를 갖고 화상으로부터 다음 node가 인식될 때까지 계속된다.

이때 편향각 θ 는

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

이다.

(2) 주행 경로



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

그림 4. 주행 경로의 예

그림 4 와 같은 주행 경로에서 굵은선으로 표시된 경로를 따라 ST1 에서 ST6 로 이용하는 경우 각 node 에서의 분기선은 3 개이고 전에 지나온 길을 첨가하면 4 개의 서로 다른 모드로서 각각의 주행 경로를 선택할 수 있다. 주행 경로는 메모리에 미리 저장되어 있고 node가 인지되면 모드값을 인출하여 그 모드값에 따르는 방향으로 주행한다.

각각의 주행 경로 선택 모드값은 1 byte 로 구성되고 이 모드의 갯수는 node 의 수와 일치한다.

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

코드 값이 03 인 경우는 주행을 멈추고 제자리에서 180° 회전하여 이전의 node로 이용한다. 각 코드값에 따라 구동부에 인가되는 신호는 다음과 같다. speed 항은 시간 t 를 일정하게 하여 시간 t 요소를 제거한 것이다.

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=KW/4	L=R=KW/4	L=R=KW/2

fw,* = forward

(3) 주행 경로의 수정

그림 4 와 같은 주행에 있어서, 주행경로 P7 에서 장애물이 감지되면 node N2 까지 이동하고 node N2 로부터 ST6 까지의 새로운 주행 경로를 설정한다. 즉, P7 --> P10 --> P13 인 경로가 P5 --> P8 --> P13 으로 대체되고 이 새로운 경로를 따라 주행한다. 초기의 주행경로는 주행전에 set 한다. 새로운 주행경로는 장애물이 감지된 경로상에서 제일 나중에 지난 node를 기준으로 설정하며, 기준점 이전 위치의 node보다 이전의 node는 고려하지 않는다. 즉, 그림 4 에서, 경로 7에서 장애물이 감지되면 N2 node 를 기준으로 N1과 N4 node 는 고려치 않고, 경로 10 에서 장애물이 감지되면 N5 를 기준으로 N1,N2,N3,N4 는 고려치 않는다. 새로운 주행경로를 중에서는 방향 전환이 최소인 경로를 선택한다. 주행 알고리즘을 flow chart로 구성하면 그림 5 와 같다.

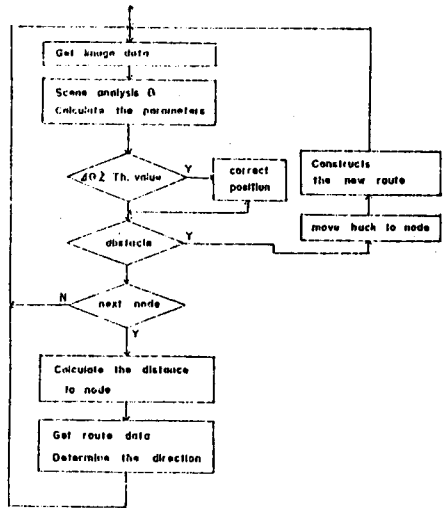


그림 5. 주행 알고리즘 flow chart.

(4) 장애물 감지

와상 해석에 의한 장애물 감지는 데이터의 방대한 양과 처리 시간이 많이 걸리므로 제2 의 센서를 사용하여 인터럽트 처리한다.

4. 결 론

본 연구에서는 와상처리에 의해 주행정보를 인식하고 guidance tape 를 따라 주행하는 이동로봇의 주행에 관한 것으로 guidance tape 의 인식

은 2 권 테이프로서 tape의 edge를 검출하여 주행에 필요한 정보를 얻었고, 또한 서로 다른 두 개의 조명하에서 구한 Edge점들의 같은 거의 차이가 없음을 알 수 있었다. 그러나 임계값 설정과 그림자 등에 의하여 오인식 될 수 있으며 장애물 감지에 있어서는 일정한 크기 이하의 것은 감지되지 않을 수 있다. 주행경로는 map 형식으로 메모리에 저장되었고 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 된다. 화상 해석에 의한 장애물의 감지에 있어서는 화상 처리시간을 최소한으로 줄이는 방향으로 연구가 요망된다. 주행경로는 프로그램화 할 수 있으므로 주행 경로 변경이 자주 필요한 곳에서 유용하다.

5. 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, A.M. et al, "Visual navigation of roadways", Proc. 1985 IEEE Conference on Robots and Automation, Saint Louis, Mo, USA
5. 김 병수, 신 중섭, 장 원석, 홍 승홍, "명인 안 내용 Mobile Robot의 LOCOMOTION Module에 관한 연구", '86 한국 자동제어 학술회의 논문집 Vol.1.,1986