

論文95-32B-9-2

# 영상과 초음파 정보를 이용한 이동로봇의 장애물 인식

## (Obstacle Recognition Using the Vision and Ultrasonic Sensor in a Mobile Robot)

朴玟基\*, 朴玟用\*

(Min Kee Park and Mignon Park)

### 요 약

본 논문에서는 이동로봇의 영상 정보와 초음파 정보를 이용하여 장애물을 인식하고 위치, 크기 등을 파악하는 새로운 방법을 제안한다. 초음파 센서를 사용하여 이동로봇의 실제 주행 통로 폭을 측정한다. 그리고 이것과 카메라의 화상 중에 보이는 통로 폭으로부터 3차원 장애물을 인식한다. 영상 처리된 화상 상에는 바닥 평면에 대한 정보와 3차원 장애물 정보가 복합적으로 원근 투영되어 나타나므로 먼저 3차원 장애물을 검출하기 위한 방법을 제시하고, 검출된 장애물에 대하여 거리, 방향 및 장애물 폭 등을 유도한다. 일반적으로 센서 및 이동로봇의 특성상 모든 환경을 인식하는 것은 어렵기 때문에, 본 논문의 실험에서는 제한된 환경을 설정하여 제안된 방법의 유효성을 입증한다.

### Abstract

In this paper, a new method is proposed where the vision and ultrasonic sensor are used to recognize obstacles and to obtain its position and size. Ultrasonic sensors are used to obtain the actual navigation path width of the mobile robot. In conjunction with camera images of the path, recognition of obstacles and the determination of its distance, direction, and width are carried out. The characteristics of the sensors and the mobile robots used generally make it difficult to recognize all environments; accordingly, a restricted environment is employed for this study.

### 1. 서 론

이동로봇이 상황에 대응한 유연하고 지적인 작업을 행하기 위해서는 주위의 환경 정보를 획득하여 그 정보를 효과적으로 활용하는 것이 필요하다. 그러나 아직도 제한된 상황 및 환경 이외의 일반적인 물체나 환경의 인식에 있어서는 많은 한계가 있다. 기존의 환경 인식에 대한 연구의 일환으로 백선 패턴, 사인 패턴(Sign Pattern) 혹은 랜드 마크(Landmark) 등 특정 표식을 이용한 방법 등이 있었다<sup>[1][2][3][4]</sup>. 또

최근에는 건물의 코너 점을 이용한 환경 인식이나 2대 이상의 카메라를 이용한 스테레오 시각에 의한 장애물 인식에 대한 논문이 발표되었다<sup>[5][6]</sup>. 그러나 위의 방법들에서는 특별한 인공적인 표식이나 정보가 필요하거나 2대 이상의 카메라를 사용해야 하는 단점이 있다. 본 논문에서는 1대의 카메라와 초음파 센서를 사용한 장애물 인식에 주안점을 두었다. 또 인공적인 표식이나 코너 점을 이용하지 않고 이동로봇이 주행시 쉽게 얻을 수 있는 통로 폭을 이용함으로써 보다 효율적이고 간단한 방법을 제안하였다. 이동로봇이 장애물을 회피하기 위해서는 장애물의 위치와 크기를 인식하고 자신의 폭을 고려하여 회피 궤도를 설정하지 않으면 안된다. 따라서 먼저 관찰 위치에 따른 대상물의 변위차를 이용하여 장애물을 검출하였다. 그리

\* 正會員, 延世大學校 電子工學科

(Dept. of Elec.Engr., Yonsei Univ)

接受日字: 1994年12月29日, 수정완료일: 1995年9月12日

고 로봇트가 주행하는 실제 통로 폭과 카메라의 화상에 보이는 외관 통로의 화소수를 이용하여 검출된 장애물까지의 거리, 방향 및 폭 등을 유도하였다. 본 논문의 실험에서는 센서가 가진 한계와 이동로봇트의 특성상 다음과 같이 제한된 환경 모델을 설정하였다.

- 로봇트가 이동하는 복도는 평탄하고 폭이 일정하다.
- 환경 내의 벽과 대상물 등은 전부 수직 또는 평행하다.

## II. 통로 폭에 의한 거리 계산

### 1. 일반적인 카메라 모델<sup>1)</sup>

일반적인 카메라 모델에서 월드좌표계상의 임의의 한 점에 대한 영상 평면 좌표를 유도하기 위해 2개의 좌표계, 즉 월드좌표계(X, Y, Z)와 카메라좌표계(x, y, z)를 설정하였다. 그림 1에 카메라와 3차원점(w)을 나타내기 위한 월드좌표계(X, Y, Z)와 영상 평면상에서의 점(c)를 나타내기 위한 카메라좌표계(x, y, z)를 보이고 있다.

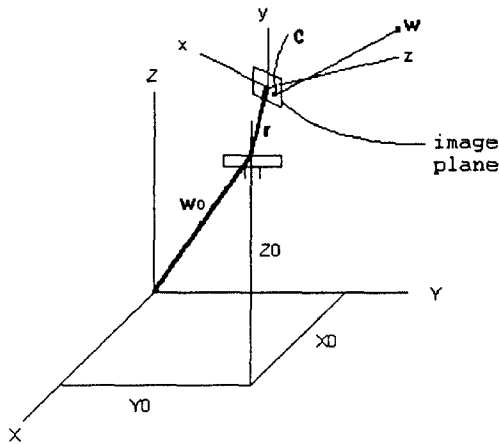


그림 1. 일반적인 카메라 모델  
Fig. 1. General camera model.

카메라는 짐벌(gimbal)위에 장착되어 있고 팬(pan) 각  $\theta$ 와 틸트(tilt)각  $\alpha$ 를 형성하고 있다. 월드좌표계의 원점으로부터 짐벌 중심까지의 오프셋(offset)을 벡터  $w_0$ 로 표시하였고, 짐벌 중심에 대한 영상 평면 중심의 오프셋을 성분 ( $r_1, r_2, r_3$ )로 이루어진 벡터  $r$ 로 표시하였다. 월드좌표계상의 임의의 한 점에 대한 영상 평면 좌표는 카메라좌표계와 월드좌표계를 몇 개의 변환

에 의해 일치시킨 후, 투시 변환에 의해 다음과 같이 구할 수 있다.

$$x = f \frac{(X - X_0) \cos \theta + (Y - Y_0) \sin \theta - r_1}{-(X - X_0) \sin \theta \sin \alpha + (Y - Y_0) \cos \theta \sin \alpha - (Z - Z_0) \cos \alpha + r_3 + f} \quad (1)$$

$$y = f \frac{-(X - X_0) \sin \theta \cos \alpha + (Y - Y_0) \cos \theta \cos \alpha + (Z - Z_0) \sin \alpha - r_2}{-(X - X_0) \sin \theta \sin \alpha + (Y - Y_0) \cos \theta \sin \alpha - (Z - Z_0) \cos \alpha + r_3 + f} \quad (2)$$

여기서 X, Y, Z는 월드좌표계상의 점이고 x, y는 카메라좌표계에서 영상 평면상의 점이며 f는 카메라의 초점거리이다. 따라서 식 (1)과 (2)를 이용하여 월드좌표계상의 임의의 한 점에 대한 카메라좌표계에서의 영상 평면 좌표를 구할 수 있다.

### 2. 화상 중의 통로 폭과 거리와의 관계 유도

이동로봇트의 주행에 있어서 좌표계를 그림 2에 보이고 있다. 카메라는 원점으로부터 떨어져 있고  $180^\circ$ 의 팬각과  $\alpha$ 의 틸트각을 형성하고 있다.

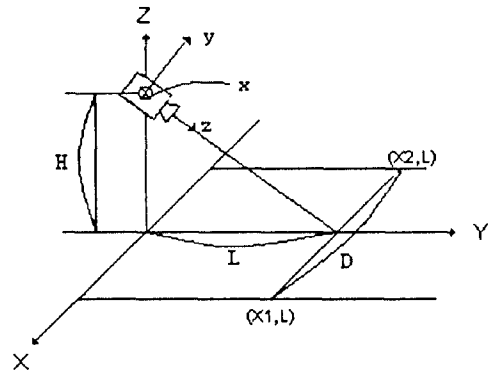


그림 2. 이동로봇트의 좌표계  
Fig. 2. Coordinate system in a mobile robot.

월드좌표계와 카메라좌표계를 일치시킨 후, 그림 2로부터 이동로봇트에 있어서 변수를 다음과 같이 설정할 수 있다.

$$X_0 = 0, Y_0 = 0, Z_0 = H, r_1 = 0, r_2 = a, r_3 = b, \theta = 180^\circ$$

월드좌표계상의 두 점 ( $X_1, L$ )과 ( $X_2, L$ )을 카메라의 영상 평면 좌표로 변환하기 위해 위의 변수들을 식 (1)에 대입한 후 차를 구하면 다음 결과를 얻는다.

$$x_2 - x_1 = f \frac{x_2 - x_1}{L \sin \alpha - H \cos \alpha - b - f} \quad (3)$$

식 (3)에서 ( $X_2 - X_1$ )을 로봇트의 실제 주행 통로 폭 D, ( $x_1 - x_2$ )를 카메라의 화상중에 보이는 통로폭 d로 정의하면 다음 식을 얻을 수 있다.

$$L = \frac{fD}{d\sin\alpha} + H\tan\alpha + \frac{b}{\sin\alpha} + \frac{f}{\sin\alpha} \quad (4)$$

L : 이동로봇로부터의 거리

D : 실제 주행 통로폭

d : CCD카메라의 화상중의 외관 통로폭

H : CCD카메라의 높이

f : 렌즈의 초점거리

$\alpha$  : 카메라의 틸트각

b : 짐벌 중심에 대한 영상 평면 중심의 오프셋

식 (4)에서 H, f,  $\alpha$ , b는 아는 값이므로 실제 주행 통로폭 D와 화상 중의 외관 통로폭 d를 알면 이동로봇으로부터의 거리를 구할 수 있다.

### Ⅲ. 통로폭 결정

#### 1. 실제 주행 통로폭의 측정

초음파는 공기 중을 약 344m/sec(20°C)의 속도로 전파하므로 거리는 속도 × 시간으로 구할 수 있다. 경과 시간은 초음파가 물체까지 왕복하는데 걸리는 시간 이므로 물체까지의 편도 거리 l(cm)은 다음 식에 의해 계산된다.

$$l = t \times 344 \times 100 \div 2 \quad (5)$$

t : 경과 시간( 초음파가 물체까지 왕복하는데 걸리는 시간)

#### 2. 화상 중의 외관 통로폭의 측정

화상 중의 외관 통로폭을 측정하기 위해서는 먼저 입력된 화상에 대하여 영상 처리를 행하여 경계 영역을 추출하여야 한다. 본 논문에서는 단지 소벨(sobel) 연산 후, 히스토그램에 의해 임계값을 설정하여 임계값 이상 되는 화소를 경계선 영역으로 추출하였다. 장애물이 존재하는 복도 영상을 획득한 경우, 일반적으로 영상의 히스토그램은 고주파 잡음이 첨가된 저주파 신호의 형태를 보인다. 이 히스토그램을 저주파 필터를 통과시키면 본래의 영상이 가지고 있는 저주파 형태의 히스토그램을 재생할 수 있다. 본 논문에서는 이동 평균법을 이용하여 원 영상의 히스토그램을 처리한 뒤 높은 농도값으로부터 낮은 농도 방향으로 히스토그램 곡선의 변곡점을 찾고 이중 두 번째 변곡점을 임계값으로 설정하였다.

입력된 화상을 영상 처리한 후 스캐닝한 결과가 그림

3과 같다면 화상 중에 나타난 외관 통로폭은 식 (6)에 의해 구할 수 있다.

$$d = k * (A + B + C) \quad (6)$$

여기서 A,B,C 는 화소수이며, k는 조정 계수로 카메라 보정 실험을 통해 결정한다.

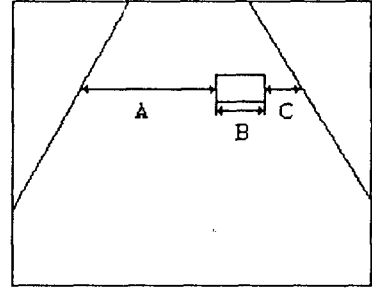


그림 3. 스캐닝 결과

Fig. 3. Result of scanning.

### Ⅳ. 장애물 인식

#### 1. 장애물 검출

영상 처리하여 2차화된 화상으로부터 장애물을 검출하기 위해서 계산된 화소수의 값이 변하는 횟수를 계산하였다. 화소수의 변화란 2차화된 영상에서 화소값이 0에서 255 또는 255에서 0으로 변화하는 것을 의미한다. 어떤 물체도 존재하지 않는 부분에서는 화소수의 값이 변하는 횟수가 6회 미만이며 물체가 존재할 경우에는 화소수의 값이 변하는 횟수가 6회 이상이 된다. 따라서 화소수의 값이 변하는 횟수가 6회 이상일 경우에는 통로 상에 물체가 존재하는 것으로 간주할 수 있다. 그러나 영상 처리된 화상 상에는 바닥 평면에 대한 정보와 3차원 장애물 정보가 복합적으로 원근 투영되어 나타나므로 2차원 물체와 3차원 장애물과의 구별이 필요하다. 따라서 본 논문에서는 관찰 위치에 따른 3차원 물체의 변위차를 이용 장애물을 검출하였다. 그림 4에 이동로봇이 주행시 시간 t와 t'에 있어서 2차원 물체와 3차원 물체의 바닥 상에 투영이 나타나 있다. 그림 4(a)에서 알 수 있듯이 2차원 물체의 경우 시간 t와 t'에 있어서 바닥에 투영되는 길이는 차이가 없다. 그러나 3차원 장애물의 경우, 그림 4(b)에 나타난 것처럼 시간 t와 t'에 있어서 바닥에 투영되는 길이는 각각 p와 p'로 p-p'만큼 줄어들음을 알 수 있다.

따라서 이동로봇이 주행시 시간  $t$ 와  $t'$ 에 물체가 바닥에 투영되는 길이를 각각 계산하여 길이 차이가 없으면 2차원 물체로, 길이 차이가 있으면 3차원 장애물로 간주한다. 이때 바닥에 투영된 물체의 최하부의 외관 통로폭을  $d_1$  최상부의 외관 통로폭을  $d_2$ 라 하면 식 (4)에 의해 물체의 길이  $L'$ 는 다음 식으로 계산된다.

$$L' = \frac{fD}{\sin \alpha} \left( \frac{1}{d_2} - \frac{1}{d_1} \right) \quad (7)$$

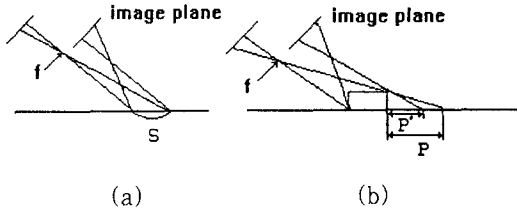


그림 4. 물체의 투영  
(a) 2차원 물체의 경우 (b) 3차원 물체의 경우

Fig. 4. Projection of the object  
(a) Case of 2-Dim. object (b) Case of 3-Dim. object

2. 장애물의 위치 및 폭 결정

검출된 장애물을 회피하기 위해서는 장애물까지의 거리, 장애물의 존재 방향, 장애물의 폭, 이동로봇의 폭 등의 정보를 이용하여 회피 궤도를 설정하여야 한다.

실제 환경에서 구하려는 변수 들을 그림 5에 보이고 있다.

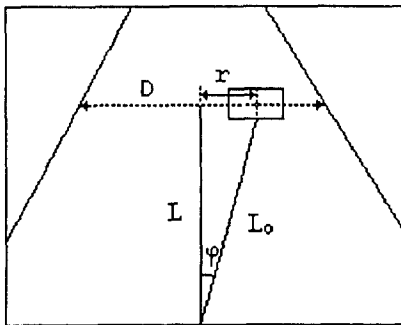


그림 5. 실제 환경에서의 변수들  
Fig. 5. Parameters in actual environment.

이동로봇으로부터 장애물이 존재하는 통로 부분의 중심까지의 거리  $L$ 은 실제 통로폭과 화상 중에 나타난 외관 통로폭을 식 (7)에 대입하여 구한다. 한편 통로

폭의 중심으로부터 장애물의 중심까지의 거리  $r$ 은 다음 식에 의해 구할 수 있다.

$$r = \frac{A - C}{2 * (A + B + C)} * D \quad (8)$$

따라서 이동로봇으로부터 장애물까지의 거리  $L_0$  및 방향  $\varphi$ 는 다음 식으로 주어진다.

$$L_0 = \sqrt{L^2 + r^2} \quad (9)$$

$$\varphi = \text{ATAN}(r / L) \quad (10)$$

마지막으로 검출된 장애물의 폭  $d_0$ 는 식(11)에 의해 구할 수 있다.

$$d_0 = \frac{B}{A + B + C} * D \quad (11)$$

V. 실험 및 결과 고찰

본 논문에서 제안된 방법의 유효성을 입증하기 위하여 제한된 환경 모델에서 실험을 행하였다.

본 실험에서 사용한 변수 값들은 다음과 같다.

이동로봇 크기 : 350mm(w) × 470mm(l) × 480mm(h)

카메라의 높이 :  $H = 490\text{mm}$

카메라의 틸트각 :  $\alpha = 110^\circ$

카메라의 팬각 :  $\theta = 180^\circ$

카메라의 초점거리 :  $f = 8\text{mm}$

조정 계수 :  $k = 0.028$

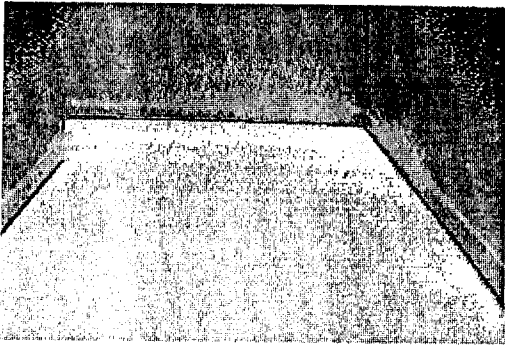
옵 셋 :  $b = 28\text{mm}$

실제 주행 통로폭:  $D = 1900\text{mm}$

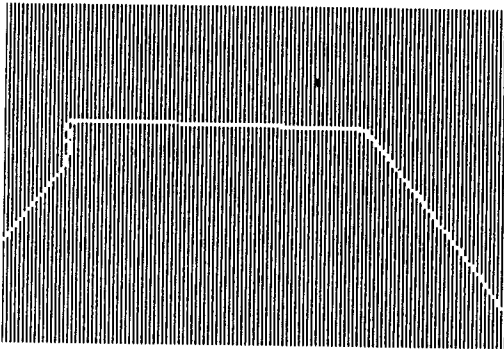
한편, 본 논문에서 제안된 방법의 유효성을 검토하기 위해 물체가 존재하지 않는 경우, 2차원 물체가 존재하는 경우, 3차원 물체가 존재하는 경우의 3가지 환경 모델을 각각 만들어 놓고 실험을 행하였다. 먼저 이동로봇의 주행 통로상에 아무런 물체도 존재하지 않는 경우의 영상 사진이 그림 6(a)에 나타나 있다. 그림 6(b)에는 소벨 처리후, 임계값에 의해 2치화된 영상을 보이고 있다. 그림 6(c)에는 2치화된 영상에 대해 스캐닝한 결과를 보이고 있다.

그림에서 알 수 있듯이 스캐닝 결과 화소값의 변화 횟수가 최대 4회로, 6회 미만이므로 주행 통로상에 아무런 물체가 존재하지 않는 것으로 간주한다. 그림 7

에는 주행 통로상에 2차원 물체가 존재하는 경우, 시간  $t$ 에 있어서의 영상 및 영상처리 결과를 보이고 있다.



(a)



(b)

스캐닝 결과 예					화소수의 변화 횟수
5	2	222	2	8	4회
19	2	194	3	31	4회
38	2	149	3	57	4회

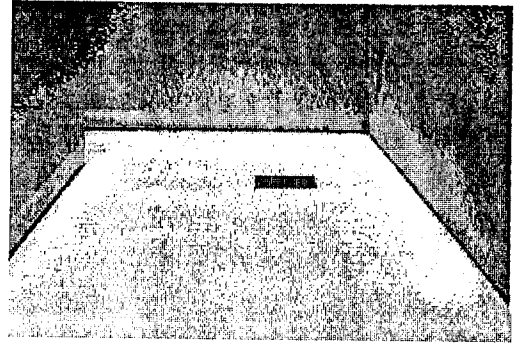
(c)

그림 6. 물체가 존재하지 않는 경우  
(a) 원 화상 (b) 영상처리후의 화상 (c) 스캐닝 및 길이 계산 결과

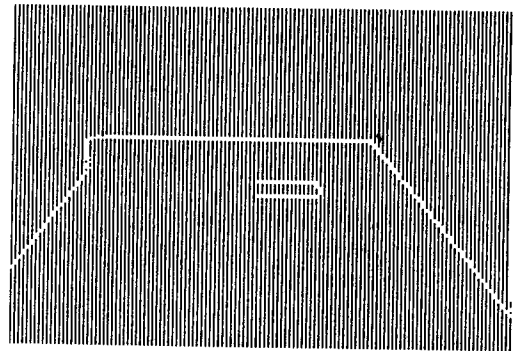
Fig. 6. Environment model without an object.

(a) Original image (b) Image after processing (c) Result of scanning and calculation

그림 7(c)에서 스캐닝한 결과, 화소값의 변화 횟수가 6회 이상이므로 주행 통로상에 물체가 존재하는 것으로 간주한다. 따라서 물체가 존재하는 부분의 통로폭을 이용하여 길이를 계산하고 시간  $t'$ 에 있어 다시 취득된 영상에 대해 영상처리 후 길이를 계산하였다.



(a)



(b)

스캐닝 결과							화소수의 변화 횟수
43	2	84	31	40	3	53	6회
36	2	91	30	48	3	46	6회

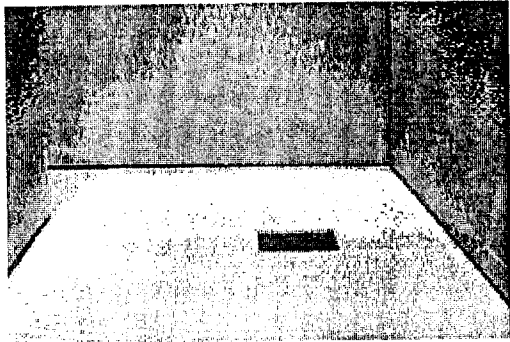
d1	d2	물체의 길이
4.73	4.34	309mm

(c)

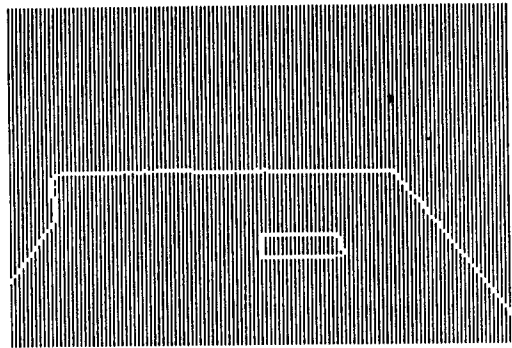
그림 7. 2차원 물체가 존재하는 경우(시간  $t$ )  
(a) 원 화상 (b) 영상처리후의 화상 (c) 스캐닝 및 길이 계산 결과  
Fig. 7. Environment model with a 2-Dim. object( $t$ )  
(a) Original image (b) Image after processing (c) Result of scanning and calculation

이 결과를 그림 8에 보이고 있다. 시간  $t$ 와  $t'$ 에 있어 물체의 길이는 각각 309mm와 253mm로 계산되었다. 그러므로 물체의 길이의 차는 약 56mm로 약간의 차이가 있지만 카메라 보정 및 실험에 의한 오차로 간주하여 통로상에 존재하는 물체는 2차원 물체로 판별하였다. 마지막으로 주행 통로상에 3차원 물체가 존재하는 경우의 영상 및 영상처리를 그림 9에 보이고 있다. 그림 9(c)에서 알 수 있듯이 스캐닝 결과 화소값

이 변하는 횡수가 6회 이상이므로 주행 통로상에 물체가 존재하는 것으로 간주하고 물체의 길이를 구한 후, 그림 10에 보이고 있는 것처럼 시간  $t'$ 에서 다시 영상을 취득하여 영상처리후 물체의 길이를 계산하였다. 이 결과 시간  $t$ 와  $t'$ 에 있어 각각 계산된 물체의 길이의 차는 약 204mm로 현저한 차이가 존재함을 알 수 있다. 따라서 통로상에 존재하는 물체는 3차원 장애물로 간주하고 검출된 장애물에 대하여 거리, 방향 및 폭 등을 구하였다.



(a)



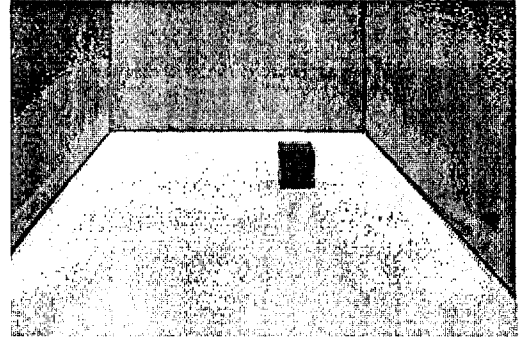
(b)

스캐닝 결과							화소수의 변화횟수	d1	d2	물체의 길이
24	2	105	39	50	3	33	6회	5.94	5.43	253mm
16	2	113	41	58	2	24	6회			

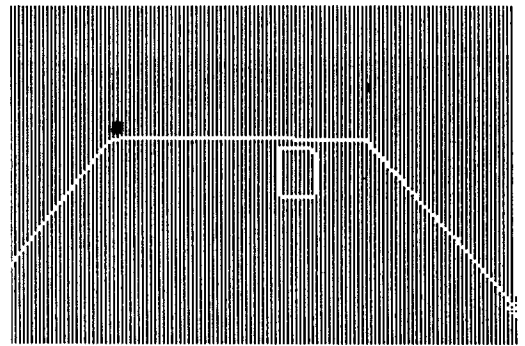
(c)

그림 8. 2차원 물체가 존재하는 경우(시간  $t'$ )  
(a) 원 화상 (b) 영상처리후의 화상 (c) 스캐닝 및 길이 계산 결과

Fig. 8. Environment model with a 2-Dim. object( $t'$ )  
(a) Original image (b) Image after processing (c) Result of scanning and calculation



(a)



(b)

스캐닝 결과							화소수의 변화횟수	d1	d2	물체의 길이
53	2	84	19	26	3	69	6회	4.76	3.61	1080mm
34	2	105	16	49	2	48	6회			

(c)

그림 9. 3차원 물체가 존재하는 경우(시간  $t$ )  
(a) 원 화상 (b) 영상처리후의 화상 (c) 스캐닝 및 길이 계산 결과

Fig. 9. Environment model with a 3-Dim. object( $t$ )  
(a) Original image (b) Image after processing (c) Result of scanning and calculation

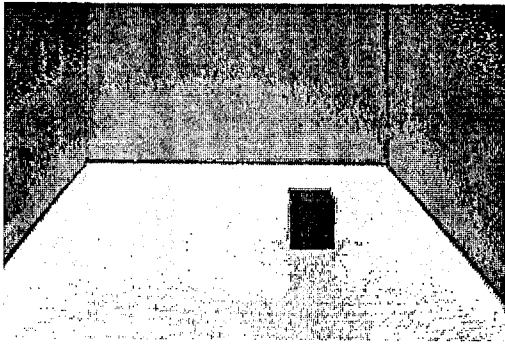
표 1에 검출된 장애물에 대하여 거리, 방향 및 폭의 계산 결과를 보이고 있다. 표 1에서 알 수 있듯이 이 동로보트로부터 2302mm의 거리에 24.6°의 방향으로 196mm의 폭을 가진 장애물이 존재함을 알 수 있다. 실제 주행에 있어서는 경계값을 설정하여, 시간  $t$ 와  $t'$ 에 있어서 길이의 차이가 어느 경계값 이하이면 2차원 물체로, 어느 경계값 이상이면 3차원 물체로 간주할

수 있다. 지금까지 본 논문에서 제안된 방법에 대하여 실험을 통해 유효성을 입증하였다.

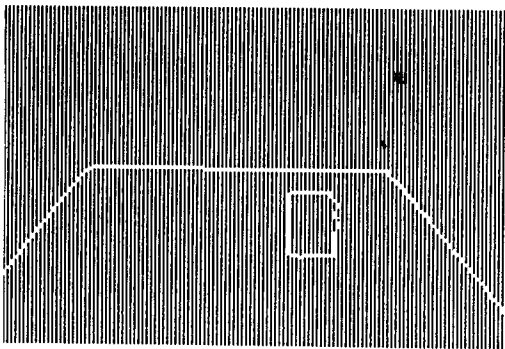
VI. 결 론

본 논문에서는 이동로봇의 환경 인식에 관한 연구의 일환으로 바닥상의 장애물을 인식하는 새로운 방법을 제안하였다. 한 대의 카메라와 초음파 센서를 이용하여 장애물을 검출하고 검출된 장애물에 대하여 위치, 크기 등을 파악하였다.

이동로봇이 주행시 쉽게 얻을 수 있는 통로폭을 이용함으로써 장애물 인식의 효율성을 도모하였다. 장애물 검출 방법은 두 영상간의 간단한 연산에 의해 수행되어지므로 복잡한 탐색 과정을 요구하지 않는 장점이 있다. 전체 장애물 인식 시간은 대부분 영상의 변환 과정에 소요되며 본 방법에 있어서는 특히 두번의 영상변환 과정이 필요하므로 다른 방법에 비해 시간이 더 걸린다는 단점이 있다. 그러나 이러한 문제는 병렬 처리 시스템 또는 디지털 신호처리 소자의 도입에 의해 실시간화 될 수 있다. 한편 센서 및 이동로봇의 특성상 모든 환경을 인식하는 것은 어렵기 때문에 제한된 환경 모델에서 실험을 통하여 제안된 방법에 대하여 유효성을 입증하였다. 앞으로 보다 복잡한 환경 내에서 장애물 인식에 대한 연구와 감지된 장애물 정보로부터 충돌 회피를 위한 경로계획법에 대한 연구가 기대된다.



(a)



(b)

스캐닝 결과							화소수의 변화횟수
40	2	107	20	34	2	51	6회
16	2	131	22	60	2	23	6회

d1	d2	물체의 길이
5.96	4.51	876mm

(c)

그림 10. 3차원 물체가 존재하는 경우(시간  $t'$ )  
 (a) 원 화상 (b) 영상처리후의 화상 (c) 스캐닝 및 길이 계산 결과  
 Fig. 10. Environment model with a 3-Dim. object( $t'$ )  
 (a) Original image (b) Image after processing (c) Result of scanning and calculation

표 1. 장애물까지의 거리, 방향 및 폭  
 Table 1. Position and width of an obstacle

D	1900mm
d	5.96mm
L	1404mm
r	317mm
$L_0$	2302mm
$\phi$	24.6°
$d_0$	196mm

참 고 문 헌

[1] H. Nasr and B. Bhanu, "Landmark recognition system for autonomous mobile robots", IEEE Conf. on Robotics and Automation, pp.1105-1111,1988

[2] Hideo Mori, Masayuki Nakai, Hsiaojing Chen, Shinichi Nakayama and Tohoru Yuguchi, "A mobile robot strategy -Stereotyped motion by sign pattern", Robotics Research (The fifth international symposium),pp.161-172

[3] K-D. Kuhnert, "Fuzing dynamic vision and landmark navigation for autonomous driving", IEEE IROS, pp. 113-119, 1990

[4] Christian Hock, "Landmark navigation with ATHENE", IEEE ICAR, pp. 1099-

- 1104,1991.
- [5] H. Mori, "Active sensing in vision-based streotyped motion", IEEE IROS, pp.167-174, 1990.
- [6] Ng Kok Loon, Koh Kok Hwee, Koh Liang Mong and Au Ann San, "A navigation system which uses ultrasonic transponders", IEEE ICAR pp. 1087-1091,1991.
- [7] Rafael C. Gonzalez and Paul Wintz, Digital Image Processing(2nd Edition), Addison Wesley Publishing Company, Inc., 1987.
- [8] Alan Pauh, Robot Sensors Vol.1-Vi-sion, IFS(Publications) Ltd, UK and Springer-Verlag, 1986.
- [9] Michael C.Fairhurst, Computer Vision For Robotic Systems, Prentice Hall, 1988.
- [10] Dr.-Ing Thomas Muller, Automated Guided Vehicles, IFS(Publications) Ltd, UK and Springer-Verlag, 1983.
- [11] J. Borenstein, Y. Koren, "Obstacle avoidance with ultrasonic sensors", *IEEE J. of Robotics and Automation*, pp.213-218, 1988.
- [12] K. Storjohann, T. Zielke, H.A. Mallot and W. Von Beelean, "Visual obstacle detection for automatically guided vehicles", IEEE Int. Conf. on Robotics and Automation, pp.761-766,1990.

---

 저 자 소 개
 

---

朴 玟 基(正會員) 第 32卷 B編 第 2號 參照  
 현재 연세대학교 전자공학과 박사  
 과정

朴 玟 用(正會員) 第 29卷 B編 第 3號 參照  
 현재 연세대학교 전자공학과 교수