

이동로봇을 위한 카메라를 이용한 소형 장애물 인식

김갑순* (경상대 제어계측공학과)

Recognition of small-obstacles using a camera and program for a mobile

G. S. Kim (Control & Instrumentation Eng. Dept. GSNU)

ABSTRACT

This paper describes an image processing algorithm for recognition of small-obstacles using a camera and program for a mobile robot in indoor environment. Mobile robot could meet small-obstacles such as a small plastic bottle of about 1 l in quantity, a small box of 7×7×7 cm³ in volume, and so on in its designated path, and could be disturbed by them in the locomotion of a mobile robot. So, it is necessary to research on the image processing algorithm for recognition of small-obstacles using a camera and program. In this paper, 2-D the image processing algorithm for recognition of small-obstacles using a camera and program for a mobile robot in indoor environment was developed. The characteristic test of the developed program to confirm the recognition of small-obstacles was performed. It is shown that the developed program could recognize small-obstacles accurately.

Key Words : Mobile robot(이동로봇), Image processing(영상처리), Camera(카메라), Obstacle (장애물)

1. 서론

산업이 발달함에 따라서 카메라를 이용한 영상 처리기술은 인공지능로봇, 이동로봇, 산업시스템의 자동화, 불량품 검사, 침입자 감시, 등 각종 산업에서 널리 사용되고 있고, 앞으로도 더 많은 분야에서 사용될 전망이다. 카메라를 이용한 영상처리 기술은 특히 인공지능 로봇의 시각센서로 이용하기 위한 프로그램 알고리즘이 개발되었다.¹⁻³ 그러나 이동로봇(인공지능 로봇)이 정해진 경로를 이동할 때 경로상에 있을 수 있는 작은 장애물을 인식하기 위한 프로그램 알고리즘의 개발에 관한 연구는 실시되지 않았다. 그러므로 산업현장, 등 실내에서 이동로봇이 정해진 경로를 안전하게 이동하기 위해서는 카메라를 이용하여 경로상에 놓일 수 있는 작은 장애물을 인식하기 위한 프로그램 알고리즘 개발이 시급하다.

본 연구에서는 실내에서 이동로봇의 경로에 있는 하나의 비전센서(camera)를 이용하여 작은 장애물을 인식하기 위한 2 차원 영상처리 프로그램 알고리즘을 개발하고, 이 프로그램을 이동로봇에 적용하기 위한 카메라의 교정을 하였다. 그리고 이동

로봇의 상부에 위치한 카메라의 위치에서 기준장애물을 촬영하고, 개발된 프로그램을 이용하여 장애물을 인식과 장애물의 크기와 위치를 인식할 수 있는지의 특성실험을 실시하였다.

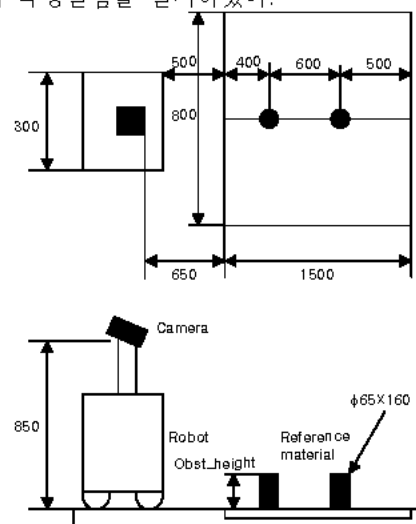


Fig. 1 Schematic diagram of experimental set up for calibrating the size and the distance from a central line of a robot to an obstacle

2. 장애물의 크기와 위치계산

카메라를 이용한 장애물을 인식하고 이동로봇이 장애물을 회피하기 위해서는 카메라를 교정해야 한다. Fig. 1은 장애물의 크기와 위치를 교정하기 위한 실험장치의 개략도를 나타낸 것이다. 장애물의 크기와 위치를 계산하는 식을 유도하기 위하여 로봇으로부터 500 mm 떨어진 지점으로부터 가로방향으로 1500 mm와 세로방향으로 800 mm가 되도록 줄자를 지면에 고정하였으며, 기준시험물을 로봇의 중심선상에 로봇으로부터 900 mm와 1500 mm 위치에 놓았다. 그리고 로봇의 카메라 위치에서 디지털 카메라(KENOX Digimax350SE)를 이용하여 사진을 촬영하였다.

2.1 장애물의 크기 및 위치

Fig. 2 (a)와 (b)는 장애물의 크기, 로봇으로부터 떨어진 거리, 등을 나타낸 개략도를 나타낸 것이다.

장애물의 폭을 계산하는 식을 유도하기 위하여 x 거리에 따른 y 방향의 기준길이(Ref_w=800mm)에 상응하는 픽셀수를 계산하는 식 P_w(x) (pixel)을 유도하면 식 (1)과 같이 된다.

$$P_w(x) = P_w_{l-t} - \frac{P_{x-min} \times P_w_{l-t}}{\left(\frac{P_{h-t} \times P_w_{l-t}}{P_w_{l-t} - P_w_u} \right)} \quad (1)$$

장애물의 폭 O_w (mm)를 계산하는 식은 식 (2)와 같이 된다.

$$O_w = \frac{Ref_w \times (P_{y-max} - P_{y-min})}{P_w(x)} \quad (2)$$

로봇의 앞면으로부터 장애물까지의 거리 Ro_o (mm)를 계산하는 식은 식 (3)과 같이 된다.

$$Ro_o = R_p + R_{pb_o}(P_{x-min}) \quad (3)$$

장애물의 높이를 계산하기 위해 x 거리에 따른 h 방향의 기준길이(Ref_h_o=160mm)에 상응하는 픽셀수 P_h(x) (pixel)를 계산하는 식은 식 (4)와 같이 유도된다.

$$P_h(x) = P_{h-l-t} - \frac{R_{pb_o} \times P_{h-l-t}}{\left(\frac{Ref_h_o \times P_{h-l-t}}{P_{h-l-t} - P_{h-u}} \right)} \quad (4)$$

장애물의 높이 O_h (mm)를 계산하는 식은 식 (5)과 같이 된다.

$$O_h = \frac{Ref_h_o \times (P_{x-max} - P_{x-min})}{P_h(x)} \quad (5)$$

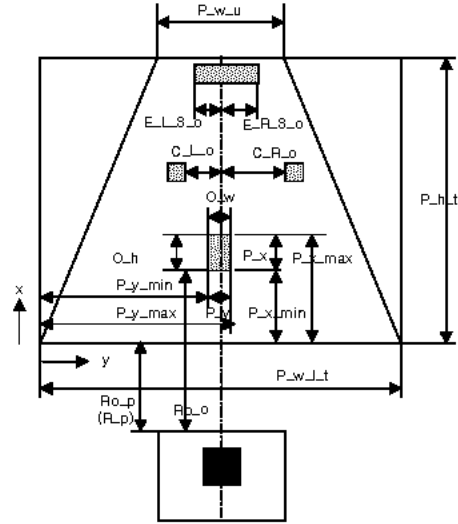


Fig. 2 (a) Schematic diagram for calibrating the size and the distance from a central line of a robot to an obstacle

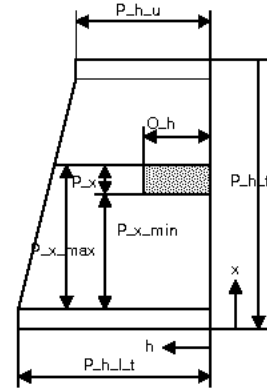


Fig. 2 (b) Schematic diagram for calibrating the size and the distance from a central line of a robot to an obstacle

로봇의 중심에서 좌측 혹은 우측으로의 장애물의 위치를 계산하기 위하여 사진의 좌측선으로부터 로봇의 중심선까지의 거리 O_c (mm)를 계산하는 식은 식 (6)과 같이 유도된다.

$$O_c = \frac{Ref_w \times P_{y-c}}{P_w(x)} \quad (6)$$

사진의 좌측선에서 장애물의 우측선까지의 길이 O_w_y_max (mm)를 계산하는 식은 식 (7)과 같이 유도된다.

$$O_w_y\max = \frac{Ref_w \times P_y_max}{P_x(x)} \quad (7)$$

사진의 좌측선에서 장애물의 좌측선까지의 길이 $O_w_y\min$ (mm)를 계산하는 식은 식 (8)과 같이 유도된다.

$$O_w_y\min = \frac{Ref_w \times P_y_min}{P_w(x)} \quad (8)$$

장애물이 로봇의 중심선보다 좌측에 있을 경우 로봇의 중심에서 장애물의 우측까지의 거리 C_L_o 를 계산하는 식은 식 (9)과 같이 된다.

$$C_L_o = O_c - O_w_y\max \quad (9)$$

$$O_y_c > P_y_max$$

장애물이 로봇의 중심선보다 우측에 있을 경우 로봇의 중심에서 장애물의 좌측까지의 거리 C_R_o 를 계산하는 식은 식 (10)과 같다.

$$C_R_o = O_w_y\min - O_c \quad (10)$$

$$P_y_c < P_y_min$$

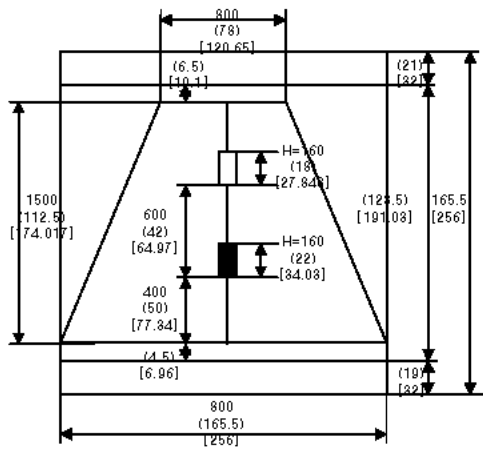


Fig. 3 Schematic diagram for real size of a photograph

2.2 장애물의 크기와 위치계산식의 교정

Fig. 3 은 장애물의 크기와 로봇의 중심선으로부터 떨어진 거리, 등을 구하는 식에 각각의 값을 대입하기 위한 사진상의 크기와 실길이를 나타낸 것이다. Fig. 3의 수치들을 식 (2), (3), (5)~(10)에 대입하여 장애물의 크기와 위치를 계산하는 식을 구하고 이것으로 프로그램을 작성하여 장애물의 크기와 위치를 계산을 위해 교정한다. 수식에 대입하기 위한 수치들은 $Ref_w=800$ mm, $P_y_l_t=249.17$ pixel, $P_h_t=174.08$ pixel, $P_w_u=120.32$ pixel, $R_p=500$ mm, $R_pb_o(P_x_min)$,

$Ref_h_o=160$ mm, $Ref_h=1000$ mm, $P_h_l_t=38.115$ pixel, $P_h_t=64.85$ pixel, $P_h_u=27.843$ pixel, $P_y_c=256/2$ pixel이다.

3. 프로그램 알고리즘

프로그램 알고리즘은 컬러 혹은 흑백의 BMP 파일을 읽어 칼러인 경우 흑백으로 바꾸고, 이것을 에지처리하여 장애물과 그 외의 부분의 경계선을 만들며, 경계선을 추적하여 장애물을 찾는다. 그리고 장애물의 크기(폭과 높이)와 로봇의 앞면과 중심선상으로부터 장애물까지의 떨어진 거리를 계산한다. Fig. 4는 이동로봇이 작은 장애물을 인식하기 위한 프로그램 알고리즘을 제작하기 위한 프로그램 흐름도이다.

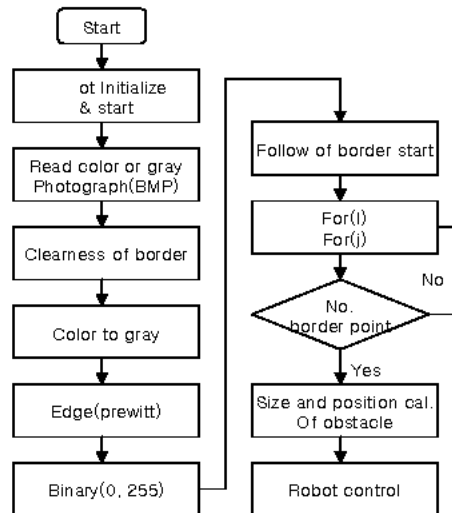


Fig. 4 Flow chart of program algorithm for recognition of a small obstacle

4. 실험장치 및 실험방법

본 연구에서 개발한 프로그램 알고리즘이 이동로봇의 작은 장애물을 인식할 수 있는지를 확인하기 위하여 이동로봇(K1), 카메라, 기준실험장애물 2가지종류, 디지털 카메라, 등으로 실험장치를 구성하였다. 기준실험장애물은 크기가 $\phi 65 \times 160$ mm인 1l 용 플라스틱 음료수병, 크기가 $70 \times 70 \times 70$ mm³인 우유팩이다. 사진촬영은 다음과 같이 하였다.

(1) 로봇의 중앙선상에서 사진의 아래 선으로부터 600 mm 떨어진 지점(로봇의 앞면으로부터 1260 mm 지점)에 음료수병, 우유팩을 차례대로 1 개씩 놓고 촬영하였다.

(2) 로봇의 중앙선상에서 좌측으로 300 mm, 사진의 아래 선으로부터 600 mm 떨어진 지점(로봇의 앞면

으로부터 1260 mm 지점)에 음료수병을 놓고 촬영하였다.

(3) 로봇의 중앙선상에서 우측으로 350 mm, 사진의 아래 선으로부터 600 mm 떨어진 지점(로봇의 앞면으로부터 1260 mm 지점)에 우유팩을 놓고 촬영하였다.

(4) 로봇의 중앙선상에서 좌측으로 100 mm 과 우측으로 100 mm 떨어지고 사진의 아래 선으로부터 600 mm 떨어진 지점(로봇의 앞면으로부터 1260 mm 지점)에 각각 음료수병과 우유팩을 놓고 촬영하였다.

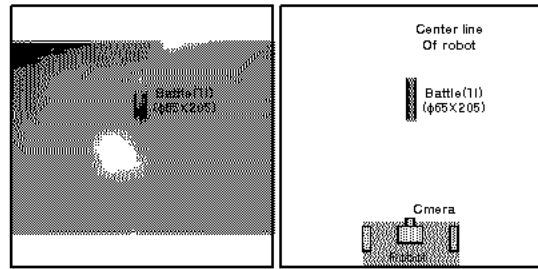


Fig. 5 Photograph and the result of image processing of a battle in central line of robot and 760mm position from lower line of photograph

Table 1 Results of image processing

	Wid.	Hei.	ROdt.	CLdt.	CRdt.	ELdt.	ERdt.
BC-60	55	205	1099	0	0	34	21
R. val.	65	205	1100	0	0	33	32
MC-60	50	111	1081	0	0	33	17
R. val.	70	70	1100	0	0	35	35
BL30-60	52	204	1084	302	0	0	0
R. val.	65	205	1100	300	0	0	0
MR35-60	85	109	1081	0	366	0	0
R. val.	70	70	1100	0	350	0	0

5. 결과 및 고찰

Table 1 은 촬영한 사진을 영상처리한 결과를 나타낸 것이다. Table 1 에서 나타난 오차들은 다음과 같은 원인들 때문이다. 첫째, 사진을 수직축을 기준으로 약 59°에서 촬영을 하고 이 사진을 2 차원 영상처리한 결과를 각각의 장애물을 정면에서 본 폭과 크기를 기준으로 비교하였기 때문이다. 이것은 로봇이 이동할 때 앞뒤 및 좌우로 기울어진 상태를 고려하여 사진을 촬영하였기 때문이다. 특히 로봇의 앞면과 장애물과의 떨어진 거리와 장애물의 높이 오차가 큰 것은 카메라의 각도가 기준사진을 촬영할 때의 각도와 적은 각도의 오차만 있어도 실제 길이의 오차가 매우 크기 때문이다. 둘째, 장애물들을 촬영하기 위하여 정해진 위치에 정확하게 놓지 못하였기 때문이다.

이와 같은 오차들은 카메라를 움직이지 않도록 고정하고 사진을 촬영할 경우에는 매우 적어질 것으로 생각되며, 실제로 로봇이 움직일 때는 로봇 자체가 앞뒤 및 좌우로 기울어진 상태에서 사진을 촬영되므로 본 연구에서 실험한 정도의 오차를 보일 것으로 판단된다. Fig. 5 는 “4. 실험장치 및 방법”의 사진촬영방법 (1)과 같이 음료수병을 촬영한 사진과 영상처리한 결과를 나타내고 있다.

5. 결론

본 연구에서는 이동로봇이 실내에서 정해진 경로로 이동할 때 만날 수 있는 작은 장애물들을 하나의 카메라로 인식하여 이들을 회피할 수 있는 2 차원 영상처리 프로그램 알고리즘을 개발하였다. 개발된 프로그램을 이용하여 음료수병, 우유팩을 영상처리한 결과 매우 정확하게 인식함을 알 수 있었다. 또한 개발된 프로그램에서 장애물의 크기, 로봇의 중심선으로부터 장애물까지 떨어진 거리를 계산하기 위한 식들을 유도하였다. 영상처리결과를 이들 식들에 대입하여 장애물들의 크기, 편심거리 등을 계산한 결과 이동로봇에서 잘 일치함을 보였다. 따라서 본 연구에서 개발한 2 차원 영상처리 프로그램 알고리즘은 이동로봇이 실내에서 정해진 경로를 이동할 때 작은 장애물 회피용 프로그램으로 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

이 논문은 한국과학재단의 해외 Post-doc. 연구 지원에 의하여 연구되었음.

참고문헌

1. Lobo, J., Queiroz, C. and Dias, J., “World feature detection and mapping using stereovision and inertial sensors,” *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 44, pp.69-81, 2003.
2. Buker, U., Drue, S. and Trapp, R., “Vision-based control of an autonomous disassembly station,” *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 35, pp.179-189, 2001.
3. Peixoto, P., Batista, J. and Araujo, H.J., “Real-time activity monitoring exploring multiple vision sensors,” *Robotics and Autonomous Systems*, Vol. 35, pp.221-228, 2001.