

초음파센서를 이용한 로봇의 소형장애물 감지 및 회피방법연구

김갑순†

Perception of small-obstacles using ultrasonic sensors and its avoidance method in robot

Gab-Soon Kim†

Abstract

The research on the avoidance of the large-obstacles such as a wall, a large box, etc. using ultrasonic sensors has been generally progressed up to now. But the mobile robot could meet a small-obstacle such as a small plastic bottle, a small sphere, and so on in its designated path, and could be disturbed by them in the locomotion of the mobile robot. So, it is necessary to research on the avoidance of a small-obstacle. In this paper, a robot's small-obstacle perceiving system was designed and fabricated by arranging four ultrasonic sensors on the plastic plate to avoid small-obstacles. The system was installed on the upper part of the mobile robot with the slope angles between 40.7° and 23.3° to a horizontal line and the dynamic characteristic test of the robot was performed. As the result, it was confirmed that the mobile robot with the system could avoid small-obstacles in indoor environment safely.

Key Words : ultrasonic sensor, small-obstacle perceiving system, mobile robot, transmitter, receiver

1. 서 론

산업이 발달함에 따라 각종 산업에서, 주어진 일 및 서비스를 하기 위해 지정된 경로를 따라 이동하는 이동로봇이 점점 증가하는 추세에 있다. 이동로봇이 이동하는 경로에는 0.5정도의 소형 플라스틱 병과 직경 7 cm 정도의 소형 볼, 돌, 쇠 덩어리 등의 장애물이 있을 수 있다. 로봇은 이들 장애물에 의해 이동 중에 큰 피해를 입을 수 있으므로 이들을 회피해야만 한다. 이동로봇이 주행 중 장애물을 회피하기 위해서는 장애물을 감지하기 위한 센서로 가격이 저렴하고 성능이 우수한 초음파센서를 많이 사용한다¹⁾⁻⁶⁾.

Yata 등은 30개의 송수신 초음파센서를 지면과 수평방향, 그리고 원주방향으로 배치하여 원주형 탐지기 (sonar-ring sensor) 시스템을 제작하였고, 이를 이동로봇에 부착하여 벽(장애물)의 방향과 거리를 정확하게 측정하여 이동로봇이 큰 장애물(벽)을 회피하는 연구

를 수행하였다¹⁾. Tetsutaka 등은 8개의 송수신 초음파센서를 지면과 수평방향, 그리고 로봇의 전방에 원호모양으로 배치하여 시스템을 제작하였으며, 이를 이동로봇에 부착하여 벽, 큰 상자 등과 같은 큰 장애물의 위치를 감지하고 이를 회피하는 연구를 하였다²⁾.

위에서 언급한 논문들은 이동로봇에 설치한 초음파센서 시스템이 큰 장애물을 매우 정확하게 측정할 수 있으나 지면에 놓인 소형장애물은 감지할 수 없는 단점을 가지고 있다. 이것은 초음파센서의 넓은 지향성 때문에 센서를 지면으로부터 높은 위치에 설치하였기 때문이다. 초음파센서를 낮은 위치에 지면과 수평으로 설치하면 장애물이 아닌 지면에 반사된 파를 수신하여 장애물로 인식하는 문제점이 있다. 그러므로 지면에 있는 소형장애물을 초음파센서를 이용하여 정확하게 인식하기 위해서는 로봇의 폭을 기준으로 최소한의 초음파센서를 배열하여 장애물 감지장치를 구성해야 하고, 초음파센서의 지향성으로 인한 오류를 회피할 수 있는 설치높이와 장애물을 인식할 수 있는 정도의 설치각도가 필요하다.

따라서 본 연구에서는 초음파센서의 특성을 파악하기 위하여 정적실험을 실시하고, 그 특성실험 결과를

경상대학교 제어계측공학과, ERI(Engineering Research Institute)

†Corresponding author: gskim@gsnu.ac.kr

(Received : December 22, 2004, Accepted : January 26, 2005)

토대로 소형장애물을 회피할 수 있도록 실험에 사용된 로봇의 폭을 기준으로 최소한의 초음파센서를 나란히 배열하여 소형장애물 감지장치를 제작하며, 이 장치의 설치높이와 각도를 결정하여 그 감지장치를 탑재한 이동로봇을 구성하였다. 그리고 소형 장애물인 플라스틱 병, 구 등을 이용하여 감지장치를 탑재한 이동로봇의 소형장애물 회피에 관한 동적실험을 실시하였다.

2. 초음파센서를 이용한 거리측정이론

이동로봇이 소형장애물을 정확하게 회피하기 위해서는 장애물의 위치를 파악하기 위한 이론식이 필요하다. 본 연구에서는 Fig. 1과 같이 송수신 초음파센서로 구성된 소형장애물 감지장치를 구성하였다. 이것을 이동로봇에 Fig. 1과 같이 설치할 경우, 그림에서 나타낸 것과 같이 각각의 송신 초음파센서로부터 초음파가 송신되고, 장애물에 반사되는 반사파를 수신 초음파센서로 수신할 수 있다. Fig. 2의 (a)는 3개의 초음파센서가 있을 경우 초음파의 송수신거리를 나타낸 것이고, (b)는 장애물로부터 가장 가까운 송신 초음파기(TR1)로부터 발사된 초음파가 장애물에서 반사된 반사파를 각각의 수신 초음파센서가 수신하는 거리를 나타낸 것이며, (c)는 각각의 수신 초음파센서가 반사파를 감지하는 시간을 나타낸 것이다. TR1과 장애물까지의 거리 은 Fig. 2의 (b)로부터 식 (1)과 같이 나타낼 수 있다.

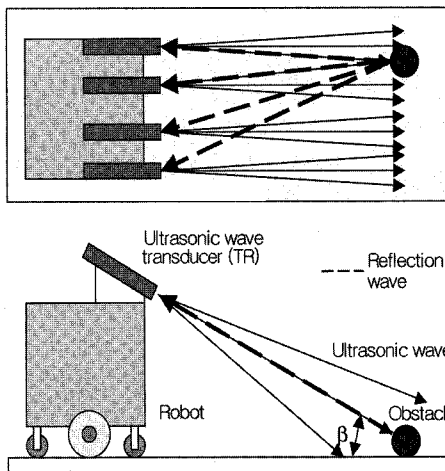


그림 1. 이론식 유도를 위한 소형장애물 감지장치를 가진 로봇의 개략도
 Fig. 1. Schematic diagram of a mobile robot with a small-obstacle perceiving system.

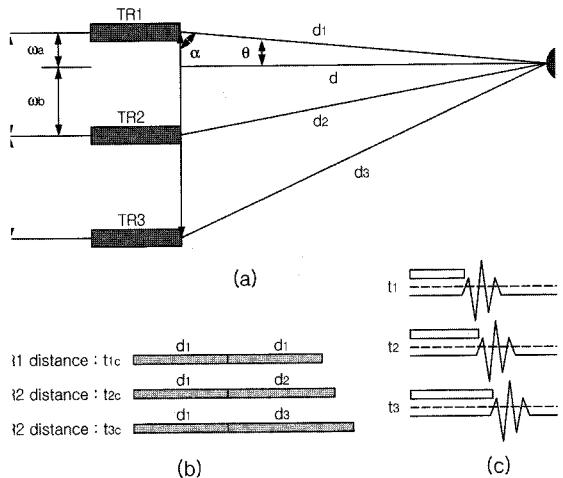


그림 2. 이론식 유도를 위한 초음파센서와 장애물사이의 거리를 나타낸 개략도
 Fig. 2. Schematic diagram of the distances between sensors and an obstacle.

$$d_1 = \frac{t_1 c}{2} \tag{1}$$

여기서 d_1 은 초음파센서(TR1)와 장애물사이의 거리, t_1 은 초음파의 전파 시간, c 는 초음파의 속도이다. 두 번째 수신 초음파센서(TR2)와 장애물까지의 거리 d_2 는 TR1이 송신한 초음파를 TR2가 수신할 때까지의 초음파의 이동거리로서 식 (2)과 같이 표현할 수 있다.

$$d_2 = c \left(t_2 - \frac{t_1}{2} \right) \tag{2}$$

여기서, t_2 는 TR1이 송신한 초음파를 TR2가 수신하는데 까지 걸린 시간이다. 세 번째 초음파센서(TR3)와 장애물까지의 거리 d_3 은 TR1이 송신한 초음파를 TR3가 수신할 때까지의 초음파의 이동거리로서 식 (3)과 같이 표현할 수 있다.

$$d_3 = c \left(t_3 - \frac{t_1}{2} \right) \tag{3}$$

여기서, t_3 은 TR1이 송신한 초음파를 TR3가 수신하는데 까지 걸린 시간이다. TR1의 중심선과 수직인 면과 TR1과 장애물사이의 거리 d_1 사이의 작은 삼각함수의 공식에 의해 $d_2^2 = d_1^2 + w^2 - 2d_1 w \cos \alpha$ 이므로 식 (4)과 같이 쓸 수 있다.

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{d_1^2 + w^2 - d_2^2}{2d_1 w} \right) \tag{4}$$

여기서 w 는 각 초음파센서간의 거리이다. 초음파센서의 배열축로부터 장애물까지의 수직거리 d 는 Fig. 2의 (a)에서 d_1 과 d 사이의 각 $\theta = 90^\circ - \alpha$ 이므로 식 (5)과 같이 나타낼 수 있다.

$$d = d_1 \cos(90^\circ - \alpha) \tag{5}$$

초음파센서로부터 장애물까지의 수직거리 d 와 두 초음파센서 TR1, TR2 사이의 각각의 거리 w_a 와 w_b 는 식 (6-a)와 (6-b)로 표현될 수 있다.

$$w_a = d_1 \cos \alpha \tag{6-a}$$

$$w_b = w - w_a \tag{6-b}$$

이동로봇의 기준점을 초음파센서 TR3으로 하면 기준점으로부터 장애물까지의 로봇의 횡 방향(cross direction) 거리 l_w 와 초음파센서로부터 장애물까지의 실제로 떨어진 거리 l_l 은 각각 식 (7-a)와 (7-b)로 나타낼 수 있다.

$$l_w = w + w_b \tag{7-a}$$

$$l_l = d_3 \cos \beta \tag{7-b}$$

여기서 β 는 수평면과 초음파센서의 중심축과의 각이다.

3. 이동로봇

본 연구에 사용된 이동로봇은 쓰꾸바대학의 인공지능로봇실에서 보유하고 있는 YAMABICO K1이며, 이 로봇의 사진을 Fig. 3에 나타내었다. 이것은 주제어기(master controller), 모터제어기(motor controller), 초음파센서 제어기(ultrasonic controller), 7개의 범퍼센서, 몸체, 2개의 서보모터(servo motor), 2개의 메인 바퀴와

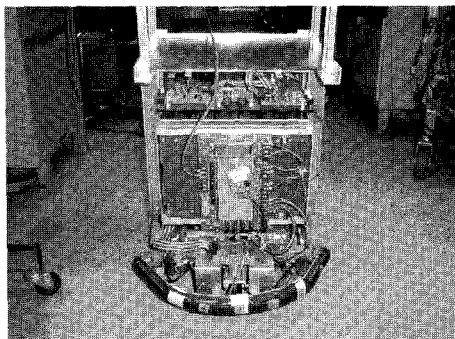


그림 3. 이동로봇의 사진 (YAMABICO K1)
Fig. 3. Photograph of the mobile robot (YAMABICO K1).

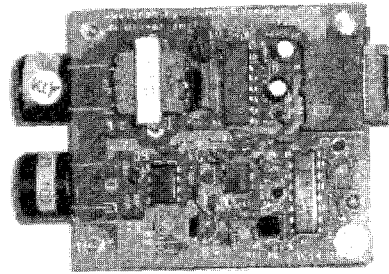


그림 4. 초음파센서 및 드라이버의 사진
Fig. 4. Photograph of an ultrasonic sensor and driver

2개의 보조바퀴, 4세트의 송수신 초음파센서 등으로 구성되어 있다.

초음파측정장치는 초음파센서 드라이버(NE555P, FDA-H608009), 초음파센서 드라이버 유닛(ultrasonic sensor driver unit, TE14-76)과 초음파센서 드라이버(ultrasonic sensor driver) 전원장치 등으로 구성된다. Fig. 4는 본 연구에 사용된 초음파센서 드라이버를 나타낸 것인데, 초음파 송신기와 수신기가 부착되어 있으며, 송신기의 파워, 수신기의 파워, 검출할 수 있는 수신파의 진폭의 높이 (threshold level)를 조절할 수 있다.

4. 정적실험장치 및 실험방법

소형장애물을 정확하게 감지할 수 있는 초음파센서를 이용한 감지장치를 제작하고, 이를 로봇에 설치하는 위치와 각도를 결정하기 위해서는 초음파센서의 정적 특성실험을 실시해야 한다. 본 연구의 정적특성실험장치는 Fig. 5(a)에서 나타낸 것과 같이 초음파 송수신기가 부착된 초음파 드라이버, 초음파 드라이버를 수평으로부터 일정한 각을 갖도록 고정시킬 수 있는 고정장치, 초음파 드라이버를 제어하고 초음파센서가 검출한 값을 나타낼 수 있는 노트북 컴퓨터, 정적인 상태에서 초음파센서가 감지할 수 있는 폭, 거리, 각도를 줄 수 있는 면적이 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 와 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 의 2개의 아크릴 판 등으로 구성된다. 초음파센서는 수평거리 135 cm까지 감지할 수 있도록 감도를 조절하였다. 정적실험에 2개의 아크릴판을 이용한 것은 소형장애물이 아크릴판과 재질이 비슷한 플라스틱 종류가 많고 쇠, 돌 등의 재질에서 초음파의 반사가 아크릴판과 비슷할 것으로 예상되며, 다루기 쉽고 가공하기 쉽기 때문이다.

정적실험은 초음파센서의 실험높이를 실험에 사용될 로봇에 장애물 감지장치를 설치 가능한 높이인 지면으로부터 43 cm에 고정하고, 경사각(중심초음파와 지면

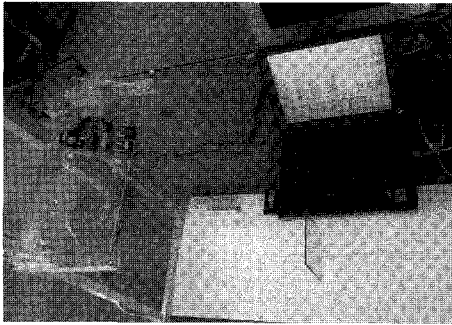


그림 5(a). 초음파센서의 정적특성실험을 위한 장치
Fig. 5(a) Experimental set up for the characteristic test of an ultrasonic sensor.

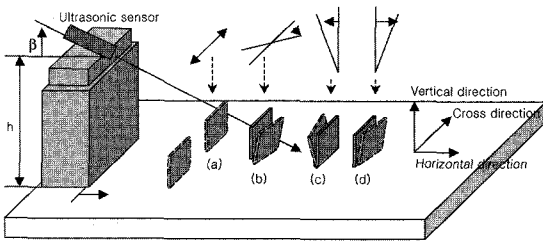


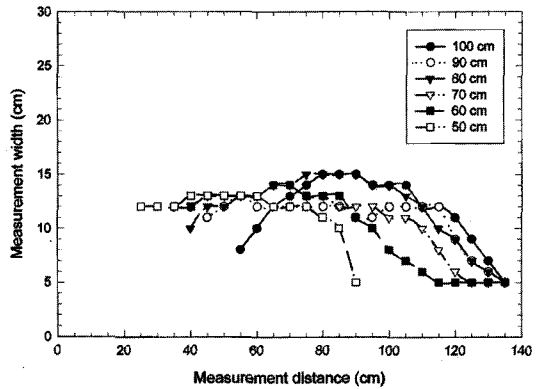
그림 5(b). 초음파센서의 정적특성실험을 위한 개략도
Fig. 5(b). Schematic diagram of experimental set up for a static characteristic test of an ultrasonic sensor.

이 이루는 각)을 40.7°, 35.6°, 31.6°, 28.3°, 25.5°, 23.3°(초음파센서로부터 수평방향으로 시험판까지의 수평거리는 각 각도에서 50 cm, 60 cm, 70 cm, 80 cm, 90 cm, 100 cm임)로 변경하면서, 초음파 센서로부터 시험판까지의 수평거리가 10 cm부터 135 cm까지 5 cm 간격으로 시험편을 이동하여 실시하였다.

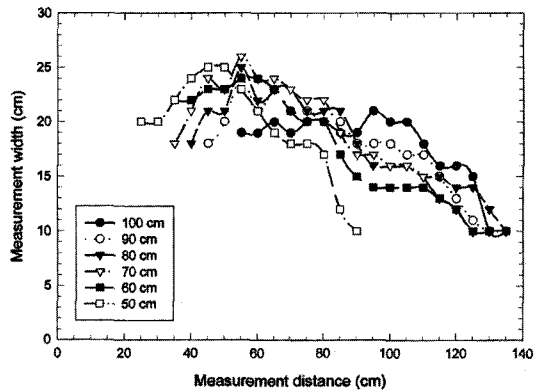
Fig. 5(b)는 초음파센서의 정적실험방법을 나타낸 개략도이다. 실험의 종류는 초음파센서의 중심으로부터 폭(횡)방향으로 측정할 수 있는 초음파센서의 횡 방향 검출거리 특성실험(Fig. 5(b)의 (a)), 수직축을 중심으로 좌우경사각 특성실험(Fig. 5(b)의 (b)), 소형장애물 감지 장치의 수직인 면으로부터 감지장치 쪽으로 기울어지는 경사각(-) 특성실험(Fig. 5(b)의 (c))과 반대쪽으로 기울어지는 경사각(+) 특성실험(Fig. 5(b)의 (d))이다.

5. 정적실험결과 및 감지장치 제작

Fig. 6(a)와 Fig. 6(b)는 면적이 5×5 cm²와 10×10 cm²인 2개의 아크릴 판을 이용한 초음파센서의 중심으로부터 폭(횡)방향으로 측정할 수 있는 초음파센서의 횡 방향 검출거리 특성실험의 결과를 각각 나타낸 것



(a) Plate area : 5×5 cm²



(b) Plate area : 10×10 cm²

그림 6. 횡방향 검출거리 특성실험의 결과
Fig. 6. Measurement results of the width in static characteristic test.

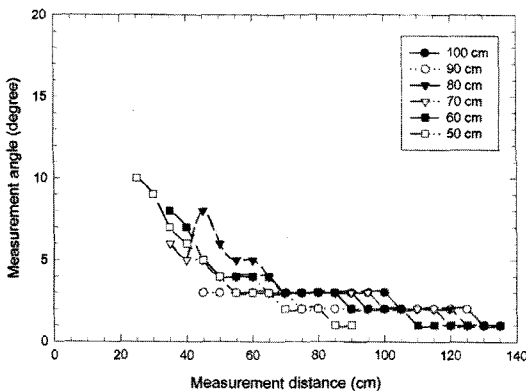
이다. 아크릴판 2개 모두 초음파의 진행방향(종 방향)으로 소형장애물 감지장치로부터의 수평거리가 50 cm (경사각: 40.7°)가 되도록 초음파센서를 설치하였을 경우에는 25 cm 지점부터 아크릴판으로부터 반사되는 반사파를 수신기에 검출할 수 있고, 수평거리가 100 cm(23.3°)가 되도록 초음파센서를 설치하였을 경우에는 55 cm 지점부터 검출할 수 있으며, 수평거리가 증가함에 따라 검출하는 지점이 멀어지는 경향을 나타내고 있다. 그리고 수평거리가 50 cm(40.7°)인 경우 95 cm 이상에서부터는 초음파센서가 감지하지 못함을 나타내고 있다. 이것은 소형장애물 감지장치가 지면으로부터 43 cm 높이에 설치되었고 40.7°, 35.6°, 31.6°, 28.3°, 25.5°, 23.3°의 경사로 기울인 상태에서 실험을 하였기 때문에 아크릴판에 초음파가 도달하지 못하였거나 반사파가 수신기에 수신되지 못하기 때문이다. 최대 측정

폭은 면적이 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 인 아크릴판인 경우 각각의 수평거리의 15~30 cm 앞인 지점에서 12~15 cm 정도로 나타났고, $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 인 아크릴 판인 경우에는 0~25 cm 앞인 지점에서 20~25 cm 정도로 나타났으며, 그리고 수평거리가 길수록 감지장치로부터 먼 지점에서 최고의 측정폭을 얻을 수 있었다. 면적이 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 인 아크릴판에서의 각 수평거리에 따른 최고 측정폭의 순서와 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 인 아크릴 판에서의 순서가 약간 다르고, 이것은 실험의 오차와 실험장치의 오차에 의한 것으로 생각된다.

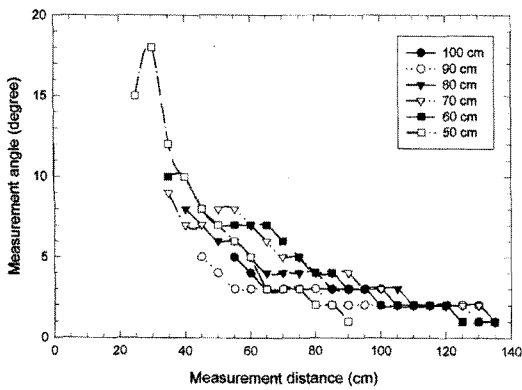
Fig. 7(a)와 Fig. 7(b)은 수직축을 중심으로 좌우경사각 특성실험의 결과를 나타낸 것이다. 수평거리 25 cm 부터 55 cm까지와 95 cm 이상에서 측정값이 없는 것은 Fig. 6에서 설명한 것과 같으며, Fig. 8과 9에서도 마찬가지다. 감지장치의 횡 방향 축으로부터의 좌우경

사각은 수평거리가 작을수록 감지장치의 가까운 부분에서 큰 각에서 초음파센서가 반사파를 검출할 수 있는 것으로 나타났다. 좌우경사각은 면적이 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 와 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 아크릴판인 경우에 모두 수평거리 50 cm 가 되도록 초음파센서를 설치하였을 경우, 각각 최대 10° 와 18° 를 나타내었다.

Fig. 8(a)와 Fig. 8(b)는 소형장애물 감지장치의 수직인 면으로부터 감지장치 쪽으로 기울어지는 경사각(-) 특성실험의 결과를 나타낸 것이며, Fig. 9(a)와 Fig. 9(b)은 감지장치의 수직인 면으로부터 감지장치와 반대쪽으로 기울어지는 경사각(+) 특성실험의 결과를 나타낸 것이다. 경사각이 (-)인 경우가 (+)인 경우보다 10° 정도 큰 각에서 측정할 수 있음을 나타내고 있으며, 경사각이 (-)인 경우와 (+)인 경우에서 시험편의 면적이 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 와 $10 \times 10 \text{ cm}^2$ 아크릴판인 경우에서 각각 최



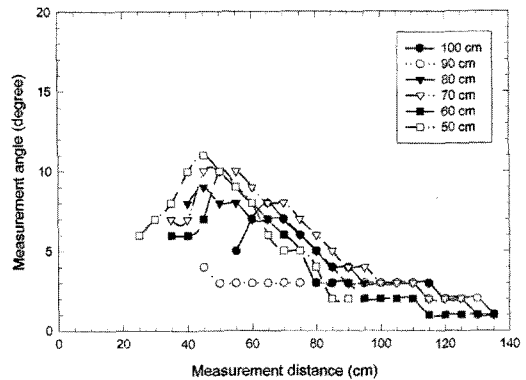
(a) Plate area : $5 \times 5 \text{ cm}^2$



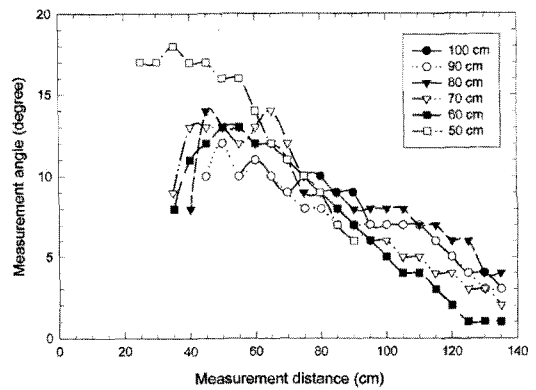
(b) Plate area : $10 \times 10 \text{ cm}^2$

그림 7. 좌우경사각 특성실험의 결과

Fig. 7. Measurement results of the angle from the cross axis.



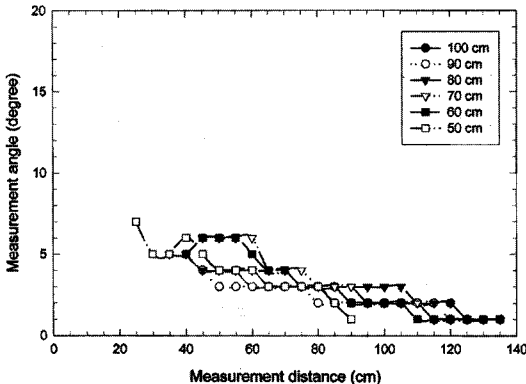
(a) Plate area : $5 \times 5 \text{ cm}^2$



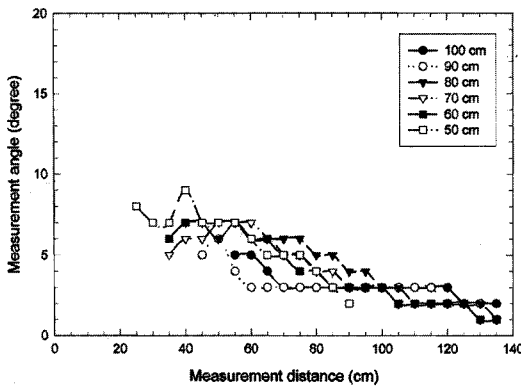
(b) Plate area: $10 \times 10 \text{ cm}^2$

그림 8. 수직면 경사각(-) 특성실험의 결과

Fig. 8. Measurement results of the angle from the vertical axis(-).



(a) Plate area : $5 \times 5 \text{ cm}^2$



(b) Plate area : $10 \times 10 \text{ cm}^2$

그림 9. 수직면 경사각(+) 특성실험의 결과
Fig. 9. Measurement results of the angle from the vertical axis(+).

고점은 $11^\circ, 18^\circ, 7^\circ, 9^\circ$ 로 나타났으며, 모든 경우 수평거리로부터 0~30 cm 앞 지점에서 최고점을 나타내고 있다. 모든 특성실험에서 나타난 것과 같이 대체적으로 수평거리 70 cm 이하가 이상보다 측정폭과 각들이 큰 것으로 나타났다.

따라서 본 연구에서는 정적 특성실험의 결과에서 시험편의 면적이 $5 \times 5 \text{ cm}^2$ 인 경우 측정폭이 13 cm이므로 소형장애물을 2개의 초음파 수신기가 감지할 수 있도록 초음파센서가 부착되어 있는 드라이버를 6.5 cm 간격으로 평행으로 4개를 아크릴판에 부착하여 Fig. 10에 나타난 것과 같이 소형장애물 감지장치를 제작하였다. 그리고 이동로봇의 상부에 제작한 소형장애물 감지장치를 정적특성의 결과 소형장애물의 감지 가능성이 가장 높은 지점(43 cm)과 이동로봇의 속도(10 cm/s) 등을 고려하여 수평거리 50 cm 지점(경사각: 40.7°)을 송신 초음파의 중심부가 도달될 수 있도록 장착하였다.

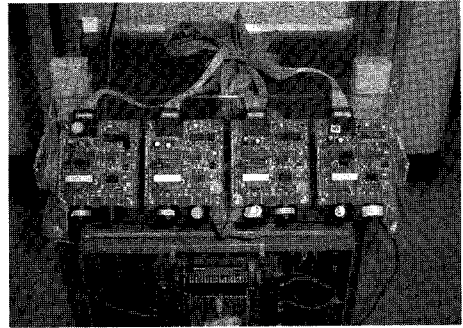


그림 10. 소형장애물 감지장치의 사진
Fig. 10. Photograph of a small-obstacle perceiving system.

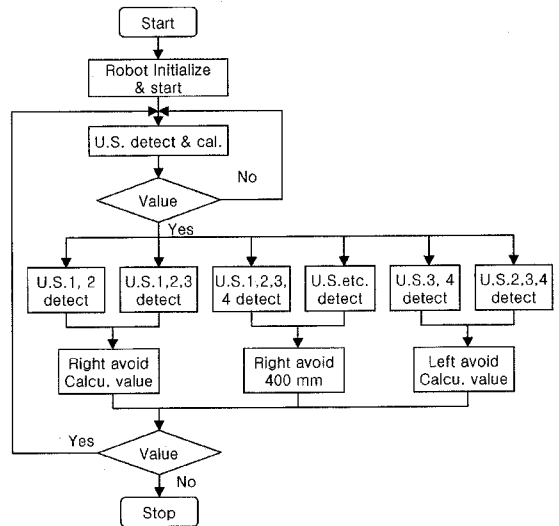


그림 11. 소형장애물 감지장치를 부착한 이동로봇의 동적 특성실험을 위한 흐름도

Fig. 11. Flow chart of the program for a dynamic test of the moving robot with a small-obstacle perceiving system.

6. 동적실험결과

본 연구에서 제작한 소형장애물 감지장치를 탑재한 이동로봇의 동적실험을 실시하기 위해서는 소형장애물 감지장치가 장애물까지의 거리를 측정하고 이를 이용하여 로봇이 장애물을 회피하는 프로그램과 장애물 회피방법이 필요하다. Fig. 11은 동적실험을 위한 프로그램의 흐름도를 나타내고 있으며, 프로그램의 순서는 다음과 같다.

(1) 이동로봇을 구동하기 위해 속도, 가속도, 좌표 등을 설정하는 초기화를 하고 이동 로봇을 로봇의 앞쪽 방향으로 출발시킨다.

(2) 송신기, U.S.1, 2, 3, 4(좌측으로부터의 초음파센서 1번이고 우측이 4번임)로 초음파를 송신하고 각각의 수신기 U.S.1, 2, 3, 4로 장애물에서 반사된 파를 검출할 때까지의 시간을 검출하며, 이것을 초음파센서를 이용한 거리측정 이론식 (5), (7-a)와 (7-b)에 적용하여 각각의 초음파센서의 수신기로부터 장애물까지의 거리를 계산한다.

(3) 반사파를 검출한 수신기와 계산한 장애물과 수신기 사이의 거리에 따라 우측으로 20 cm와 40 cm, 그리고 좌측으로 20 cm를 회피하여 갈 것인가를 결정하고 이동한다.

(4) 이동시 다시 장애물이 검출되면 위의 (2)번으로 되돌아가고, 그렇지 않으면 장애물을 회피하고 이동을 종료한다.

Fig. 12는 이동로봇의 동적실험에서 소형장애물을 회피하는 방법을 나타내고 있다. Fig. 12의 (a)와 (b)는 각각 소형장애물이 로봇의 중심으로부터 좌측과 우측으로 치우쳐 있을 때, 로봇이 이것을 회피하는 방법을 나타내고 있고, 각각의 방법은 장애물이 로봇의 중심으로부터 치우친 쪽의 반대방향으로 회피하도록 되어있다. Fig. 12의 (c)는 로봇의 폭보다 큰 장애물이 있을 경우를 나타낸 것이고, 로봇은 우측으로 회전한 후 진행방향을 향하여 다시 장애물을 검출하고 그 결과에 따라서 우측으로 회피하는 모습을 나타내고 있다. Fig. 12의 (d)는 장애물이 두개 있을 경우에는 (c)의 방법과 같이 이동한다.

본 연구에서 제작한 소형장애물 감지장치를 부착한 이동로봇이 이동 중에 소형장애물을 회피할 수 있는지를 확인하기 위하여 동적실험을 실시하였다. 동적실험

을 위한 소형장애물로는 0.5의 플라스틱 병, 직경 7cm 인 구를 선택하였다. 이와 같이 장애물을 선택한 것은 정적실험시 사용한 4각판은 물론이고 원통형 및 구형 장애물을 감지할 수 있는지를 확인하기 위해서이다. 동적실험은 2가지의 장애물에 대해서 각각 10회씩 실시하였으며, Fig. 13(a), (b)에 각각의 소형장애물을 회피하는 순간을 촬영한 사진을 나타내고 있다.

실험결과 이동로봇은 소형장애물을 안전하게 회피하여 이동함을 확인하였다. 정적실험에서 감지장치의 횡방향 축으로부터의 좌우경사각이 15°, 감지장치의 수직인 면으로부터 감지장치 쪽으로 기울어지는 경사각(-)이 17°, 그리고 감지장치의 수직인 면으로부터 감지장치와 반대쪽으로 기울어지는 경사각(+)이 9° 이상인 경우에는 장애물을 감지할 수 없을 것으로 예상되었다. 그러나 실제 동적실험에서 장애물을 모두 회피한 것은 정적실험과 달리 4개의 송신 초음파센서가 약 40°의

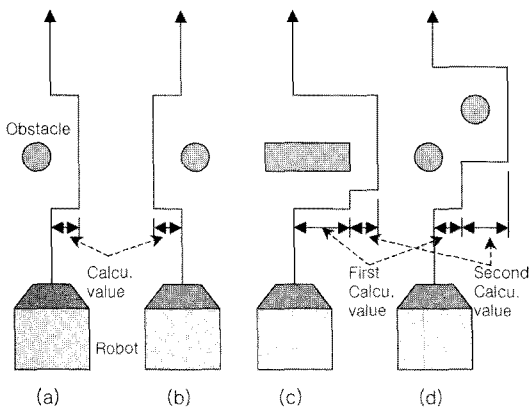
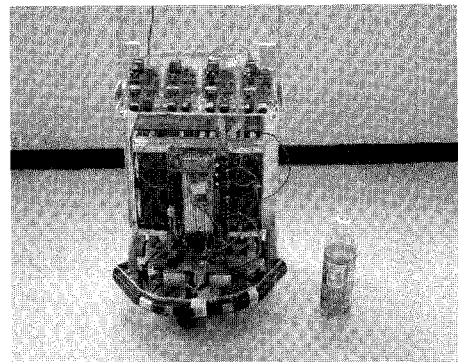
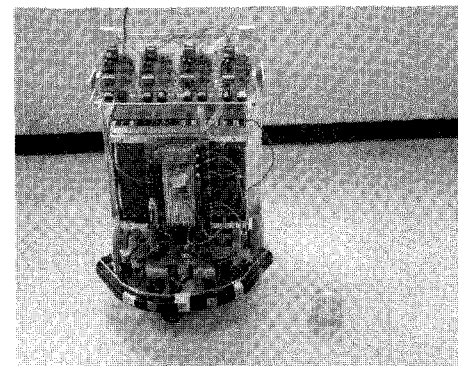


그림 12. 이동로봇의 동적실험에서 장애물회피방법
Fig. 12. Avoidance method of a small-obstacle of the mobile robot in a dynamic characteristic test.



(a) Plastic bottle of 0.5l



(b) Sphere of $\phi 7$ cm

그림 13. 소형장애물 감지장치를 가진 이동로봇의 동적 실험
Fig. 13. Mobile robot with the small-obstacle perceiving system in dynamic test.

각으로 소형장애물을 향해 방사되고, 장애물에 반사한 반사파를 4개의 수신기로 수신하므로 소형장애물을 실 수 없이 검출하였을 것으로 생각된다.

7. 결 론

본 연구에서는 이동로봇의 경로에 있는 소형장애물 을 감지할 수 있는 초음파 감지장치를 제작하였고, 이 를 이동로봇에 장착하여 그 동적실험을 실시하였다.

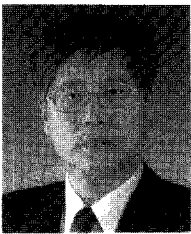
실험실의 환경조건에서 동적실험결과, 실험한 3종류 의 소형장애물들을 모두 안전하게 회피할 수 있었음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제작한 소형장애물 감지장치는 실험한 실내 환경조건과 비슷한 조건에서 이동로봇에 장착하여 소형장애물 회피에 사용될 수 있 을 것으로 생각된다. 그리고 본 연구에서 실시한 초음 파센서의 정적특성평가방법을 이용하면 각종 산업에서 종류가 다른 초음파센서를 이용한 거리측정 등을 정확 하게 수행할 수 있을 것으로 판단된다.

후 기

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

참고 문헌

- [1] T. Yata, A. Ohya, and S. Yuta, "A fast and accurate sonar-ring sensor for a mobile robot", *Proceedings of the 1999 IEEE International Conference on Robotics & Automation*, Detroit, Michigan, pp. 630-636, 1999.
- [2] Y. Tetsutaka, "Obstacle avoidance of mobile robot using an ultrasonic sensor", *a master's thesis of Tsukuba University*, 2001.
- [3] T. Yata, L. Kleeman, and S. Yuta, "Fast-bearing measurement with a single ultrasonic transducer", *The International Journal of Robotics Research Sage Publications, Inc.*, vol. 17, no. 11, pp. 1202-1213, 1998.
- [4] Y. Ando, T. Tsubouchi, and S. Yuta, "A reactive wall followint algorithm and its behavior of an autonomous mobile robot with sonar ring", *Journal of Robotics and Mechatronics*, vol. 8 no. 1, pp. 33-38, 1996.
- [5] A. Ohya, T. Ohno, and S. Yuta, "Obstacle detectability of ultrasonic ranging system and sonar map understanding", *Robotics and Autonomous Systems*, vol. 18, pp. 251-257, 1996.
- [6] K. Kimoto and S. Yuta, "Simulation of an ultrasonic range sensor for an autonomous mobile robot", *Journal of the Robotics Society of Japan*, vol. 13, no. 2, pp. 297-304, 1995.



김 갑 순

- 1999년 한양대학교 정밀기계공학과 졸업 (박사)
- 1990 ~ 2000년 한국표준과학연구원
- 2003 ~ 2004년 일본 쓰쿠바대학교 인공 지능로봇실 객원연구원
- 2000 ~ 현재 경상대학교 제어계측공학과 교수
- 주관심분야 : 다축 힘/모멘트센서, 로봇의 촉각센서와 시각센서 등