

이동로봇을 위한 초음파센서를 이용한 소형장애물 감지

김갑순*(경상대 제어계측공학과)

Perception of small-obstacle using ultrasonic sensors for a mobile robot

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

ABSTRACT

This paper describes a perception of small-obstacle using ultrasonic sensors in a mobile robot. 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 of about 1 l in quantity, a small box of $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$ in volume, 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, the small-obstacle perceiving system was designed and fabricated by arranging four ultrasonic sensors on the plastic plate to avoid a small-obstacle. The small-obstacle perceiving system was installed on the above part of the mobile robot with the slope of 40.7° to a horizontal line. The static characteristic test and the dynamic characteristic test were performed to know the information of the used ultrasonic sensors. As a result, the mobile robot with the small-obstacle perceiving system could avoid a small-obstacle, and could move in indoor environment safely.

Key Words : Ultrasonic sensor(초음파센서), Small-obstacle perceiving system(소형장애물 감지장치), Mobile robot(이동로봇), Transmitter(송신기), Receiver(수신기)

1. 서론

산업이 발달함에 따라 각종 산업에서 로봇이 주어진 일 및 서비스를 하기 위해 지정된 경로를 따라 이동하는 이동로봇이 점점 증가하는 추세에 있다. 이동로봇이 이동하는 경로의 바닥에는 1 l 정도의 소형 플라스틱 병과 $7 \times 7 \times 7 \text{ cm}^3$ 정도의 소형 상자, 돌, 쇠 덩어리, 등의 소형장애물이 있을 수 있고, 이들 장애물에 의해 로봇이 이동중에 큰 피해를 입을 수 있으므로 로봇은 이들 장애물을 회피해야만 한다. 이동로봇이 주행 중 장애물을 회피하기 위해서는 장애물을 감지하기 위한 센서로 가격이 저렴하고 성능이 우수한 초음파센서를 많이 사용한다.^{1~6} 지금까지는 초음파센서의 지향성이 넓은 특성 때문에 벽, 큰 상자, 등과 같은 비교적 큰 장애물 회피에 관한 연구를 주로 하였다.

따라서 본 연구에서는 소형장애물을 회피할 수 있도록 4 개의 초음파센서를 나란히 아크릴판에 배열하여 소형장애물 감지장치를 제작하고, 이것을

초음파가 지면으로부터 40.7° 의 경사로 송신하고 수신되도록 로봇의 앞 부분에 그리고 지면수평으로부터 40.7° 의 경사를 이루도록 이동로봇의 상부에 설치하여 소형장애물 감지장치를 탑재한 이동로봇을 구성하였다. 그리고 초음파센서의 특성을 파악하기 위한 정적실험을 실시하였으며, 플라스틱병, 옥면체, 구, 등을 이용하여 소형장애물 감지장치를 탑재한 이동로봇이 소형장애물을 회피하는 동적실험을 실시하였다.

2. 초음파센서를 이용한 거리측정 이론

이동로봇이 소형장애물을 정확하게 회피하기 위해서는 장애물의 정확한 위치를 파악해야 한다. 이를 위해 본 연구에서는 Fig. 1 과 같이 송수신 초음파센서로 구성된 소형장애물 감지장치를 구성하였다. 이것을 이동로봇에 Fig. 1 과 같이 설치할 경우, 그림에서 나타낸 것과 같이 각각의 송신 초음파센서로부터 초음파가 송신되고, 장애물에 반사되는

반사파를 수신 초음파센서로 수신할 수 있다. Fig. 2 의 (a)는 3 개의 초음파센서가 있을 경우 초음파의 송수신거리를 나타낸 것이고, (b)는 장애물로부터 가장 가까운 송신 초음파기(TR1)로부터 발사된 초음파가 장애물에 반사한 반사파를 각각의 수신 초음파센서가 수신하는 거리를 나타낸 것이며, (c)는 각각의 수신 초음파센서가 반사된 반사파를 감지하는 시간을 나타낸 것이다.

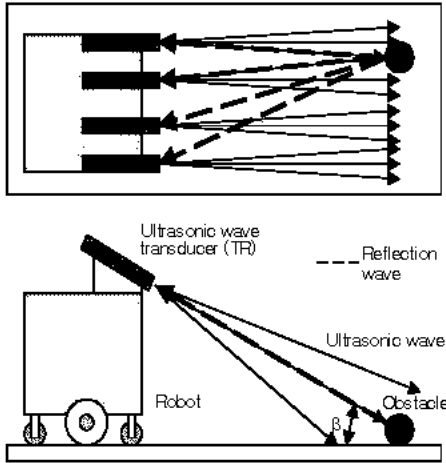


Fig. 1 Schematic diagram of a mobile robot with a small-obstacle perceiving system

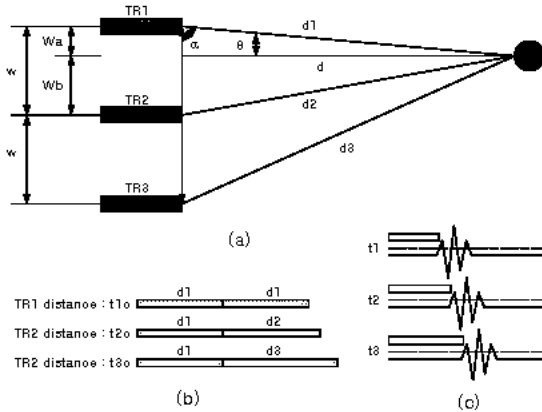


Fig. 2 Schematic diagram of the lengths of ultrasonic waves between sensors and an obstacle

첫번째 수신 초음파센서(TR1)와 장애물까지의 거리 d_1 은 Fig. 2 의 (b)로부터 초음파가 왕복하는 거리가 $d_1 + d_1 = t_1 c$ 이므로 $d_1 = t_1 c / 2$ 로 나타낼 수 있다. 여기서 t_1 은 초음파센서(TR1)가 초음파를 송수신한 시간, c 는 초음파의 속도이다. 두 번째 수신 초음파센서(TR2)와 장애물까지의 거리 d_2 는 초음파센서(TR1)가 송신한 초음파를 초음파센서(TR2)가 수신할 때까지의 초음파의 이동거리가 $d_1 + d_2 = t_2 c$

이므로 $d_2 = c(t_2 - t_1/2)$ 로 표현할 수 있다. 여기서, t_2 는 초음파센서(TR1)가 송신한 초음파를 초음파센서(TR2)가 수신한 시간이다.

초음파센서(TR1)의 중심선과 수직인 면과 초음파센서(TR1)와 장애물사이의 거리(d_1)사이의 각 α 는 삼각함수의 공식에 의해 $d_2^2 = d_1^2 + w^2 - 2d_1 w \cos \alpha$ 이므로 식 (3)과 같이 쓸 수 있다.

$$\alpha = \cos^{-1} \left(\frac{(t_1 c / 2)^2 + w^2 - [c(t_2 - t_1 / 2)]^2}{t_1 c w} \right) \quad (3)$$

여기서 w 는 초음파센서 TR1 과 TR2, TR2 와 TR3 사이의 거리이다.

초음파센서로부터 장애물까지의 수직거리 d 는 Fig. 2 의 (a)에서 d_1 과 d 사이의 각 $\theta = 90^\circ - \alpha$ 이므로 식 (4)와 같이 나타낼 수 있다.

$$d = (t_1 c / 2) \cos(90^\circ - \alpha) \quad (4)$$

초음파센서로부터 장애물까지의 수직거리 d 와 두 초음파센서(TR1, TR2) 사이의 각각의 거리 w_a 와 w_b 는 식 (5-a)와 (5-b)로 표현될 수 있다.

$$w_a = (t_1 c / 2) \cos \alpha \quad (5-a)$$

$$w_b = w - w_a \quad (5-b)$$

이동로봇의 기준점을 초음파센서 TR3 으로 하면 기준점으로부터 장애물까지의 로봇의 폭(횡)방향(cross direction)으로 거리 l_w 와 초음파센서로부터 장애물까지의 실제로 떨어진 거리 l_i 은 각각 식 (6-a)와 (6-b)로 나타낼 수 있다.

$$l_w = w + w_b \quad (6-a)$$

$$l_i = d \cos \beta \quad (6-b)$$

위의 두식으로부터 이동로봇은 장애물의 위치를 정확하게 파악할 수 있다.

3. 이동로봇 및 초음파 측정장치

본 연구에 사용된 이동로봇은 쟈꾸바대학교의 인공지능로봇실에서 보유하고 있는 YAMABICO K1 이다. 초음파측정장치는 초음파센서 드라이버(NE555P, FDA-H608009), US 드라이버 유닛(US driver unit, TE14-76)과 US 드라이버 파워 서플라이(US driver power supply), 등으로 구성된다. Fig. 3 은 본 연구에 사용된 초음파센서 드라이버를 나타낸 것이고, 초음파 송신기와 수신기가 부착되어 있으며, 송

이동한다.

제작한 소형장애물 감지장치를 부착한 이동로봇의 동적실험을 2 개의 소형장애물인 1l의 플라스틱 병과 $\phi 7$ cm 인 구를 이용하여 각각 10 회씩 실시하였다. 실험결과 이동로봇은 소형장애물을 회피하여 이동함을 확인하였다.

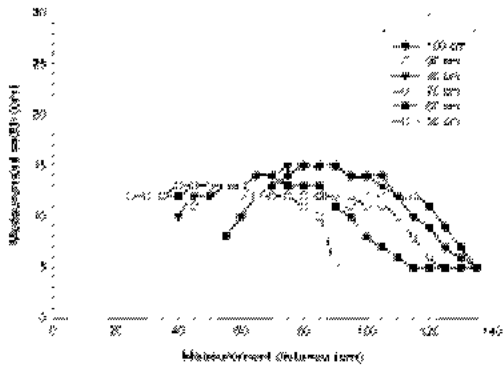


Fig. 5 Results of the measurement width in static characteristic test (plate area: $5 \times 5 \text{ cm}^2$)

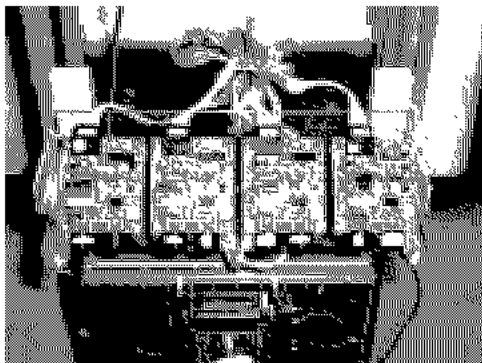


Fig. 6 Photograph of a small-obstacle perceiving system

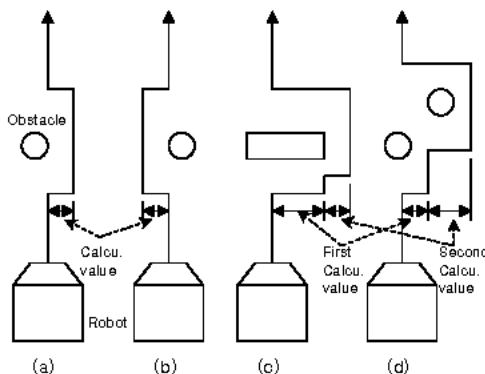


Fig. 7 Avoidance method of a small-obstacle of the mobile robot in a dynamic characteristic test

5. 결론

본 연구에서는 정해진 경로 위에 있는 소형장애물을 회피하여 안전하게 목표점까지 도달하는데 사용될 수 있는 소형장애물 감지장치를 제작하였고, 이를 이동로봇에 장착하여 소형장애물 감지장치를 탑재한 이동로봇을 구성하였으며, 이 이동로봇을 이용하여 동적실험을 실시하였다.

바닥면이 평평한 실험실의 실내환경조건에서 동적실험결과, 실험한 2 종류의 소형장애물들을 모두 회피할 수 있었음을 알 수 있었다. 따라서 본 연구에서 제작한 소형장애물 감지장치는 실험한 실내환경조건과 비슷한 조건에서 이동로봇에 부착하여 소형장애물 회피에 사용될 수 있을 것으로 생각된다.

후 기

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

참고문헌

1. Yata, T, Ohya, A. and Yuta, S., "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, May 1999.
2. Tetsutaka, Y., "Obstacle Avoidance of Mobile Robot using an Ultrasonic Sensor," a master's thesis of Tsukuba University, 2001.
3. Yata, T., Kleeman, L. and Yuta, S., "Fast-Bearing Measurement with a Single Ultrasonic Transducer," The International Journal of Robotics Research Sage Publications, Inc, Vol.17, No. 11, pp. 1202-1213, November 1998.
4. Ando, Y., Tsubouchi, T. and Yuta, S., "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. Ohya, A., Ohno, T., Yuta, S., "Obstacle detectability of ultrasonic ranging system and sonar map understanding," Robotics and Autonomous Systems 18, pp.251-257, 1996.
6. Kimoto, K. and Yuta, S., "Simulation o an Ultrasonic Range Sensor for an Autonomous Mobile Robot," Journal of the Robotics Society of Japan, Vol.13, No.2, pp.297-304, 1995.