

초음파 센서 기반 통학 차량에 남겨진 유아 감지 및 경고 시스템 설계에 관한 연구

김정재*, 문태은*, 박훈민*, 김정민*^{#,}

*안동대학교 기계자동차공학과

Detecting the Remaining Kids in a School Bus and Designing a Warning System based on an Ultrasonic Sensor

Jeong-Jae Kim*, Tae-Eun Mun*, Hun-Min Park*, Jeong-Min Kim*^{#,}

*Department of Mechanical & Automotive Engineering, Andong National University

(Received 30 December 2017; received in revised form 2 January 2018; accepted 5 January 2018)

ABSTRACT

In this paper, a detection and warning system is proposed for the remaining kids in a school bus. For detecting the remaining kids, an ultrasonic sensor is used. The basic experiments of the ultrasonic sensor are performed, and a modified ultrasonic sensor is proposed. Also, the appropriate location of the ultrasonic sensor is proposed by considering various sitting positions. Based on the above kid detection system, a warning algorithm is designed. Using the above detection and warning system, experiments are performed. From the experimental results, it is found that the proposed system, based on the modified ultrasonic sensor, can detect the remaining kids in a school bus. The proposed system can also give an appropriate warning signal.

Key Words : Ultrasonic Sensor(초음파센서), Kid Detection(유아감지), Warning System(경고시스템), Remained Kid(남겨진 아이), School Bus(통학차량)

1. 서 론

최근 통학 차량에 유아를 미처 감지하지 못하고 남겨두는 사고에 대한 관심이 증가하고 있다. 하지만, 현재로서는 운전자 또는 동승자가 유아의 하차여부를 확인해야만하기 때문에, 유아가 통학 차량에 남겨지는 사고는 계속해서 재발될 수 있다. 이에 이와 같은 사고를 적극적으로 방지하기

위하여, 차량에 남겨진 영유아를 감지하고 경고하는 시스템 개발이 요구되고 있다.

특정한 목적을 가지고 사람 또는 사물을 감지하기 위한 시스템 설계와 관련된 연구는 다수 수행된 바 있다. PIR(passive infrared) 센서는 물체의 움직임을 파악할 수 있는 센서이며, 건물 내 침입 감지 시스템에 사용된 바 있다^[1-2]. 적외선 센서는 사물에서 반사되는 적외선을 탐지하는 센서이며, 사물의 유무를 탐지하여 에스컬레이터 등의 안전 설계에 사용된 바 있다^[3-5]. 경우에 따라 보안을 목적으로 카메라를 이용한 비전(vision) 시스템이

Corresponding Author : jmk@anu.ac.kr

Tel: +82-54-820-7935, Fax: +82-54-820-5044

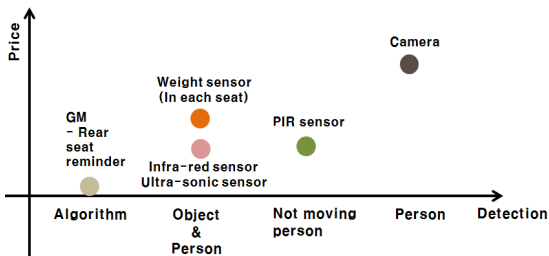


Fig. 1 Sensors for object detecting

사용되기도 하지만, 가격이 비싸 산업 현장에서 제품 검사를 위한 목적으로 주로 사용되고 있다^[6-7]. 초음파 센서는 음파의 송신 및 수신 시간차를 사용하기 때문에, 차량의 전후방에 있는 물체 거리 및 존재 유무의 탐지에 사용된다^[8]. 또한 차량에 객체를 탐지하기 위하여 초음파 및 적외선 센서를 복합적으로 사용한 기초 연구가 수행된 바 있다^[9]. 미국 GM(General Motors)은 별도의 센서 추가 없이 알고리즘 만으로, 뒷문이 열린 후 단혔을 경우 운전자가 뒷좌석을 확인하도록 알려주는 ‘Rear seat reminder’를 개발한 바 있다^[10].

Fig. 1은 위에서 언급한 센서들의 특징을 가격적인 부분과 함께 고려하여 정리한 것이다. 본 연구에서는 통학 차량을 운영하는 입장을 고려하였을 때, 가격이 저렴하여야 된다고 판단하였다. 알고리즘을 기반으로 할 경우 제일 저렴할 수 있으나, 정확한 유아 감지가 어려울 것으로 판단하였다. 카메라를 이용할 경우 통학 차량에 남겨진 유아를 비교적 정확하게 탐지할 수 있지만 가격이 높은 단점이 있다고 판단하였다.

하중센서의 경우 조수석 에어백 작동을 위해 비교적 넓게 사용되고 있으나, 좌석마다 장착을 해야 하여 가격이 다소 비싸지는 단점이 있다. PIR 센서는 움직이는 사람 또는 동물을 탐지할 수 있으나, 정지한 사람 또는 동물을 탐지할 수 없으며, 햇볕에 의하여 교란될 우려가 있다. 적외선 센서는 초음파 센서와 같이 사물과 사람을 구분하지 못하며, 햇볕에 의한 교란을 해결해야 한다.

초음파 센서는 현재 차량 외부에 장착되어 장애물을 탐지하는 데 자주 사용되며, 이는 높은 신

뢰도와 내구성이 확보되었기 때문이다. 또한, 가격도 매우 저렴한 편이다. 다만, 사람과 사물을 구분할 수 없다는 단점은 있으나, 본 연구에서는 통학 차량이라는 상황을 고려하였을 경우 차량에 남겨지는 물건까지 탐지하는 것이 오작동이 아닌 부가 기능으로 간주될 수 있을 것이라 판단하였다. 때문에, 본 연구에서는 통학 차량에 남겨진 유아를 탐지하기 위하여 초음파 센서가 가장 적합한 센서라고 판단하였다.

위에서 설명한 초음파 센서를 바탕으로 통학 차량 내 객체를 탐지하기 위해서는 차량내 초음파 센서 장착 위치 선정 및 신호 처리에 대한 연구가 필요한 상황이다. 이에, 본 연구에서는 통학 차량 내 유아를 감지하기 위하여 초음파 센서 설계와 실험을 통한 차량 내 센서 위치 선정 등에 대한 연구를 수행하고자 한다.

2. 차량 내 유아감지를 위한 초음파 센서 기초 성능 실험

Fig. 2는 초음파 센서를 이용한 물체의 거리를 탐지를 도시한 것이다. Fig. 2에 따라 물체의 거리는 아래와 같이 계산할 수 있다.

$$D_1 = V_{sound} \times T / 2 \quad (1)$$

여기서, D_1 은 초음파 센서에서 물체까지의 거리, V_{sound} 은 음파의 속도, T 는 초음파가 물체에 반사되어 돌아오는 시간을 의미한다.

이와 같은 초음파 센서를 이용할 경우, Fig. 3과 같은 2가지 상황에 따라 차량 내 유아를 탐지할 수 있는 시스템을 구성할 수 있다. 차량에 유아가

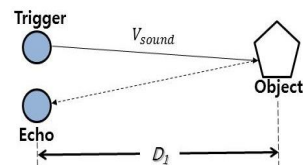


Fig. 2 Distance measurement using ultrasonic sensor

없는 경우에는, Fig. 3a와 같이 초음파 센서로부터 측정되는 거리 D_1 은 차량 시트의 길이(D_{seat})보다 같거나 큰 값으로 측정될 것이다. 차량에 유아가 있는 경우에는, Fig. 3b와 같이 초음파 센서로 부

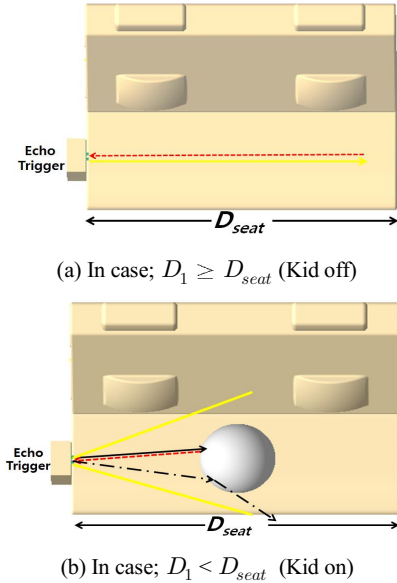


Fig. 3 Kid detection using ultrasonic sensor

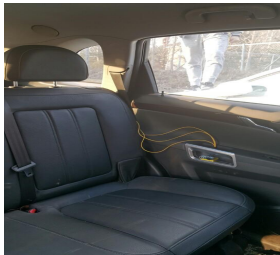


Fig. 4 Experiments using ultrasonic sensor

Table 1 Experiment results using ultrasonic sensor

Experiment No.	Distance to the kid	Measured Distance (D_1)	Decision of kid on/off
①	0.7m	0.71m	On
②	1m	0.93m	On
③	1.1m	0.93m	On
④	No kid	0.93m	On

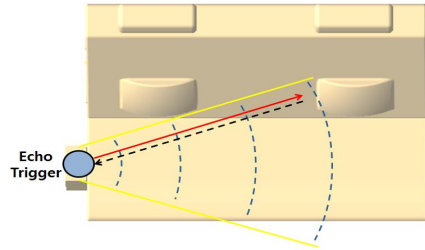


Fig. 5 Range and shape of ultrasonic sensor

터 측정되는 거리 D_1 은 차량 시트의 길이(D_{seat})보다 작은 값으로 측정될 것이다.

Fig. 4는 초음파 센서를 이용하여 실제 차량에서 유아 탐지 실험 과정을 도시한 것이며, 실험 결과는 Table 1과 같이 정리할 수 있다. 실험 ①의 경우 유아를 비교적 정확하게 탐지하는 것을 볼 수 있다. 하지만, 실험 ②와 ③의 경우 유아의 거리에 오차가 발생하였으며, 실험 ④의 경우 유아가 좌석에 착석하지 않은 경우임에도 불구하고 유아가 탐지되는 큰 오류가 발생하였다.

3. 초음파 센서 수정 설계

2장에서와 같은 오류가 발생하는 원인을 Fig. 5와 같이 분석할 수 있다. 초음파 센서에서 발생하는 음파는 부채꼴 형태로 방사되며, 차량 시트의 등받이에 음파가 반사되어 돌아온다. 즉, 음파와 등받이가 만나는 지점 이후에 있는 유아의 존재 유무 판단이 불가능한 것이다.

본 연구에서는 Fig. 5와 같은 문제를 해결하기 위하여 Fig. 6과 같이 송신부와 수신부가 분리된 시스템을 제안하고자 한다. 이를 통하여, 초음파 센서에서 부채꼴 형태로 방사되는 음파 중 우리가 필요로 한 음파만 선택적으로 수신할 수 있으며, 이를 통하여 시트 등받이 등에 의한 간접 오류의 제거를 기대할 수 있다. 이때, 초음파 센서의 송신부와 수신부 사이의 물체의 존재 유무에 따라 아래와 같이 초음파 센서에서 측정되는 거리를 계산할 수 있다.

$$D_2 = \begin{cases} 0 & (\text{if object on}) \\ V_{sound} \times T & (\text{if object off}) \end{cases} \quad (2)$$

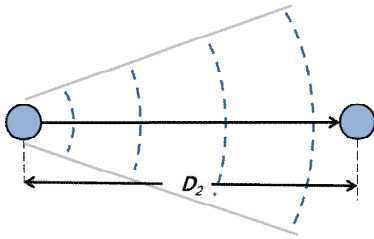


Fig. 6 Modified ultrasonic sensor used in this study

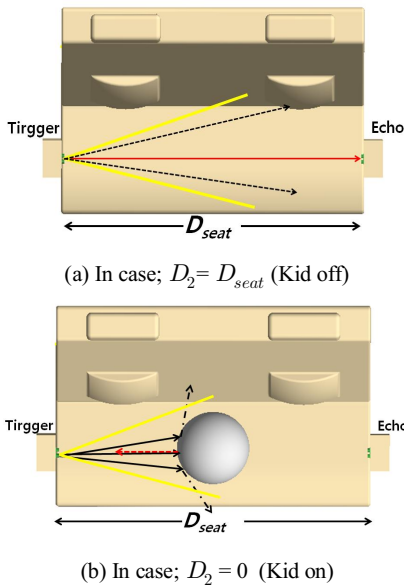


Fig. 7 Kid detection using modified ultrasonic sensor

여기서, D_2 는 초음파 센서 송신부에서 수신부까지의 거리를 의미한다. Fig. 6과 같이 초음파 센서를 구성할 경우, 초음파 센서 송신부와 수신부 사이에 물체가 존재할 경우 수신부에 도달하는 음파가 없으므로 '0'의 값으로 처리된다. 초음파 센서 송신부와 수신부 사이에 물체가 존재하지 않을 경우 수신부에 도달하는 음파는 늘 동일한 수치 값으로 수신 될 것이다. 즉, D_2 는 늘 같은 값을 갖는다.

Fig. 6과 같은 센서 시스템을 이용할 경우, Fig. 7과 같은 상황을 예상할 수 있다. Fig. 7a는 유아가 없는 경우, 거리 D_2 는 D_{seat} 로 계산되며, 이 경우 유아가 없는 경우로 판단할 수 있다. Fig. 7b와

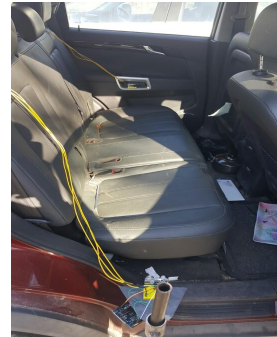


Fig. 8 Experiments using modified ultrasonic sensor

Table 2 Experiment results using modified ultrasonic sensor

Experiment No.	Distance to the kid	Measured Distance (D_2)	Decision of kid on/off
①	0.7m	0m	On
②	1m	0m	On
③	1.1m	0m	On
④	No kid	1.3m	Off

같이 유아가 있는 경우, 거리 D_2 가 기존과는 다르게 수신부에서 음파를 수신하지 못하여 수신호 값이 '0'으로 도출이 될 경우에 유아가 있다고 판단한다.

Fig. 8은 수정한 초음파 센서 시스템을 실제 차량에 적용하여 유아가 탑지 실험 과정을 도시한 것이며, 실험 결과는 Table 2와 같이 정리 할 수 있다. 실험결과 ①, ② 및 ③의 경우 유아가 의해 송신부에서 나오는 신호가 막혀 수신부에 전달되지 못하는 것을 알 수 있으며, 실험④의 경우 유아가 없으므로 초음파 센서의 송신부로부터 수신부까지 신호가 원활하게 전달되는 것을 알 수 있었다. 실험결과 유아가 존재유무를 정확하게 판별할 수 있었다.

4. 통학 차량 내 센서 위치 선정

본 연구에서 제안하는 초음파 센서를 이용할 경우, 유아를 효율적으로 감지할 수 있는 초음파

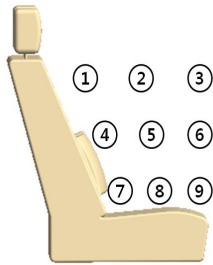


Fig. 9 Location candidate of sensors

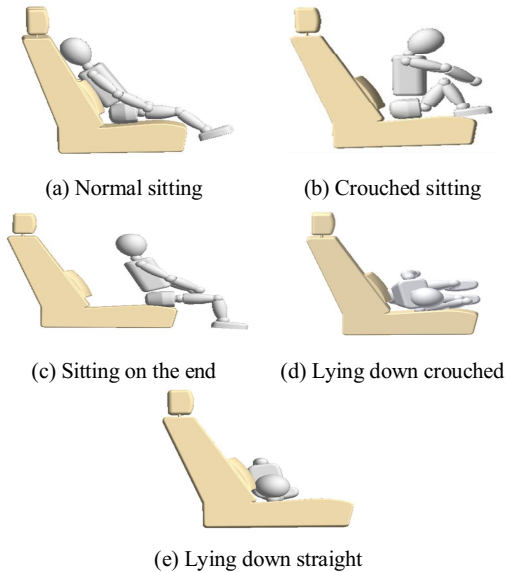


Fig. 10 Expected sitting positions

센서의 위치 선정이 요구된다. Fig. 9는 초음파 센서가 장착되어 질 수 있는 후보 위치를 도시한 것이다. 본 연구에서는 가로 방향으로 3개, 세로 방향으로 3개의 센서 위치 간격을 설정하여, 총 9개의 센서 후보 위치를 설정하였다.

Fig. 10은 유아가 차량 시트에 착석할 수 있는 다양한 상황을 도시한 것이다. 이와 같은 상황을 고려하여, Fig. 9에 도시되어 있는 각 초음파 센서 후보 위치에서 차량 내 유아를 감지할 수 있는 여부를 Table 3과 같이 정리할 수 있다. Table 3의 유아 감지 실험 결과 센서 위치 ⑧번이 가장 많은 자세의 유아를 감지할 수 있는 것을 확인하였으

Table 3 Kid detection experiment results using nine different locations of modified ultrasonic sensor

Sitting positions	Sensor locations								
	①	②	③	④	⑤	⑥	⑦	⑧	⑨
Fig. 10a	○	×	×	○	×	×	○	○	○
Fig. 10b	×	○	×	○	○	○	○	○	○
Fig. 10c	×	×	○	×	×	○	×	○	○
Fig. 10d	×	×	×	×	×	×	○	○	○
Fig. 10e	×	×	×	×	×	×	○	○	×
Numbers of detection	1	1	1	2	1	2	4	5	4

며, 이에 본 연구에서는 센서 위치를 ⑧번으로 결정 하였다.

5. 유아 감지 및 경고 시스템

위 3장과 4장을 바탕으로 본 연구에서는 Fig. 11과 같은 유아 감지 및 경고시스템을 제안하고자 한다. 통학차량 내 각각의 열마다 초음파 센서를 설치하여, 차량에 남겨진 유아를 감지한다. Fig. 11a는 유아가 없는 경우로서, 모든 초음파 센서의 수신부에 음파가 도달하여 유아가 없음을 탐지한다. Fig. 11b는 유아가 있는 경우이며, 일부 초음파 센서의 수신부에 음파가 도달하지 않아 유아가 남아 있음을 탐지한다. Fig. 12는 유아 감지 및 경고 시스템의 작동 알고리즘을 도시한 것이다. 차량의 각 의자 옆에 설치된 초음파 센서의 음파의 발신과 수신을 수행한다. 이때 한 개의 초음파 센서라도 측정되는 거리 D_2 값이 0일 경우 경고음 및 경고등을 작동한다.

6. 결론

본 연구에서는 통학 차량의 안전에 초점을 맞추어, 초음파 센서를 이용하여 차량 내 유아의 유무를 감지하는 시스템 설계를 수행하였다. 초음파 센서의 기초성능 실험 결과를 바탕으로 초음파 센서의 송신부 및 수신부가 분리된 수정된 초음파

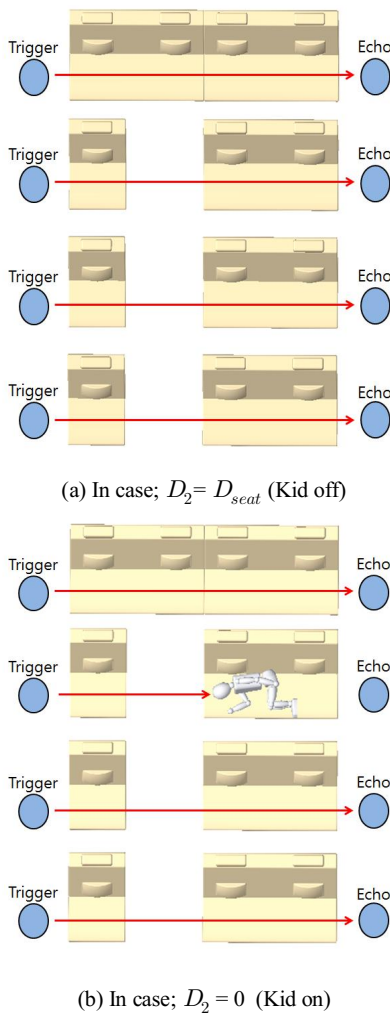


Fig. 11 Remained kid detection and warning system

센서 시스템을 제안하였다. 본 연구에서 제안하는 초음파센서를 통학 차량에 적용하기 위하여 차량 내 유아가 취할 수 있는 다양한 자세를 예측하고, 이러한 모든 자세에 대하여 유아를 감지할 수 있는 초음파 센서의 설치 위치를 선정하였다. 또한, 통학 차량에 적용할 경우 주위에 위험을 알리는 경고 작동 알고리즘을 개발하였다.

본 연구에서 제안하는 방식은 향후 통학 차량에 유아를 남겨두는 사고의 방지에 활용 될 수 있을 것으로 기대된다.

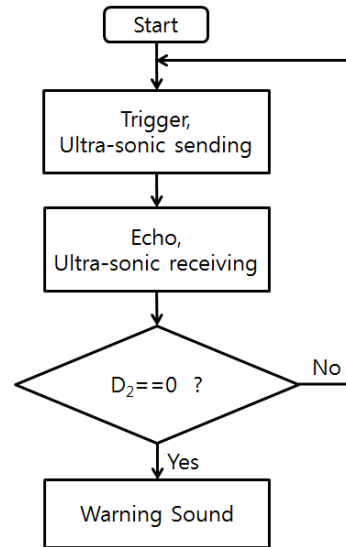


Fig. 12 Operation algorithm of remained kid detection and warning system

REFERENCES

1. Cha, H. W. and Cho, M. Y., "A Design of Standing Human Body Sensing System Using Rotation of a PIR Sensor," Journal of the Institute of Electronics and Information Engineers, Vol. 53, No. 1, pp. 129-136, 2016.
2. Jeong, Y. W., Bao, V. H. N., Cho, S. W. and Chung, S. T., "Intruder Detection System Based on Pyroelectric Infrared Sensor," Journal of the Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 26, No. 5, pp. 361-367, 2016.
3. Jung, Y. S., Roh, C. S., Lee, G. I. and Kim, J. Y., "Reliability Evaluation of a Motor Core Applied Ultrasound Infrared Thermography Technique," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 4, pp. 60-60, 2016.
4. Jung, Y. S., Gao, J. C. and Kim, J. Y., "Soundness Evaluation of 120W LED Lighting using Passive Infrared Thermal Imaging Method," Journal of the Korean Society of Manufacturing

- Process Engineers, Vol. 16, No. 4, pp. 140-146, 2017.
5. Jo, J. S., Lee, J. H., Son, Y. M., Kim, Y. H., Park, J. M., Lee, C. H. and Han, C. W., "Manufacture of Escalator Automatic Operation System," Proceedings of the Korean Institute of Electrical Engineers Summer Conference, pp. 39-40, 2011.
 6. Kim, S. H. and Baek, W. B., "Tool Monitoring System using Vision System with Minimizing External Condition," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 11, No. 5, pp. 142-147, 2012.
 7. Lee, G. I., Kim, J. Y., Rho, C. S. and Jun, C. C., "Customized Pattern-Recognition Technique using Vision Measurement System Development in New Car Manufacturing Process," Journal of the Korean Society of Manufacturing Process Engineers, Vol. 15, No. 4, pp. 51-59, 2016.
 8. Choi, H. and Jang, S. W., "Front and Rear Vehicle Monitoring System using Ultrasonic Sensors," Journal of the Korea Institute of Information and Communication Engineering, Vol. 16, No. 6, pp. 1125-1132, 2012.
 9. Jung, S. H., Kim, D. H., Lee, S. H., Park, C. I., Choi, M. S. and Cha, J. S., "Study Concerning the Implementation of Object Detecting System for Inside Vehicle using Combined Ultra-sonic & Infra-red Sensors," Proceedings of the Korea Institute of Intelligent Transport Systems Spring Conference, pp. 571-573, 2012.
 10. "Acadia's Rear Seat Reminder Can Help Remind Parents to Check the Back Seat,"(2016) <http://www.gmc.com/gmc-life/suvs/acadia-rear-seat-reminder.html>