

초음파 센서를 이용한 장애물 인식 장치 개발

(Development of Obstacle Recognition System Using Ultrasonic Sensor)

유 병 구¹⁾, 권 선 욱²⁾, 김 주 성^{3)*}

(Yu Byeonggu, Kwon Sunwook, and Kim Jusung)

요 약 본 논문에서는 초음파 센서를 이용한 저비용 장애물 인식 장치를 개발한다. 개발된 장애물 인식 장치는 시각 장애인들이 보행시 장애물을 인식하는 데 쓰일 수 있도록 한다. 장애물의 인식 여부는 내장된 모터의 진동을 통하여 시각 장애인들에게 인식이 가능하도록 한다. 뿐만 아니라 장애물의 거리에 따라 대상자에게 장애물 인식 유무에 대해 시간차를 두고 고지하여 대상자가 장애물에 대해 적절한 반응을 수행할 수 있도록 한다. 마이크로 컨트롤러 제어를 통한 펄스 신호를 이용하여 장애물에 대한 반사파를 통해 장애물의 존재 유무와 거리를 탐지하며 펄스 신호를 이용한 반사파 탐지는 반복 수행을 통해 인식률을 높인다. 개발된 장애물 인식 장치는 30° 내외의 전방 탐지각을 나타내고, 2cm-30cm의 탐지거리를 가지며 일상적인 보행 조건에서 동작이 가능함을 실험을 통해 입증하였다.

핵심주제어 : 레이더, 마이크로 컨트롤러, 모터, 센서, 초음파

Abstract In this Paper, we Propose the Low-cost Obstacle Recognition System Utilizing the Ultrasonic Sensor. Developed Obstacle Recognition System can be used to Aid the Visually Impaired Person. The Existence of the Obstacle is Notified to the Person through the Embodied Electronic Vibration Motor. The Timing Difference from the Recognition to the Notification Indicates the Distance to the Obstacle. Pulsed Ultrasonic Signal Controlled by MCU is Utilized and the Reflected Pulse through the Obstacle gives the Developed System the Existence of the Obstacle and the Distance to the Object. Pulse is sent Repetitively to Improve the Detection Accuracy. Developed Apparatus gives 30 Degree of Detection Angle and 2cm-30cm of the Detection Range when the Apparatus is Tested under Normal Walking Environment.

Key Words : MCU, Motor, Radar, Sensor, Ultrasonic

1. 서 론

장치와 어떤 물체와의 거리를 비접촉 방식으로 측정하는 장치는 그 응용 분야의 범위가 가격, 성능 측면에서 매우 다양하다. 최근 매우 활발하게 연구되고 있는 무인 자동차(Unmanned vehicle, Autonomous vehicle)를 실현하기 위해 주위의 장애물 및 차량의 유무를 인식하고 정확한 위치 결정을 통해 안전 보호를 위한 조치를

* Corresponding Author : jusungkim@hanbat.ac.kr

Manuscript received Apr 24, 2017 / revised Jun 16, 2017 / accepted Oct 20, 2017

1) 경북대학교 전기공학과, 제1저자

2) 한밭대학교 전자제어공학과, 제2저자

3) 한밭대학교 전자제어공학과, 교신저자

최소한의 시간 내에 취해야 한다. 장애물 인식 시스템의 성능 측면에서 볼 때 센서의 민감도, 탐지각, 탐지 거리 등에서 매우 높은 수준의 성능을 요구한다. 이러한 높은 수준의 장애물 인식 시스템을 구축하기 위해 매우 많은 수의 위상 어레이(Phase array) 송수신 장치가 필요하며 높은 속도의 MCU(Micro-controller Unit)가 필수적임을 알 수 있다[1-4].

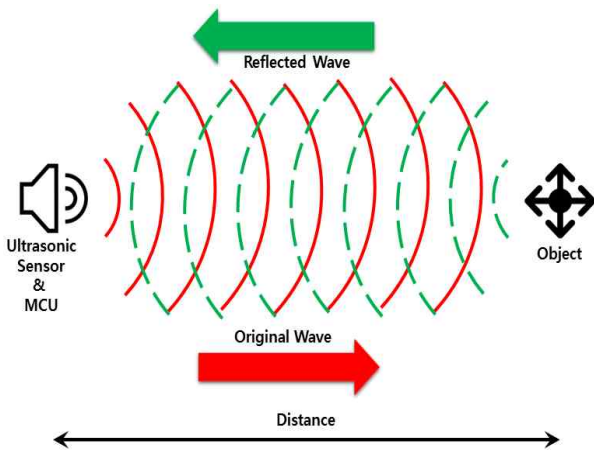


Fig. 1 Principle of the obstacle recognition and distance detection using ultrasonic sensor

반면 보행에 도움을 주기 위한 지팡이의 장애물 인식 여부를 판단하기 위한 시스템, 혹은 무인 청소기가 장애물을 회피하며 청소를 수행하는 시스템 등에 사용되기 위한 장애물 인식, 또는 회피 장치는 앞에서 서술한 무인 자동차에 비해 요구 성능이 상당한 수준으로 완화될 수 있다. 그러나 비전 센서, 레이저 거리 측정기는 장애물 인식 및 회피 장치에서 요구되는 비용과 무게, 크기에 대한 이용 효율성을 제공하지 못하고 있다[5-6].

이에 본 연구에서는 장애물 인식 및 거리 측정 장치를 개발하고 장애물 회피를 위한 적절한 조치를 취하기 위한 저비용의 장애물 인식 및 회피 시스템을 개발하고자 한다. 저비용의 초음파 센서를 이용하여 장애물 인식 및 거리를 측정하기 위한 신호의 생성 및 반응을 수행한다. 내장된 모터를 이용하여 사용자에게 장애물에 관한 정보를 제공할 수 있으며 8bit MCU를 통해 초음파

센서 및 모터와 같은 IO(Input/Output) 장치의 제어가 가능하게 하였다[7].

탐지 성능 및 정확도를 높이기 위해 펄스 신호는 최대 8번 반복 송신이 이루어지며 시스템의 민감도는 반복 송신 횟수에 따라서 증가하게 하였다. 개발된 장애물 인식 시스템의 검증을 위해 기능성 안전화에 시스템을 부착하고 일상적인 보행 조건에서 시스템의 동작이 성공적으로 수행함을 입증하였다. 제안된 기술은 가깝게는 생활의 편리함을 위한 생활 도구에 활용될 수 있으며 나아가서 시각 장애인들의 장애물 인식 및 회피를 위한 시스템에 저비용으로 장착될 수 있을 것으로 기대한다. 뿐만 아니라 스마트폰 등 기타 전자 기기와 연동되어 다양한 어플리케이션에 추가적으로 확장이 가능하다[8-10].

2. 본 론

2.1 장애물 인식 및 거리 측정 알고리즘

Fig. 2와 같은 펄스 형태 신호의 송수신을 통해 장애물 유무 및 거리 인지에 대한 기본 알고리즘을 설명하고자 한다. 주요 파라미터로는 펄스의 폭(pulse width, P_W), 펄스의 주기(pulse period, P_{period}), 그리고 발송파의 상승 엣지와 반송파의 상승 엣지 사이의 시간차(t)이다. 공기 중에서 발송파의 진행 속도가 c 로 주어질 경우 장애물과 대상체와의 거리는 다음과 같은 식을 따른다[11-12].

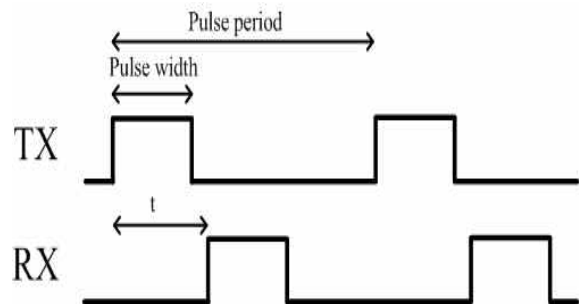


Fig. 2 Obstacle recognition and travel distance detection with the single pulse

$$distance = \frac{c \cdot t}{2} \quad (1)$$

Radio frequency 신호의 경우 공기 중 진행 속도는 $3 \times 10^8 m/s$ 가 되며 초음파의 경우 $340m/s$ 로 주어진다. 최소한으로 발송파의 신호가 하강한 후에 반송파가 센서를 통해 인식이 되어야 하므로 탐지가 가능한 최소 거리는 P_w 에 따라 다음과 같이 주어진다.

$$distance_{min} = \frac{c \cdot P_w}{2} \quad (2)$$

모호성이 없이 반송파를 인식하기 위해서는 펄스의 주기 이전에 반송파가 센서를 통해 인식이 되어야 하므로 같은 논리로 인하여 탐지가 가능한 최소 거리가 P_{period} 에 좌우된다.

$$distance_{min} = \frac{c \cdot P_{period}}{2} \quad (3)$$

2.2 초음파 센서를 통한 시스템 구현

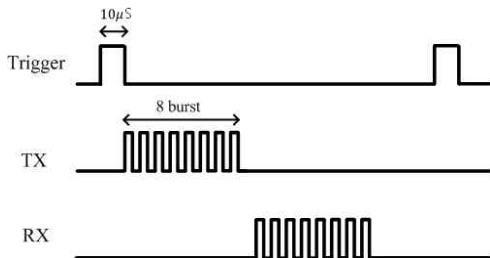


Fig. 3 Pulse characteristic with the adopted ultrasonic sensor

고안된 장애물 인식 및 거리 탐지 시스템은 초음파 센서를 이용하여 앞서 설명한 알고리즘을 수행한다. 장애물의 유무에 따른 출력을 위해 본 논문에서는 진동 모터를 이용하였다. 또한 입출력 신호 처리를 위해 저전력, 저비용의 8bit MCU를 사용하였다.

설계상 필요로 하는 기능의 입출력을 컴퓨터상에서 예상 동작순서에 맞게끔, 초음파 센서의 해

당 동작범위(수시각도와 거리, 오차)안에 부합하는지를 로직으로 구성하여 프로그램으로 저장하여 전용 컴파일러를 통해 이를 MCU에 입력한다.

초음파 센서는 기본적으로 비활성 모드에서 동작을 하며 외부에서의 triggering신호를 기점으로 펄스의 송신과 수신 및 감지를 수행한다. 이러한 triggering 신호는 해당 MCU를 통해 입력이 가능하며 triggering 신호의 duty cycle 조정을 통해 장애물 인식 시스템의 최대 거리가 조절이 가능하다. 하지만 triggering 신호의 주기가 충분히 길더라도 본 시스템에 적용된 초음파 센서의 민감도가 충분치 않을 경우 장애물 인지 거리의 최대값은 민감도에 좌우될 수 있다.

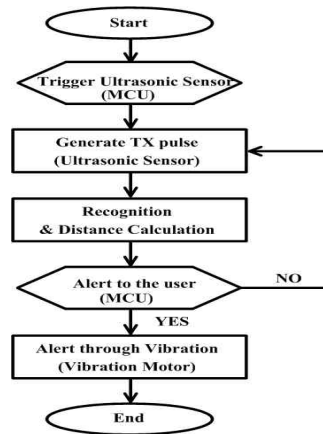


Fig. 4 Flowchart of the proposed system

MCU를 통해 초음파 센서는 활성 모드로 진행이 되며 물체인식을 위한 발진 신호가 음파의 형태로 발신부에서 나오면 허용 동작범위 내에 있는 장애물의 유무와 거리가 해당 반사파의 반사시간에 대해 계산(수식 1)을 하여 다음 설정한 기능과 장치의 동작이 가능하도록 Echo의 출력단이 다시 중앙처리장치 역할을 하는 MCU로 입력된다. 이후 개발자가 설계한 대로 장애물에 관한 인식을 할 수 있도록 MCU의 출력 단에서 진동 모터(진동) 내지 부저(소리)의 형태로 출력을 낼 수 있도록 한다. 진동모터와 부저는 해당 초음파 센서의 반사파에 대한 출력 설정 값을 MCU에 어떤 방법과 형태로 설계하였느냐에 따라 반응 형태가 달라진다.

앞에서와 같은 해당 설계의 타당성을 확보하기

위해서는 초음파 센서와 MCU, 진동 모터의 동작특성을 정확히 인식, 설계와 제작 작업을 해야 한다. Fig. 3은 초음파 센서 모듈의 동작 특성을 나타낸다. 외부에서 인가한 trigger 신호를 통해 초음파 센서는 8번의 음파를 발생시킨다. 8번의 음파 발생은 센서의 동작 반복을 통해 시스템 민감도를 향상시키기 위함이다. 사용된 음파의 주파수(주기)는 40KHz(25uS)이며 따라서 해당 초음파 센서의 최소 탐지 거리는 다음과 같다.

$$distance = \frac{340m/S \cdot 25uS}{2} = 4.25mm \quad (4)$$

Trigger 신호의 주기에 따라 최대 탐지 거리가 계산되어 질 수 있으나 사용한 초음파 센서의 최대 탐지 거리는 대략 3-4m 내외이며 이는 센서의 민감도에 따른 결과이다. 장애물 인식은 초음파 센서를 통해 수행하였으며, 출력 결과는 소형 진동모터를 통해 구현을 하였다. 사용된 진동모터는 크기 및 무게 제약을 위해 가동전압 1.5V, 정격 전압 3V의 모터를 사용하였다. Fig. 4는 상기 설명한 순차처리에 따른 동작 알고리즘을 설명하고 있다.

앞에서 설명한 입출력 장치 제어를 위한 MCU는 ATMEGA128([5])을 사용하였으며 주요 제어 기법은 인터럽트, 타이머, 카운터이다. 인터럽트의 기능은 MCU의 순차처리 동작과정 중 현재 수행중인 동작을 잠시 중단하고 우선 개입하여 처리하게 하는 일종의 호출 기능인데 이를 초음파 센서에서 인식하는 장애물의 반사파로 장애물을 인식하여 이를 출력으로 나타내는 데 사용한 것이다. 이에 인터럽트에 관한 내용으로는 반응값에 따른 MCU의 호출기능 동작시점과 원 시점에서의 복귀 타이밍을 설정하는 것이다.

타이머를 통해 입력 값은 초음파의 반사파로 돌아오는 Echo 신호가 되고 출력 값은 MCU에서 초음파 센서의 Echo에서 반사되어 출력되는 것에 대한 유효 측정시간과 필요로 하는 출력 동작에 대한 시간 설정에 의해 성립된다. 그리고 카운터는 출력 단으로 돌아온 Echo 신호에 대한 low/high level의 개수를 셈하기 위함이다. 이를 통해 측정 오차를 최소화하고 정확한 동작의 설

계 조건을 만족시킬 수 있다.

3. 제작 및 실험



Fig. 5 Prototype for system verification

초음파 센서의 정상적인 동작을 위해 음파가 송신이 된 후 반사파를 수신하는 데 있어서 신호의 왜곡을 최소화할 수 있는 기준 테스트 보드가 필요하며 초음파 센서 및 ATMEGA128 MCU, 진동 모터, 부저, 그리고 LED를 연결하여 회로 구성을 하였다. 장애물 인식, 탐지 거리 측정 및 입출력 장치의 제어는 전용 컴파일러를 이용하여 구성하였다. 상기 Fig. 5와 같이, 시각 장애인의 신발을 대상으로 장애물 인식 장치의 프로토타입을 제작 하였으며, 이를 이용하여 실험 데이터를 취득 하였다.

제작된 장치의 실험은 장애물 인식 장치 전방의 장애물 위치 및 거리를 변화시켜 진행하였다. 초음파 센서의 출력을 확인하기 위해 Tektronix

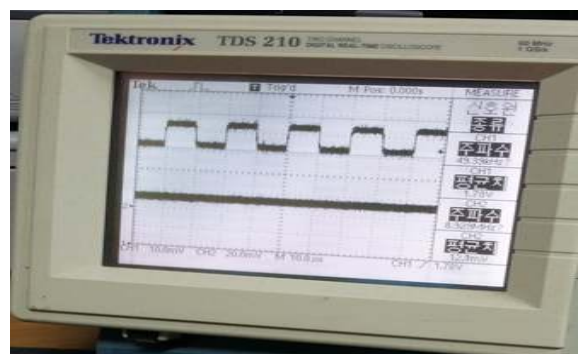


Fig. 6 Transmitted and Received pulses in the stand-by mode of operation

사의 Oscilloscope (TDS 210)로 파형 측정을 하였으며, 이를 통해 장애물 인식 시스템의 탐지 거리 및 탐사각을 측정할 수 있다.

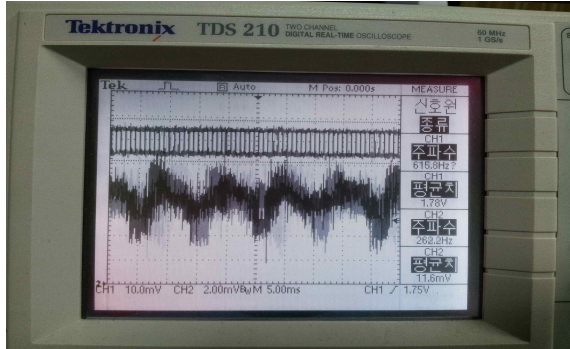


Fig. 7 Transmitted and Received pulses in the active mode of operation

Fig. 6, 7은 장애물 인식 시스템이 대기(비활성) 모드 및 활성 모드일 때의 시스템 출력과 및 반송파 신호를 측정된 것이다. 주변 잡음 및 불요파로 인해 신호의 왜곡이 발생함을 알 수 있다. 탐지각과 탐지 거리 및 정확도 측정을 위해 3°의 간격으로 탐지각을 변화시켰으며 3cm의 간격으로 탐지 거리를 변화시키며 실험을 진행하였다. 장애물 인식이 가능한 탐지각 및 탐지 거리는 Oscilloscope를 통해 반송파의 유무 및 반송파의 지연 시간을 확인할 수 있다. MCU는 Trigger 신호를 기점으로 반송파를 통한 지연 시간을 계산함으로써 장애물과의 거리를 측정할 수 있으며 인터럽트를 이용함으로써 진동모터를 통한 출력을 제어한다. 장애물 인식 장치의 탐지 거리와 탐사각 측정을 위해 장애물의 위치를 변화시켜 가며 실험을 수행하였다. 30° 내외의 전방 탐지각에서 장애물의 인식이 성공적으로 이루어졌으며 이는 사용된 초음파 센서의 탐지각에 근접하는 수치이다. 반면 탐지 거리는 최소 3cm 거리에서 최대 30cm의 탐지 거리를 나타내는 초음파 센서의 최대 탐지 거리(3-4m)에 이르지 못하였다.

4. 결론

본 논문에서는 초음파 센서를 이용하여 장애물의 인식 유무를 확인하고 이에 대한 출력으로 안내, 알람 기능을 수행하는 장치를 저비용, 소형의 전자부품으로 구현하였다. 본 논문에서 개발한 장애물 인식 장치는 저시력, 시각장애인들에게 활용도가 높은 장애물 탐지용지팡이의 대안 역할로 사용이 가능하도록 불편사항 개선에 주안점을 두고 개발하였다. 개발된 장애물 인식 장비는 기능화에 내장이 가능하여 시각장애인의 손을 기타 장비로부터 자유롭게 하며 보행 중에 장애물 인식 및 회피를 가능하도록 함으로서 일상생활에서의 편리함을 증대시킨다. 본 논문에서 개발한 장치는 초음파 센서, 8bit MCU, 모터를 사용하여 복잡하고, 고비용이 요구되는 영상 장치에 대안이 될 수 있는 저비용의 장애물 인식 및 회피 시스템에 사용될 수 있다. 본 논문에서 제안한 장애물 인식 장치는 2차원적 탐색만이 가능하며 장애물 탐지용지팡이와 같은 기존의 시스템을 완전히 대체하기에는 아직 부족한 부분이 존재하므로 향후 이를 보완할 계획이다.

References

- [1] Kim, Y. B. and Moon H., "A SAW-less GPS RX Front-end using an Automatic LC Calibrator," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 21, No.1, pp. 43-50, 2016.
- [2] Moon H., "A Low Close-in Phase Noise 2.4GHz RF Hybrid Oscillator using a Frequency Multiplier," Journal of the Korea Industrial Information Systems Research, Vol. 20, No.1, pp. 49-55, 2015.
- [3] Yeap, S. B., Qing, X., and Chen, Z.-N., "77-GHz Dual-Layer Transmit-Array for Automotive Radar Applications," IEEE Trans. on Antennas and Propagation, Vol. 63, No.6, pp. 2833-2837, 2015.
- [4] Natarajan, A. et al., "A 77-GHz Phased-Array Transceiver With On-Chip Antennas in Silicon: Transmitter and Local

LO-Path Phase Shifting," IEEE J. Solid-State Circuits, Vol. 41, No.12, pp. 2807-2819, 2006.

[5] Wang, Y. T., Feng, Y. C., and Hung, D. Y., "Detection and Tracking of Moving Objects in SLAM using Vision Sensors," IEEE Instrumentation and Measurement Technology Conference, pp. 1-5, 2011.

[6] Park, J. S. and Jung, J. W., "Transparent Obstacle Detection Method based on Laser Range Finder," Journal of the Korean Institute of Intelligent Systems, Vol. 24, No.2, pp. 111-116, 2014.

[7] Atmel, "8-bit Atmel Microcontroller with 128KBytes In-System Programming Flash," Datasheet, Available on www.atmel.com.

[8] Kim, J., Kim, J., and Li, Q, "A Study on Factors Affecting Smartphone User's Security Behavior Intention," The Journal of Internet Electronic Commerce Research, Vol. 16, No.6, pp. 115-136, 2016.

[9] Moon, J. H., and Lee, D. C., "A Study on Convenience and Continuous Use Intention of Smartphone Application: Focusing upon Cacao Taxi Application ion," The Journal of Internet Electronic Commerce Research, Vol. 16, No.6, pp. 225-243, 2016.

[10] Lee, W. K., and Park, J. H., "Roles of Brand Loyalty in Determination of Smartphone Purchasing Intention," The Journal of Information Systems, Vol. 26, No.1, pp. 125-142, 2017.

[11] Skolnik, M., Introduction to Radar Systems, New York, 3rd edition, NY, USA, Mcgraw-Hill, 2002.

[12] Richards, M. A., Scheer, J. A., and Holm, W. A., Principles of Modern Radar: Basic Principles, New York, NY, USA, Scitech, 2010.



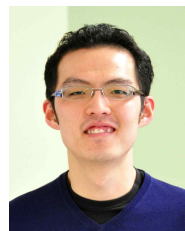
유 병 구 (Yu Byeonggu)

- 학생회원
- 2017년 2월 한밭대학교 제어계측공학과 공학사
- 2017년 3월~현재 경북대학교 전기공학과 석사과정
- 관심분야 : V2G Aggregator design, ESS application design, Optimization theory



권 선 옥 (Kwon Sunwook)

- 학생회원
- 2017년 2월 한밭대학교 제어계측공학과 공학사
- 관심분야 : Optimization theory, Biomedical circuits, network theory



김 주 성 (Kim Jusung)

- 정회원
- 2006년 8월 연세대학교 전자공학과 공학사
- 2011년 12월 Texas A&M University 전자공학과 공학박사
- 2012년 1월~2015년 8월 Qualcomm Technologies, Inc 책임연구원
- 2016년 8월~현재 한밭대학교 정보통신대학 전자 제어공학과 조교수
- 관심분야 : Analog/RF circuit design, Biomedical circuits, network theory