
초음파 센서를 이용한 차량 전·후방 감시 시스템

심종환* · 최 훈* · 장시웅*

*동의대학교

A Front and Rear Vehicle Monitoring System Using Ultrasonic Sensors

Jong-Hwan Sim* · Hun Choi* · Hun Choi*

*Dong-eui University

E-mail : swjang@deu.ac.kr

요 약

최근 자동차 산업의 활성화로 인해 교통사고 급증이 사회 문제화 되면서 사고를 미연에 방지할 수 있는 운전자 보조 시스템에 관한 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 일반적으로 자동차 사고 원인의 70% 이상이 운전자 과실에 의해서 발생되고 전체 추돌사고의 75%가 시속 29km 이하의 속도에서 발생한다는 점을 고려할 때, 이를 예방하기 위해서는 운전자의 인지·판단을 보조하는 시스템의 개발이 필수적이다.

본 논문에서는 가장 많은 추돌사고가 일어나는 저속 주행 및 후진 시에 차량 또는 장애물과의 거리를 실시간으로 감시하는 차량 전·후방 감시 시스템을 구현하였다. 구현된 시스템은 10[m]의 감지 거리 및 10°의 지향각을 갖는 고지향각 초음파 센서, 3[m]의 감지 거리 및 180°의 지향각을 갖는 광지향각 초음파 센서, ATmel사의 ATmega128로 구성된다.

ABSTRACT

The researches on driver assistance systems that can prevent an accident have been actively performed due to social issues of traffic accidents with development of vehicle industry in recent. It is required for researchers to develop systems which assist driver's perception and judgment when considering that over 70% of traffic accidents occur by drivers' carelessness and 75% of the total accidents occur at the speed of less 29km per hour.

In this paper, we implemented a front and rear vehicle monitoring system that monitors distance in real-time from a vehicle to obstacles at the low-speed or back-ward driving. The implemented system consists of a high angle ultrasonic sensor with distance detection of 10m and 10-degree angle, a wide angle ultrasonic sensor with the detection distance of 3m and a 180-degree, and a ATmega128 chip of ATmel company.

키워드

ultrasonic sensor, front and rear vehicle monitoring, filter, buzzer

1. 서 론

운전 보조 시스템은 운전하면서 운전자의 편의를 제공 또는 차량사고를 최소화시킬 수 있도록 하는 시스템이다. 최근 자동차 산업의 활성화로

인해 교통사고 급증이 사회 문제화 되면서 사고를 미연에 방지할 수 있는 운전자 보조 시스템 관련 연구가 활발하게 이루어지고 있다. 일반적으로 자동차 사고 원인의 70% 이상이 운전자 과실에 의해서 발생되고 전체 추돌사고의 75%가 시속

29km이하의 속도에서 발생한다[1]. 이를 예방하기 위해서는 운전자의 인지·판단을 보조하는 시스템의 개발이 필수적이다[2]. 현재 운전 보조 시스템이 각국의 주요 자동차 제조회사에서 개발하여 상용화 하고 있다. 대표적인 예로 가속 페달을 밟지 않아도 자동차가 일정한 속도로 운행해 주는 기능(Smart Cruise Control), 충돌 방지 기능(City Safety), 주차 보조 시스템 등이 있다[3].

본 논문에서는 운전 보조 시스템으로서 자동차 전·후방에 나타난 차량 또는 장애물을 감지하여 감지된 물체와의 거리를 운전자에게 알려주고 충돌 위험 거리에서 경보음을 울려 운전자가 위험을 즉시 인지할 수 있도록 도와주는 차량 전·후방 감지 시스템을 구현하였다. 즉, 가장 많은 충돌사고가 일어나는 저속 주행 및 후진 시에 차량 또는 장애물과의 거리를 실시간으로 감시하는 시스템이다. 구현된 시스템은 10m의 감지 거리 및 10°의 지향각을 갖는 고지향각 초음파 센서, 3m의 감지 거리 및 180°의 지향각을 갖는 광지향각 초음파 센서, ATmel사의 ATmega128로 구성된다.

II. 관련연구

자동차 후방 장애물 감지 센서로 현재 초음파 센서를 이용하고 있으며 대부분의 후방 경보 시스템(BWS)용 초음파센서는 40kHz의 초음파를 발산한다. 초음파 센서를 이용한 거리 측정의 원리는 초음파가 물체에 부딪쳐 되돌아올 때까지의 시간을 측정함으로써 물체까지의 거리를 측정하는 것이다. 이때 초음파의 속도는 다음과 같이 표현된다.

$$V_{\text{초음파}} = 331.5 + 0.60714t \approx 331.5 + 0.6t [m/s] \quad (1)$$

여기서 t 는 섭씨온도이다. 상온 25°C에서의 초음파의 속도는 약 340m/s이므로 자동차가 저속 주행 시 초음파센서는 거리 감지에 적합하다고 볼 수 있다. 거리 측정 시 반드시 속도에 대한 정보가 필요하다.

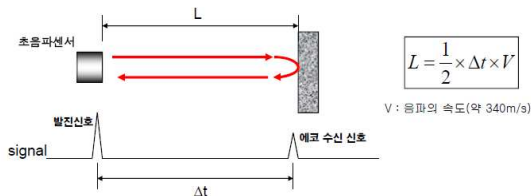


그림 1. 초음파 센서 작동 원리

그림 1에서는 Δt 초 동안 발신된 주파수가 물체에 부딪쳐 다시 수신되기까지의 거리는 $V \times \Delta t$ 가 된다. 하지만 이 거리는 초음파를 발신해 수신된 시간으로 측정된 왕복거리이므로 물체와의 실제 거리는 1/2이 된다[4]. 물체와의 거리는 다음

과 같이 표현할 수 있다.

$$D_{\text{실제}} = (331.5 + 0.6T [m/s]) \times \frac{\Delta t}{2} [s] [m] \quad (2)$$

여기서 t 는 섭씨온도, Δt 는 송수신에 필요한 시간이다.

III. 본 론

3.1 시스템 개요

차량 전·후방 감지 시스템의 전체 시스템은 그림 1과 같다. 전장 차량 및 장애물과의 거리 데이터를 취득하는 고지향각 초음파 센서와 후방 차량 및 장애물과의 거리 데이터를 취득하는 광지향각 초음파 센서, 장애물과의 거리를 표시하는 7세그먼트 및 충돌 위험 경보를 해주는 버저로 구성되어 있다. 본 시스템은 전방 거리 감지 모드, 후방 거리 감지 모드 및 전·후방 동시 감지 모드로 나누어 7세그먼트에 감지 거리를 표시하도록 설계하였고, 각 모드는 토글 스위치로 선택하도록 구현하였다.

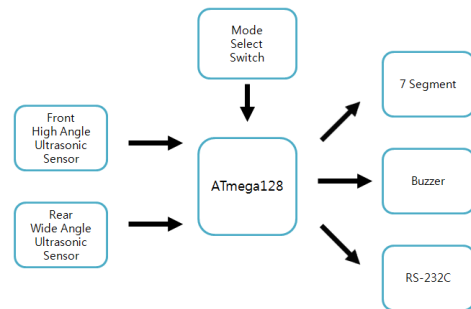


그림 2 차량 전·후방 감지 시스템 구성도

3.2 전방거리 측정

전방감지에 사용한 초음파 센서는 Hagisonic사의 HG-M40DNI로서, 최대 10m의 감지 거리와 10°의 지향각을 갖는 송신신검용 초음파 센서이다. 고지향각 초음파 센서의 거리감지는 MCU에서 초음파센서에 Trigger 펄스를 입력하면 Trigger 펄스에 동기되어 초음파센서에서 초음파를 송신하고, 장애물에 부딪쳐 반사되어 돌아오는 초음파를 수신하여 출력에 펄스를 생성한다.

매뉴얼에서 나온 고지향각 초음파센서 입출력 파형은 그림3과 같다. 그림 3의 Receive Signal을 보면 Trigger 펄스의 상승엣지에 동기되어 나타나는 펄스를 볼 수 있다. 그림 3의 (1)은 내부 유도 간섭 신호이므로 거리계산에 영향을 미치지 않는다. 내부 유도 간섭 신호가 출력된 후에 수신되는 펄스인 그림 3의 (2)는 장애물에 반사되어 돌아오는 초음파를 수신한 거리 펄스로서, Trigger 신호의 상승엣지 시점부터 이 펄스의 상승엣지까지의 시간을 측정하여 식(2)로 거리를 계산한다.

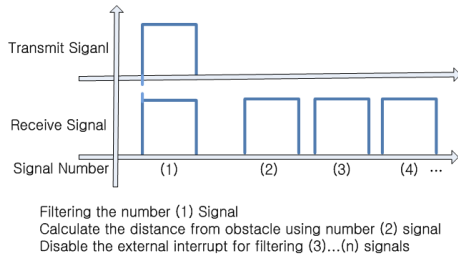


그림 3. 고지향각 초음파센서 입출력 파형 (매뉴얼)

3.3 후방거리 측정

후방감시는 주로 주차 시에 활용되므로, 긴 감지거리가 필요하지 않는 대신 넓은 범위의 감지가 요구되므로 3m의 최대 감지 거리와 횡방향 180°, 축방향 65°의 지향각을 가진 Hagisonic사의 HG-B40A의 이방성 초음파센서를 선택하였다.

광지향각 초음파센서의 거리 감지는 전방거리 측정에 사용한 고지향각과 똑같은 방식으로 동작을 하고 입·출력의 파형에서 차이가 난다.

광지향각의 입·출력 파형은 그림 4와 같다.

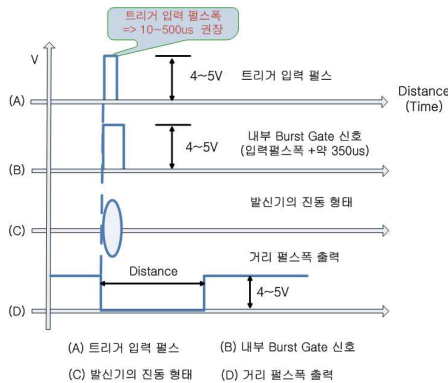


그림 4. 광지향각 초음파 센서 입출력 파형(매뉴얼)

초음파가 수신되지 않는 대기 상태 동안에는 그림 4의 (D)처럼 출력이 HIGH 상태를 유지하다가, 그림 4의 (A)의 Trigger 펄스가 인가되는 동시에 Burst 펄스(초음파)가 송신되고 출력은 LOW 상태가 된다. 장애물에 반사된 초음파가 수신되면 다시 출력은 HIGH 상태가 되고 다시 초음파를 수신하기까지 대기 상태에 진입한다. 후방 거리 측정은 출력이 LOW 상태인 시간을 측정하여 식(2)로 거리를 계산한다.

3.4 필터 알고리즘

전방거리 측정 시 고지향각 초음파 센서의 출력을 측정하면 그림 3에서의 내부 유도 간섭 신호와 거리펄스 이외에 잡음 성분을 포함한 반사파가 함께 출력된다. 이 반사파들은 장애물에 반사되어 다른 곳으로 빠진 초음파가 다경로를 통

해 돌아오는 신호이다. 거리 펄스의 추출을 위해 잡음과 반사파의 제거는 필수적이다. 잡음과 반사파의 제거를 위해 다음과 같은 잡음 제거 방법을 사용하였다.

잡음 제거 알고리즘의 흐름도는 그림 5와 같다.

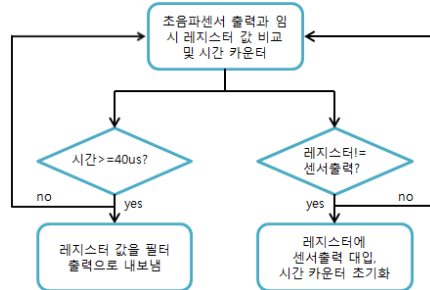


그림 5. 짧은 잡음 펄스 제거 알고리즘 흐름도

첫 번째로 한 과정은 초음파센서에서 출력되는 펄스의 길이를 측정하면서 40us보다 짧은 펄스를 제거하는 것이다. 즉, 초음파센서의 출력을 감시하면서 출력의 논리적인 변화가 생긴다면 이 출력 값이 40us동안 유지되는지를 검사하고, 40us이상 유지가 된다면 필터 출력으로 내보내게 되고 40us가 되기 전에 초음파센서 출력에 논리적인 변화가 생긴다면, 필터 출력으로 내보내지 않는다. 두 번째로 40us이하의 잡음을 모두 제거하여도 40us보다 큰 반사파 펄스가 남는 경우가 있어 이 펄스를 제거하는 것이다. 즉, 반사파 펄스는 매 송신신호 주기마다 측정되는 것이 아니라, 불특정하고 적은 빈도수로 측정된다. 따라서 압도적으로 많은 빈도수로 측정되는 펄스를 실제 거리 펄스로 추출하고, 실제 거리 펄스와 비교하여 2m 이상 차이 나는 펄스는 제거함으로써 반사파 펄스를 제거하였다.

3.4 거리 표시 및 추돌 위험 정보 알고리즘

어두운 차량 내에서 짧은 시간 내에 운전자에게 거리를 인식시켜야 하므로, 효과적인 측정거리의 표시를 위해 LCD나 다른 출력 장치보다 LED를 사용하는 segment를 선택하였다.

추돌 위험 정보에는 버저를 사용하였다. 버저의 소리는 주기적으로 발생하도록 설계하였는데, 측정된 거리에 따라 주기가 변하도록 하였다. 버저 출력 신호의 파형은 그림 6과 같다. 버저는 출력이 LOW 상태일 때 소리가 나고 HIGH 상태일 때 소리가 나지 않는 부논리 구조를 사용하였다.

그림 6에서 볼 수 있듯이 LOW 상태의 유지 시간은 100ms로 고정되어 있고 이 때 동안 부저에서 소리가 나오게 된다. HIGH인 상태는 그림 6에서 보는 것과 같이 시간이 지남에 따라 측정거리가 점차 감소하면서 HIGH인 상태의 시간이 점차 감소됨을 보여주고 있다. 이것은 측정거리가 감소함에 따라서 버저 소리의 주기가 짧아지는 것을 의미한다.

7-segment 구동과 버저는 잔상효과를 이용하여 토글 스위치로 동적 디스플레이 방식을 이용하였다. 표 1에서 보는 것과 같이 거리의 표시와 충돌 위험 경보는 전방을 감시 및 경보하는 Front 모드, 후방을 감시 및 경보하는 Rear 모드, 전·후방을 동시에 감시 및 경보하는 Front&Rear 모드의 3가지 모드로 설계하였다.

표 1. 토글 스위치에 따른 모드 선택

	channel Select Switch	Front/Rear Switch
Front 1채널 모드	0	0
Rear 1채널 모드	0	1
Front&Rear 2채널 모드	1	0
	1	1

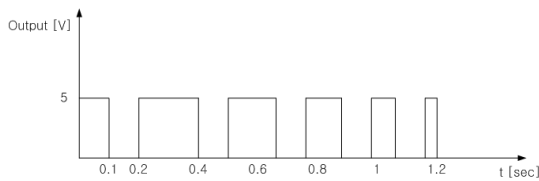


그림 6. 거리가 점차 감소할 때의 버저 출력 신호 파형

IV. 결과 및 고찰

본 논문에서 구현된 초음파 센서를 이용한 차량 전·후방 감지 시스템의 prototype은 그림 7과 같다. 본 prototype은 전원회로와 메인 프로세서, Isolator를 만능기판에 배치 시켰으며 광지향각 초음파센서는 하드웨어의 뒷면에도 위치시킬 수 있도록 제작하였으며, 고지향각 초음파 센서는 약 50[cm]의 와이어를 통해 연결되었다.

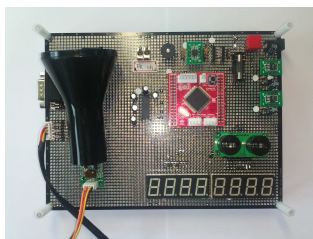
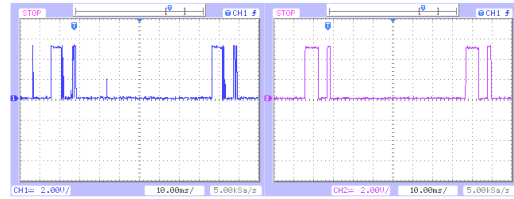


그림 7. 차량 전·후방 감지 시스템 prototype

구현된 시스템에서 고지향각 초음파센서의 실제 출력(그림8 (A))에는 잡음 성분이 많이 포함되었는데 필터를 설계하여 본 파형(그림8 (B))에서 잡음이 제거된 것을 볼 수 있는데 필터링이 제대로 이루어지고 있음을 증명한다.



(A) 잡음이 생긴 출력 (B)필터링 된 출력
그림 8. 오실로스코프로 측정한 고지향각 초음파 센서 출력

그림 9에서는 초음파가 송신된 시점에서 수신되는 시간을 측정하여 거리를 계산한 값이 segment에 제대로 표시되고 있음을 확인할 수 있다.

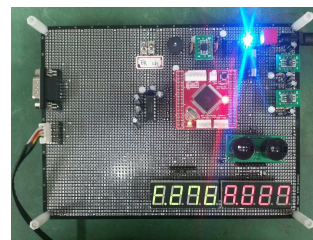


그림 9. Front&Rear 모드 동작

V. 결 론

최근 자동차 산업의 활성화로 인해 교통사고 급증이 사회 문제화 되면서 사고를 미연에 방지할 수 있는 운전자 보조 시스템이 필수적이 됨에 따라 본 논문에서는 초음파 센서를 이용하여 차량 전·후방 감지 시스템을 구현하였다. 전방거리 측정에는 고지향각 초음파센서를 사용하였고 후방거리 측정에는 광지향각 초음파센서를 사용하였다. 고지향각 초음파센서에서의 잡음 성분은 필터를 통해 잡음을 제거하였고 segment를 통해 거리 정보를 확인 및 부저를 통해 즉시 인지할 수 있도록 구현하였다. 개발된 시스템은 운전자의 부주의로 생기는 사고를 최소화시킬 수 있다.

참고문헌

- [1] “자동차 주행 안전지원 시스템”, 한국과학기술정보연구원, 2008
- [2] 이수영 외 1명, “지능형 차량을 위한 거리 검지 센서 기술”, 자동차공학회지, 1996.
- [3] 배창호, “차량 레이더 기술 동향 연구”, 전자통신동향분석 제21권 제4호, 2006
- [4] <http://isnde.hanyang.ac.kr/isnde/562>