

전자HW설계 – 설계과제

초음파 센서를 이용한 스피드 건

윤준영 (2016121150; 50%), 최용훈 (2017124218; 50%)

설계 개요

▶ 설계의 동기 및 배경

Design Guidelines를 지키며 실용적인 디자인을 생각하던 중 speed gun이 떠올랐다.

speed gun의 경우 속도를 측정해야 하므로 interval timer를 사용하고 또한 버튼을 눌러 원할 때만 측정하므로 interrupt handling 방식으로 구현할 수 있기 때문이다.

이러한 이유로 설계 주제를 speed gun으로 선택하였다.

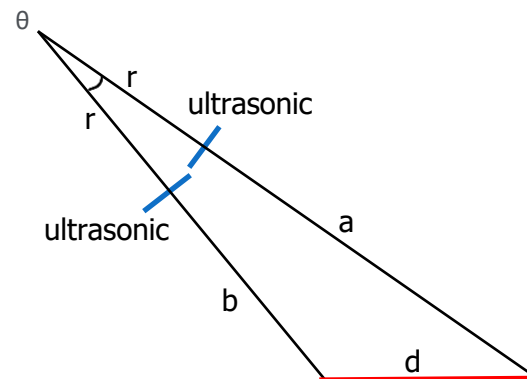
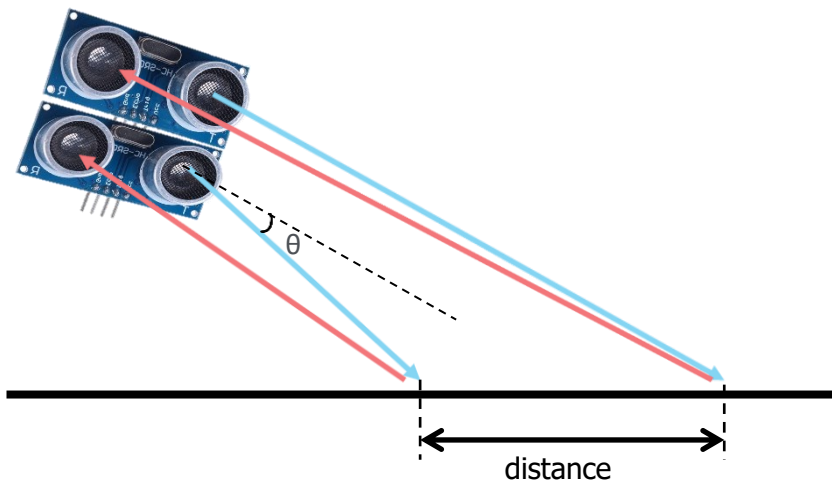
▶ 설계 목표

1. lab1 ~ lab8을 진행하며 배웠던 interval timer, interrupt handler를 사용하여 설계한다.
2. 초음파 센서를 사용하므로 이를 위한 GPIO 포트의 사용법을 익힌다.

설계 내용

▶ 초음파 센서를 이용한 스피드 건

- ▶ 일반적인 스피드 건은 도플러 효과를 이용하여 속도를 측정하지만, 주파수 변화를 이용하지 않고 초음파 센서 두 개를 이용하여 속도를 측정할 수 있다. 초음파 센서는 물체와의 거리를 측정할 수 있어, 두 초음파 센서를 다른 각도로 설치하여 두 초음파 센서의 신호의 변화가 일어나는 시간의 차이를 이용하여 속도를 측정하는 장치를 설계하였다.



$$d = \sqrt{(r+a)^2 + (r+b)^2 - 2(r+a)(r+b)\cos\theta}$$
$$v = \frac{d}{t_b - t_a}$$

설계 내용

▶ 작동 순서

- ▶ State 0(Initialize) : 작동을 시작하면 초기 변수를 설정하고 pushbutton과 timer 인터럽트를 설정한다. Pixel buffer로 VGA케이블을 통해 "Speed Gun"을 출력한다.
- ▶ State 1(Calibration 1) : Pushbutton에 입력이 감지되면 state를 1로 변화시켜 calibration 과정을 시작한다. Timer 인터럽트에서 state를 읽어 1이면 JP1에 연결된 초음파 센서1을 작동시켜 거리를 측정한 후 state를 2로 변경시킨다. 화면에는 "Calibrating..."을 출력한다. 거리를 측정할 때에는 새로운 timer2를 1 μ s로 설정하여 측정한다.
- ▶ State 2(Calibration 2) : Timer 인터럽트에서 state를 읽어 2이면 JP2에 연결된 초음파 센서2를 작동시켜 거리를 측정한 후 두 초음파 센서가 바라보는 곳의 reference 거리를 계산한다. 그동안 화면에는 "Calibrating....."을 출력한다. 계산이 완료되면 State를 3으로 변경시킨다.
- ▶ State 3(Speed check 1) : Timer 인터럽트에서 초음파 센서1의 거리를 측정한다. 이 때 새로운 측정값과 이전 측정값을 계산하여 측정값이 변화하면 state를 4로 증가시킨다. 화면에는 "Speed check"를 출력한다.
- ▶ State 4(Speed check 2) : 다시 Timer 인터럽트에서 초음파 센서2의 거리를 측정한 후 측정값이 변화하면 calibration에서 계산한 reference 거리와

설계 내용

- state 3, 4에서 측정한 시간의 차를 이용하여 속도를 계산한 후 state를 6으로 증가시킨다.
- ▶ State 5(Display) : 계산된 속도를 화면에 출력한다. "Speed [km/h] : 5.6"

설계 기술

- ▶ 수업시간에 배운 요소 기술 및 지식이 본 설계의 목적을 부합시키기 위해 어떻게 사용되었는지를 구체적이고 명료하게 제시

요소 기술	도입 사항	적절성 (자체평가, 100%)
Interrupt	Pushbutton interrupt를 통해 측정 시작 Timer interrupt를 통해 반복 측정 및 시간 측정	100%
Interval Timer	Timer interrupt를 통해 1ms에 한번 state를 확인 후 해당 명령 실행. 명령 실행 중 두 번째 타이머를 1 μ s로 설정하여 초음파 센서 echo의 pulse width 측정	100%
Video Port	Character buffer를 통해 화면에 문자 출력	100%
Handling of Other Peripherals	VGA포트가 연결되어 있지 않아도 속도 측정 process를 확인하고, 대략적인 속도를 확인할 수 있도록 HEX display를 통해 출력	100%
Etc	GPIO에 연결된 두 초음파 센서를 활용하여 trigger signal을 발생시킨 후 echo signal의 pulse width를 측정하여 거리 측정.	100%

토의 및 고찰

▶ 초음파 센서의 정확도

- ▶ 초음파 센서의 manual에서 확인할 수 있는 초음파 센서의 해상도는 0.3cm이다. 1m 거리에서 사용하였을 때, 0.3%의 오차를 가질 수 있다. 따라서 오차의 영향을 줄이기 위해서 너무 가까운 물체의 속도를 측정하는 것을 지양하여야 한다. 결과 시연 영상에서는 1m~1.2m의 거리에서 측정하였다.

▶ 속도 측정 정확도

- ▶ 속도를 측정하는 과정에서 calibration 이후 첫 초음파 센서가 edge를 감지한 직후 바로 두 번째 초음파 센서가 edge를 감지하는 현상을 확인할 수 있었고 측정된 거리 값을 확인해 본 결과 참 값에 비해 많이 차이나는 것을 확인하였다. 이는 echo pulse가 두 번째 초음파 센서에서도 감지된 것이라 결론지었다.
- ▶ 이를 해결하기 위하여 첫 초음파 센서의 edge 이후 delay를 준 후 두 번째 초음파 센서의 edge를 감지하게 하였다. Delay를 크게 주면 delay에 비해 속도가 빠른 물체의 속도를 정확하게 측정하지 못하는 단점이 있었다.

결과 시연

- ▶ 두 번째 영상은 평면에서 캔을 이용하여 과속 카메라처럼 실험한 결과이다. 결과는 2.6km/h인 것을 확인할 수 있었다. 2.6km/h는 m/s로 환산하면 0.72m/s로 1초당 72cm를 이동한 것과 같다. 카메라, 자, 스톱워치를 사용하여 실제 속도를 측정한 결과 1초 동안 35cm를 이동한 것을 확인할 수 있는데 약 2배 가량 속도가 빠르게 측정된 것을 확인할 수 있었다.
- ▶ 이는 초음파 센서가 echo 신호를 감지할 때, 정면의 신호만 읽는 것이 아니라 어느정도 각도가 있는 신호도 읽기 때문에 두 번째 센서가 측정해야 하는 지점보다 더 앞에 있는 물체의 신호를 측정하여 time difference가 적게 측정되었고 그래서 속도가 크게 측정되는 것을 알 수 있었다.



Speed Gun
Calibrated
Speed check
speed[km/h] : 2.6

