

REDUCCIÓN DE CROSS-TALKING POR MEDIO DEL USO DE FOCALIZADORES EN APLICACIONES DE ULTRASONIDO

Jovan Alejandro Ramírez Guzmán

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba
jarg2_92@hotmail.com

Ignacio Herrera Aguilar

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba
nacho.tecorizaba@gmail.com

Gerardo Águila Rodríguez

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba
gerardo_aguila03@yahoo.com.mx

Oscar Osvaldo Sandoval González

Tecnológico Nacional de México/Instituto Tecnológico de Orizaba
Osandoval@ito-depi.edu.mx

Resumen

En el presente artículo, se pretende plantear un método para evitar la aparición del fenómeno llamado *Cross-talking* que no es único de los sensores ultrasónicos pero sin embargo suele presentarse en ellos. Este fenómeno ocurre cuando dos o más sensores ultrasónicos se encuentran trabajando uno cerca del otro y las ondas transmitidas por ellos son captadas por los receptores del otro sensor. Con la ayuda de una herramienta que se le denominó focalizador, el cual tiene una forma cilíndrica con un vaciado del diámetro de los transductores del sensor, se logró disminuir este fenómeno concentrando tanto el lóbulo de onda ultrasónica emitida por el transmisor como el lóbulo del receptor del sensor, aumentando la selectividad de los sensores ultrasónicos y su fidelidad en la medición de distancias.

Palabras Claves: Focalizador, lóbulo, sensor, ultrasónico.

Abstract

In the present article, it is tried to propose a method to avoid the appearance of the phenomenon The Cross-talking that is not unique of the ultrasonic sensors but nevertheless sounds to appear in them. This phenomenon occurs when more ultrasonic sensors are found working near each other and the waves are transmitted by them are captured by the receivers of the other sensor. With the aid of a tool that is the focal name, which has a cylindrical shape with a diameter emptying of the sensor transducers, the effect of this phenomenon is reduced by concentrating both the ultrasonic wave lobe emitted by the transmitter and the lobe Of the sensor receiver, increasing the selectivity of the ultrasonic sensors and their fidelity in the measurement of distances.

Keywords: *Focalizer, lobe, sensor, ultrasonic.*

1. Introducción

Hoy día, la implementación de sensores ultrasónicos en diversos campos de la ingeniería se ha hecho más frecuente debido a las cualidades que ofrece como sensor de proximidad. Se les puede encontrar realizando tareas como mapeo de entorno, rada, detección de objetos, medición de distancias, etc. Un sensor ultrasónico básicamente emite ondas de sonido con una frecuencia superior a los 20 kHz donde el oído humano no es capaz de captar dichos sonidos [Gosálbez, 2004]. Las ondas transmitidas por el sensor tienen un lóbulo de trabajo que, dependiendo del tipo de sensor, varía el ángulo de radiación. Para este trabajo, se eligió el sensor ultrasónico HC-SR04 debido a su bajo costo, reducido tamaño, por incluir en su tarjeta electrónica tanto transmisor y receptor, así como su acondicionamiento de señal y circuito de amplificación. Para este sensor, el lóbulo de radiación o área de trabajo eficiente es de 15° y con un máximo de 30°. Esto puede ser una excelente cualidad si es que se desea trabajar con un solo sensor para cualquier aplicación que se pretenda realizar, sin embargo, cuando se requiere trabajar con dos o más sensores que se encuentran uno cerca del otro, estos pueden presentar un fenómeno llamado *Cross-talking* [Jovani, 2008], donde la onda recibida por un sensor corresponde a la onda transmitida por otro sensor.

El fuerte de este trabajo, es proponer una alternativa para la solución a este problema, el cual es el direccionamiento de las señales ultrasónicas mediante el uso de focalizadores cilíndricos colocados en el transmisor y receptor del sensor.

2. Métodos

En el desarrollo de este trabajo, como se mencionó con anterioridad, se realizó con el sensor ultrasónico HC-SR04. Este sensor incorpora un par de transductores piezoeléctricos (como si fuera un altavoz y un micrófono) de ultrasonido y el circuito de control que permiten determinar la distancia que existe entre el sensor y la superficie de un objeto. En la figura 1 se muestra el sensor y en la tabla 1 se muestran sus características.



Figura 1 Sensor ultrasónico HC-SR04.

Tabla 1 Parámetros eléctricos y mecánicos del sensor HC-SR04.

Nombre del parámetro	Descripción
Voltaje de operación.	5 VDC
Corriente de operación.	15 mA
Corriente estática.	<2 mA
Frecuencia de operación.	40 kHz
Rango máximo de operación.	400 cm
Rango mínimo de operación.	2 cm
Resolución de medición.	0.3 cm
Ángulo de medición eficaz.	15°
Ángulo de detección.	30°
Disparo de señal de entrada (Trigger).	Pulsos TTL de 10 μ s.
Eco de señal de salida (Echo).	Señal PWM en TTL.
Dimensiones.	45 x 20 x 15 mm

Funcionamiento del Sensor

A continuación, se describen los pasos en la que opera el sensor:

- Mediante un microcontrolador se envía un pequeño pulso de habilitación de

onda cuadrada con una duración de 10 μ s al pin Trigger para indicarle al módulo que comience a trabajar.

- Seguido de esto, el circuito de control que tiene integrado el sensor activa el oscilador que genera un tren de pulsos de 8 ciclos con una frecuencia de 40 kHz (ultrasonidos) que son enviadas por el transmisor y que viajan a la velocidad del sonido propagándose por el aire.
- En seguida, el sensor coloca en estado alto la salida Echo con una onda cuadrada que irá incrementando su ancho con el tiempo.
- Al mismo tiempo que la salida Echo permanece en alto, se comienza a contar el tiempo que tarda en recibir el eco reflejado sobre la superficie del objeto, entonces en ese momento, la salida Echo pasa a un estado bajo.
- El ancho del pulso o PWM que se generó en el pin Echo es enviado al microcontrolador, dicho pulso se traduce como el tiempo en que la señal fue enviada, reflejada y recibida por el sensor.
- En caso de que el sensor no encuentre un objeto frente a él, se queda en reposo hasta que nuevamente se inicie el ciclo de operación.

La figura 2 muestra todo el proceso descrito anteriormente de forma gráfica. Donde se puede observar que cuenta únicamente con cuatro pines que son: trabajo, alimentación, GND, y los otros dos son TX y RX, que utiliza para su comunicación con el microcontrolador [NASA, 2007], [Shirley, 1989].

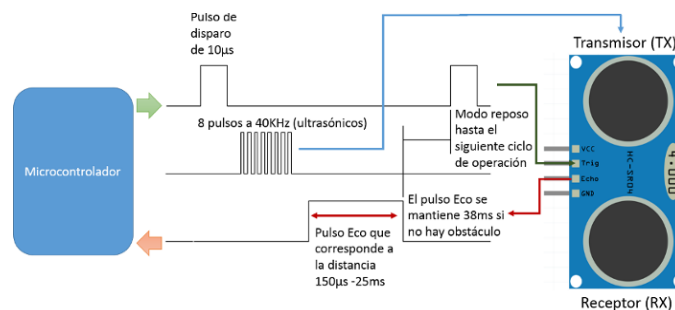


Figura 2 Diagrama de sincronización.

Como se muestra en la figura anterior, el microcontrolador recibe por parte del sensor una señal PWM, la cual representa el tiempo como se mencionó en el

punto 4, y para obtener la distancia se requiere del uso de la ecuación 1 la cual está escrita dentro del programa que se compila en el microcontrolador.

$$distancia (cm) = \frac{Ancho\ del\ pulso\ (\mu s)}{58} \quad (1)$$

Área de Trabajo o Medición

Ahora bien, por otra parte, se encuentra el área de medición donde se realizaron las pruebas. Esta área precisa de una tabla a la cual se le colocaron hojas milimétricas con un largo máximo de 78 cm en donde se trazaron los ángulos del lóbulo de radiación mencionados anteriormente de 15° de color azul y de 30° de color rojo a partir del transmisor, así mismo, con la ayuda de una impresora 3D se fabricó un soporte para el sensor ultrasónico como se muestra en la figura 3. A las hojas milimétricas se les trazaron líneas cada centímetro para contar con una resolución más amplia y cómoda.

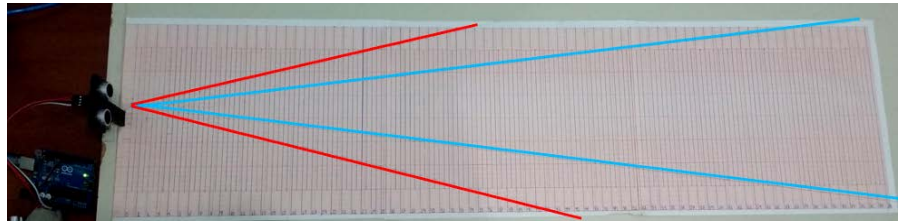


Figura 3 Área de medición con el lóbulo de radiación de 15° y 30°.

Como se puede observar en la figura 3, el lóbulo de radiación es amplio para trabajar en diferentes aplicaciones, sin embargo, presenta un problema al tratar de trabajar con dos o más sensores, puesto que el mismo lóbulo de radiación puede ser captado por otro sensor dando como resultado una lectura o medición errónea o no deseada, a este inconveniente que presenta el sensor se le conoce como *Cross-talking*, la figura 4 muestra un ejemplo de éste.

Como se puede observar en la figura de arriba, el sensor A emite ondas ultrasónicas las cuales son reflejadas en la superficie del objeto, dichas ondas que viajan de regreso, únicamente deberían ser captadas por el sensor A. Sin embargo, el sensor B y el sensor C también pueden captar las ondas emitidas por el sensor A.

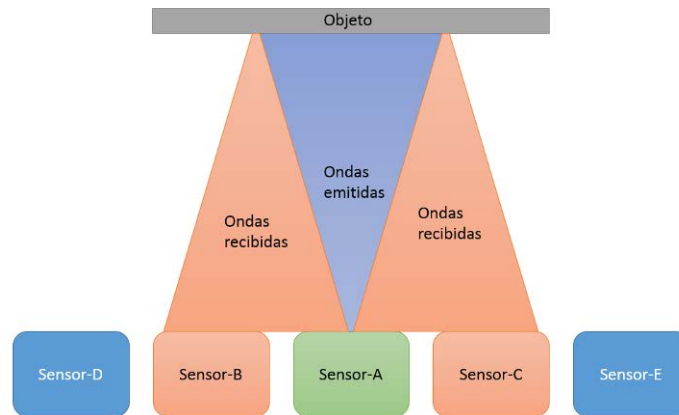


Figura 4 Fenómeno *Cross-talking*.

Programación

Posteriormente, se realizó un pequeño programa en Arduino para el funcionamiento del sensor ultrasónico, que se muestra en la figura 5. El código utilizó una librería que facilita el uso del sensor.

```
Prueba_Ultrasonico3 Arduino 1.8.1
Archivo Editar Programa Herramientas Ayuda
Prueba_Ultrasonico3 $
#include "Ultrasonic.h"

Ultrasonic ultra_1(2,3,3600); // (Trig PIN,Echo PIN)

void setup()
{
  Serial.begin(9600);
  pinMode(13,OUTPUT);
}

void loop()
{
  Serial.print("Uno: ");
  Serial.print(ultra_1.Ranging(CM)); //CM or INC
  Serial.println(" cm ");

  if(ultra_1.Ranging(CM)<=40)
  {
    digitalWrite(13,HIGH);
  }
  else
  {
    digitalWrite(13,LOW);
  }
  delay(100);
}
```

Figura 5 Código de programación en Arduino.

La librería que se utilizó contiene todos los parámetros necesarios para el cálculo de la distancia ya sea en centímetros o en pulgadas.

Focalizadores

Los focalizadores, como se describió previamente, son unos cilindros con un vaciado del diámetro de los transductores del sensor. Tiene esa forma debido a que únicamente se pensó en reducir el ángulo del lóbulo del receptor respetando las medidas de este. El material que se tomó en cuenta para la elaboración fue PVC (Policloruro de vinilo).

3. Resultados

A continuación, se muestran los resultados obtenidos de las pruebas realizadas. Las pruebas constaron de tres etapas: en la primera etapa se realizaron mediciones con el sensor sin ningún redireccionamiento de sus ondas ultrasónicas, la segunda etapa se colocaron los focalizadores primeramente en el transmisor, posteriormente en el receptor y al final en ambos transductores; la tercera etapa consto de colocar focalizadores de longitudes que van desde 1cm a 5cm, en ambos transductores. Debido a que no se cuenta con el equipo necesario para conocer la emisión de las ondas ultrasónicas, se trabajó únicamente con el lóbulo de recepción, el cual proporcionara información de cómo se comporta el sensor con los focalizadores.

Primera Etapa

Como se mencionó, en esta etapa se colocó el sensor en un soporte y se realizaron pruebas para encontrar el lóbulo de recepción del sensor. Como resultado se obtuvo la figura 6, donde se pueden observar marcas de donde el sensor comenzaba a detectar presencia, no a medir distancia. En la figura 6a se muestran las marcas de que el sensor detectó objetos, mientras que en la figura 6b se aprecia un promedio de estas marcas puesto que fueron diferentes objetos los cuales se utilizaron para estas mediciones. Cabe mencionar que las marcas que aparecen en el centro de la figura 6 corresponden a otras mediciones que se mostraran más adelante. De igual manera, la figura 6 muestra únicamente un acercamiento de 0 a 25 cm, donde la mínima distancia detectada fue de 3 cm. En la figura 7 se muestra el área completa del lóbulo de recepción.

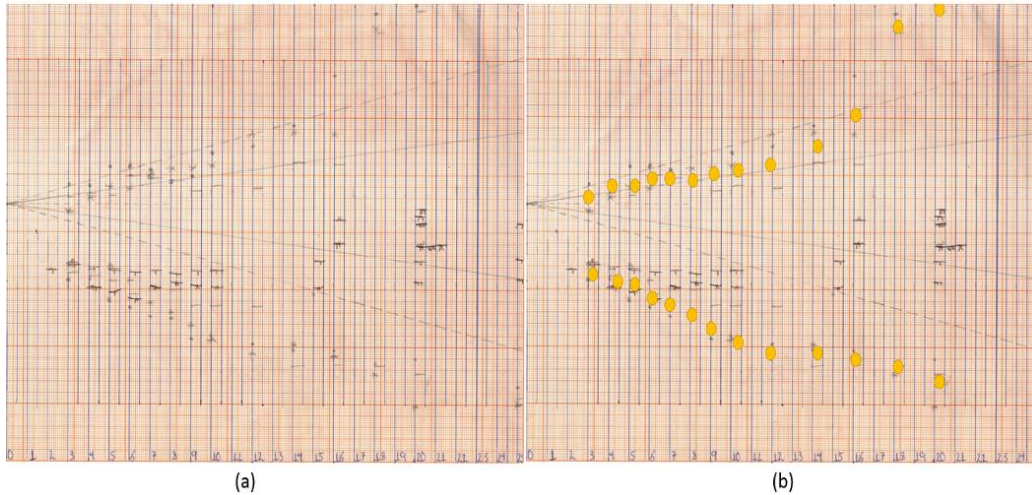


Figura 6 Marcas de detección; promedio de las marcas de detección.

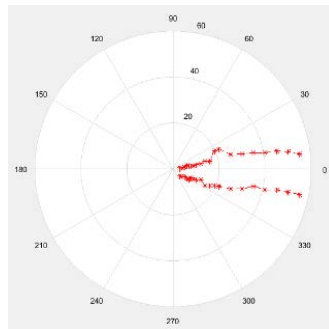


Figura 7 Lóbulo del receptor del sensor.

La figura 7 muestra un lóbulo de radiación obtenido hasta una distancia de 55cm debido a que, a partir de esa medida, las ondas ultrasónicas quedan fuera del área de trabajo y no se pueden medir. De igual manera, se puede observar que el ángulo eficiente de medición de 15° propuesto por el fabricante resulta correcto para las mediciones.

Segunda etapa

En esta etapa se colocó un focalizador de 1cm de longitud en el transmisor del sensor y se realizaron pruebas de detección y mediciones de distancias para conocer como afectaba en la emisión de las ondas ultrasónicas, posteriormente se repitió lo mismo pero con un focalizador en el receptor y por último en ambos transductores, como se observa en la figura 8.

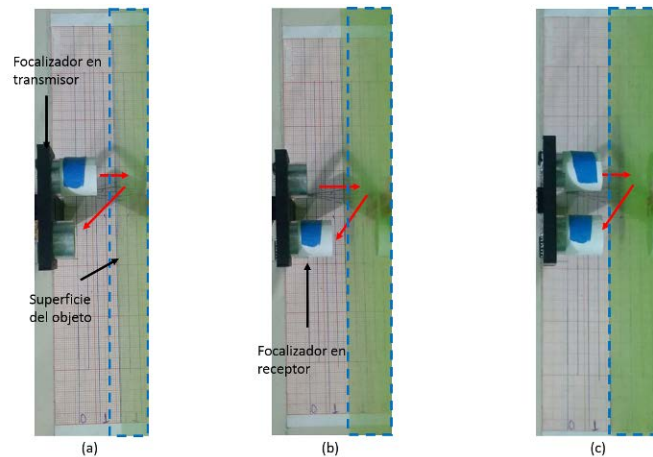


Figura 8 Focalizadores en: transmisor, emisor y ambos transductores.

Al colocar un focalizador, ya sea en el transmisor o en el receptor, no influye en la detección o medición como si ambos lo tuvieran puesto. Se observó que, a pequeñas distancias, el valor medido no concuerda con el valor real, sin embargo, a distancias mayores de 10 cm, las lecturas de medición se comportan de manera estable. Esta prueba se realizó con un focalizador de 2 cm, obteniendo resultados similares. El lóbulo de recepción por otro lado, se vio afectado considerablemente haciéndolo más compacto a comparación del lóbulo normal. Tanto el lóbulo de recepción con el focalizador de 1 cm y el de 2 cm se asemejan en resultados. Por lo que en la figura 9 se muestra el promedio de ambos lóbulos.

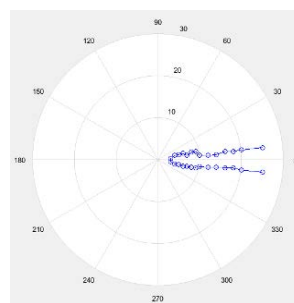


Figura 9 Lóbulo de recepción con un focalizador de 1 y 2cm.

A partir de esas pruebas, se procedió a colocar focalizadores de 3, 4 y 5 cm en ambos transductores. Las pruebas anteriores mostraron inestabilidad en la medición de cortas distancias, por lo que solo se tomaron tres medidas, 20, 40 y 78 cm. Esto con el fin de conocer el lóbulo de recepción del sensor, que es lo que

interesa. La figura 10 muestra los lóbulos de recepción de los focalizadores de 3, 4 y 5 cm.

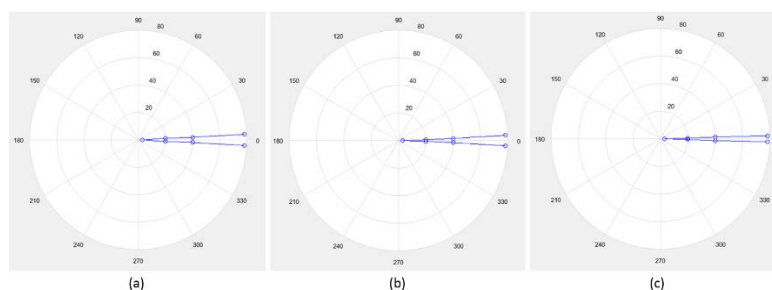


Figura 10 Focalizador de: 3, 4 y 5 cm.

Se puede observar que el focalizador de 5cm presenta mejores resultados que los demás, sin embargo, de igual manera tiene más problemas para medir distancias cortas. La figura 11 muestra una pequeña curva con tendencia de desviación en las mediciones de distancias menores de 10 cm.

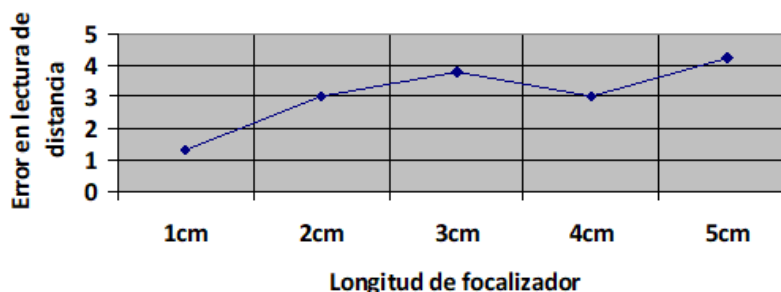


Figura 11 Desviación en medición de la distancia en función de la longitud del focalizador.

Observando la figura 11, se puede establecer que entre mayor sea la longitud del focalizador, mayor será el error en la medición de corta distancia. Esto se debe a que el sensor ultrasónico tiene una zona ciega en la cual es incapaz de medir con precisión. Esta zona ciega es “desplazada” de cierta forma por los focalizadores, dando lecturas erróneas cerca del sensor.

4. Discusión

Como se mencionó con anterioridad, los sensores ultrasónicos son dispositivos que son muy útiles para la detección de objetos, medición de distancias, entre

otras aplicaciones, pero que presentan un problema cuando se requiere de dos más sensores. Se propone esta alternativa para ayudar a solucionar el problema del fenómeno de *Cross-talking*. Sin embargo, conlleva una parte contradictoria al implementar esta solución, la cual es la pérdida de resolución en la medición de distancias cortas, como se observa en la figura 11. La ventaja de este método es que permite trabajar a varios sensores juntos sin necesidad de adentrarse en la electrónica del sensor, dándole una mayor selectividad y confiabilidad.

5. Conclusiones

Se puede concluir diciendo que el método propuesto para la solución del fenómeno *Cross-talking* es eficiente para la detección de objetos que se encuentran a distancias considerablemente grandes, considerando que se encuentren dentro del rango de medición del sensor (2cm a 400cm).

La medición de distancia por otro lado, se ve afectada para las distancias cortas debido a la longitud de los focalizadores y la relación que existe entre su longitud y el error en la medición de la distancia real. Por lo que se debe tener en cuenta el tipo de aplicación para la cual se desea utilizar este método.

6. Bibliografía y Referencias

- [1] Bosch, I., Gosálbez, J., Miralles, R., Salazar, A. & Vergara, I., Mejora de la Detección y Caracterización de Materiales con un Sistema Automático de Ultrasonidos. Departamento de Comunicaciones Universidad Politécnica de Valencia, 2004.
- [2] Jiménez J. A., & González J. J., Sistema Doble Umbral para el Incremento de la Directividad en un Sensor Ultrasónico. Revista Avances en Sistemas e Informática, Vol.5 No.2, Facultad de Minas, Universidad Nacional de Colombia sede Medellín, Colombia, Medellín, junio de 2008.
- [3] NASA, Ultrasonic Testing of Aerospace Materials, 2007, URL: klabs.org/DEI/References/design_guidelines/test_series/1422msfc.pdf
Fecha de acceso: marzo 27 de 2008.
- [4] Shirley P. An introduction to ultrasonic sensing. Sensors, Vol.6, N° 11, 1989.