



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 24 – NOVIEMBRE DE 2009

## “APLICACIONES DE LOS ULTRASONIDOS EN ROBÓTICA”

AUTORÍA <b>M<sup>a</sup> DEL ROSARIO BRAVO RAMÍREZ</b>
TEMÁTICA <b>TECNOLOGÍA</b>
ETAPA <b>ESO Y BACHILLERATO</b>

### Resumen

En el presente artículo se realiza un repaso a los inicios y principios básicos de la robótica a nivel industrial, así como la utilización de los ultrasonidos, como sistema para dotar de autonomía a los robots en distintos entornos. Todo ello servirá para introducir la robótica en Educación Secundaria y Bachillerato dentro de algunos proyectos de renovación metodológica donde se introducen los robots didácticos en las aulas, así como motivación de nuestro alumnado a continuar estudios superiores en éste campo.

### Palabras clave

- Robots
- Ultrasonidos
- Aplicaciones
- Investigación
- Efecto piezoeléctrico
- Sensores

### 1. INTRODUCCIÓN

Ligado al proceso de innovación constante, en las aplicaciones actuales de la robótica, cada vez se precisa una mayor flexibilización de las restricciones impuestas por los entornos de trabajo, principalmente para aumentar la adaptabilidad de los robots a la adquisición de piezas, para reducir los costes de cambios de tareas o para adecuar los robots a nuevas características del entorno.



**ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 24 – NOVIEMBRE DE 2009**

Así por ejemplo, muchos de los trabajos del hombre, requieren cambiar continuamente de zona de trabajo. Para la aplicación de técnicas robóticas, en tales casos, nace un nuevo concepto: el robot móvil, que podríamos definir como un vehículo autónomo con cierto grado de inteligencia capaz de desarrollar un trabajo útil.

Existe una amplia gama de tipos y configuraciones distintas, siendo la aplicación más extendida, hoy día, la de los vehículos provistos de ruedas capaces de navegar de forma autónoma.

En este sentido, reflexionaremos con nuestros alumnos sobre los cambios realizados en nuestra sociedad con la incorporación de la robótica en todos los ámbitos de nuestra sociedad.

Entre el extenso campo de aplicaciones de estos robots, en distintas áreas podríamos señalar, por ejemplo:

- Agricultura
  - Máquina para la poda de vides
  - Siembra
  - Recolección de frutas...
- Medicina
  - Asistencia a minusválidos
  - Distribución de materiales a hospitales...
- Servicios
  - Dispositivos automáticos de limpieza
  - Ayuda doméstica
  - Transportes (vehículos sin conductor)...
- Existen, así mismo, un gran campo potencial para la utilización de robots móviles en ambientes peligrosos, tales como:
  - Trabajos en zonas radiactivas
  - Trabajos en edificios elevados
  - Minería
  - Lucha contra el fuego
  - Eliminación de bombas...

En su diseño aparecen interrelacionadas tres tecnologías a fin de conseguir el apreciado calificativo de “robótica inteligente”:

- Tecnología robótica.



**ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 24 – NOVIEMBRE DE 2009**

Permite realizar los movimientos requeridos en el espacio de trabajo donde el robot deba desarrollar sus tareas.

➤ Tecnología de sensores.

Permite al sistema recopilar vital información del entorno.

➤ Tecnología de computadoras.

Confiere al sistema criterios de prioridad, capacidad de adaptación a nuevas circunstancias y la lógica necesaria para que el sistema robótico tenga un comportamiento “inteligente”.

Junto al estudio y desarrollo de los diversos medios de locomoción empleados en el diseño de robots móviles, otras líneas de investigación son entre otras:

➤ La percepción multisensorial.

- Estudio de nuevos métodos sensoriales más flexibles ante problemas de iluminación y ambientes hostiles (humo, niebla, polvo, etc.) y que ofrezcan mayor campo de medición.
- Mejora de las señales recibidas, eliminación de ruidos, errores de medición, etc., a fin de extraer una información suficiente y fiable.

➤ Desarrollo de sistemas de navegación.

- Incorporación de la información requerida y obtenida a partir de los sensores.
- Mejora de la capacidad operativa de estos robots para realizar trabajos en zonas más amplias, en condiciones cambiantes según requiera su entorno, con capacidad para reaccionar ante situaciones imprevistas,...

➤ Estudio de sistemas de planificación y control de las tareas a ejecutar.

- Determinación de un camino libre de colisiones para trasladar una pieza de un punto a otro en un campo de trabajo con obstáculos.
- Determinación de la secuencia y contenido de las diferentes tareas a realizar,...

Situado en este contexto, el proyecto que aquí se presenta, para los alumnos de cursos superiores consiste en la robotización de un vehículo industrial, en concreto una carretilla eléctrica, que planteará solamente como modelo.

Orientado a su integración a dicho robots, en este proyecto particularizaremos una de las posibles aplicaciones de un sistema comercial de ultrasonidos, como punto de partida para desarrollar un sistema sensorial dirigido a atender las necesidades de información planteadas en su guiado.



**ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 24 – NOVIEMBRE DE 2009**

Básicamente, la idea que resume el conjunto de los distintos objetivos perseguidos, es tratar de dar a los robots la mayor independencia posible en sus desplazamientos con un sistema sensorial adecuado que le permita alcanzar distintos espacios de trabajo, aún cuando exista incertidumbre sobre las características y cambios que se produzcan en el entorno.

## **2. CONSIDERACIONES GENERALES SOBRE ULTRASONIDOS**

### **2.1 Antecedentes**

En los últimos años, los ultrasonidos han sido objeto de estudio y desarrollo por parte de los investigadores debido a las características de funcionamiento que presentan y al número de procesos industriales en los que se pueden aplicar las ondas ultrasónicas obteniendo resultados muy satisfactorios.

Entre las aplicaciones de los ultrasonidos en el campo de la industria, podemos citar procesos industriales tan dispares como:

#### **Soldadura de metales y plásticos**

- Desgasificación
- Limpieza de piezas
- Detección de intrusos y sistemas de alarmas
- Barcos y submarinos
- Diagnósticos médicos de tipo cardíaco y ginecológico
- Limpieza
- Mezcla de líquidos inmiscibles
- Destrucción de roedores
- Mandos a distancia...

Comúnmente se admite que el margen de frecuencias de los sonidos perceptibles por el oído humano, oscila, aproximadamente entre 20 y 20.000 Hz, en el mejor de los casos. Esta banda de paso se reduce notablemente con la edad, ya que, al envejecer se produce, en mayor o menor medida, un deterioro del sistema auditivo.

Por tanto es muy difícil fijar con precisión la frontera entre el “sonido” y los “ultrasonidos”, definidos estos últimos como “sonidos demasiado agudos para ser audibles por el oído humano”. En algunos animales, especialmente el perro, la banda de paso del sistema auditivo es muy superior a la que



**ISSN 1988-6047    DEP. LEGAL: GR 2922/2007    Nº 24 – NOVIEMBRE DE 2009**

presenta el sistema auditivo humano, por lo que estos animales pueden percibir ondas ultrasónicas emitidas a frecuencias muy elevadas.

Los ultrasonidos necesitan un medio para ser transmitidos, actuando este medio como elemento propagador de las ondas sonoras. Esto puede probarse fácilmente poniendo en el interior de una campana de cristal, una emisora de ultrasonidos y un receptor en la periferia de esta. En un principio, este podría captar perfectamente los impulsos emitidos por el transmisor, pero si se va efectuando paulatinamente el vacío en el interior de la campana, el receptor deja poco a poco de recibir señal, hasta que no detecte nada en absoluto, cuando el vacío sea perfecto.

Esto demuestra que los ultrasonidos necesitan un medio de transmisión como el aire, agua, metales, etc., teniendo en cada uno de ellos una penetración muy desigual, con variaciones muy importantes, producidas por las características intrínsecas del medio transmisor, como puede ser densidad, etc.

Generalmente, se puede admitir que más allá de los 20 KHz., cualquier vibración del aire pertenece al campo de los ultrasonidos. Realmente no existe límite superior, y, este viene impuesto únicamente por las características y capacidad de estas ondas ultrasónicas de los equipos que las producen. Así, pues, no es extraño encontrar frecuencias de varios megahercios en ámbitos industriales, científicos o médicos.

Debido al amplio margen de frecuencias a las que pueden generar se los ultrasonidos, existen una amplia gama de posibilidades de utilización, caracterizándose cada aplicación por la generación de ondas ultrasónicas, a una frecuencia determinada.

Como muestra, en líneas generales, podemos señalar los siguientes ejemplos, relacionando la frecuencia de los ultrasonidos con la aplicación ideal:

- 20 kHz., soldadura de plástico.
- 23kHz., ahuyentador de roedores.
- 25 kHz., apertura de puertas automáticas y detección de robos.
- 25 kHz., limpieza y desengrase.
- 40 kHz., limpieza de amplia precisión y mandos a distancia.
- 400 kHz., emulsiones y agitación.
- > 1.000 kHz., sistemas de diagnóstico médico.

Para producir y detectar los ultrasonidos, se utilizan los mismos principios que conciernen a la producción y detección de sonidos audibles y evidentemente al margen particular es la frecuencia de utilización va a ser impuesto por la solución tecnológica que adoptemos para el proceso.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 24 – NOVIEMBRE DE 2009

La generación de los ultrasonidos se efectúa como los sonidos audibles, de tres formas distintas:

1. De forma mecánica, por excitación de una columna de aire.
2. Por generador mecánico accionado por motor.
3. De forma eléctrica por conversión de las oscilaciones eléctricas en mecánicas o viceversa.

Los generadores mecánicos, tales como diapasones o silbatos de Galton, emplean frecuencias de hasta 100 kHz. Y, generalmente, no son capaces de producir grandes cantidades de energía, excepto el silbato de gas. Otro modo mecánico de obtener ultrasonidos es la vibración de varillas de vidrio o cristal.

Los generadores con motor eléctrico se basan en el uso de sirenas, que requieren un diseño muy cuidado para evitar vibraciones y cavitación, obteniéndose grandes potencias.

Con la excepción de silbatos y sirenas, pocos son los métodos mecánicos por los que se utilizan las técnicas de magnetoestricción y electroestricción.

El efecto piezoeléctrico fue descubierto por Pierre Curie y pone de manifiesto la relación entre la reacción mecánica, que se produce en determinados materiales asociados a un fenómeno de tipo eléctrico y viceversa.

Un material piezoeléctrico es, en general, una cerámica especial (como las ferritas, ciertas sales naturales, cuarzo...), que se pueden moldear en una gran variedad de formas y metalizar en su superficie para crear zonas conductoras.

Este tipo de material presenta la particularidad de producir una tensión cuando se le somete a una contracción mecánica e, inversamente, se deforma cuando se le aplica una tensión.

El efecto mecánico, en el material piezoeléctrico, se traduce en un aumento de su grosor cuando se le aplica una corriente polarizada y una disminución de su grosor, si se invierte la polaridad. Al mismo tiempo si el espesor aumenta, el diámetro se reduce, puesto que el volumen permanece constante.

La electroestricción se refiere a la distorsión, que es proporcional al cuadrado del desplazamiento eléctrico.

Los cristales, como el titanato de bario, presentan este efecto en un grado marcadamente alto. Una vez polarizado, pueden incluirse en el tipo piezoeléctrico.

En el pasado, los cristales de cuarzo se han empleado exclusivamente para producir ultrasonidos en sólidos y líquidos, para pequeñas potencias, hasta una frecuencia de 25 MHz, pero fue Langerin, el primero en aplicar el efecto piezoeléctrico durante la primera Guerra Mundial, al investigar un método de detección de los submarinos que atacaban los barcos franceses; más tarde se utiliza la sal de Rochelle, que tiene unas propiedades piezoeléctricas considerablemente más elevadas que el cuarzo, y posteriormente el titanato de bario y el sulfato de litio.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 24 – NOVIEMBRE DE 2009

Por tanto, se puede comprender que delgadas arandelas de materiales piezocerámicos, capaces de vibrar fácilmente, pueden servir tanto de emisores como de receptores de ultrasonidos. Tales componentes pueden construirse fácilmente para frecuencias muy elevadas y además su coste es económico.

La magnetoestricción se basa en el efecto que sucede en determinados materiales, como el níquel, cobalto, hierro y sus aleaciones, que sufren deformaciones longitudinales o de diámetro cuando una barra es sometida a un campo magnético.

Este efecto fue estudiado por Pierce, que lo aplica para controlar y mantener oscilaciones en una barra de metal y así se usa, como dispositivo para controlar la frecuencia de los osciladores electrónicos, como filtro y patrón de tiempo.

Las unidades de magnetoestricción se han usado mucho para los sistemas de señalización, especialmente en las frecuencias bajas, como la detección de submarinos, donde se necesitan considerables cantidades de energía. En estos sistemas pueden usarse una varilla de magnetoestricción en un oscilador, que constituye el transductor de emisión, mientras que otra se coloca como receptor que transforma las señales ultrasónicas en eléctricas. La salida de potencia de una unidad de magnetoestricción es menor que la de un cristal, pero actuando como emisor se le puede aplicar cualquier potencia.

Si a una varilla de magnetoestricción se le enrolla una bobina y se comprime, aparece una tensión eléctrica en sus extremos y cuando se le deja en reposo, la tensión generada será de signo contrario.

Si se aplica una tensión alterna a la bobina, la varilla vibrará a esa frecuencia, pero si la frecuencia de resonancia de la varilla, coincide con la de la tensión aplicada, los efectos serán mayores.

En la frontera de los ultrasonidos y los sonidos, se encuentran además los tweeters, auriculares y micros "piezo", conocidos por su especial aptitud para reproducir sonidos agudos.

Sin embargo los transductores de los ultrasonidos, a diferencia de los de audio, casi siempre se estudian para funcionar a una frecuencia muy determinada, o en una estrecha banda de frecuencias.

Los fabricantes de transductores pueden añadir diferentes accesorios que permiten dar al producto acabado, características muy particulares.

## 2.2 Ultrasonidos en el aire

En el aire, los ultrasonidos se propagan igual que los sonidos audibles y sufren los mismos fenómenos, simplemente que las características de directividad de los transductores son, a menudo, más marcadas que las de los altavoces y micrófonos utilizadas en la técnica de sonido.

La velocidad de propagación de los ultrasonidos es la del sonido, es decir, 300 metros por segundo aproximadamente, velocidad que resulta ser muy lenta en comparación con la velocidad de transmisión de una onda de radio o de un rayo luminoso o infrarrojo o de una corriente por un hilo (300.000 kilómetros por segunda, es decir, un millón de veces más rápido).



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 24 – NOVIEMBRE DE 2009

### 2.3 Ultrasonidos en el agua

Aunque las ondas de radio y la luz, penetran muy difícilmente en espesores apreciables de agua, por el contrario, los ultrasonidos se propagan por ella, excelentemente.

Generalmente, se utiliza una frecuencia del orden de los 200 KHz (frente a 40 en el aire), lo que permite alcances de algunos centenares de metros, para una potencia transmitida de algunas decenas de vatios de pico.

La velocidad de propagación es pequeña, aunque supera, netamente, a la que se obtiene en el aire, aunque susceptibles de variaciones notables, en función de la temperatura, la salinidad, o la presión del agua.

### 2.4 Efectos de los ultrasonidos

Los efectos físicos principales de los ultrasonidos, son:

- La cavitación
- El calentamiento local
- La presión local
- La torsión del cuarzo
- La producción de niebla

La cavitación genera microburbujas en el seno de un líquido, estando vacías o conteniendo gas a vapor.

Al estallar éstas, se producen altísimas presiones muy localizadas, por lo que se utilizan en la limpieza de piezas, mezcla de líquidos inmiscibles, destrucción de bacterias etc.

La soldadura de materiales termoplásticos es posible con las vibraciones ultrasónicas, que frota la parte superior a unir contra la inferior.

### 2.5 Ventajas e inconvenientes de los ultrasonidos

Los ultrasonidos son una alternativa más con la que contamos a la hora de realizar el diseño de algún sistema.

Evidentemente presenta ventajas e inconvenientes. Es por esto que dependiendo de la aplicación en concreto para la que pretendamos utilizarlos, resulta más o menos conveniente, comparándolo con otras alternativas.





ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 Nº 24 – NOVIEMBRE DE 2009

Como ventajas e inconvenientes más destacables podemos citar:

- Se deben evitar la utilización de un sistema de ultrasonidos, si el sistema debe funcionar frecuentemente en presencia de animales domésticos, ya que se corre el riesgo de que reaccionen ruidosamente durante la transmisión de una orden.
- De forma general, un sistema de transmisión que utiliza un principio físico dado, presenta una fuerte inmunidad a las perturbaciones de alguna otra naturaleza.
- Hay que evitar la proximidad de fuentes de ruido: todos los sonidos audibles contienen infrasonidos y ultrasonidos. Aunque no las percibamos, estas pueden influir desfavorablemente. Un receptor que no esté previsto de una codificación de calidad, corre el riesgo de ponerse en funcionamiento inoportunamente, mientras que con un sistema con codificación muy segura, tiene el riesgo de no reconocer las señales que le están destinadas, si el entorno es demasiado ruidoso.

### 3. APLICACIONES

Dentro del contexto anterior, particularizaremos en una de las aplicaciones de un sistema comercial de ultrasonidos.

Básicamente, la idea que resume el conjunto es conseguir la mayor independencia posible de los robots en sus desplazamientos con un sistema sensorial adecuado que la permita alcanzar distintos espacios de trabajo.

Para el proyecto se usará un sistema polaroid de ultrasonidos.

#### 3.1 Módulos que componen un kit polaroid

Un kit completo polaroid, contiene todos los elementos necesarios para proporcionar, sobre un display, la información de distancia que separa el correspondiente transductor del objeto más próximo interceptado en la dirección hacia la que haya sido orientado.

##### 3.1.1 Unidad P.U.R.U. (Polaroid Ultrasonic Rancing Unit)

Encargada de la emisión captación de los impulsos ultrasónicos, está compuesta por dos elementos: un transductor electrostático y una placa de circuito impreso.

Juntas estas componentes, son capaces de detectar la presencia de objetos dentro del límite ajustado inicialmente.



ISSN 1988-6047 DEP. LEGAL: GR 2922/2007 N° 24 – NOVIEMBRE DE 2009

### 3.1.2 Módulo electrónico auxiliar EDB (Experimental Demonstration Board)

Aplicando una señal VSW a la placa, la unidad P.U.R.U., puede utilizarse, aisladamente, para realizar funciones de control, detectando la presencia del objeto más próximo dentro de su rango de acción.

## 4. SISTEMA SENSORIAL PARA EL GUIADO DEL ROBOTS

Para el desarrollo del sistema, se precisa conseguir que el controlador del robot tenga acceso a la información de distancia obtenida a partir de una unidad sensorial básica.

Como unidad principal del sistema se utiliza una tarjeta microcontroladora (Micro NAND), ya que presenta las características adecuadas para cubrir las necesidades planteadas como:

- Bajo costo
- Prestaciones elevadas
- Permite su utilización como procesador auxiliar del computador principal
- Permite dedicar parte de memoria a almacenar datos de utilidad
- Permite el control del sistema fácilmente...

### 4.1 Módulo sensorial

Está formado por una placa EDB y 8 unidades P.U.R.U., es la parte encargada de interactuar con el entorno y proporcionar la información de distancia que se precise en un momento dado.

## 5. BIBLIOGRAFÍA

- Rentería Bilbao, A. y Rivas Ardisana, M. (2004). *Robótica industrial. Fundamentos y aplicaciones*. Editorial McGRAW-HILL/INTERAMERICANA DE ESPAÑA, S.A.U.
- A. Ollero. (2001). *Automatización y Robótica Industrial*. Editorial Marcombo.
- A.P. Crackell. (2002). *Ultrasonidos*. Editorial Paraninfo.

Autoría

---

- Nombre y Apellidos: M<sup>a</sup>. del Rosario Bravo Ramírez
- Centro, localidad, provincia: Córdoba
- E-mail: a3dorobra@hotmail.com