

## Sensor de temperatura ambiental por ultrasonido

Lupi, D.; Brengi, D.; Trapanoto, A.

Centro de Investigación y Desarrollo en Telecomunicaciones, Electrónica e Informática (CITEI)

Se describe en este trabajo un termómetro ultrasónico para gases, que permite la evaluación volumétrica de la temperatura en ambientes. El dispositivo que se presenta aprovecha la dependencia de la velocidad del sonido con la temperatura, que normalmente debe ser compensada para una correcta medición de distancia.

### Introducción

A partir de un transductor electrostático convencional se desarrolló un sistema de medición de temperatura que puede cubrir distancias entre 50 centímetros y hasta un máximo de 10 metros. Este sistema puede medir temperaturas fuera del rango de temperatura de trabajo del sensor ultrasónico debido a que el mismo puede ubicarse alejado de la zona de medición.

### Principio de funcionamiento

La velocidad isoentrópica del sonido en un gas depende de la temperatura y la humedad del mismo. Se estima que para el caso de la humedad resulta sólo un 0,15% de influencia para una variación de 10 % a 90% de humedad relativa en el aire [1].

Teniendo esto en cuenta la velocidad del sonido  $V_s$  en función de la temperatura  $T$  resulta:

$$V_s = 20,055 \cdot \sqrt{T} \quad (1)$$

El tiempo de vuelo  $T_v$  de la señal ultrasónica entre dos objetos, ida y vuelta, para una distancia  $D$  entre objetos será:

$$T_v = 2 \cdot D / V_s \quad (2)$$

Colocando dos obstáculos fijos a distancias bien conocidas, y midiendo el tiempo de vuelo de la señal ultrasónica se puede realizar el cálculo de la velocidad promedio del sonido entre los mismos. Con la velocidad del

sonido, se obtiene luego la temperatura promedio del aire por el cual ha viajado la onda.

Modificando la distancia entre obstáculos este sistema puede adaptarse fácilmente para medir temperatura entre distancias de 0,5 y 10 metros. Dado que el dispositivo deberá trabajar en áreas con ciertas turbulencias por el aire acondicionado, se espera una indeterminación de  $\pm 0,5^\circ\text{C}$  manteniendo la complejidad y costo del equipo suficientemente bajos.

### Implementación

La gran mayoría de las aplicaciones de detección de obstáculos en robots móviles utiliza el económico transductor electrostático Polaroid 6500, junto con su módulo de control asociado [2]. Debido a que este módulo aumenta la incertidumbre en la medición de tiempos, se utilizó un osciloscopio digital conectado a la segunda etapa de amplificación del módulo receptor para medir el tiempo entre ecos.

Un microcontrolador se encarga de disparar el sensor a intervalos regulares. Para comenzar una medición, el microcontrolador da la instrucción al módulo para disparar el pulso. Luego se mide el tiempo transcurrido entre la recepción del primer y segundo eco. Con este tiempo se calcula la velocidad del sonido en ese intervalo de distancias y la temperatura promedio entre obstáculos.

### Resultados Experimentales

En la primera prueba del sistema, se utilizaron dos obstáculos, el primer obstáculo ubicado a 60 cm, y el segundo a 1,07 m del sensor. El sensor y ambos obstáculos se montaron con soportes especiales de precisión sobre un riel de aluminio para aplicaciones ópticas. No se consideraron los errores debidos al coeficiente de dilatación lineal del aluminio.

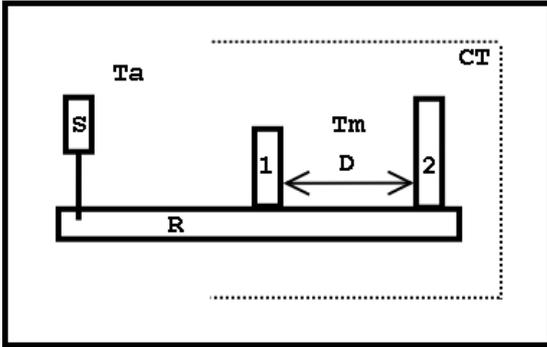


Fig. 1: Esquema del sistema. (S) Transductor ultrasónico. (R) Riel de soporte. (CT) Cámara térmica. (1) Primer obstáculo. (2) Segundo obstáculo. (D) Distancia entre obstáculos. (Ta) Temperatura ambiente. (Tm) Temperatura medida.

La variación de temperatura se realizó con una cámara térmica abierta, dentro de la cual se ubican ambos obstáculos, quedando el sensor ultrasónico fuera de la misma. De esta forma el transductor se encuentra siempre a temperatura ambiente.

Con la ayuda de un sistema de medición de temperaturas multipunto, se relevó la temperatura promedio entre ambos obstáculos, realizando un barrido de temperatura desde 18°C (Temperatura ambiente) hasta -15°C.

Se observó una buena correlación de los datos con lo calculado, considerando que los gradientes térmicos y otras inhomogeneidades del medio incrementan las incertidumbres respecto de las previstas.

### Conclusiones

Se describe un termómetro ultrasónico de bajo costo que aprovecha dispositivos de tipo sonar para robótica, en una aplicación original. El dispositivo consta de un módulo sensor que emite y recibe pulsos de ultrasonido cuya velocidad es proporcional a la temperatura del ambiente.

Entre las ventajas del método propuesto se puede mencionar la medición volumétrica e instantánea de la temperatura del aire, la no alteración del elemento a medir con el sistema de medición y la posibilidad de ser utilizado en aplicaciones industriales.

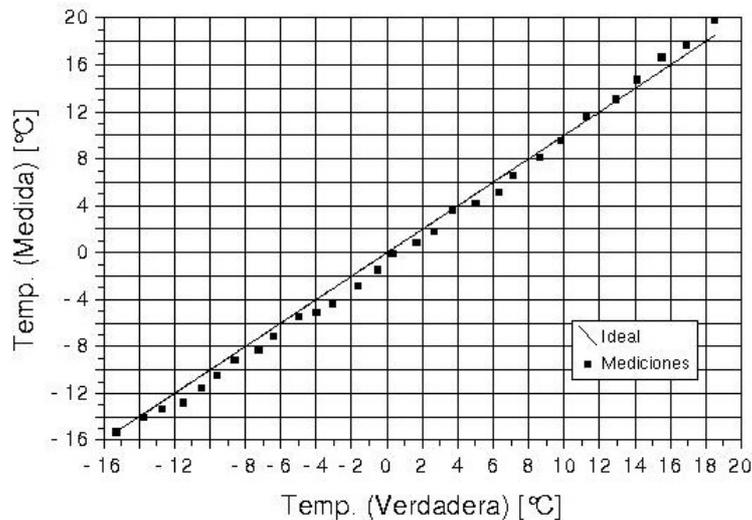


Fig. 2: Mediciones obtenidas.

### Referencias

- [1] Alessio Carullo and Marco Parvis, "An Ultrasonic Sensor for Distance Measurement in Automotive Applications" IEEE Sensors Journal, vol. 1, No2, August 2001.
- [2] Roman Kuc, "Pseudoamplitude Scan Sonar Maps" Transactions on robotics and automation, Vol. 17, No5, October 2001.

Para mayor información contactarse con:

Daniel Lupi – [lupi@inti.gov.ar](mailto:lupi@inti.gov.ar)

[Volver a página principal](#) ◀