

Métodos de detección de movimiento. Comparativa de la tecnología de los sensores PIR de Nicera, WaveEye de NJRC y GridEye de Panasonic

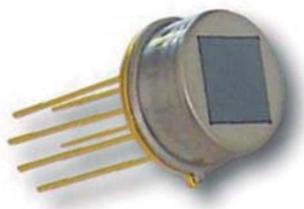
Artículo cedido por Endrich GmbH



Endrich Bauelemente, GmbH
P. Manresa, 19-25 4^o 1^a
08201 Sabadell
Tel: +34 93 217 31 44
www.endrich.com
spain@endrich.com

Autor: Zoltán Kiss -
Ingeniero de Endrich
Bauelemente Vertriebs
GmbH

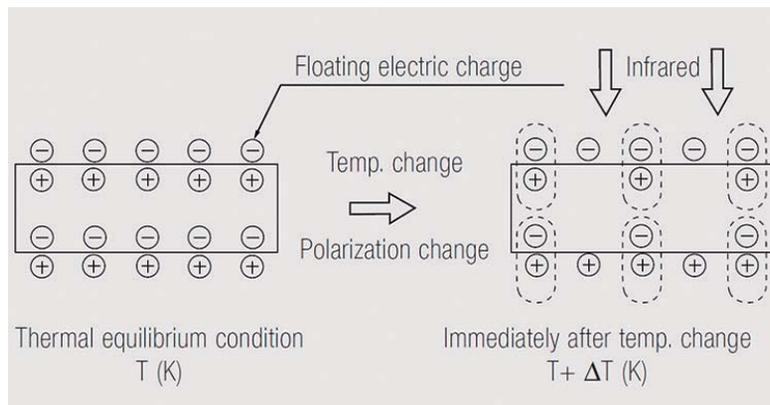
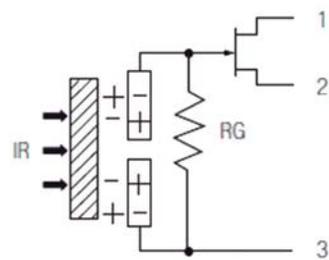
Los ingenieros del ámbito de la iluminación general están centrados en el diseño de sistemas compactos, inteligentes y eficientes desde el punto de vista energético que podrían conseguirse añadiendo la función de apagado automático cuando no se detecta presencia de personas. Hoy en día, estos sensores inteligentes se basan sobre todo en la tecnología de infrarrojos pasivos (PIR por sus siglas en inglés), que es muy adecuada para detectar movimiento humano en un rango amplio en una zona de detección grande, pero que no es efectiva para movimientos pequeños y tampoco es capaz de distinguir entre objetos que se acercan y se alejan. Los sensores de radar son capaces de llevar a cabo muchas de las funciones que los sensores PIR no pueden realizar, pero su principio de funcionamiento también se basa en el movimiento, y aunque suelen ser capaces de detectar movimientos pequeños, no pueden detectar objetos inmóviles. Puesto que la detección de dirección se limita a acercarse y alejarse, a menudo no es fácil o posible llevar a cabo funciones especiales como la de contar las personas que entran o salen de una sala. Las personas que estén en una oficina sin hacer ningún movimiento perceptible, se considerarán como no presentes con estos dispositivos. El sensor GridEye de Panasonic se basa en un detector matricial y actúa como una cámara térmica de baja resolución, por lo que es idóneo para la detección de presencia. Al evaluar la imagen térmica mediante un sistema principal basado en un microprocesador, se pueden realizar observaciones más complejas. Al integrar este sensor en un sistema de iluminación inteligente o de automatización de edificios, se pueden evitar los problemas que encontramos con sensores PIR o de radar. Este artículo tecnológico ofrece una comparativa de las tecnologías arriba indicadas.

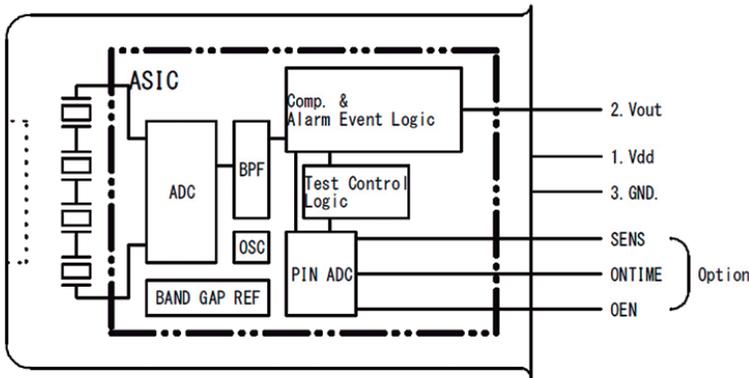


Sensores PIR

El sensor infrarrojo pasivo (o PIR) detecta cambios en el flujo de calor causado por el movimiento del cuerpo humano, que se encuentra en contacto con el entorno y altera su temperatura. La radiación se mueve en el rango de los infrarrojos con una longitud de onda máxima de 9,4 μm , que los materiales piroeléctricos del sensor PIR detectan, generando energía en respuesta. Los elementos piroeléctricos muestran un comportamiento ferroeléctrico y se caracterizan por una cierta polarización eléctrica permanente en la superficie de los elementos. Sin embargo, la polarización no es detectable porque las cargas de la superficie se compensan con algunos iones cargados en el entorno de la superficie. Cuando la radiación infrarroja impacta en los elementos piroeléctricos, su temperatura aumenta muy poco. Como consecuencia de la expansión térmica, la estructura cristalina debe reorganizarse y, por lo tanto, la polarización de

la superficie de los elementos cambia. Este cambio en la polarización se puede detectar mediante los electrodos de la parte superior e inferior de los elementos piroeléctricos. La carga eléctrica necesaria para compensar el cambio en la polarización eléctrica se detecta y amplifica mediante un transistor de efecto de campo (FET por sus siglas en inglés) interno. Cada cambio de temperatura de los elementos conlleva una perturbación breve en la señal de salida del FET que se utiliza para detectar la presencia de un cuerpo humano. Los cambios en la polarización son muy pequeños y por ello es necesario que estos cambios sean lo suficientemente rápidos como para que el FET pueda detectarlos. Por este motivo, solo pueden detectarse fuentes de emisión de infrarrojos en movimiento. Para poder cancelar señales falsas resultantes de cambios de temperatura, hay al menos dos elementos piroeléctricos conectados en serie con polarización antiparalela.





En lo que respecta a la construcción, los detectores PIR cuentan con una lente de Fresnel para enfocar la radiación hacia los elementos del sensor, así como con elementos duales o cuádruples para restar la temperatura ambiente y reducir el número de alarmas falsas. Los sensores PIR pueden detectar movimientos horizontales correctamente, pero no siempre pueden detectar movimientos radiales. También existen sensores PIR digitales inteligentes como el sensor infrarrojo pasivo piroeléctrico de Nicera (sensor PIR).

Este dispositivo es un pirosensor de salida digital, pero no necesita comunicación con un microcontrolador. En caso de detección de un objeto en movimiento (ser humano), la tensión de salida en el conector alta (V_{dd}-1V min) durante un tiempo de funcionamiento preestablecido, y baja (< 1V) el resto del tiempo. La configuración del tiempo de funcionamiento y de la sensibilidad se realiza aplicando los valores de tensión adecuados en los conectores correspondientes a la sensibilidad y al tiempo de funcionamiento. Gracias a este producto, se puede diseñar un detector utilizando solo algunos dispositivos externos.

Las desventajas de la tecnología PIR son la necesidad de la lente de Fresnel y la capacidad de detectar solo movimientos humanos amplios en dirección tangencial.

Sensores de radar

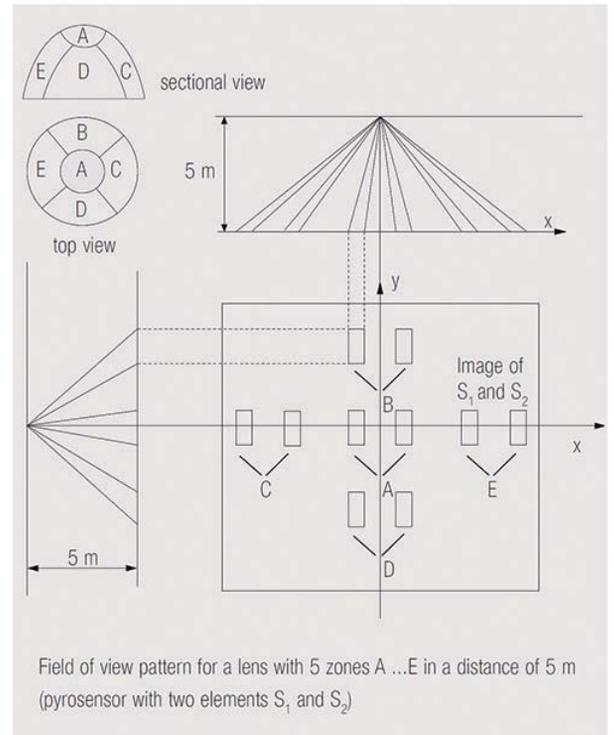
Los sensores de radar pueden detectar movimientos ligeros del cuerpo humano y, si están integrados en un sistema inteligente, podrían resolver los problemas que plantean los sensores PIR. No obstante, para cumplir

todos los requisitos, estos sensores deben ser muy pequeños, de coste bajo, potencia baja y con un consumo energético bajo.

En el pasado, solo era posible instalar sistemas de radar utilizando componentes caros, grandes y pesados como guías de onda. Hoy en día, gracias a la tecnología planar, los módulos de sensores son pequeños, eficientes y resistentes.

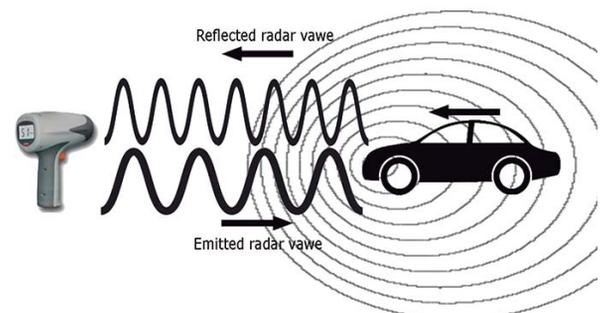
Los módulos de radar emiten radiación electromagnética en el rango de radiofrecuencia de 18...27GHz, la llamada banda K. Una parte de ese rango, de 24...24,250 GHz, corresponde a la banda de frecuencia radioeléctrica ICM (Industrial, Científica y Médica). El uso de la banda K está permitido prácticamente en todo el mundo sin limitaciones. Los objetos sólidos reflejan la radiación del radar y la radiación reflejada se utiliza para detectar objetos. La cantidad de radiación reflejada que detecta el módulo de radar no solo depende de la distancia a la que se encuentre el objeto, sino también de su tamaño y material.

Una superficie metálica es un objetivo muy bueno para un radar debido a su alta reflexión, e incluso un ser humano refleja de forma bastante satisfactoria gracias al valor ϵ_r alto (valor del agua contenida en el cuerpo). Incluso los módulos estándar más pequeños son capaces de detectar a una persona a una distancia de 12 metros. Muchos de los materiales de plástico son más o menos transparentes a la radiación de microondas. Por ello, el módulo sensor puede esconderse con facilidad tras un panel de plástico, lo que representa una ventaja enorme para el diseño exterior del producto final en comparación con los detectores piroeléctricos, que



necesitan una lente de Fresnel para funcionar correctamente.

El funcionamiento de estos sensores se basa en el efecto Doppler para calcular los datos de velocidad de los objetos a una distancia determinada. La señal reflejada que se irradia hacia el objetivo deseado tiene una frecuencia alterada. Esta variación aporta mediciones directas y muy precisas del componente radial de la velocidad del objetivo en relación con el radar. La diferencia entre la frecuencia reflejada y la frecuencia emitida de una onda para un observador que se mueve en relación con la fuente de la onda se llama efecto Doppler. Por ej. un vehículo equipado con una sirena se acerca, rebasa y se aleja de un observador que se encuentra parado. La frecuencia recibida es más alta (en comparación con la frecuencia emitida) durante



el acercamiento, es idéntica en el momento del adelantamiento y es inferior durante el alejamiento. Este cambio de frecuencia también depende de la dirección en la que se esté moviendo la fuente de la onda con respecto al punto de observación. El radar Doppler se utiliza para detectar objetos en movimiento y evaluar su velocidad. Un objeto reflectante en movimiento dentro del campo del sensor genera una onda senoidal, que es proporcional a la velocidad del objeto.

La transformación de la frecuencia podría describirse mediante la fórmula siguiente:

$$F_{\text{reflejada}} = F_{\text{emitida}} (1+v/c) / (1-v/c)$$

Donde v es la velocidad del objeto y c la velocidad de la luz. La frecuencia Doppler es la siguiente:

$$Fd = F_{\text{reflejada}} - F_{\text{emitida}} = 2 v F_{\text{emitida}} / c,$$

que es proporcional a la velocidad del objeto en movimiento.

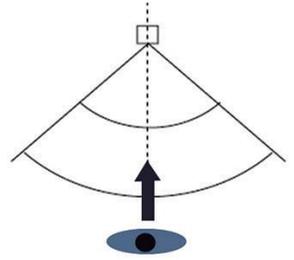
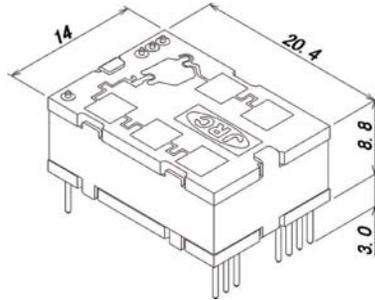
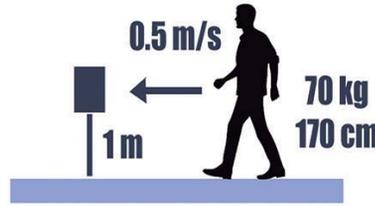
La amplitud depende de la distancia y la reflectividad del objeto en movimiento.

La medición exacta de la velocidad es una función muy útil, muchos sensores de radar con microondas de RfBeam son capaces de hacerlo incluso en los rangos de velocidades más altas.

Sin embargo, para detectar la presencia de seres humanos con tecnología de microondas basta con poder medir una velocidad de 1 m/s (3,6 km/h), pero es necesario poder utilizar un detector muy pequeño, barato y sencillo.

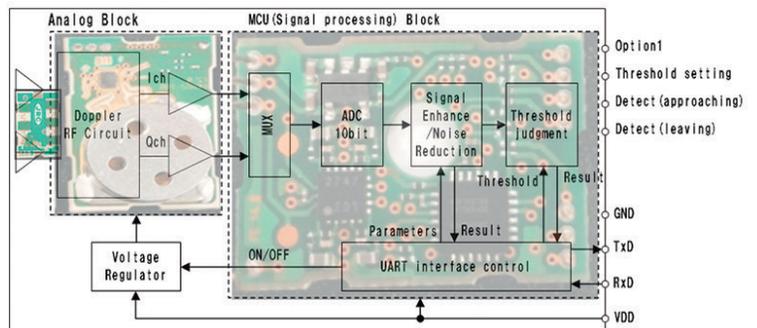
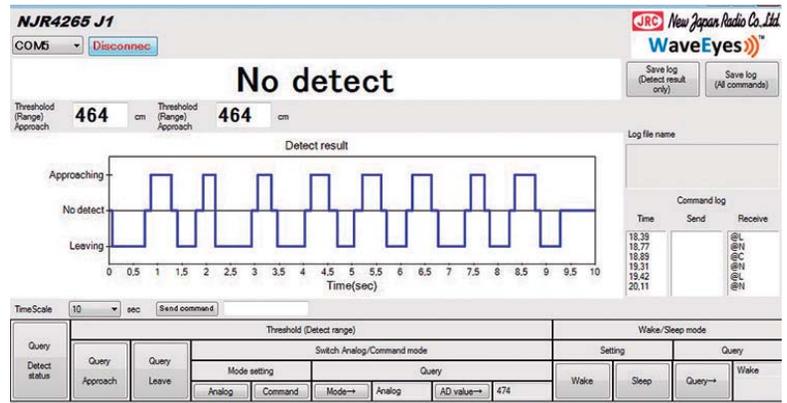
Sensor Doppler de banda K WaveEye de New Japan Radio Corporation

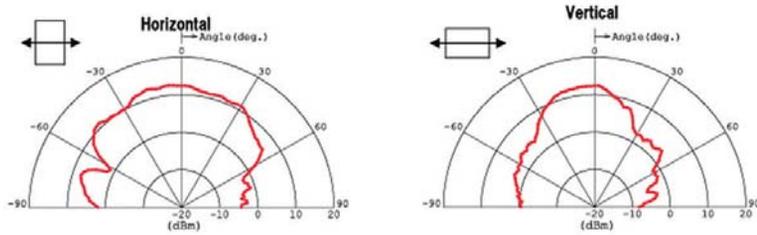
Mientras los sensores o módulos de microondas convencionales necesitan todo un circuito completo a su



NJR4265 J1 es un sensor de movimiento inteligente diseñado para detectar objetos en movimiento a velocidad baja en distancias cortas, como por ejemplo peatones. La detección fija de objetos en movimiento se realiza mediante un software integrado. Este software con esta función de detección integrada es útil en diversos dispositivos, ya que todas las funciones se integran en un tamaño reducido y se puede controlar fácilmente desde un PC/MCU con una interfaz UART, pero también se puede utilizar por separado.

El software de procesamiento de señales es el encargado de la detección fija, mejorando la señal del objeto en movimiento y reduciendo ruidos aleatorios, además de limitar la interferencia entre sensores. Asimismo, también es capaz de identificar la dirección del movimiento (acercándose o alejándose).





El dispositivo se caracteriza por una tensión de funcionamiento baja, 3,3-5V, y un consumo energético bajo. En modo de detección, la corriente de funcionamiento es de 60 mA, mientras que en estado estacionario es de 4 mA.

El diagrama esquemático nos muestra que la antena Patch y el circuito de RF se han integrado en el filtrado analógico y el circuito de procesamiento de señales.

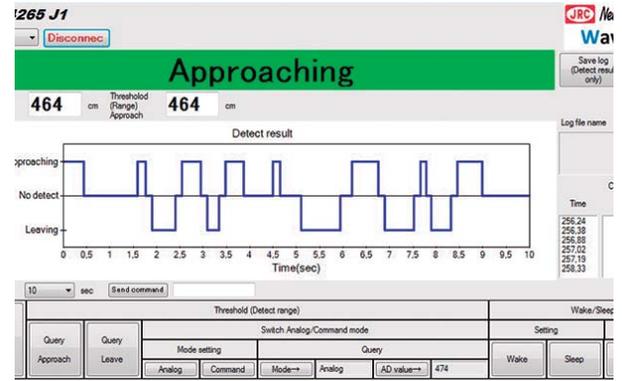
El diagrama de radiación indica que este sensor de microondas puede detectar movimientos tanto en dirección horizontal como vertical, lo que supone una ventaja considerable frente a la tecnología PIR. El rango máximo de detección es de 10 metros en +/-35° con una velocidad de aproximación de 0,25-1 m/s, que se mide tal y como se indica en la figura. Hay un kit de evaluación disponible para

probar el dispositivo que convierte la interfaz UART a USB, de manera que el dispositivo se pueda conectar a un PC. El software facilitado será capaz de detectar un movimiento de aproximación y alejamiento tal y como se muestra en las capturas de pantalla.

El dispositivo se puede utilizar en combinación con la MCU/PC, en cuyo caso es el procesador el que establece el rango de los parámetros.

Cuando se utiliza por separado, este rango de los parámetros se establecen mediante un potenciómetro.

En ambos casos, el indicador LED podría cambiarse por un circuito de control que podría utilizarse para interactuar con el sistema que deba controlarse en función del movimiento, como por ejemplo que la luz se encienda cuando una persona se acerque y se apague cuando la persona se aleje.



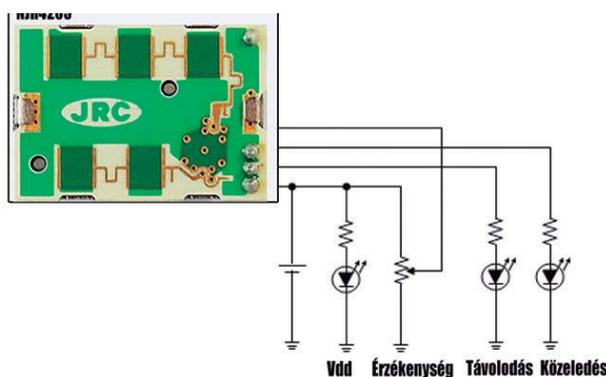
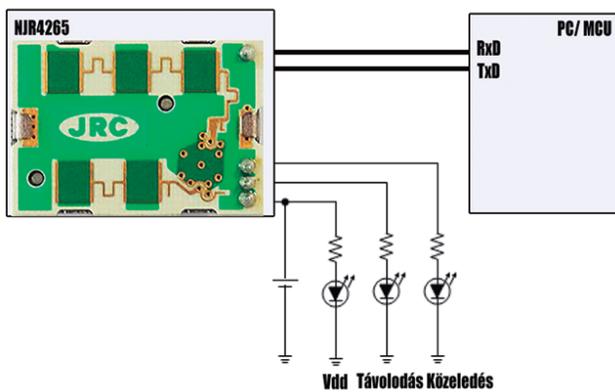
Ejemplos de aplicaciones

Dado que el dispositivo NJR4265 es pequeño y se basa en la tecnología de radar con microondas, es fácil de integrar en un sistema embebido. El rango de precios es muy atractivo y su instalación y funcionamiento sencillos hacen que este dispositivo pueda utilizarse en lugar de sistemas basados en PIR, o de forma complementaria. El ámbito de aplicación es amplio, aunque los usos más comunes son el interruptor de movimiento de puertas automáticas, el interruptor de movimiento de sistemas de iluminación o las funciones adicionales de ahorro energético de sistemas de televisión, climatización o PC. Puesto que la tecnología Doppler posibilita la utilización de este dispositivo para medir la velocidad, también se puede emplear para detectar por ejemplo golf o tenis.

El cálculo de la frecuencia Doppler indicado más arriba se basa en que la dirección del movimiento es directa hacia el sensor. Si se tiene en cuenta el ángulo entre la dirección del objeto en movimiento y la dirección del haz del radar emitido, con una frecuencia de radar habitual de 24 GHz y una velocidad de la luz de 3X10⁸ m/s, se puede calcular la frecuencia Doppler de la siguiente manera:

$$f_d = \frac{2 \cdot f_T \cdot v \cdot \cos \alpha}{c_0} = v \frac{44 \text{ Hz}}{\text{km/h}} \cdot \cos \alpha$$

Si la dirección del haz del radar es perpendicular a la dirección del movimiento del objeto, el ángulo será de 90°, por lo tanto –tal y como se puede observar en la fórmula– la detección será complicada. Aunque los sensores de radar son capaces de detectar movimientos relativamente pequeños e incluso la dirección del



	Moving object	Stationary object	Direction detection	Temperature measurement	Speed measurement	Thermal image
PIR	YES	-	-	-	-	-
Radar	YES	-	Limited to approaching and leaving	-	Yes	-
Discrete thermopile	YES	YES	-	YES	-	-
Grid-EYE matrix	YES	YES	YES	YES	Can be calculated	YES

movimiento (limitada a aproximación o alejamiento), surgen dificultades con objetos estacionarios. Por ejemplo, la tecnología habitual en la que se basan los sensores de iluminación de los baños de los hoteles no funciona de forma adecuada cuando el usuario no está realizando ningún movimiento.

Teniendo en cuenta que los sensores PIR y de radar no pueden detectar el número de objetos en movimiento y que pueden experimentar problemas con la detección de la dirección, no pueden llevar a cabo algunas funciones especiales como el conteo o control de movimientos de personas en una estancia.

Sensor térmico GRID-EYE

El nuevo dispositivo sensor infrarrojo Grid-Eye de Panasonic es un sensor infrarrojo de tipo termopila, que detecta la cantidad de rayos infrarrojos.

Estos sensores de gran precisión, basados en la tecnología avanzada MEMS, cuentan con una detección absoluta de la temperatura, gracias a una superficie bidimensional de 8x8 "píxeles" con una salida digital I²C y un tamaño SMD (de montaje en superficie) miniatura.

El dispositivo Grid-EYE es capaz de detectar la temperatura y los gradientes de temperatura sin contacto a lo largo de toda la superficie indi-

cada con un ángulo de visión de 60° gracias a la lente de silicio integrada, ofreciendo una imagen térmica del entorno observado.

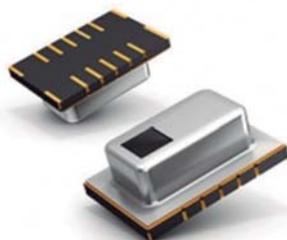
Diferencia con facilidad objetos múltiples e identifica la dirección del movimiento evaluando la imagen térmica sencilla, al tiempo que no presenta problemas de violación de derechos de privacidad.

Sus aplicaciones, eficientes desde un punto de vista de costes pero altamente precisas, pueden llevarse a cabo conectando el sensor al microcontrolador del sistema principal utilizando una interfaz de comunicación digital I²C y mediante una lectura de salida a velocidades comprendidas entre 1-10 fps. La función de interrupción de salida puede utilizarse para poner en marcha acciones inmediatas en función de criterios de detección. El rendimiento de 64 píxeles para la medición precisa de la temperatura ofrece la posibilidad de una detección basada en la forma corporal.

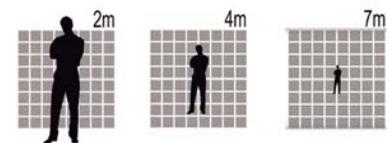


La tabla que figura arriba contiene una comparativa entre las tecnologías de detección del movimiento y GRID-EYE, donde quedan patentes las ventajas de GRID-EYE.

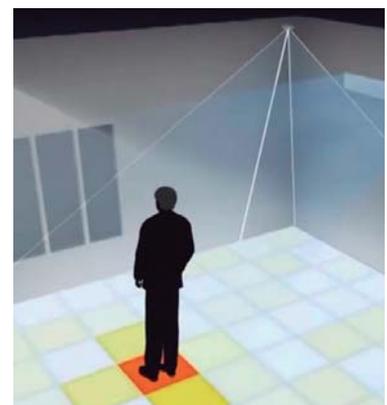
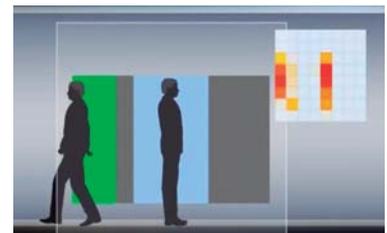
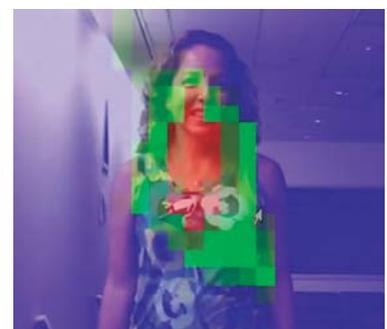
La detección de cuerpos humanos es posible gracias a la medición de temperatura sin necesidad de con-



tacto. Los distintos colores de los píxeles representan los gradientes de temperatura.



Al aumentar la distancia de detección, el tamaño de la imagen térmica del objeto detectado se aproxima al tamaño del píxel. Desde una distancia mayor, pueden diferenciarse múltiples objetos en la imagen térmica.





- Imágenes térmicas.
- Detección de posición.
- Iluminación general:
 - Ahorro energético.
 - Detección de presencia sin movimiento.
- Medición industrial de temperatura:
 - Control de procesos.
 - Medición de temperatura sin necesidad de contacto.

Con el objetivo de contribuir a un desarrollo rápido de sistemas de sensores y a su comercialización a corto plazo, Panasonic ofrece una placa de evaluación para el sensor Grid-Eye.

Esta diminuta PCB (placa de circuito impreso) Arduino contiene una interfaz de comunicación USB, el sensor, un microprocesador ATMEL y también un módulo bluetooth PAN1740 inteligente de bajo consumo.

Este kit permite un desarrollo rápido de prototipos y, combinando el sensor IR de última generación con la tecnología bluetooth, los ingenieros podrán crear en poco tiempo sus aplicaciones IoT (Internet de las cosas) con sensor inalámbrico.

El software para PC y las apps para smartphone disponibles constituyen una ayuda adicional para los desarrolladores. 📱

Al utilizar el sensor Grid-Eye desde una distancia mayor, existe la posibilidad de controlar todos los movimientos o bien de detectar diversas personas.

Al utilizar el sensor para una detección más cercana, pueden detectarse los puntos críticos del cuerpo:

Si se utiliza el sensor en el salpicadero de un coche en modo de detección cercana, Grid-Eye es capaz de detectar gestos y activar o controlar diversas funciones.

Zona de aplicación:

- Seguridad:
 - Detección de ocupantes.
 - Conteo de personas, detección de múltiples personas.
- Aplicaciones domésticas:
 - Hornos, microondas.
 - Aires acondicionados.
 - Sistemas de calefacción.
- Aplicaciones médicas:
 - Control de pacientes.
 - Detección de movimientos.

