



HISTORIA DE LA APLICACIÓN

EL RETO DE MEDIR EL CALOR A ALTA VELOCIDAD

¿Cómo se mide el calor de un objeto que se mueve deprisa o que cambia rápidamente de temperatura? Las herramientas tradicionales para medir la temperatura, como los termopares o los pirómetros puntuales, no ofrecen la resolución o la velocidad necesarias para medir todas las características de las aplicaciones térmicas de alta velocidad. Estas herramientas no son prácticas para medir un objeto en movimiento (u ofrecen una imagen incompleta de sus propiedades térmicas).

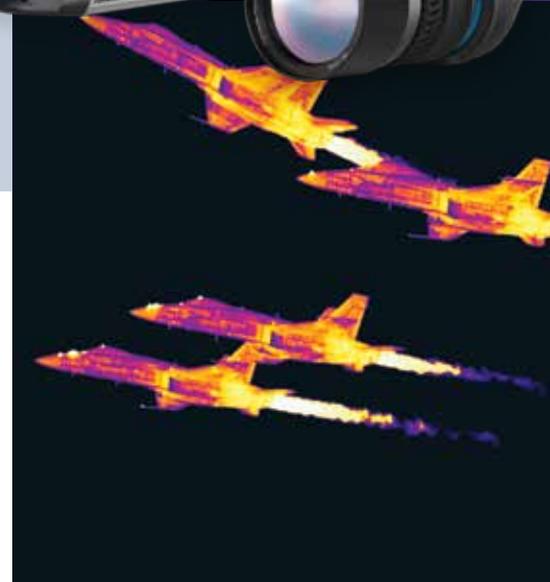
Por el contrario, una cámara de infrarrojos puede medir la temperatura en toda la escena, capturando lecturas térmicas para cada píxel. Las cámaras de infrarrojos pueden ofrecer una medición rápida, precisa y sin contacto. Si elige el tipo correcto de cámara para su aplicación, podrá recopilar mediciones fiables a alta velocidad, producir animaciones térmicas foto a foto y generar datos concluyentes para investigación.

MEDICIÓN PUNTUAL FRENTE A MEDICIÓN DE ÁREAS AMPLIAS

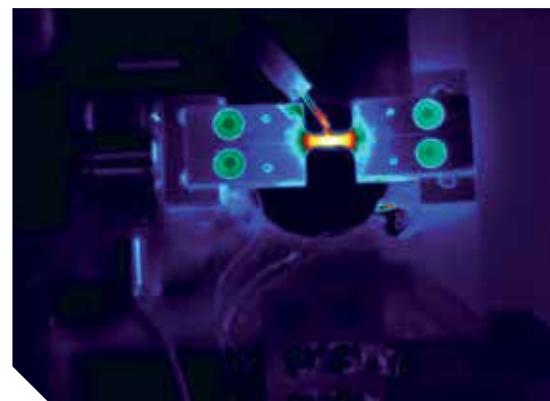
Medir la temperatura en un área amplia, en lugar de punto por punto, puede ayudar a los investigadores e ingenieros a tomar decisiones mejor informadas sobre los sistemas que están sometiendo a pruebas. Como los termopares y los termistores requieren contacto, solo proporcionan datos de una ubicación cada vez. Además, los objetos de prueba de pequeño tamaño solo admiten unos pocos termopares al mismo tiempo. Su mera colocación puede cambiar la lectura de temperatura al actuar como disipador de calor. La medición sin contacto es posible con un pirómetro (también denominado termómetro de infrarrojos (IR)),

pero como sucede con los termopares, los pirómetros miden un solo punto.

Las cámaras de infrarrojos producen imágenes a partir de la radiación emitida por los objetos que tienen una temperatura por encima del cero absoluto. Al proporcionar una medición de temperatura para cada píxel, los investigadores pueden ver y medir la temperatura en toda una escena sin contacto. Como las cámaras de IR ofrecen más datos que los termopares o los pirómetros, y pueden realizar el seguimiento de los cambios en las temperaturas con el tiempo, son muy adecuados para fines de investigación e ingeniería.



Animación foto a foto de FA-18 Hornets desde una cámara térmica refrigerada FLIR InSb



Termografía de un termopar tradicional

DETECTORES DE INFRARROJOS REFRIGERADOS FRENTE A NO REFRIGERADOS

Hay dos tipos de detectores de infrarrojos: térmicos y cuánticos. Los detectores térmicos como los microbolómetros reaccionan a la energía radiante incidental que calienta los píxeles y crea un cambio en la temperatura que se refleja en un cambio en la resistencia. Estas cámaras no requieren refrigeración y son menos costosas que las cámaras con detector cuántico.

Los detectores cuánticos refrigerados están elaborados con antimonio de indio (InSb), arseniuro de galio-indio (InGaAs) o una superred de capas tensionadas. Estos detectores son fotovoltaicos, lo que significa que los fotones golpean los píxeles y se convierten en electrones que se almacenan en un capacitor de integración. El píxel se obtura electrónicamente abriendo o acortando el capacitor de integración.

“Los detectores cuánticos son intrínsecamente más rápidos que los microbolómetros y el principal motivo para esto es que los microbolómetros tienen que cambiar la temperatura”, explica el Dr. Robert Madding, presidente de RPM Energy Associates. El Dr. Madding, pionero en el sector de los infrarrojos, tiene más de 35 años de experiencia en aplicaciones y formación de termografía de infrarrojos.

En lugar de cambiar la temperatura de los píxeles, “los detectores cuánticos añaden su energía a los electrones del semiconductor, lo que los eleva por encima de la banda prohibida de energía del detector hasta la banda de conducción”, afirma el Dr. Madding. “Esto puede medirse como un cambio en el voltaje o la corriente del detector, en función del diseño del detector. Puede ocurrir muy deprisa.”

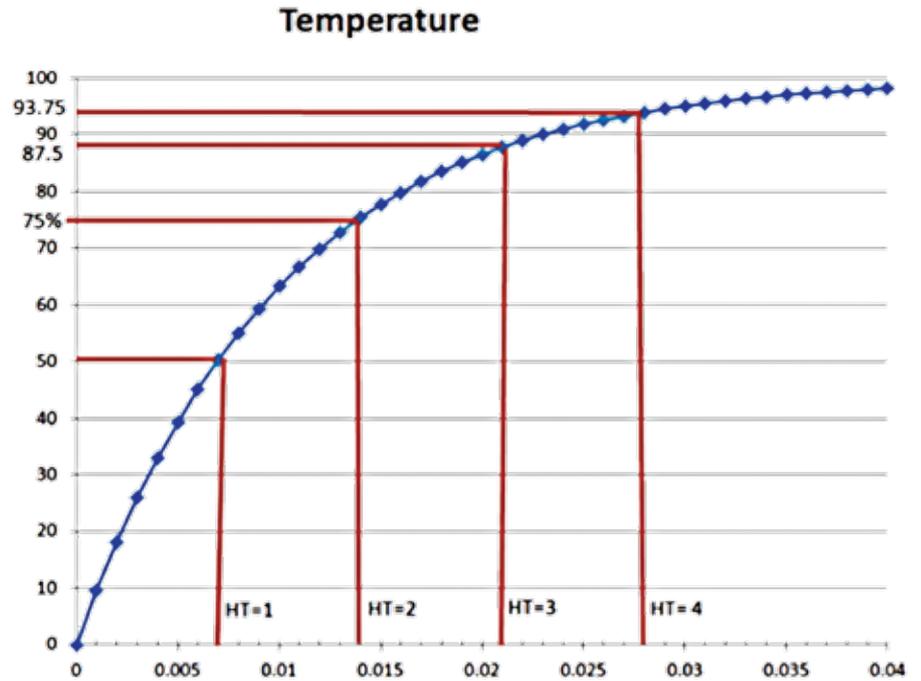


Figura 1. Respuesta del sistema a una transición de 0 °C a 100 °C, $\tau = 10$ ms, medio tiempo = 7 ms

Para una cámara de InSb como la FLIR X6900sc, los tiempos de integración típicos al medir objetos entre -20 °C y 350 °C pueden ser de tan solo 0,48 μ s. Estas “velocidades de instantáneas” tan increíblemente cortas hacen posible congelar el movimiento de las imágenes para medir con precisión transitorios muy rápidos.

En cambio, los píxeles de una cámara no refrigerada como la FLIR T1030sc se elaboran a partir de un material cuya resistencia cambia notablemente con la temperatura. Insistimos, cada píxel se calienta o se enfría físicamente. Su resistencia varía con la temperatura y puede medirse y reasignarse a la temperatura de destino mediante un proceso de calibración.

La velocidad de instantánea o “constante de tiempo” para una cámara de microbolómetro moderna suele ser de entre 8 y 12 ms. Sin embargo, esto no significa que los píxeles del sensor puedan leerse cada 8 o 12 ms. La regla de oro para un sistema de primera orden en

respuesta a una entrada en pasos es que tarde cinco constantes de tiempo en alcanzar un estado estable.

CONSTANTES DE TIEMPO Y UN EJERCICIO MENTAL

El siguiente ejercicio mental permite comprender de forma sencilla la constante de tiempo de un microbolómetro y cómo afecta a la medición de la temperatura a alta velocidad.

Pensemos en dos cubos de agua: uno está lleno de agua con hielo bien removida a 0 °C; el otro está lleno de agua hirviendo (100 °C). Apuntamos con la cámara de microbolómetro al agua helada para obtener una lectura. A continuación, cambiamos instantáneamente al agua hirviendo (una entrada en pasos de 100 °C) y trazamos la temperatura resultante.

Para este gráfico, estamos usando medios pasos de unos 7 ms cada uno para poder seguir la progresión durante las cinco constantes de tiempo más de cerca. Tras una

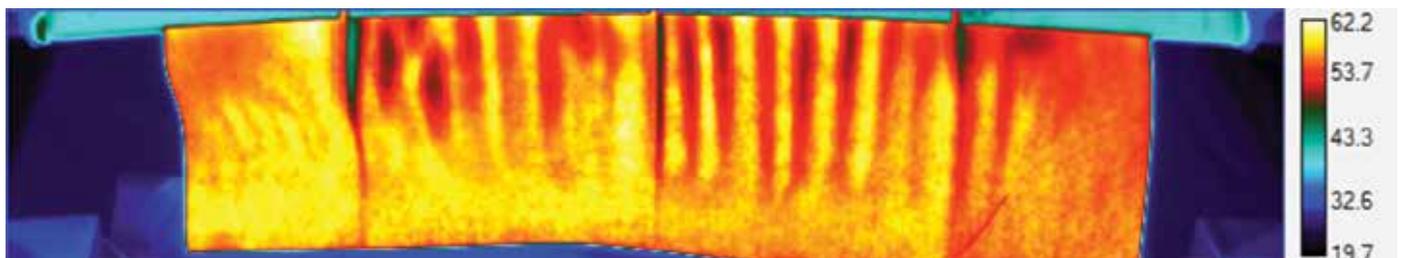


Figura 2. Imagen térmica de papel saliendo de rodillos calentados

constante de medio tiempo, el microbolómetro devuelve 50 °C (o la mitad de la temperatura real del agua hirviendo). Tras otros 7 ms, el microbolómetro devuelve una temperatura de 75 °C. Aumenta en la mitad de nuevo tras otra constante de medio tiempo hasta 87,5 °C, y así sucesivamente, acercándose a los 100 °C con cada medio paso.

Ahora, pensemos en la lectura de temperatura en un paso completo, entre 8 y 12 ms. En el gráfico, puede verse que el microbolómetro ha leído la temperatura del agua hirviendo a unos 60 °C (un error de 40 °C). La cámara sigue devolviendo con precisión la temperatura del píxel. El problema es que el píxel en sí no tuvo tiempo de alcanzar la temperatura de la escena que estaba midiendo. Aún necesita cuatro constantes de tiempo más para alcanzar una temperatura estable.

DATOS DEL MUNDO REAL

Ahora, analicemos la diferencia entre el tiempo de integración de un detector cuántico y la constante de tiempo de un microbolómetro a la hora de medir sistemas mecánicos. Nuestro primer ejemplo es un proceso de impresión que necesitaba calentar de forma uniforme una hoja de papel a lo ancho y a lo largo a 60 °C. El papel sale de los rodillos a 127 centímetros por segundo.

Se utilizaron una cámara con detector cuántico y una cámara de microbolómetro para capturar datos de forma comparativa. La figura 3 muestra que los datos de los dos tipos de cámara tienen un aspecto radicalmente diferente. Los datos del microbolómetro muestran una gran curva, relativamente estable, en la temperatura del eje longitudinal. Los datos de la cámara con detector cuántico muestran variaciones significativas de temperatura

en el tiempo. Las variaciones indican que el conjunto de rodillos calentados se enfrió a causa del contacto con el papel de la primera revolución. El controlador sí/no detectó la caída en la temperatura y volvió a activar por completo el controlador del calefactor como respuesta. Como consecuencia, el rodillo se calentó hasta alcanzar el punto definido, se apagó y el proceso se repitió. Este gráfico bastó para convencer al ingeniero de I+D de dos cosas: que se requiere una cámara con recuento de fotones para probar el producto y que es necesario implementar un sistema de control de PID en el rodillo calentado si hay que cumplir los objetivos de diseño deseados.

Para nuestro segundo ejemplo, el objetivo era congelar el movimiento de un neumático que gira a 64 km/h. Como era de esperar, el tiempo de exposición para la cámara de microbolómetro no refrigerada no fue lo

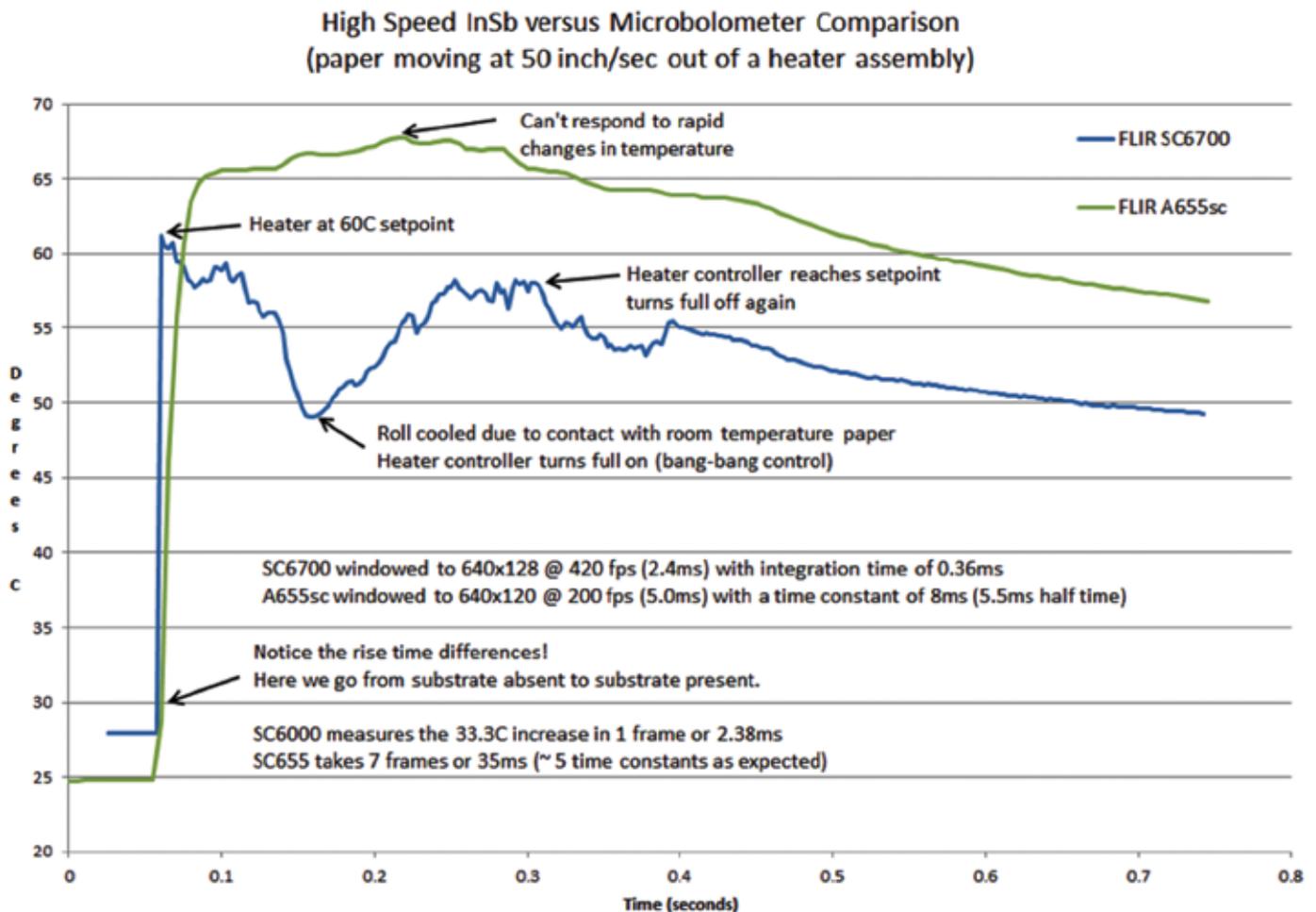


Figura 3. Detector cuántico con recuento de fotones frente a microbolómetro para transitorios térmicos

bastante rápido, lo que provocó que los radios de la rueda parecieran casi transparentes. (Consultar Figura 4)

Observe que el rápido tiempo de integración que ofrece la cámara refrigerada detuvo el movimiento de los radios de la rueda, lo que permite una medición precisa del calibre, así como las áreas de corrosión del rotor. En cambio, los radios se movían demasiado deprisa para que los pudiera grabar la cámara sin refrigeración. Cualquier medición de temperatura que se hiciera sería demasiado baja, por las interferencias de los radios borrosos.

MÁS ALLÁ DEL RENDIMIENTO DE LA ANIMACIÓN FOTO A FOTO

Además de la velocidad de instantánea, las cámaras con detector cuántico tienen una ventaja adicional sobre los microbolómetros: pueden ofrecer una resolución y una velocidad de grabación de fotograma más altas. Por ejemplo, la FLIR X6900sc captura imágenes

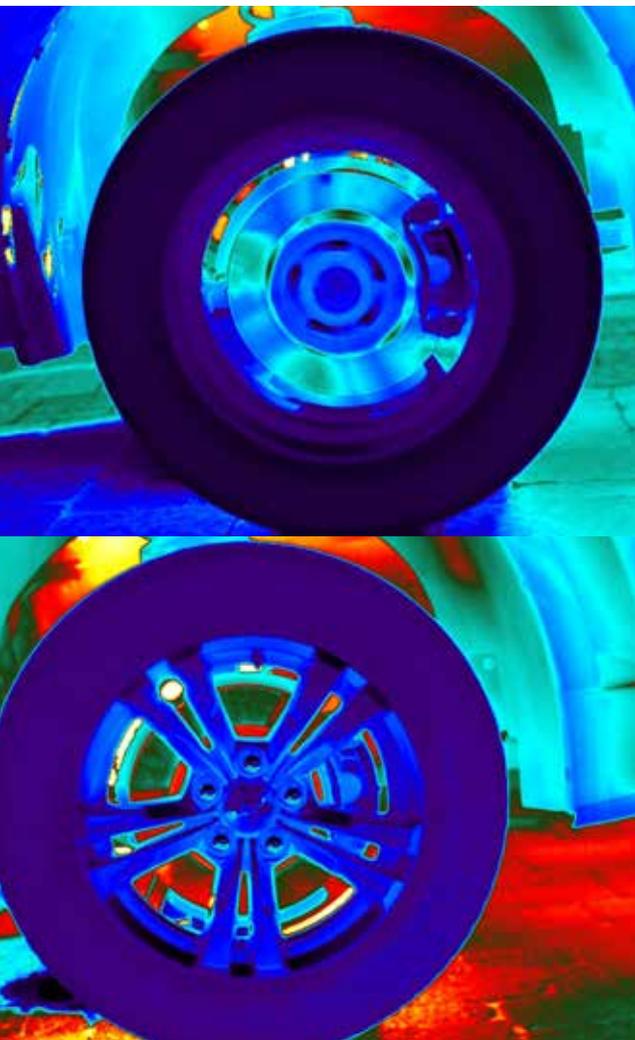
de 640 x 512 con fotograma completo a una velocidad de 1000 fotogramas por segundo (fps). Aunque muchas de las cámaras de microbolómetro más recientes ofrecen una resolución similar (640 x 480), la velocidad con fotogramas a resolución completa es de solo 30 fps. Por otro lado, el hecho de que las cámaras de microbolómetro no estén refrigeradas significa que ofrecen gran portabilidad. Esto puede resultar ventajoso en gran variedad de aplicaciones. La X6900sc y otras cámaras refrigeradas similares no son inherentemente portátiles, pero incluyen funciones como la capacidad de sincronización y activación remotas.

CONSIGA LA HERRAMIENTA ADECUADA PARA CADA TRABAJO

Como puede ver, es importante usar el detector térmico correcto para cada trabajo. Los métodos tradicionales para medir la temperatura no son prácticos para los dispositivos en movimiento o muy pequeños y sencillamente no proporcionan

información suficiente sobre cómo responden térmicamente los productos. Las cámaras de IR ofrecen la posibilidad de capturar cientos de miles de puntos de medición precisa de temperatura sin contacto en cada imagen, pero es importante elegir el detector correcto para cada aplicación. Si elige un detector con una respuesta inherentemente lenta y realiza la lectura a una velocidad de fotogramas alta, probablemente reciba datos erróneos. Por lo general, los microbolómetros pueden usarse para velocidades de fotogramas de hasta 50 fps. Para pruebas con requisitos exigentes de transitorios térmicos o velocidad de fotogramas, lo mejor suele ser seleccionar una cámara con detector cuántico refrigerado de alto rendimiento.

Figura 4. Neumático girando a 64 km/h grabado con una cámara de microbolómetro (a la izquierda) y con una cámara con detector cuántico (a la derecha)



Con o sin refrigeración, FLIR dispone de una cámara para todas las necesidades.

Para obtener más información acerca de las cámaras termográficas o acerca de esta aplicación, visite:

www.flir.com/research

Las imágenes mostradas podrían no representar la resolución real de la cámara mostrada. Las imágenes son únicamente ilustrativas.

Fecha de creación: Marzo de 2016