

Uso de sensores termales para la monitorización en el hogar

Matthew Burns,¹ Javier Medina Quero,² Chris Nugent,¹ Philip Morrow,¹ Sally McClean,¹ Macarena Espinilla²

¹Ulster University (Irlanda del Norte, Reino Unido). ²Universidad de Jaén, Departamento de Informática (Jaén, España)

Correspondencia: jmquero@ujaen.es (Javier Medina Quero)

Resumen

Un factor prioritario en el monitoreo de ambientes domésticos es garantizar la privacidad y la seguridad de los habitantes. Hay varios métodos para sensorizar un entorno con dispositivos tales como: sensores infrarrojos pasivos (PIR), sensores de consumo de energía, sensores de contactos para puertas, sensores presión para asientos/camas con acelerómetros y relojes inteligentes como ejemplos de sensores portátiles. Sin embargo, el problema de la privacidad prevalece de forma importante ante el uso de cámaras de espectro visible debido a la captura de características distintivas de una persona cuando se graban los datos, ya sea para el reconocimiento de actividades o la detección de eventos. El uso de cámaras de espectro visible y sensores portátiles puede, por lo tanto, violar los requerimientos de seguridad y privacidad necesarias siendo necesarios enfoques alternativos, pero que sigan siendo efectivos, al monitorear un hogar.

Palabras clave: Sensor Termal. Monitorización en el hogar. Privacidad. Seguridad. Detección de gestos.

Planteamiento

Un factor prioritario en el monitoreo de ambientes domésticos es garantizar la privacidad y la seguridad de los habitantes.¹ Hay varios métodos para sensorizar un entorno,² el problema de la privacidad prevalece de forma importante ante el uso de cámaras de espectro visible debido a la captura de características distintivas de una persona cuando se graban los datos, por lo que proponemos el uso de sensores termales para el reconocimiento de actividades o la detección de eventos y presentamos un caso de estudio para el reconocimiento de gestos.

Detección térmica para la monitorización en el hogar

La utilización de sensores térmicos es una tendencia en constante crecimiento dentro de los entornos inteligentes para el reconocimiento de actividades. Los sensores térmicos se pueden implementar dentro de un entorno inteligente como alternativa a las cámaras de espectro visibles. Su principal ventaja radica en eludir problemas asociados con la intrusión, que presentan las cámaras de espectro visibles. Estos objetos se pueden detectar y analizar sin la necesidad de capturar o registrar las características que distinguen y disciernen a las personas dentro de la escena.²

Las cámaras de espectro visible pueden proporcionar datos de imágenes de alto contenido que son útiles para la observación humana y la interpretación en computadores, como se discute en.³ Esto también lo proporcionan los sensores térmicos, aunque las imágenes térmicas producidas no son como

imágenes producidas por cámaras de espectro visible. Dichas cámaras producen imágenes basadas en la luz visible reflejada, mientras que las termopilas detectan la energía infrarroja (IR) de un objeto, donde, cuanto mayor es la temperatura, mayor es la energía IR. Los datos térmicos generados se pueden usar para producir una imagen en escala de grises donde los píxeles de nivel de gris más alto, es decir, los colores más claros, representa los objetos más calientes dentro del espacio.² El uso de sensores térmicos puede ser muy beneficioso como una alternativa a las cámaras de espectro visible como se presenta en.⁴

Investigaciones previas con sensores termales

Una amplia variedad de información útil para el análisis de la actividad humana puede, por sí misma, proporcionarse mediante un conjunto de sensores térmicos de 8x8 de baja potencia, sistema que se implementó en,⁵ donde se produjo una superposición de imágenes con secciones de 64 píxeles para formar "áreas" en el espacio. Estos sistemas pueden usarse para el control eficaz de un entorno, donde es vital comprender si una persona está presente en dicho entorno. Para esta tarea de discriminación entre la presencia de un habitante y su ausencia se implementaron termopilas en.⁶ El sensor midió la temperatura del espacio supervisado en 24/7, generando cuatro medidas de temperatura por segundo. La diferencia entre la temperatura del sensor real y la temperatura medida se evaluó logrando una precisión de clasificación de 96.23%.

Los sensores térmicos de baja resolución también se han utilizado, más específicamente, para el trabajo relacionado con el reconocimiento de la pose. La propuesta usada por⁷ permitió clasificar posturas de acostado y sentado en la cama, de pie, sentado y tumbado en el suelo. La presencia de una persona en la habitación también fue clasificada. Los resultados mostraron que debido a que los modelos se estaban entrenando con conjuntos de datos a una temperatura ambiente particular, cuando se usaron conjuntos de datos con temperaturas ambiente más altas, el rendimiento del modelo se redujo. Esto fue demostrado por la medida de exactitud del 90.67% y del 60.06% logradas en los dos conjuntos de datos donde la temperatura ambiente más alta registrada en cada uno fue de 25.1 °C y 29.1 °C.

El reconocimiento de una pose de fondo se implementó en,⁸ donde el video infrarrojo térmico fue utilizado como fuente de datos primaria. En este estudio, la imagen se segmentó utilizando la técnica universal de substracción de fondo. De los 46 videos de prueba, 35 fueron reconocidos apropiadamente, mostrando nuevamente que los datos térmicos, como la única fuente de datos sensoriales, son adecuados para el reconocimiento preciso de la actividad.

Un evento importante para rastrear dentro del hogar es la caída, especialmente en la gente mayor. Un estudio realizado en⁹ usó un enfoque, basado en un sensor térmico para identificar tal evento. En el trabajo, se realizó un experimento para determinar si el sensor térmico podría diferenciar entre la actividad regular dentro de la habitación y una caída simulada. El sensor fue capaz de detectar caídas, independientemente de la posición del sujeto después de la caída, con una precisión del 97.8%.

La capacidad de detectar caídas se puede utilizar para informar a los cuidadores o familiares sobre el evento. Este enfoque para reportar caídas se demuestra en.¹⁰ La persona fue monitorizada automáticamente dentro de la habitación, la cual estaba supervisada por un sensor térmico que determinaba si la imagen capturada más recientemente representaba que una persona había caído. Este enfoque para la detección y notificación de caídas en tiempo real demostró ser altamente preciso, con una precisión superior al 94%, así como para el ahorro de energía.

Una plataforma para el reconocimiento de actividades basado en la detección térmica

En nuestra investigación actual, hemos desarrollado un marco de detección térmica que proporciona un medio apropiado para el reconocimiento de gestos dentro de entornos inteligentes. Hemos establecido un entorno de prueba preliminar para validar nuestra propuesta donde el sensor Heimann HTPA 32x31¹¹ ha sido desplegado.

Los datos de la plataforma se recuperan a aproximadamente un fotograma por segundo en formato JSON desde el middleware SensorCentral.¹² En la figura 1, se observa una fotografía que muestra a una persona caída junto con la imagen de la misma escena recuperada de SensorCentral, que muestra la perspectiva del sensor térmico.

Otro ejemplo de la imagen en escala de grises producida por el sensor térmico, junto con una fotografía regular de la misma escena se muestra abajo en la figura 2.

En la figura 3, se muestra la perspectiva del sensor térmico en escala de grises junto con su correspondiente fotografía de la vista lateral.

Figura 1. Fotografía de una persona caída (arriba a la izquierda) con una captura de pantalla de la plataforma web SensorCentral (abajo a la izquierda) y la imagen producida por el sensor térmico de la misma escena (derecha)

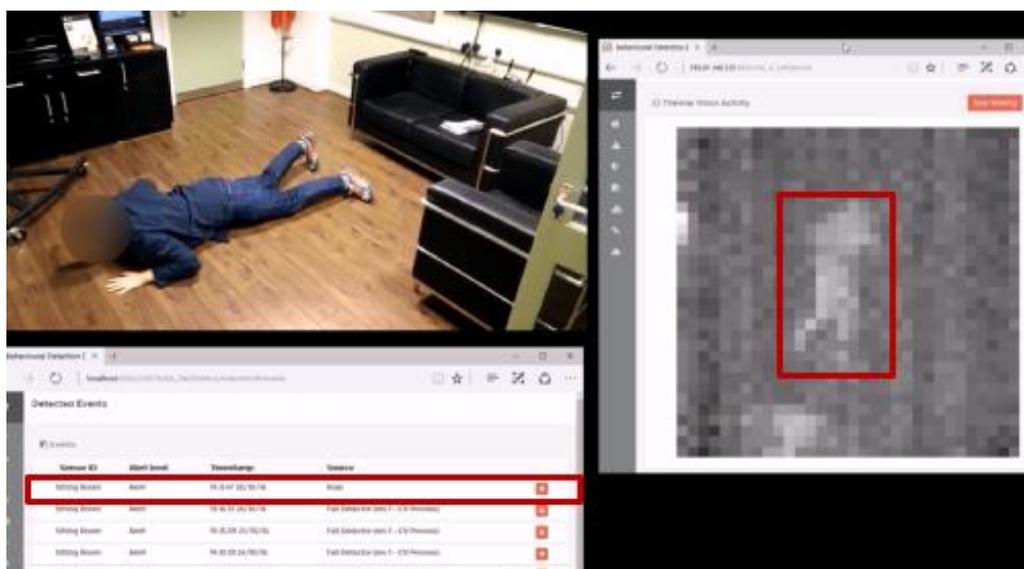


Figura 2. Fotografía de la escena supervisada (izquierda) con la imagen en escala de grises generada desde el sensor térmico (derecha)



Figura 3. Imagen de escala de grises de arriba hacia abajo generada desde el sensor térmico que muestra a tres personas en la habitación (izquierda) y la fotografía de vista lateral de la escena correspondiente de las mismas tres personas (derecha)

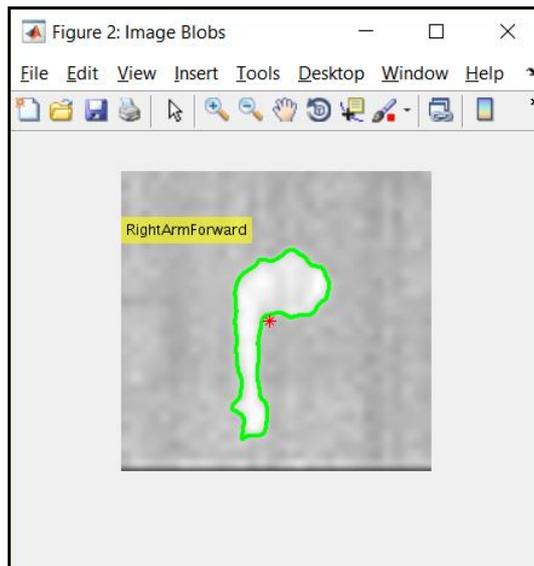


Nuestra propuesta permite utilizar los datos capturados por el sensor térmico para, a partir de cinco gestos predefinidos, predecir el gesto realizado por la persona. Comprender los gestos de la persona puede mejorar el reconocimiento de las actividades de la persona dentro del espacio supervisado. Por ejemplo, sabiendo que la persona tiene un brazo extendido

delante de la nevera, se puede deducir que la actividad que se está llevando a cabo es la apertura de la nevera.

El resultado del procesamiento de una imagen se muestra figura 4 donde la predicción del sistema está etiquetada en la figura. También se resaltan el contorno de la persona y el centroide de su forma.

Figura 4. Imagen procesada con predicción de gesto anotado



La fase de etiquetado fue realizada a varias imágenes térmicas que recogían cada uno de los cinco gestos y se calculó un vector de características para cada uno de ellos. Para cada vector de característica, también se adjuntó una etiqueta que

describía el gesto que representa el vector. Cada gesto fue representado por, en promedio, 256 vectores de características. Integradas en el algoritmo de aprendizaje automático, Random Forrest en Weka. Los resultados mostrados en la tabla 1 se

produjeron a partir de un conjunto de datos de prueba que consta de 124 vectores de características etiquetadas.

Tabla 1. Results from Weka's Random Forrest

Gestos	Precisión	Recall	F Measure
Brazos abajo	0.926	1.000	0.962
Brazo derecho hacia un lado	0.767	0.920	0.836
Brazo izquierdo hacia un lado	0.939	0.838	0.886
Brazo derecho hacia adelante	0.905	0.905	0.905
Brazo derecho hacia atrás	0.923	0.750	0.828

Conclusiones

Si bien las cámaras de espectro visible pueden lograr el importante objetivo de monitorizar el hogar, no cumplen con los requisitos de privacidad y seguridad necesarios, aunque los

Bibliografía

1. D. J. Cook, "How smart is your home?," *Science*, vol. 335, no. 6076. American Association for the Advancement of Science, pp. 1579–1581, 30-Mar-2012.
2. J. Zhou, H. Zheng, H. Wang, J. Synnott, C. Nugent, and P. Jeffers, "Thermal sensor based multi-occupancy motion tracking and visualisation in smart environments," in *Proceedings - 2015 IEEE International Conference on Bioinformatics and Biomedicine, BIBM 2015*, 2015, pp. 1497–1502.
3. D. Ding, R. A. Cooper, P. F. Pasquina, and L. Fici-Pasquina, "Sensor technology for smart homes," *Maturitas*, vol. 69, no. 2, pp. 131–136, Jun. 2011.
4. B. Bhanu, "Human Activity Recognition in Thermal Infrared Imagery," *2005 IEEE Comput. Soc. Conf. Comput. Vis. Pattern Recognit. - Work.*, vol. 3, pp. 17–17, 2005.
5. P. Hevesi, S. Wille, G. Pirkl, N. Wehn, and P. Lukowicz, "Monitoring household activities and user location with a cheap, unobtrusive thermal sensor array," in *Proceedings of the 2014 ACM International Joint Conference on Pervasive and Ubiquitous Computing - UbiComp '14 Adjunct*, 2014, pp. 141–145.
6. T. Guettari et al., "Thermal signal analysis in smart home environment for detecting a human presence," in *2014 1st International Conference on Advanced Technologies for Signal and Image Processing, ATSIP 2014*, 2014, pp. 334–339.
7. B. Pontes, M. Cunha, R. Pinho, and H. Fuks, "Human-sensing: Low resolution thermal array sensor data classification of location-based postures," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2017, vol. 10291 LNCS, pp. 444–457.
8. J. Hossen, E. L. Jacobs, and F. K. Chowdhury, "Activity recognition in thermal infrared video," in *Conference Proceedings - IEEE SOUTHEASTCON*, 2015, vol. 2015–June, no. June, pp. 1–2.
9. S. Kido, T. Miyasaka, T. Tanaka, T. Shimizu, and T. Saga, "Fall detection in toilet rooms using thermal imaging sensors," in *2009 IEEE/SICE International Symposium on System Integration (SII)*, 2009, pp. 83–88.
10. A. Hayashida, V. Moshnyaga, and K. Hashimoto, "New approach for indoor fall detection by infrared thermal array sensor," in *2017 IEEE 60th International Midwest Symposium on Circuits and Systems (MWSCAS)*, 2017, vol. 2017–August, pp. 1410–1413.
11. Heimann, "Welcome to Heimann Sensor's Website," 2018. [Online]. Available: http://www.heimannsensor.com/products_imaging.php. [Accessed: 28-May-2018].
12. J. Rafferty, J. Synnott, A. Ennis, C. Nugent, I. McChesney, and I. Cleland, "SensorCentral: A research oriented, device agnostic, sensor data platform," in *Lecture Notes in Computer Science (including subseries Lecture Notes in Artificial Intelligence and Lecture Notes in Bioinformatics)*, 2017, vol. 10586 LNCS, pp. 97–108.

sensores térmicos sí lo permiten. Hemos presentado muchas de las ventajas de la detección térmica y hemos discutido los estudios que han demostrado su utilidad y descrito el desarrollo de nuestra propia plataforma para la detección de gestos.

Los trabajos futuros incluirán la optimización de las características utilizadas para reconocer los gestos y mejorar aún más los resultados obtenidos.

Agradecimiento

Este trabajo ha sido parcialmente respaldado por el proyecto REMIND, que ha recibido financiación del programa de investigación e innovación Horizonte 2020 de la Unión Europea en virtud del acuerdo de subvención Marie Skłodowska-Curie n. ° 734355.