



Reconstrucción de objetos e imágenes con un solo pixel

Reconstruction of objects and images with a single pixel

Por Pedro David Filio Aguilar y María de Lourdes López García

Resumen: Single-pixel imaging (SPI) es una técnica experimental que ocupa un solo pixel detector para obtener la forma de un objeto sin tocarlo, a diferencia de las cámaras profesionales que utilizan millones de píxeles. Con esta técnica se pueden apreciar imágenes fuera del espectro de visión humana, como las infrarrojas y las ultravioleta, logrando que muchas áreas se beneficien de su implementación, como la industria y el diagnóstico médico. Por tanto, el estudio de SPI se ha convertido en un tema de interés para la comunidad investigadora de las áreas de óptica y visión artificial.

Palabras clave: single-pixel imaging, detector de un solo pixel, patrones de Hadamard, reconstrucción de objetos.

Abstract: Single-pixel imaging (SPI) is an experimental technique that uses a single detector pixel to obtain the shape of an object without touching it, unlike professional cameras that use millions of pixels. With this technique, images outside the spectrum of human vision, such as infrared and ultraviolet, can be perceived, benefiting many areas benefit from its implementation, such as industry and medical diagnostics. Therefore, the study of SPI has become a topic of interest for the research community in the areas of optics and machine vision.

Keywords: single-pixel imaging, single-pixel detector, Hadamard patterns, object reconstruction.

Recibido: 06/10/21 • Aprobado: 10/06/22

En el campo de la visión artificial o visión por computadora, existen muchas áreas que pueden beneficiarse de la reconstrucción de un objeto sin manipularlo físicamente, como la inspección industrial de piezas fabricadas, la resonancia magnética y el diagnóstico médico en general o la detección de objetos en campo de batalla, entre otros.

Los investigadores constantemente desarrollan diferentes técnicas de no contacto para reconstruir objetos; sin embargo, en ocasiones, estas se ven limitadas, pues cada vez más se necesita procesar mayor cantidad de información, con más velocidad e inclusive en tiempo real.

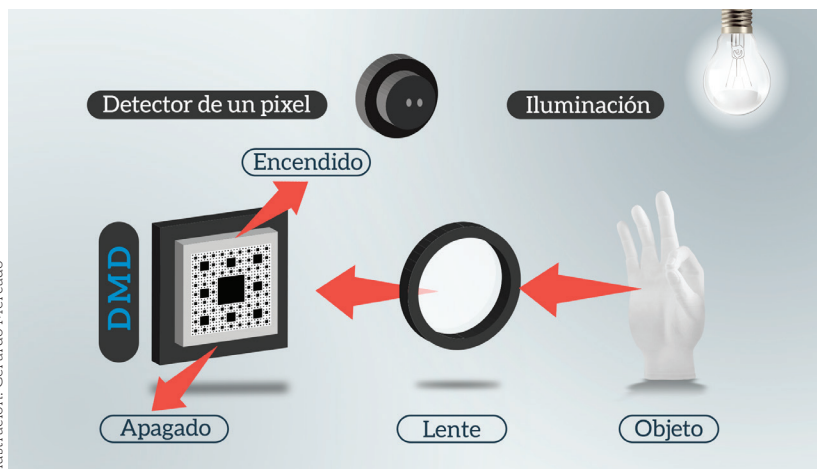
Un ejemplo de estas técnicas es la reconstrucción de objetos con luz estructurada, considerada una de las más confiables para recuperar superficies de objetos sin tocarlos; al respecto, Salvi (2010) señala que con ellas es posible recuperar la forma real en el espacio y con alta precisión.

Entre las técnicas de reconstrucción de objetos con luz estructurada encuentra un paradigma emergente llamado SPI (del inglés *single-pixel imaging*), imagen de un solo pixel. Es una tecnología que produce imágenes al escanear un objeto o escena con una serie de patrones definidos por el usuario; está equipada con un detector de pixel único y un proyector que permite obtener imágenes de alta calidad en comparación con las cámaras profesionales que ocupan una serie de millones de píxeles para capturar imágenes (Gibson, Johnson y Padgett, 2020).

¿CÓMO FUNCIONA?

Según Gibson (2020), un sistema SPI se compone por un dispositivo de espejo digital (DMD, por sus siglas en inglés), que consiste en una serie de microespejos accionados electrostáticamente con dos estados estables $+24^\circ$ y -24° desde la horizontal y que corresponden a los estados encendido y apagado, respectivamente, una lente, un detector

Ilustración: Gerardo Mercado



de un solo píxel y un convertidor de analógico a digital (ADC, por sus siglas en inglés). El objeto o imagen deseada se ilumina, y mediante una lente, se proyecta en el DMD, donde se puede utilizar una secuencia de patrones binarios (regularmente patrones de base Hadamard) mostrados en el DMD para enmascarar o filtrar la imagen, después, la luz reflejada, es decir, la imagen codificada por un patrón, es enfocada sobre el fotodetector para medir la intensidad total filtrada para cada patrón de máscara, la salida del fotodetector es enviada a un amplificador electrónico y luego digitalizada por el ADC.

El objeto o escena se reconstruye multiplicando cada patrón de la secuencia por la medición de intensidad del píxel correspondiente; el resultado es un conjunto de patrones ponderados que se pueden sumar para formar el objeto. La reconstrucción de una imagen de N píxeles en total requiere una secuencia de $M=N$ patrones diferentes; pero si las mediciones están sujetas a ruido, entonces se necesita un gran número de mediciones $M \gg$

N para lograr una buena relación señal/ruido (SNR) de la imagen final. Por tanto, es común utilizar un conjunto de patrones ortogonales como patrones de base Hadamard para medir la intensidad diferencial de cada patrón y su contraste inverso (es decir, el negativo fotográfico).

La técnica de SPI es un esquema de imagen innovador; se puede aplicar a imágenes en longitudes de onda no visibles al ojo humano, como la ultravioleta (UV) o infrarroja (IR) y a imágenes en condiciones de poca luz. Mediante su implementación, algunos investigadores han logrado obtener

imágenes extraordinarias, incluso de gas metano, que es invisible pero altamente explosivo.

De acuerdo con Edgar (2018), la principal desventaja de SPI es la baja resolución temporal. Como la técnica está limitada por el tiempo de respuesta del DMD y el número de mediciones capturadas, aún no es posible observar fenómenos que son sumamente rápidos, y por eso el SPI sigue siendo un campo prometedor y de constante investigación.

Referencias

- Gibson, Graham M., Steven D. Johnson y Miles J. Padgett (2020). "Single-pixel imaging 12 years on: a review", en *Optics Express*, vol. 28, núm. 19. <<https://opg.optica.org/oe/fulltext.cfm?uri=oe-28-19-28190&id=437999>>.
- Salvi, Joaquim *et al.* (2010). "A state of the art in structured light patterns for surface profilometry", en *Pattern recognition*, vol. 43, núm. 8. <<https://doi.org/10.1016/j.patcog.2010.03.004>>.
- Edgar, Matthew, Graham M. Gibson y Miles Padgett (2018). "Principles and prospects for single-pixel imaging", en *Nature Photonics*, núm. 13. <<https://www.nature.com/articles/s41566-018-0300-7>>.



Pedro David Filio Aguilar es ingeniero en Computación, maestro en Ciencias de la Computación y becario Conacyt en el Doctorado en Ciencias de la Computación en la UAEMéx. Se desempeña como docente en la Universidad del Ejército y Fuerza Aérea (UDEFA), en la Escuela Militar de Ingenieros.



María de Lourdes López García es doctora en Ciencias de la Computación y profesora de tiempo completo en el Centro Universitario UAEM Valle de Chalco; sus áreas de investigación son criptografía, seguridad de la información y visión artificial.