

“RECUPERACIÓN DE CONTORNO Y RELIEVE DE OBJETOS MEDIANTE PROYECCIÓN DE AUTOIMAGENES”

J. Mauricio Flores M., J. A. Rayas, Daniel D. Aguayo, R. Rodríguez-Vera, Amalia Martínez

Departamento de Metrología Óptica, Centro de Investigaciones en Óptica A. C.
Loma del Bosque No. 115 Col. Lomas del Campestre 37150, León, Gto. México.

jmflores@cio.mx

RESUMEN

Una de las técnicas ópticas para la recuperación de la forma de objetos tridimensionales, se basa en la proyección de franjas de Talbot¹ sobre la muestra. La técnica se fundamenta en el hecho de que la superficie bajo estudio ocasiona que las franjas proyectadas sufren desviaciones en su trayectoria proporcionales al relieve del objeto. Aplicando²: a) método directo, b) técnica de desplazamiento de fase mediante la rejilla generadora de auto imágenes y c) técnica de desplazamiento de fase mediante una rejilla sintética, se obtiene la información de la fase y la fase desenvuelta que es modulada por el contorno del objeto. Se presentarán los resultados preliminares obtenidos.

I. INTRODUCCIÓN

En el transcurso de los últimos años, las técnicas ópticas no invasivas han sido ampliamente desarrolladas y utilizadas para la caracterización, recuperación de forma, así como la medición de deformaciones y fracturas de objetos tridimensionales sometidos a esfuerzos mecánicos o térmicos. Dichas técnicas ópticas tienen la gran ventaja de ser un sistema de medición de campo completo además de alta resolución.

Una de las técnicas utilizadas para la recuperación de la información del contorno de objetos 3-D se basa en la metrología de moiré, cuyo principio físico es la superposición de dos rejillas (Fig. 1), donde una de las rejillas se distorsiona debido a la deformación o a la forma del objeto bajo estudio siendo esta proporcional a la cantidad física que se desea medir; la otra rejilla no sufre distorsión alguna y se le conoce como rejilla de referencia¹. Matemáticamente tiene una gran semejanza con el análisis que se realiza a los patrones de interferencia.

Chavel y Strand³, han descrito un método basado en las imágenes de Talbot para determinar la información de profundidad o contorno de objetos a partir de planos de referencia. El principio de la interferometría de moiré basada en la proyección de auto imágenes o franjas de Talbot, se fundamenta en el hecho de que las rejillas de difracción tienen la singular propiedad de que cuando se iluminan con una haz de luz coherente y monocromático, se forma una imagen fiel de ellas sin necesidad de lentes si se coloca una pantalla o se le observa a cierta distancia, tal como se muestra en la figura 2. Este efecto es llamado de auto imagen o efecto Talbot⁴. La información acerca del contorno se obtendrá a partir del mapa de fase aplicando algoritmos para la extracción de la fase tales como el método directo, el corrimiento de fase y corrimiento de fase con la ayuda de una rejilla sintética para obtener un patrón de moiré.

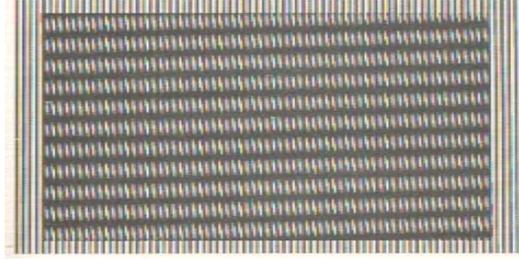


Figura 1. Patrón de Moiré formado por dos rejillas idénticas desplazadas por un pequeño ángulo θ e iluminadas por luz difusa.

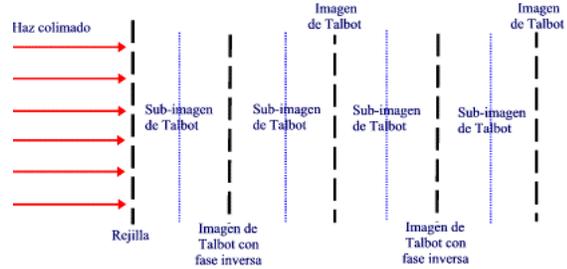


Figura 2. Formación de franjas de Talbot sobre una superficie.

II. Contorneo por proyección de franjas de Talbot

La técnica utilizada para obtener el contorno 3-D del objeto bajo estudio, se basa en el método llamado Topografía de Moiré por Proyección de Talbot. El esquema implementado en el laboratorio se muestra en la figura 3. Una rejilla es iluminada con un haz colimado obteniendo autoimágenes en las distancias de Talbot. El objeto bajo estudio es colocado en una de las distancias de Talbot. La autoimagen de la rejilla es deformada de acuerdo al contorno del objeto. Un juego de espejos E1 y E2 son utilizados para dirigir la autoimagen de la rejilla al objeto. Un microscopio estereo se acopla a una CCD para observar objetos de pequeñas dimensiones y las franjas proyectadas sobre el mismo. La imagen capturada por la CCD se envía a la computadora para realizar el procesamiento digital de las franjas y de esta forma obtener la información de la fase y recuperar el contorno del objeto.



Figura 3. Arreglo experimental implementado en el laboratorio.

De acuerdo a Rodríguez-Vera¹, la profundidad del objeto está dado por:

$$\Delta z = \frac{1}{v \sin \beta} \quad (1)$$

donde $v = 1/p$ y corresponde a la frecuencia de la rejilla, β es el ángulo entre la dirección de observación e iluminación.

IV. Resultados Experimentales.

El arreglo experimental es mostrado en la figura 5, donde se utilizó un láser de He-Ne de 4mW de potencia y una longitud de onda de 633nm. El microscopio estereo cuenta con una lente auxiliar preamplificadota de 0.3x. El objeto que se analizo fue una pequeña letra con relieve en una tapa plástica cuyas dimensiones físicas del carácter, son de aproximadamente 0.5mm por 0.5mm de área.

La frecuencia de la rejilla Ronchi es de 250 LPI (9.843 líneas/mm), lo cual corresponde a un periodo de 0.102mm. El ángulo de observación medido directamente del arreglo da como resultado 32.471° y en el plano de Talbot 33 a una distancia de 54cm aproximadamente de la rejilla generadora de las auto-imágenes. La figura 4a, muestra la fase obtenida del objeto al aplicar el algoritmo del método directo; 4b muestra la fase del

método de corrimiento de fase a la rejilla generadora de las auto-imágenes; 4c proporciona la fase al aplicar el método de desplazamiento de fase a la rejilla sintética. La figura 5 muestra el resultado del contorno y relieve del objeto después de aplicar el algoritmo de desenvolvimiento de fase a cada uno de los algoritmos implementados para obtener la información de la fase, donde las unidades de medida están dadas en píxeles.

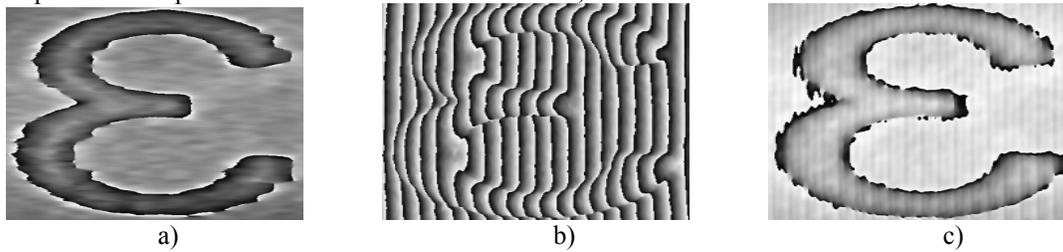


Figura 4. a) Fase envuelta obtenida por el método directo, b) fase envuelta del algoritmo de corrimiento de fase de 4 pasos, c) fase envuelta del algoritmo de corrimiento de fase de 4 pasos en la rejilla sintética.

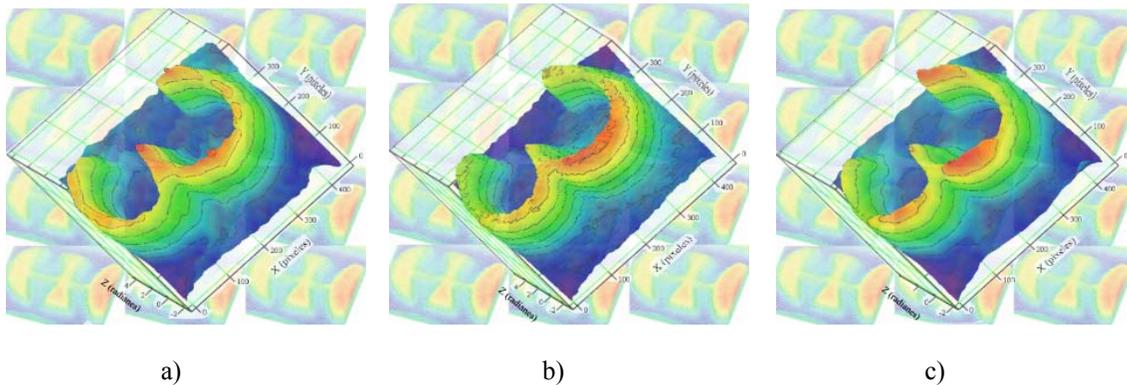


Figura 5. Contorno y relieve del objeto bajo estudio después de aplicar el algoritmo de desenvolvimiento de fase: a) fase desenvuelta a partir del método directo, b) fase desenvuelta obtenida del corrimiento de fase en la rejilla, c) fase desenvuelta calculada desde el corrimiento de fase en la rejilla sintética (franjas de moiré).

Desenvolviendo la fase obtenida por el método directo, el resultado calculado a partir de la ecuación 1, muestra un valor de Δz de 0.223mm el cual esta compensado en un factor de ajuste debido al procesamiento de los datos y a la generación de la rejilla sintética. Utilizando una máquina de medición por coordenadas, la altura obtenida es de 0.248mm. Si se toma como referencia el resultado arrojado por la máquina de coordenadas el cual es un equipo calibrado, obtenemos un error en la medición de aproximadamente 6.85% con respecto al dato obtenido por la técnica óptica aquí descrita. Para el caso de la fase obtenida por el corrimiento de fase de 4 pasos, el Δz obtenido fue de 0.279mm, dando un error con respecto al resultado de la máquina de coordenadas, de 16.12%. Por último, para el corrimiento de fase a partir del patrón de moiré se obtiene un resultado de Δz igual a 0.202mm y un error con respecto a la máquina de coordenadas de 14.91%.

V. Conclusiones

Se presento un análisis de la técnica óptica de auto-imágenes de Talbot para la obtención de la forma y relieve de un pequeño objeto tridimensional, utilizando para ella tres formas diferentes para recuperar la información. Los estudios realizados muestran, haciendo una comparación con los resultados obtenidos utilizando una máquina de medición por coordenadas, que el método con un error menor fue el directo. Sin embargo, no hay que perder de vista que dichos resultados son perfectibles y dependen de la resolución que proporcione el interferómetro fuera de plano montado en el laboratorio. Dichas pruebas estarán influidas directamente por el poder de los algoritmos que desenvuelven la fase ya que estos siempre tienen un error intrínseco a ellos además de que entre mejor sean la calidad de franjas proyectadas por la rejilla y capturadas por la CCD mejorara la precisión en los resultados.

Agradecimientos

Los autores agradecen a CONACYT y al CONCYTEG por el apoyo económico de sus proyectos.

Referencias

1. R. Rodríguez-Vera, D. Kerr, F. Mendoza Santoyo, "3-D contouring of diffuse objects by Talbot-projected fringes", *Journal of Modern optics*, Vol. 38, 1991, pp. 1935-1945.
2. L. Ortega González, "Técnicas de Análisis de Franjas en Interferometría", Tesis profesional, CIO, 1994.
3. P. Chavel, T. C. Strand, *Appl. Optics*, Vol. 23, 1984, pp. 862.
4. D. Malacara, "Óptica Básica", Fondo de Cultura Económica, México 1989, pp. 378-379.