



XVII encuentro
Participación de la
Mujer
en la Ciencia



Investigación de la equivalencia entre cofaseo físico y numérico de frentes de onda con aplicación a perfilometría digital

Manuel Servin¹, Moises Padilla¹, Gonzalo Paez¹ y Guillermo Garnica¹

¹ Centro de Investigaciones en Óptica, A. C.. mservin@cio.mx

La perfilometría por proyección de franjas (PPF) es una técnica bien conocida desde hace años¹. Tradicionalmente, PPF usa un solo proyector de franjas más una cámara digital con cierto ángulo entre ellos¹. Las franjas proyectadas se modulan por la topografía del objeto. Desafortunadamente, la proyección de franjas sobre el objeto genera sombras de auto-oclusión (el propio objeto obstruye la luz del proyector)¹⁻³. En estas regiones de sombra no hay franjas, por lo tanto, no se puede digitalizar el objeto ahí. Podríamos reducir las sombras reduciendo el ángulo entre el proyector y la cámara, sin embargo, esto también reduciría la resolución del sistema. Una mejor alternativa es usar un segundo proyector simétricamente posicionado respecto a la cámara para iluminar las áreas sombreadas del primer proyector y viceversa³. Sin embargo, una vez demoduladas las fases, su suma simple no arroja los resultados esperados. En analogía con los grandes telescopios segmentados, la suma de fases debe implementarse de manera coherente⁴. El Gran Telescopio de Canarias (10.4m de diámetro), el Telescopio Keck (10m), o el Telescopio Espacial James Webb (6.5m) son ejemplos notables. Estos espejos segmentados usualmente forman una gran parábola. Los segmentos de esta parábola gigante deben estar cofaseados con una precisión superior a $\lambda/20$ (menos de 30nm) para que la imagen del telescopio use todo el poder de resolución del gigantesco espejo segmentado⁴. En este trabajo, usamos algoritmos de corrimiento de fase (PSA) en su formulación analítica para demodular los patrones de franjas preservando amplitud y fase²⁻³. Así, en lugar de sumar directamente las fases demoduladas de cada proyector, usamos dicha formulación analítica para sumarlas coherentemente, es decir cofasearlas. De esta forma, realizamos el cofaseo numérico en perfilometría digital. Con la suma coherente de las dos señales analíticas obtuvimos una topografía más completa del objeto, minimizando las zonas ocluidas, y con una mejor razón señal sobre ruido. En conclusión, el cofaseo en perfilometría digital es numérico, no físico. Sin embargo, el modelo matemático es el mismo. En este trabajo de investigación demostramos la equivalencia de estas dos formas de cofaseo, la física y la numérica, y su aplicación en perfilometría digital.

1. M. Takeda, H. Ina* and S. Kobayashi, "Fourier-transform method of fringe-pattern analysis for computer-based topography and interferometry," *J. Opt. Soc. Am.*/Vol. 72, 1, 1982, pp. 156-160.

2. M. Servin, J. A. Quiroga, M. Padilla, *Fringe Pattern Analysis for Optical Metrology*, WILEY-VCH (2014).

3. M Servin, G Garnica, JC Estrada, A Quiroga, "Coherent digital demodulation of single-camera N-projections for 3D-object shape measurement: Co-phased profilometry," *Optics Express* 21, 21, 2013, pp. 24873-24878.

4. G. Paez and M. Strojnik, Telescopes, in *Handbook of Optical Engineering*, 2000, pp 207-262.