

Phase – Shifting y procesamiento de señal

Federico, A.

Centro de Investigación y Desarrollo en Física (CEFIS)

Los sucesivos y rápidos avances en el campo tecnológico, hace que se incremente aún más la brecha entre aquellos laboratorios que pueden acceder a técnicas cada vez más precisas (y por consiguiente atacar muchos más problemas con éxito), y los demás, donde por numerosas causas se ven imposibilitados en obtenerlas. Una de las maneras que se propuso el CEFIS para que esta brecha no sea tan pronunciada, consiste en manejar herramientas y conocimiento científico, que puedan ser rápidamente aplicados a distintos procesos tecnológicos que a priori parecerían no tener ninguna relación entre ellos. El otro ítem a desarrollar, es la vinculación cada vez más estrecha con otros grupos de investigación de remarcada trayectoria, o sea, bien consolidados. Lo que permite compartir conocimientos, recursos humanos y de equipamiento, como así también generar proyectos compartidos que involucren subsidio externo.

En este marco de trabajo, surgió la necesidad de abordar las ramas de conocimiento dedicadas a las técnicas que involucren procesos del tipo phase-shifting, interferometría de baja coherencia y procesamiento de señales. Es ampliamente conocido el empleo de estas técnicas y cada vez son más los usos y los campos en donde éstas se aplican.

Los distintos procesos interferométricos tienen una naturaleza física que les es común, y el análisis de las imágenes que resultan de estos procesos, tienen características similares que pueden ser decodificadas y analizadas utilizando análogos procedimientos de procesamiento de señal. Por ejemplo, la técnica matemática y de trabajo no cambian en esencia si se quiere filtrar imágenes contaminadas con ruido coherente, si éstas provienen de un tomógrafo óptico coherente analizando una retina, o si ésta fue obtenida por un radar de apertura sintética (SAR) clasificando y cuantificando la vegetación de un valle, o si pertenece a un interferograma de speckle midiendo la deformación de una carrocería de un automóvil sometido a vibraciones.

Dada la extensa gama de aplicación metrológica y la rápida implementación industrial que tienen los sistemas de interferometría de speckle, hacia fines del año 1999 se propuso trabajar en conjunto con el grupo de investigación de Metrología Óptica (Inst. de Física de Rosario – CONICET) en el área de reducción del ruido coherente usando wavelets, con el objeto de posibilitar el procesamiento de interferogramas degradados con distribuciones de speckle de tamaño arbitrario. Para poder atacar el problema se desarrolló un modelo de generación de franjas sintéticas que permitiera evaluar la performance del filtrado, y sobre todo tener una comparación con los modelos tradicionales de FFT. Los primeros resultados hallados fueron publicados en [1]. Aquí fundamentalmente se presentó una técnica propia, denominada "level-dependent removal method", donde se consiguió no solo eliminar la transformación logarítmica, sino que a la vez se obtuvo una performance superior en el filtrado y para distintas distribuciones del tamaño de speckle.

Si bien esta última técnica consiguió resultados superiores a los conocidos, fue necesario realizar un estudio comparativo con diferentes métodos de nivel y con diferentes bases wavelets, ya que por ejemplo la experiencia obtenida por otros autores en SAR, ponen en evidencia la superioridad de bases wavelets bi-ortogonales. Los resultados de este trabajo fueron publicados en [2], confirmando el avance propuesto por nuestra técnica.

Habiendo obtenido una experiencia importante en el uso de transformadas wavelet, y ya que se tiene la capacidad de filtrado, se propuso la continuación del trabajo en la aplicación de esta metodología para la obtención del mapa de la fase en procesos interferométricos de phase-shifting. Es conocido el hecho de que la transformada wavelet continua, puede obtener el mapa de fase que resulta de la codificación del proceso de correlación de franjas. Una de las ventajas fundamentales del uso de la transformada wavelet continua

en el proceso de phase retrieving, es que no necesita de un preproceso de phase unwrapping. El cual es complejo y puede llegar a ser muy dificultoso de realizar. Sin embargo, no se han llevado a cabo estudios que determinen la influencia de las fuentes de errores más comunes cuando esta metodología es aplicada para analizar este tipo de franjas de interferencia. Lo cual resulta ineludible en el campo de la metrología óptica.

El análisis y la cuantificación de algunas de las fuentes de errores más importantes fue hecho y comunicado en [3]. Aquí se determina la precisión obtenida con la dependencia del filtrado, la extensión del patrón de franjas en bordes, y se analiza la influencia del comportamiento del límite asintótico de la señal de intensidad en la aproximación de fase estacionaria. Una de las ventajas que presenta éste método respecto de los conocidos hasta el momento, es su gran habilidad para medir fenómenos dinámicos usando todo el campo óptico. Este incluye los métodos de interferometría clásica, holográfica de speckle y proyección de franjas, y moiré. Además de ser una alternativa válida en ambientes fuera del laboratorio, como ser ambientes industriales.

En este sentido, para la aplicabilidad del método fue necesario hacer un estudio sobre la performance del mismo además de evaluar su precisión. Este fue realizado sobre franjas del tipo paralelas y los resultados hallados fueron publicados en [4], donde se demostró una importante mejora en la precisión obtenida respecto a otros métodos de análisis conocidos. Aquí mostramos también que, el método falla en objetos de test que presentan fisuras o agujeros, o producen suaves variaciones en la señal de fase. Además, no sólo el procedimiento de extensión de franjas en bordes modifica el espectro de la señal, sino que el método considera la influencia de pixels vecinos, incrementando la diferencia respecto de los gradientes de fase de la imagen original, quedando así estos items como trabajo a futuro.

Cuando el patrón de franjas en interferometría digital de patrones de speckle (DSPI) es cerrado, el método de la transformada de Fourier es el comúnmente empleado cuando se desea obtener el mapa de fase codificado. Aquí se hace necesario introducir franjas portadoras en el patrón para eliminar la ambigüedad en el signo que aparece en la distribución de fase. La ventaja en el uso del método de la transformada wavelet continua, es que no sólo no presenta ambigüedad en el signo sino que además no es necesaria la in-

roducción de franjas portadoras en el interferómetro. Esto motivó a trabajar en la evaluación del método para la medición de fase en DSPI cerrado. Los resultados aquí obtenidos fueron comunicados en [5], donde se probó la eficacia del método, y se mostró además la pérdida de precisión en entornos de puntos de fase estacionaria.

Mediante la experiencia adquirida a través de los trabajos aquí reseñados, se comenzaron los estudios en interferogramas del tipo dinámicos, aplicados específicamente al estudio de vibraciones.

Referencias

- [1] Federico A., and G. Kaufmann, "Speckle noise reduction in ESPI fringes using wavelet shrinkage", in: Interferometry in speckle light. Theory and applications, Proc. of the Int. Conf. 25-28 september 2000, Lausanne, Switzerland. Springer (397-404).
- [2] Federico A., and G. Kaufmann, "Comparative study of wavelet thresholding methods for denoising Electronic Speckle Pattern Interferometry fringes", Opt. Eng. 40, 2598-2604, (2001).
- [3] Federico A., and G. Kaufmann, "Phase retrieval in Electronic Speckle Pattern Interferometry using the continuous wavelet transform". Vol. SPIE 4419-37, (2001).
- [4] Federico A., and G. Kaufmann, "Evaluation of the continuous wavelet transform method for the phase measurement of Electronic Speckle Pattern Interferometry fringes". Opt. Eng. Aprobado para su publicación, (2001).
- [5] Federico A., and G. Kaufmann, "Evaluation of the continuous wavelet transform method for phase measurement in Digital Speckle Pattern Interferometry". SPIE. Aprobado para su publicación, (2002).

Para mayor información contactarse con:

Alejandro Federico – federico@inti.gov.ar

[Volver a página principal](#) ◀