UNIVERSIDAD SIMÓN BOLÍVAR

COORDINACIÓN DE FÍSICA

# Informe de Avance de Tesis de Maestría (septiembre – diciembre 2010)

Estudiante: Ing. Nicolás Veloz Savino

Tutor: Dr. Rafael Escalona.

\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_\_

En el presente trabajo se expondrán los avances obtenidos en el proyecto: Control de vibraciones mecánicas en un sistema interferométrico. El objetivo principal de este proyecto es mejorar el contraste entre las franjas claras y oscuras de los interferogramas a través de la reducción del efecto producido por las vibraciones mecánicas en el sistema.

|  |
| --- |
|  |
| Figura : Esquema del sistema a controlar y del sistema de retro-alimentación |

Entre los avances realizados, se encuentra la obtención del espectro de las vibraciones mecánicas, la simulación de estas vibraciones en el software desarrollado, el desarrollo de un algoritmo de control para aumentar el contraste y la simulación de resultados con el algoritmo propuesto.

## Espectro de las vibraciones

Con el uso de un micrófono de computadora pegado a un mesón del laboratorio, se grabó en el software libre Audacity [[1](#_ENREF_1)] por una duración de 1 minuto aproximadamente. El audio registrado fue procesado y se realizó la transformada de Fourier para observar el espectro frecuencial [[2](#_ENREF_2)]. Este procedimiento se realizó varias veces con los distintos equipos del laboratorio apagados o encendidos, para tratar de identificar las fuentes de los picos frecuenciales. Se obtuvo la siguiente imagen para cuando los aires acondicionados, las luces y el deshumidificador se encontraban apagados, solo quedaba encendida la computadora para registrar los datos

|  |
| --- |
| espectro del ruido.emf |
| Figura : Espectro de las vibraciones obtenidas con un micrófono de audio. Todo apagado excepto la computadora |

Se observan picos a bajas frecuencias, principalmente en armónicos múltiplos de 30 Hz. Para imágenes interferometricas tomadas con una cámara real a 30 fps (frames per second), se observó que la disminución de contraste era constante en el tiempo; si las vibraciones tienen unas componentes frecuenciales en múltiplos de la frecuencia de muestreo de la cámara entonces se puede observar que el resultado de la integración de la cámara es constante en el tiempo.

## Sistema de control

Se propuso un sistema de control adaptativo [[3](#_ENREF_3)] : durante el tiempo de integración de la cámara se introducen señales gaussianas en tiempo, de amplitud y ancho aleatorio, inicialmente centradas en el tiempo 0, en cada imagen se va desplazando de modo de cubrir todo el tiempo de integración. Si en algún momento se obtiene un contraste de al menos 95% del mejor contraste obtenido, se promedian 3 imágenes con la misma señal antes de seguir desplazando; luego de haber llegado al final del desplazamiento, se procede a hacer un barrido de amplitud en caso de que el mejor promedio calculado supere el mejor contraste obtenido o calculado anteriormente. El barrido se realiza desde una amplitud de 0 hasta el doble de la amplitud original, el procedimiento se reitera, y al finalizar el barrido se realiza un barrido del ancho desde 0 hasta el doble del ancho original; finalizado este se suma a una señal de control la mejor combinación de amplitud, ancho y desplazamiento que obtuvo el mejor contraste, se repite el procedimiento utilizando como base la señal de control.

El diagrama de flujo del proceso es el siguiente

|  |
| --- |
| algoritmo.png |
| Figura : Diagrama de flujo del sistema de control |

El sistema de control es un algoritmo adaptativo que mezcla búsqueda aleatoria con búsqueda secuencial, se basa en un algoritmo genético el cual realiza una búsqueda aleatoria con sesgo hacia las mejores soluciones; sin embargo en los algoritmos genéticos se evalúan las posibles soluciones de forma paralela y según los criterios y mecanismos de selección se crean nuevas generaciones, buscando que las mejores soluciones traspasen sus “genes” [[4](#_ENREF_4)]. Puesto que en el sistema utilizado no es posible probar múltiples soluciones de forma paralela, el algoritmo propuesto utiliza la ergodicidad de las observaciones para probar distintas soluciones de forma secuencial, iniciando con señales aleatorias; si al ser evaluadas dan un buen resultado, se busca introducir pequeñas modificaciones para buscar la mejor solución posible.

## Simulador y Resultados

Se agregó la capacidad al simulador para generar vibraciones mecánicas con componentes frecuenciales, con esto se logró una forma de reproducir algunos picos en frecuencia observados en las mediciones de las vibraciones.

La diferencia entre los caminos ópticos para cualquier punto de la muestra  viene dada por la siguiente ecuación



Donde  es la profundidad de la muestra,  es la apertura del piezoeléctrico y  es la amplitud de las vibraciones mecánicas.



La apertura del piezoeléctrico se puede dividir en dos partes, una parte estática  correspondiente a la fase arbitraria y una parte dinámica correspondiente a la señal de control .

Con el uso del simulador se generó un sistema con una fuente de espectro gaussiano de longitud de onda central de 546,1 nm y 10 nm de ancho espectral que es introducida en un interferómetro que contiene una muestra muy pulida, para generar franjas en el interferograma [[5](#_ENREF_5)]. La adquisición de las imágenes se realiza con una cámara a color de 30 cuadros por segundo. Se fijó la parte estática de la apertura del piezoeléctrico en cero , mientras que para las vibraciones mecánicas  se introdujo un ruido aleatorio con componentes frecuenciales de harmónicos múltiplos de 30Hz.

Utilizando el sistema de control propuesto, se realizaron simulaciones con el control trabajando por 60 s; se fue registrando el contraste de cada imagen simulada [[6](#_ENREF_6)]. El resultado obtenido fue que se logró una mejora significativa en el contraste de las franjas tras activar el control. La evolución del contraste se puede observar en la siguiente gráfica:

|  |
| --- |
| plana2.emf |
| Figura : Gráfica del contraste en el tiempo |

Se observa que durante el proceso de adaptación del control se van probando distintas soluciones, algunas de las cuales no son efectivas mientras que otras logran aumentar el contraste; al desactivar el proceso de adaptación ya no se buscan nuevas soluciones y se quedan con las mejores soluciones obtenidas. El contraste final tuvo un promedio de , mientras que el contraste inicial tiene un promedio de , lo que implica en una mejora del .

A continuación se observan dos interferogramas correspondientes al mismo sector de la muestra, el primero tomado sin el control, mientras que el segundo se obtuvo con el control ya adaptado.

|  |  |
| --- | --- |
| bajo contraste.png | alto contraste.png |
| Figura : Comparación de interferogramas | |

Se observa que la imagen de la derecha posee mayor nitidez que la de la izquierda, evidenciando que la mejora de contraste obtenida es apreciable.

## Trabajo futuro

A continuación se presentan las etapas a seguir en el desarrollo del presente proyecto:

* Nueva obtención del espectro del ruido con un acelerómetro
* Revisión y mejoras al sistema de control propuesto
* Desarrollo de la implementación en el sistema real

# Bibliografía

1. Mazzoni, D., *Audacity*. 2010, Sourceforge.

2. Oppenheim, A., A. Willsky, and S. Nawab, *Signals and systems*. 1997: Prentice Hall.

3. Sastry, S. and M. Bodson, *Adaptive control: stability, convergence, and robustness*. 1989: Prentice Hall.

4. Gen, M. and R. Cheng, *Genetic algorithms and engineering optimization*. 2000: Wiley.

5. Hariharan, P., *Basics of Interferometry*. Second Edition ed. 2003, Sydney: Academic Press.

6. Gasvik, K.J., *Optical Metrology*. Third Edition ed. 2002, West Sussex, England: John Wiley & Sons Ltd.