

Procesamiento de señal LIGO-VIRGO

Patricio Contreras Bruna,

Escuela de Ingeniería Eléctrica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso, Valparaíso, Chile

Abstract—En el presente documento se muestra el procesado de archivos de datos originales provenientes de la colaboración LIGO-VIRGO, representados con una gran cantidad de ruido foreground, donde se utilizan distintas aproximaciones para la correcta aislación de la señal de interés, siendo esto mediante la implementación de ventanas, un filtro Butterworth y resampling de la señal recuperada.

Index Terms—Datos, Foreground, Ruido, Filtro Butterworth, Resampling.

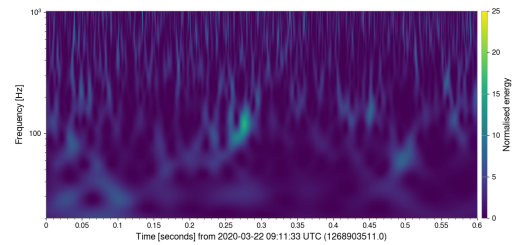


Fig. 1. Escalograma de detección evento GW200322_091133

I. INTRODUCCIÓN

EN los avances más importantes del estudio del universo, el más importante ha sido la posible detección de las ondas gravitacionales que se encuentran en este. Este logro fue posible gracias a la colaboración de dos importantes experimentos: LIGO y VIRGO. Donde, a partir de que las señales cósmicas que son generadas a partir de eventos astronómicos de gran magnitud tales como, la fusión de agujeros negros, supernovas o sistemas de estrellas binarias. Estos eventos extremadamente violentos producen perturbaciones en el espacio-tiempo, y estas se propagan a través del universo en forma de ondas. Debido a que estas perturbaciones se propagan a millones de años de distancia, y la perturbación que producen en nuestro campo gravitacional es tan baja se tuvo que esperar mucho tiempo hasta que se pudiera desarrollar la tecnología suficiente para estudiarlas. Aún así, en la actualidad la señal de interés que se obtiene a través de estas ondas está escondida en grandes cantidades de ruido, el cual debe ser procesado para encontrar la señal conocida como 'chirp'.

II. SELECCIÓN DE DATOS Y PROCESAMIENTO

En primer lugar, se optó por el archivo 'GW200322_091133', donde principalmente este es representado como un archivo de audio de duración de 32 segundos y 16 [GHz]. Cuyo escalograma de detección de este evento se muestra en la Fig. 1.

This paper was produced by the IEEE Publication Technology Group. They are in Piscataway, NJ.

Manuscript received April 19, 2021; revised August 16, 2021.

Posterior a ello, extrajo su utilizaron sus datos desde el documento de texto asociado. Donde estos, fueron muestreados como una señal temporal y convertidos en formato de audio. Esta señal se muestra en la Fig. 2.

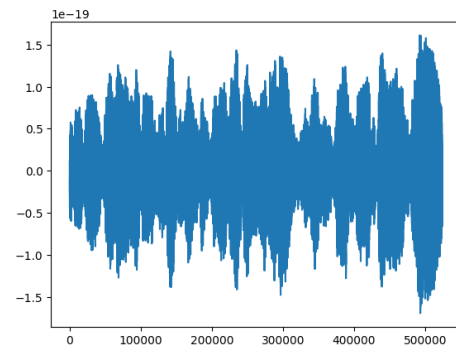


Fig. 2. Señal de datos extraídos

Tras ello, se utilizó la ventana Tukey con la finalidad de evitar las discontinuidades al principio y al final de la señal de interés. Y así lograr atenuar algo de las señales indeseadas provenientes de otras fuentes. Donde, se obtuvo una gráfica que compara tanto la señal antes de la ventana y después de esta. Esto es representado en la Fig. 3, La señal azul correspondiendo a la señal antes de la ventana y la señal naranja corresponde a los datos luego de la ventana.

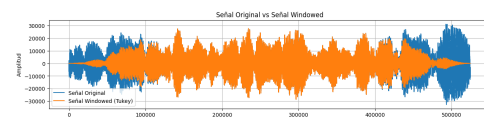


Fig. 3. Señal original vs señal con ventana

A consecuencia de que esto no fue suficiente para desligar la señal de interés del ruido que la rodea, se observó que otras

medidas adoptar a fin de deshacerse de las señales indeseadas. Por lo que, se optó por hacer un cálculo de la transformada de Fourier de ambas señales para así observar la densidad de potencia espectral y observar en qué frecuencias se encontraba el ruido. Esto se muestra en la Fig. 4.

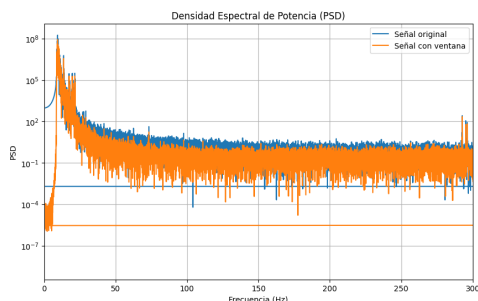


Fig. 4. Densidad de potencia espectral de señal sin y con ventana

Además, para un correcto procesamiento del audio se blanqueó la señal dividiendo los coeficientes de Fourier por una estimación de la amplitud de la PSD del Ruido, lo que asegura que los datos de cada grupo de frecuencias tiene una importancia similar al bajar el peso de las frecuencias donde hay más ruido. Luego, se calculó la Transformada inversa para obtener la señal blanqueada en dominio temporal y las muestras blanqueadas fueron reescaladas para tener una varianza unitaria[1]. La Figura 5 muestra la señal blanqueada.

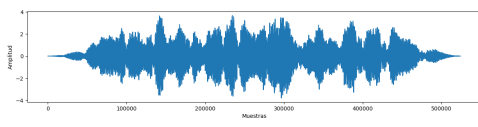


Fig. 5. Señal blanqueada

Producto de ello, tomando de referencia el artículo[2] se diseñó un filtro pasa bandas de Butterworth de primer orden para así excluir las frecuencias que no aportaban más que ruido a la señal de interés evitando interferencias auditivas. Siendo la primera frecuencia de corte a los 50 y una segunda frecuencia de corte a los 270, con la finalidad de excluir tanto frecuencias bajas como altas que causen interferencia en la señal de interés. Además de tomar una correcta tasa de muestreo que esté dentro del teorema de Nyquist y así tener una exitosa recuperación de la señal. En la Fig. 6 se muestra la señal blanqueada y la señal filtrada 'chirp'. Donde, se observa que la blanqueada posee una mayor amplitud pero mayor ruido y la filtrada una menor amplitud pero una sinusoidal más definida y con menor ruido.

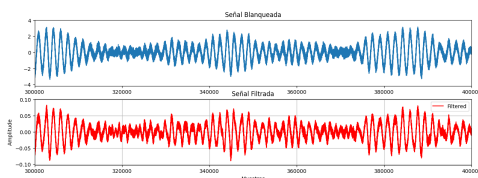


Fig. 6. Comparación entre señal blanqueada y señal filtrada

Finalmente, una vez recuperada la señal se utilizó una técnica de resampling a fin de obtener una mayor calidad en la señal recuperada. Por lo que, se utilizó una tasa de muestreo de 32000 [Hz] para upsamplear la señal filtrada. La Figura 7 muestra la señal resampleada a una tasa de muestreo mayor.

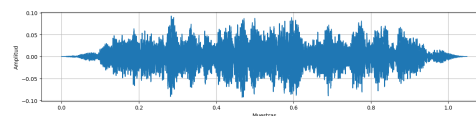


Fig. 7. Señal upsamplada

III. CONCLUSIÓN

La implementación de técnicas como la aplicación de ventanas, filtros pasabajos de primer orden Butterworth y el resampling de señales constituye un enfoque integral para la toma y recuperación de señales en presencia de ruido. Al emplear ventanas, se logra mitigar el efecto de discontinuidades en las señales, mejorando su calidad y reduciendo la fuga espectral. Además, la aplicación de filtros pasabajos de primer orden Butterworth permite atenuar frecuencias no deseadas, focalizando la atención en las componentes de interés de la señal. Por último, el resampling de la señal permite adaptar su tasa de muestreo para mejorar su definición y fidelidad, facilitando así su análisis y procesamiento posterior. En conjunto, estas técnicas ofrecen un marco sólido para la captura y recuperación efectiva de señales en entornos ruidosos, lo que resulta fundamental en una amplia gama de aplicaciones en el ámbito de la ingeniería, la ciencia de datos y otras disciplinas.

REFERENCES

- [1] Abbott, B. P., *A guide to LIGO-Virgo detector noise and extraction of transient gravitational-wave signals*, IOP Publishing, 2020.
- [2] Raman, Akhila, *ON SIGNAL ESTIMATION, DETECTION AND INTERFERENCE MITIGATION IN LIGO*, 2018 IEEE Global Conference on Signal and Information Processing (GlobalSIP), 2018.

Patricio Contreras B. Estudiante de pregrado de Ingeniería Civil Electrónica de la Pontificia Universidad Católica de Valparaíso (PUCV).