

Esteganografía por Enmascaramiento con Eco

Kaleb Alfaro Badilla
Email: kaleb.23415@gmail.com

Resumen—En este proyecto se pretendió desarrollar una implementación de esteganografía por enmascaramiento con eco. Para lograrlo se desarrolló un programa del cual introduce efectos de eco cuyo retardo codifica información. Los datos se recuperan mediante otro programa de decodificación utilizando el método de autocorrelación del Cepstro. Del software desarrollado, se estudió la calidad de la implementación al medir la efectividad de recepción de datos. Finalmente se aplicó la calificación objetiva de calidad de audio perceptiva PEAQ.

I. INTRODUCTION

La esteganografía es una técnica donde la codificación de un mensaje se realiza sobre una señal portadora, de forma tal que pase inadvertido. Sobre las aplicaciones que se encuentra esta técnica, se busca explotar las limitaciones perceptuales humanas para enmascarar los mensajes. El procesamiento digital de señales es utilizada como herramienta para desarrollar aplicaciones esteganográficas en señales audio, imágenes, video y telecomunicaciones. Los sistemas LTI facilitan la implementación y análisis de muchos sistemas esteganográficos. En este proyecto se dio énfasis para implementar un sistema de codificación y decodificación de esteganografía por enmascaramiento con eco para señales de audio.

II. SISTEMA GENERAL

La implementación del sistema se encuentra basado con la figura 1. Se encuentran dos programas importantes: el codificador y el decodificador. El primero es aquel que realiza la incorporación de datos utilizando retardos de la señal audio. Los retardos se encuentran modulados de acuerdo a los bits relacionados con los metadatos. El codificador cuando soluciona, entrega un archivo de audio codificado, este es introducido al decodificador para recuperar la información. El decodificador genera un archivo de metadatos en función de los datos que recupere del archivo de audio.

II-A. Codificador

El método de codificación consistió de manejar dos sistemas LTI para generar ecos. Uno relacionado con la codificación del 0 lógico (1) y otro para el 1 lógico (2). El procedimiento para enmascarar los datos consiste en dividir el vector de audio en una cantidad finita de ventanas; a cada una se le aplica la multiplicación punto a punto con la ventana de Blackman (3). De esta forma se generan $x_N(n)$ ventanas; a cada una de ellas se le realiza una convolución discreta con $h_0(n)$ o $h_1(n)$ generando un $y_N(n)$ ventanas resultantes. Para combinar estas ventanas y reconstruir el archivo de audio original se realiza la técnica de solapamiento y suma, tal como se muestra en la figura 2.

$$H_0(z) = 1 + \alpha_0 z^{-t_0} \quad (1)$$

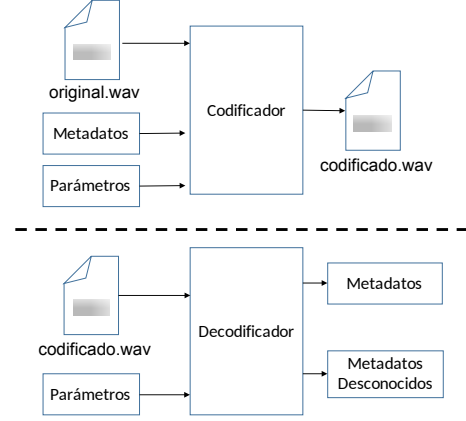


Figura 1. Diagrama del sistema implementado. Al codificador se le introducen los parámetros de codificación, los metadatos para codificar y la canción en formato WAV. El decodificador toma el archivo de audio generado del codificador y toma los parámetros para recuperar los metadatos.

$$H_1(z) = 1 + \alpha_1 z^{-t_1} \quad (2)$$

$$v(n) = 0,42 - 0,5 \cos\left(\frac{2\pi n}{N-1}\right) + 0,08 \cos\left(\frac{4\pi n}{N-1}\right) \quad (3)$$

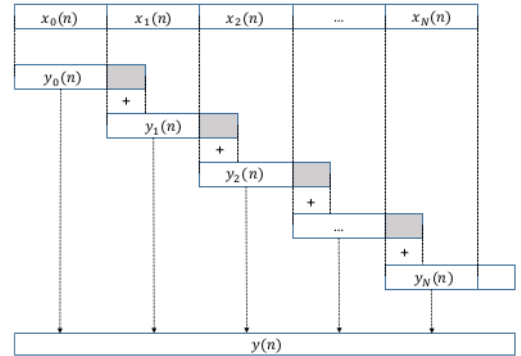


Figura 2. Método de solapamiento y suma para reconstruir una señal después de enventanar la señal original y realizarle una convolución discreta.

II-B. Decodificador

De acuerdo a la bibliografía [2], se decidió utilizar el método de autocorrelación del Cepstro (4). Este consiste en ventanar el archivo de audio codificado, multiplicar punto a punto cada ventana por la ventana de Blackman (3), realizar el cálculo de la autocorrelación del Cepstro a cada uno e

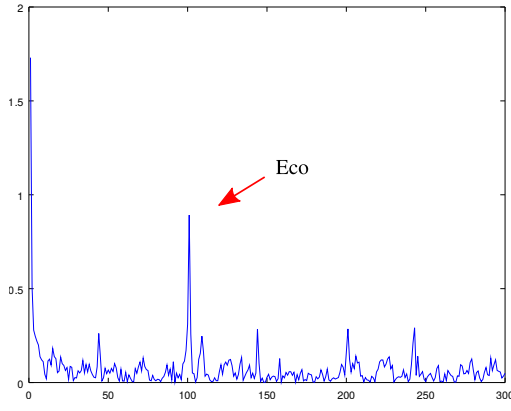


Figura 3. Visualización de la autocorrelación del Cepstro cuando se encuentra un eco decodificado como un 1 lógico sobre la muestra $t_1 = 100$.

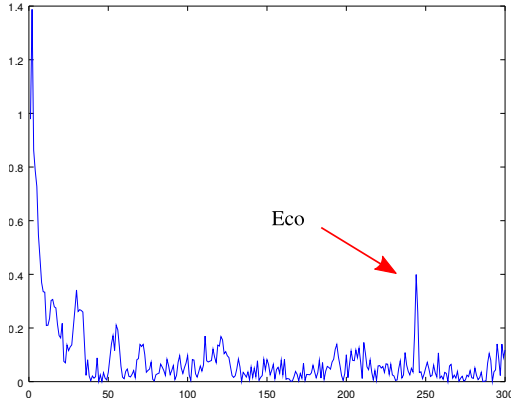


Figura 4. Visualización de la autocorrelación del Cepstro cuando se encuentra un eco decodificado como un 1 lógico sobre la muestra $t_0 = 243$.

identificar el bit registrado por el codificador. La secuencia de bits se puede recuperar utilizando la ecuación (5), esta ecuación es aplicada para el k -ésima ventana $x_k(n)$. Con base a la secuencia de bits $B(k)$, se realiza escritura del archivo original.

$$R_{cc_k}(n) = \mathcal{F}^{-1} \{ [\ln(\mathcal{F} \{x_k(n)\})]^2 \} \quad (4)$$

$$B(k) = \begin{cases} 1 & \text{si } |R_{cc,k}(t_1)| > |R_{cc}(t_0)| \\ 0 & \text{si } |R_{cc,k}(t_1)| < |R_{cc}(t_0)| \end{cases} \quad (5)$$

III. RESULTADOS

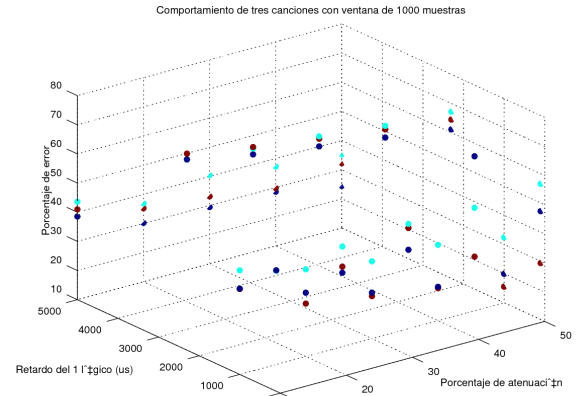
III-A. Autocorrelación del Cepstro

Para visualizar la codificación de los ecos sobre las ventanas se presentan las figuras 3 y 4. En ellas se reciben los bits enviados mediante la codificación por eco.

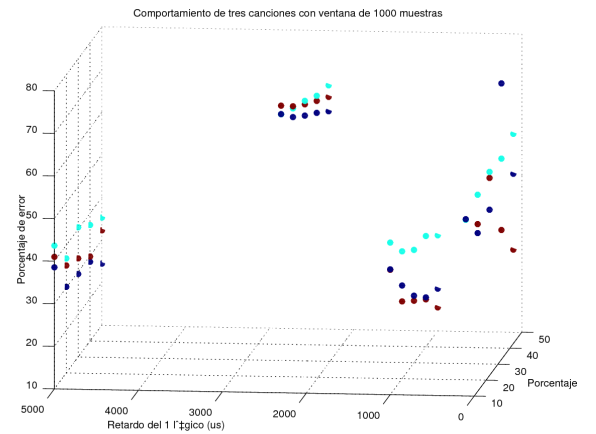
III-B. Análisis de error de bit de llegada

Se realizó una secuencia de pruebas del sistema completo variando los parámetros de codificación. De esta forma para encontrar el comportamiento en la llegada congruente de los bits recibidos por el decodificador de acuerdo a una referencia. De los resultados obtenidos se presentan las figuras 5, 6, 7 y 8.

En ellas se realizaron las mismas pruebas sobre tres canciones diferentes de 2 minutos cada una. Se realizó variaciones sobre el tamaño de la ventana, el largo del retardo y la atenuación del eco. El retardo del cero se fija $3/2$ veces mayor que del uno. Asumiendo que un sistema aleatorio se esperaría que la llegada de datos tenga un porcentaje de error de 50 %, se observa que existe un umbral donde en conjunto el retardo y la amplitud del eco empieza a ser legible su decodificación. Esto se considera porque los porcentajes de error empiezan a bajar a 8-20 %. Se observan tendencias como al incrementar el valor de la atenuación, mejora la recepción de dato. Asimismo para el retardo fijado para la codificación. Existe una variabilidad en los porcentajes de error de las canciones, pero se suele seguir la misma tendencia entre ellas. Se observa también que al incrementar el tamaño de la ventana comienza a mejorar la recepción correcta de datos; aunque esto reduce drásticamente el ancho de banda para enviar datos por segundo.

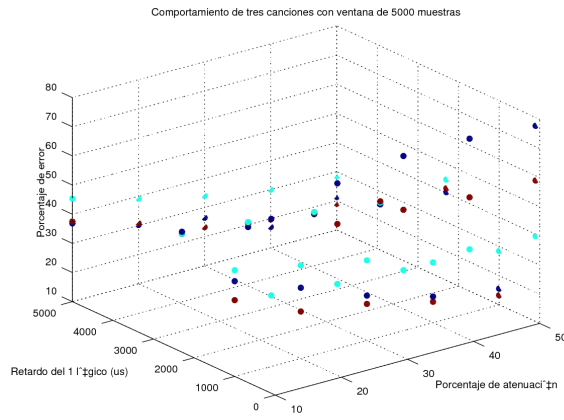


(a)

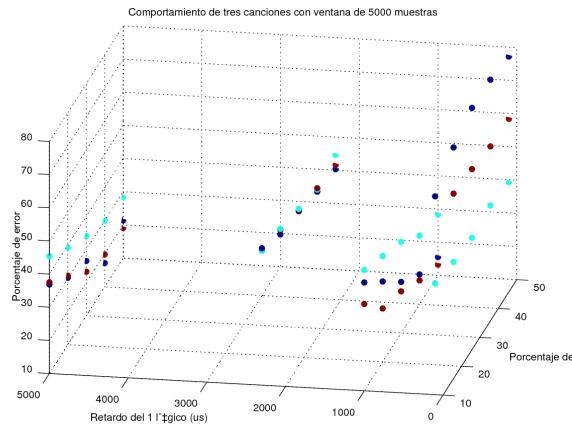


(b)

Figura 5. Porcentaje de error de llegada de bits en función de la atenuación y el retardo del eco. El tamaño de la ventana se fijó en 1000 muestras. Cada color representa una canción distinta. $BW = 44,1bps$ para $Fs = 44,1kHz$.



(a)



(b)

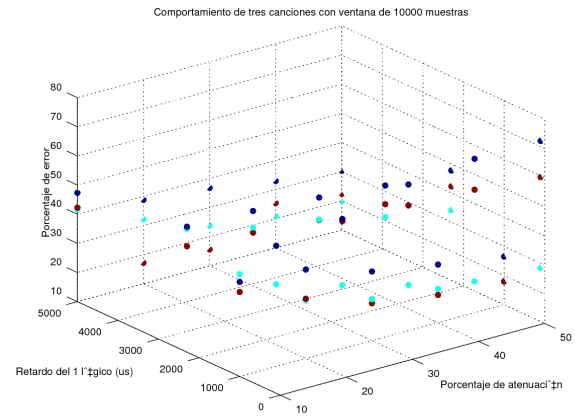
Figura 6. Porcentaje de error de llegada de bits en función de la atenuación y el retardo del eco. El tamaño de la ventana se fijó en 5000 muestras. Cada color representa una canción distinta. $BW = 8,82\text{bps}$ para $F_s = 44,1\text{kHz}$.

III-C. Relación con la calificación ODG del PEAQ

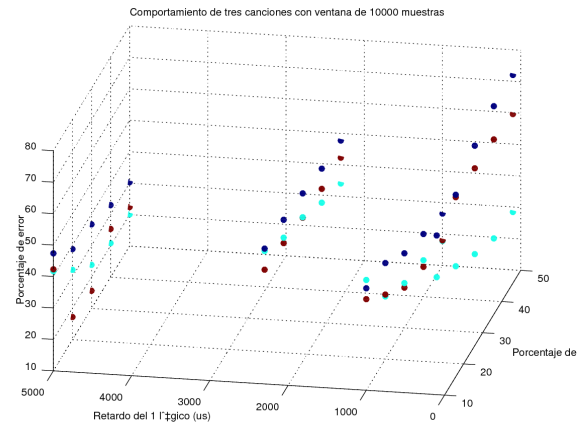
Bajo la premisa que si al mejorar porcentaje de error en la recepción de datos, se empeora la calificación perceptiva del audio original, se realizó graficar dicha relación. El PEAQ utilizado se recuperó de la referencia [4] En la figura 9 se observa dicha gráfica. De acuerdo con ella, no se observa una tendencia clara para justificar que la llegada de datos de forma confiable viole la calidad de audio. Asimismo, la calificación en general se encuentra muy mala en general para todas las muestras realizadas. Se explica porque el método utilizado para codificar, vuelve el audio de estéreo a mono, afectando gravemente la calificación.

IV. CONCLUSIONES

1. Existe una relación entre la recepción congruente de los datos en función del largo del retardo y la atenuación del eco.
2. Hay una variabilidad en el porcentaje de error de los datos por canción, pero se mantienen tendencias.



(a)



(b)

Figura 7. Porcentaje de error de llegada de bits en función de la atenuación y el retardo del eco. El tamaño de la ventana se fijó en 10000 muestras. Cada color representa una canción distinta. $BW = 4,41\text{bps}$ para $F_s = 44,1\text{kHz}$.

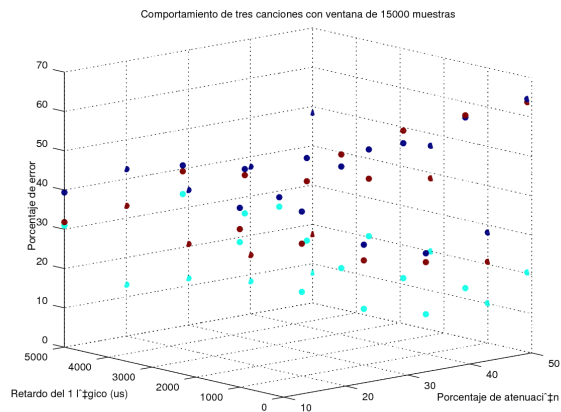
3. Al incrementar el tamaño de la ventana, se mejora el porcentaje de error, pero empeora el ancho de banda.
4. No se encontró una relación clara sobre la calificación ODG del PEAQ y el porcentaje de error de recepción de datos en esta implementación.

V. RECOMENDACIONES

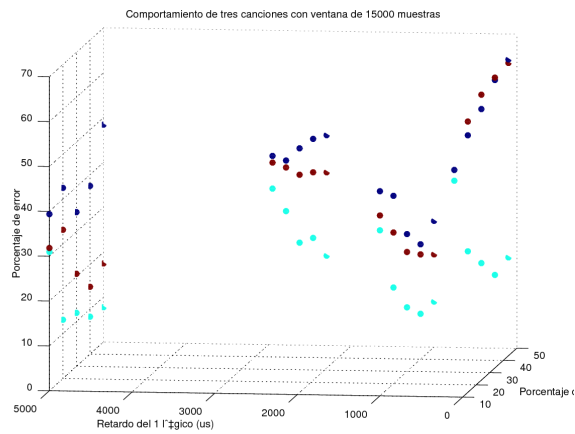
1. Aprovechar los archivos de audio estéreo para incrementar el ancho de banda efectivo por dos canales.
2. Probar con diferentes ventanas para comprobar si se puede recuperar los datos de una manera más efectiva.

REFERENCIAS

- [1] T. Kim P. Dutta, D. Bhattacharyya. Data hiding in audio signal: a review. *International Journal of Database Theory and Application*, 2, 2009. Available from: http://www.sersc.org/journals/IJDTA/vol2_no2/1.pdf
- [2] S. Behal N. Kaur. Audio steganography techniques - a survey. *International Journal of Engineering Research and Applications*, 4:94–100, 2014. Available from: http://www.ijera.com/papers/Vol4_issue6/Version%205/P0460594100.pdf.
- [3] V. Korzhik. Audio watermarking based on echo hiding with zero error probability. *International Journal of Computer Science and Applications*, 10:1–10, 2013. Available from: <http://www.tmrfindia.org/ijcsa/v10i11.pdf>.



(a)



(b)

Figura 8. Porcentaje de error de llegada de bits en función de la atenuación y el retardo del eco. El tamaño de la ventana se fijó en 15000 muestras. Cada color representa una canción distinta. $BW = 2,94$ para $Fs = 44,1\text{kHz}$.

[4] Repositorio <https://github.com/akinori-ito/peaqb-fast>.

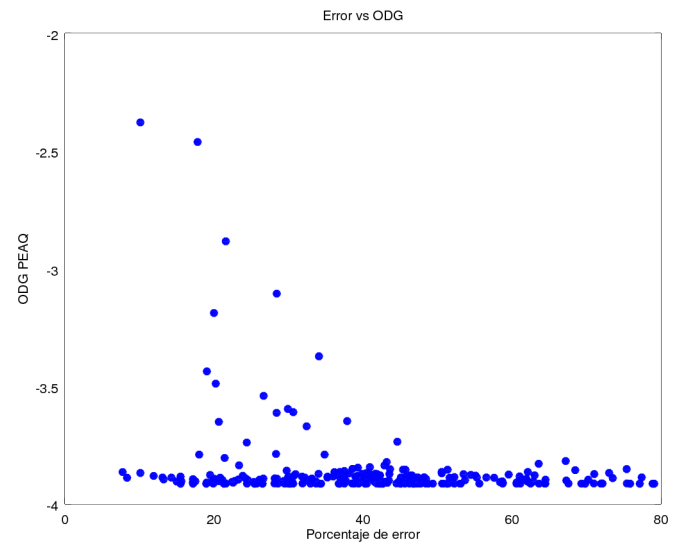


Figura 9. Relación del porcentaje de error y del grado de calificación objetiva de percepción de calidad de audio.