

Sistema óptico para la recuperación de una señal de audio

Guillermo Gracida Hernández, Rosaura Kantun Montiel, Gildardo Pablo Lemus Alonso, Raúl Rodríguez
 Facultad de ingeniería y tecnología, Universidad de Morelos
 Morelos Nuevo León
 gra.ja.gui@gmail.com

Abstracto— Este proyecto presenta la recuperación de una señal de sonido a través de un mouse óptico usando el método de la triangulación óptica. Se realizan pruebas de diferentes señales desde 10hz hasta 400 Hz, transmitidas por diferentes tipos de bocinas y emitidas por una programación hecha en MATLAB, aplicación móvil y grabación de voz de una persona.

I. INTRODUCCIÓN

La mayoría piensa en el movimiento como algo muy visual, pero existe un mundo de movimiento importante demasiado sutil para el ojo humano. Como por ejemplo la muñeca o el cono de una bocina. Si vemos nuestra muñeca no alcanzamos a percibir el movimiento que ejerce nuestro pulso cardiaco. O si vemos el cono de una bocina no se percibe el movimiento del cono. Es por eso que tenemos que observarlos tocándolos[1].

El sonido es la perturbación del aire en una señal o frecuencia específica, la cual llega al órgano de la audición que es el oído, que transforma las ondas sonoras del exterior, las amplifica y las convierte en energía bioeléctrica para que el cerebro las procese y entienda. El ruido y la distancia hacen que oír sea difícil para cualquiera. Mientras mayor ruido haya en el trasfondo, más difícil será oír. Mientras más lejos esté la fuente de sonido, es más difícil oír. Para la gente con impedimentos auditivos, el ruido y la distancia son problemas adicionales por encima del impedimento auditivo[2] y más de 360 millones de personas en el mundo padecen de una pérdida de audición discapacitante y a medida que envejece la población mundial, más personas sufren de sordera y que una de cada tres mayores de 65 años vive con pérdida auditiva[3].

A pesar de que existen audífonos para la audición algunos son de alto costo y tiene la desventaja que es el factor señal ruido que viene siendo el sonido a su alrededor, ya que los amplificadores amplifican todo el sonido a su alrededor. Con esta investigación se espera sentar las bases para desarrollar un dispositivo óptico que sea capaz de recuperar la información de un objeto que vibra. Esto puede ser aplicado para crear un aparato que pueda ayudar a las personas con problemas auditivos y se cree que al aplicar técnicas ópticas como

triangulación laser es posible medir las vibraciones de una bocina, y estas vibraciones pueden ser relacionadas a una señal de audio.

Diversos estudios han demostrado que el mouse óptico puede ser utilizado como un sensor desplazamiento. Como por ejemplo J.Palacin[4] utilizo el sensor del mouse como un medidor de odómetro. T.W.Ng[5] utilizo el sensor del mouse como un sensor de desplazamiento de 2 dimensiones o incluso en el área médica como Xuanchun Yin[6] lo cual lo utilizo como una evaluación característica de movimiento de un catéter o incluso como un micrófono visual como lo hizo Abe Davis [1]pero utilizando una cámara de alta velocidad y entre otros más.

II. METODOLOGÍA

En este proyecto se utilizó la técnica de triangulación óptica para obtener una señal de audio emitida por una bocina, un haz de luz sale del emisor incide en la superficie de una membrana de bocina, se refleja y es captada por un receptor. Como muestra la Fig. 1.

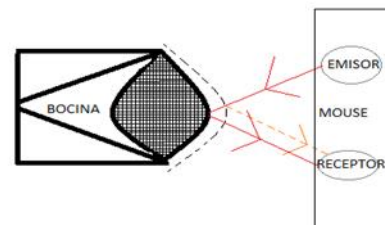


Fig. 1 Esquema del método de triangulación óptica

Como fuente de iluminación se utilizó el LED del circuito de un mouse gamerluom (G10), y como receptor el sensor del mouse (A3050). Se instaló el driver del mouse y se configuro a una velocidad de 1000 fps, con esta resolución la frecuencia teórica máxima que se podrá recuperar es de 500hz debido al teorema de Nyquist,

Con una aplicación del celular se produce una señal conocida con frecuencia homogénea la cual se conecta a una bocina y se coloca el sensor del mouse arriba del cono de la bocina. Cuando el cono de la bocina vibra el mouse lo capta como movimiento y el puntero en la computadora se mueve de manera equivalente a la vibración de la bocina, es por eso que interesa encontrar la posición del mouse en intervalos de 1ms. Para eso se realizó un código en MATLAB siguiendo el diagrama mostrado en la Fig. 3, Para adquirir la posición del puntero se utilizó el comando `c=get(0,'PointerLocation')`;

Para asegurarse que la frecuencia sea de 1000 Hz para que coincida con la frecuencia del mouse se utiliza la función `tic`:

III. RESULTADOS

Para lograr uno de los objetivos específicos de recuperar la señal a una frecuencia homogénea emitida por una bocina, se probaron sonidos con frecuencias constantes de 10 a 400Hz en intervalos de 25Hz y se adquirieron los datos de la posición del puntero en los pixeles de la pantalla. Una de las frecuencias probadas fue de 50 Hz y se obtuvieron sus datos.

Al correlacionar esta señal obtenida se obtuvo una correlación de 0.85 moviéndola 2 posiciones, en la Fig. 6 se muestra la gráfica de la correlación cruzada entre ambas señales. En el eje horizontal se muestra el desfase entre las dos señales que se están correlacionando y el eje vertical se muestra el valor de la correlación.

Para conocer el valor de la frecuencia de la señal capturada a los datos obtenidos se le aplicó la transformada de Fourier, para compararla con la frecuencia teórica. En la Tabla I se muestran los resultados obtenidos de los 21 experimentos realizados, de todas las frecuencias constantes con sus correlaciones obtenidas.

TABLA I. Resultados de los experimentos realizados

Frecuencias teóricas	Frecuencias experimentales	Correlación Cruzada
5	6	.93
10	11	.95
15	16	.98
20	21	.93
30	31	.96
35	36	.92
40	41	.93
45	46	.90
50	51	.98
100	101	.97
150	151	.98
175	176	.85
200	201	.88
250	251	.89
275	276	.88
300	301	.96
350	351	.87
375	376	.85

400	401	.64
-----	-----	-----

De igual manera se probaron frecuencias variables y se adquirieron sus datos de la posición del puntero utilizando una señal de frecuencia de 50H. Dio una correlación de .08.

Al ver que no se obtenía correlación baja se decidió limpiar la señal para obtener una mejor correlación. Para limpiar esa señal se eliminaron frecuencias menores a 50 Hz en el espacio de Fourier de la transformada Y se graficó la señal y se volvió a sacar la correlación entre la señal teórica con la medida, la cual nos da una correlación de .60

Obtenidos de 4 señales variables teóricas y sus frecuencias experimentales obtenidas con su correlación entre ambas señales.

TABLA II resultados de los experimentos realizados

Frecuencias Teóricas	Frecuencias Experimentales	Correlación cruzada
20-80	20-80	.85
100-200	100-200	.75
220-300	220-300	.60
320-400	320-400	.25

Se probó una cierta parte de la melodía de Starwars, en el rango de frecuencias de 100-300Hz, en la Fig.2, se muestra su espectrograma del audio original, y en la Fig.3 se demuestra el espectrograma de la señal obtenida por el sensor del mouse óptico.

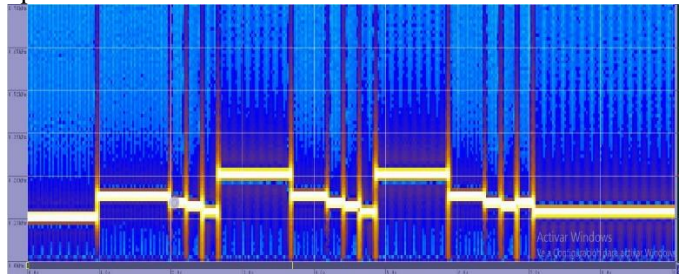


Fig. 2 Espectrograma de audio original

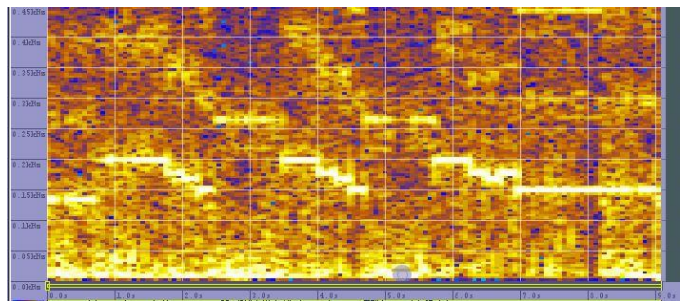


Fig. 3. Espectrograma de audio adquirido por el mouse óptico

Para recuperar una grabación de voz humana con frecuencias bajas, se grabó a una persona que tuviera la voz grave que va de los 25 a los 250 Hz. Los resultados no fueron los deseados. Ya que se obtuvo una correlación de .24. Se grabó a una a persona diciendo “hola como estas” y a otra persona diciendo las vocales. En la Fig.4, y la Fig. 5 se observa a simple vista que la señal teórica y la señal medida tienen un

parecido, pero al momento de correlacionarlas nos da una correlación de .24

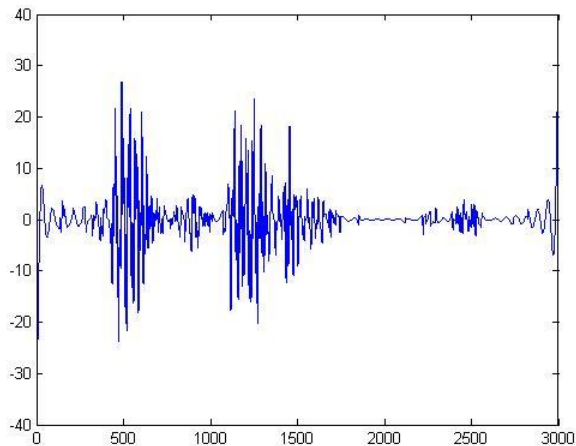


Fig. 4 Gráfica de la posición del puntero filtrada obtenida de la grabación "hola como estas"

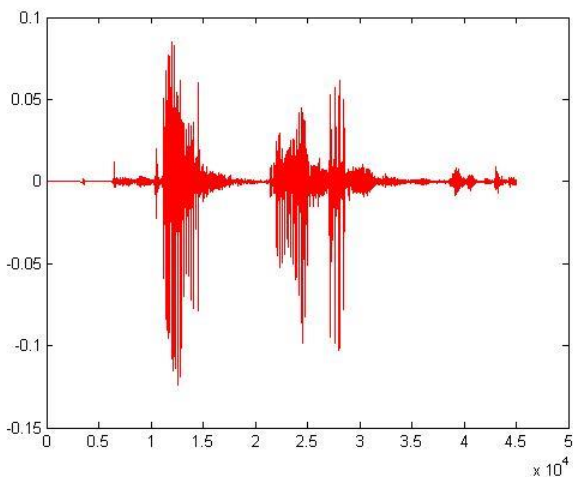


Fig. 5 gráfica de la señal de audio "hola como estas" teórica

A. Pruebas con diferentes bocinas

Para identificar la fuente de error se desea saber si hay una variación significativa entre usar varias bocinas. Se hizo un estudio analítico de la variabilidad de los resultados de la correlación utilizando tres bocinas diferentes probadas con frecuencias homogéneas de 50 Hz. (Kenwood, Logitech, genérica). Se hicieron 20 pruebas para cada bocina y se obtuvieron las correlaciones entre señales y se calculó el valor promedio para poder hacer un estudio estadístico utilizando el método de estadística ANOVA oneway. El resultado obtenido de P-value fue de .001. Lo cual da entender que si hay variabilidad entre cada bocina y que la bocina (b3) marca (Logitech) obtiene una correlación más alta que las otras bocinas como se muestra en la Fig 6.

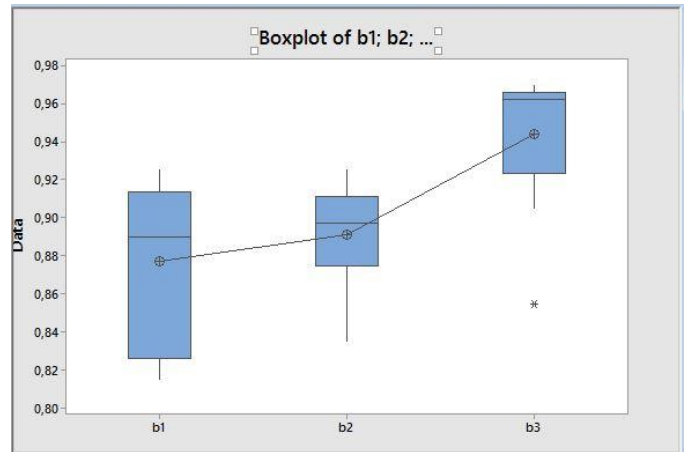


Fig. 16 Las medias de bocinas

B. Estudio de la influencia del ruido óptico

Se hizo un estudio para ver la influencia del ruido óptico sobre la técnica, aislando el prototipo de la luz y con luz normal. De igual manera se utilizó una prueba estadística ANOVA oneway. Estableciendo en la prueba de hipótesis que si hay diferencia con la luz apagada y la luz encendida. Eligiendo el nivel de significancia en $\alpha = .05$. El valor obtenido fue $P=1$ lo cual la hipótesis es nula. No hay diferencia si se aísla el prototipo de la luz nos dan correlaciones aproximadamente iguales como se muestra en la Fig. 7, a la izquierda se muestra los resultados de los experimentos realizados con luz natural, y a la derecha los experimentos realizados al aislar ópticamente el sistema.

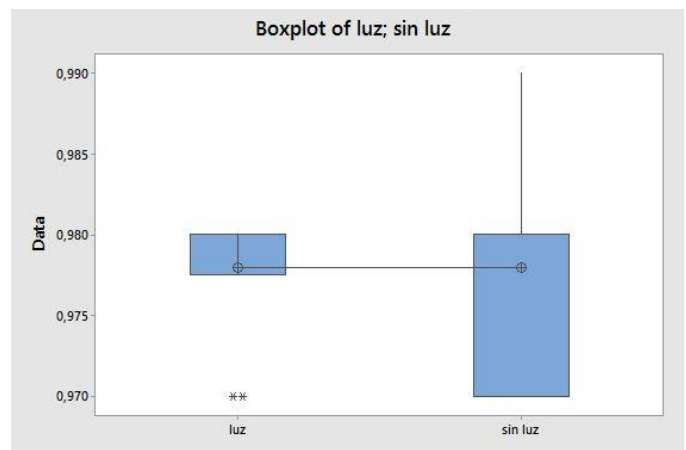


Fig. 7 Gráfica a tipo Box plot con luz y aislada

C. Estudio sobre la influencia del ruido electrónico

Se realizó un estudio de la influencia del ruido en la bocina. Se adquirieron los datos con NI my DAQ. La cual contiene un osciloscopio y se vio si nos entregaba una frecuencia igual a la que se transmitía. La cual era de 50 Hz.

IV. DISCUSIÓN

Como se puede ver se obtuvieron resultados satisfactorios de las correlaciones de frecuencias homogéneas, el problema empieza cuando las señales son variables. Se observa en los resultados que cuando se aumenta la frecuencia la correlación disminuye.

Se descarta que la influencia de ruido óptico ya que los datos arrojados en tales experimentos muestran que no afecta la luz ambiental. De igual manera, en las pruebas de ruido en el amplificador se descartan, ya que la señal está siendo emitida correctamente y nos entrega la misma señal transmitida. Siendo que el mouse óptico no tiene suficientes fps para obtener frecuencias más altas es también un limitante. Los resultados en los estudios de distintas bocinas demuestran que si afecta la utilización de estos en la correlación.

En la recuperación de grabación de voz humana se observa que de igual manera la correlación es baja. Se cree que tiene que ver con que una bocina en el centro reproduce bien todas las frecuencias, a medida que se aleja del centro en la orilla del cono la amplitud cambia dependiendo de la frecuencia. La voz no solo depende de la frecuencia si no de la amplitud lo cual es parte del problema que no se recuperan bien la grabación de voz humana.

CONCLUSION

Después de varias pruebas realizadas en la investigación se concluye que es posible sentar las bases para hacer un prototipo y que la hipótesis mencionada es aceptada, ya que al aplicar las técnicas ópticas es posible medir distintas señales de sonido a través de las vibraciones de una bocina.

REFERENCIAS

- [1] A. Davis, M. Rubinstein, N. Wadhwa, G. J. Mysore, F. Durand, and W. T. Freeman, "The Visual Microphone : Passive Recovery of Sound from Video," *Siggraph 2014*, pp. 1–10, 2014.
- [2] CONAFE, "Discapacidad intelectual." .
- [3] C. de noticias de las naciones Unidas, "OMS: más de 360 millones de personas padecen discapacidad auditiva." [Online]. Available: <http://www.un.org/spanish/News/story.asp?newsID=25789#.WEb58PDhDIV>.
- [4] J. Palacin, I. Valgañón, and R. Pernia, "The optical mouse for indoor mobile robot odometry measurement," *Sensors Actuators, A Phys.*, vol. 126, no. 1, pp. 141–147, 2006.
- [5] T. W. Ng, "The optical mouse as a two-dimensional displacement sensor," *Sensors Actuators, A Phys.*, vol. 107, no. 1, pp. 21–25, 2003.
- [6] X. Yin and S. Guo, "Motion Characteristic Evaluation of a Catheter Operating System Using an Optical Mouse Sensor," in *International Conference on Mechatronic and Autonomination*, 2013, pp. 979–984.