




Medición de velocidad por el efecto de Doppler

El cambio de frecuencia de sonidos debido de la velocidad relativa de un objeto por el efecto de Doppler se escucha con facilidad, pero es difícil de determinar directamente sin equipo especial. Sin embargo, los celulares y tabletas de hoy tienen el poder de cómputo requisito para la Transformada Rápida de Fourier (Fast Fourier Transform; FFT) para generar el espectro de frecuencias. Existen muchas aplicaciones que pueden realizar esta tarea.¹

El efecto Doppler es dada por $f = \left(\frac{c \pm v_r}{c \pm v_s} \right) f_0$ donde f_0 es la frecuencia de la fuente cuando está parado, c es la velocidad de sonido en aire, v_r es la velocidad del receptor, v_s es la velocidad de la fuente y f es la frecuencia registrada en el receptor. En la ecuación el signo + en la parte superior está el caso de que el receptor mueve hacia la fuente y se convierte en negativo si el receptor se aleja de la fuente. En la parte inferior el signo + se utiliza si la fuente se aleja del receptor y es negativo si se mueve hacia el receptor. Reordenando esta ecuación para una fuente de sonido estacionaria ($v_s = 0$) da $v_r = c \left(\frac{f}{f_0} - 1 \right)$ para la velocidad de un receptor que esta avanzando hacia la fuente y $v_r = c \left(1 - \frac{f}{f_0} \right)$ si el receptor se está alejando.

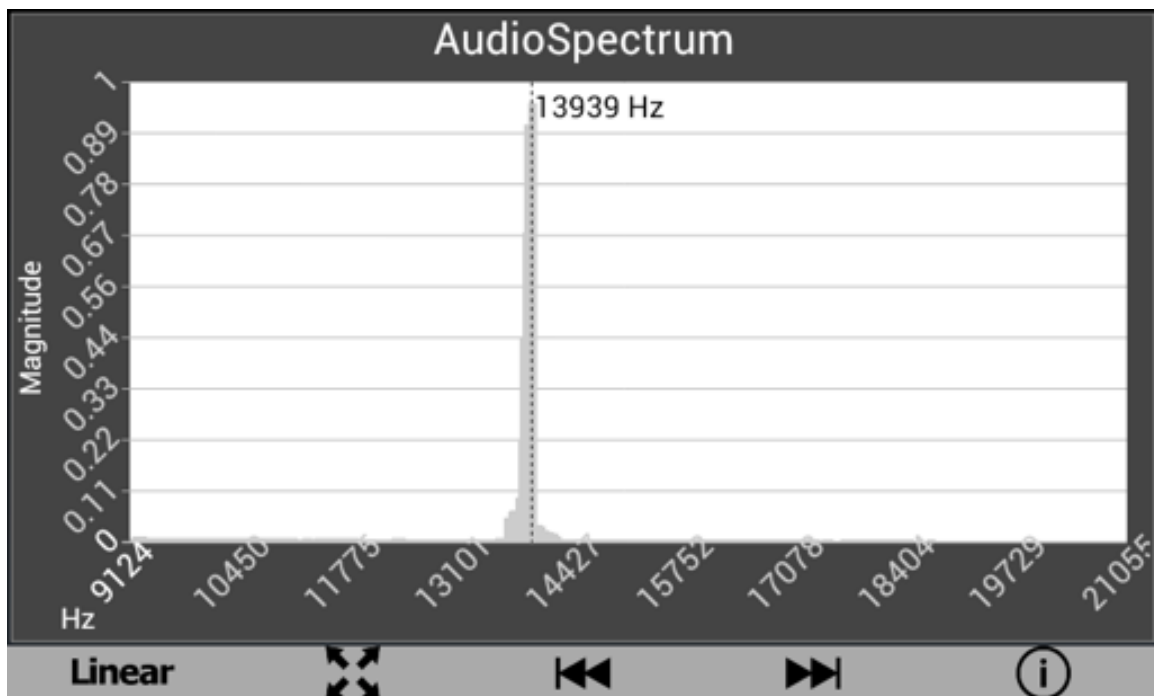
Hay algunas limitaciones de utilizar el efecto Doppler para medir la velocidad. Para bajas velocidades y / o frecuencias bajas el cambio de frecuencia es relativamente pequeña (sólo unos pocos Hertz). Resultados más precisos se obtienen para objetos en movimiento rápido y las frecuencias más altas que producen un cambio proporcionalmente mayor. Una sola fuente de frecuencia es preferible, ya que permite el cambio a determinarse más fácilmente. Muchas fuentes, tales como bocinas de los coches, son un reto, porque ellos contienen muchas frecuencias y la identificación de la frecuencia que esta desplazado a veces es difícil. Un último problema es aceleración. El cambio de frecuencias se puede determinar fácilmente si el movimiento es a velocidad constante. Donde haya aceleración, otras técnicas para aplicar el método de efecto Doppler se pueden aplicar.²

Procedimiento:

1. Inicie el aplicación AudioTime+.³
2. Configure una fuente de sonido estacionaria con una frecuencia constante. Las frecuencias más altas y los volúmenes más altos son mejor.
3. Pulse el botón + para grabar, pulse  para detener la grabación. Registre de al menos un segundo de datos mientras estacionaria y cerca de la fuente.
4. Utilice el botón de la Transformada de Fourier,  para encontrar la frecuencia de la fuente estacionaria.
5. El efecto Doppler para un objeto que se mueve por debajo de 5 m/s es pequeño; el más rápido el objeto se mueve la más precisa será la medición. Además, sostener el teléfono en sus manos, mientras que en movimiento produce un turno adicional Doppler debido a los brazos balanceándose adelante y atrás. Los mejores resultados son para colocar el teléfono en un bolsillo.
6. Inicie la grabación, ponga el teléfono en el bolsillo, corra más allá de la fuente de sonido a una velocidad constante, y luego detenga la grabación. Un teléfono mondado en un objeto que mueve, por ejemplo una bicicleta, un patinador u auto también es posible.
7. Localizar el tiempo en el gráfico cuando el corredor pasa la fuente de sonido (esto debe ser cuando el sonido es más alto).
8. Utilice pellizcar y apretar para agrandar el gráfico hasta que aparezca en la ventana el segundo de datos justo antes de que el corredor pasó la fuente.
9. Pulse el botón de Fourier Transform  para encontrar la frecuencia desplazada. El gráfico debería parecerse a la gráfica que se muestra a continuación.

1 Doppler; Forinash y Wisman

10. La ecuación $v_r = c \left(\frac{f}{f_0} - 1 \right)$ donde $c = 343$ m/s es la velocidad de sonido, da la velocidad del corredor.
11. El segundo de los datos después del pasaje de corredor también puede ser analizada y la velocidad del corredor determinado por $v_r = c \left(1 - \frac{f}{f_0} \right)$.
12. El efecto de Doppler de una fuente de sonido que pasa por un teléfono celular estacionaria también se puede medir. Una vez más, una fuente de movimiento más rápido con una sola frecuencia más alta funciona mejor. La fuente debe estar moviéndose a una velocidad constante y ser lo suficientemente fuerte para ser detectada por el teléfono.
13. Para una fuente que mueve la ecuación $v_s = c \left(1 - \frac{f_0}{f} \right)$ da la velocidad de la fuente medida que se mueve hacia el receptor.



Desplazamiento del frecuencia registrado por el AudioTime+ aplicación de teléfono en una bicicleta que pasa a una fuente de sonido estacionaria de 13784 Hz. La velocidad calculada para la bicicleta era 3,5 m/s.

- 1) Ejemplos de aplicaciones de FFT que hemos examinado son: Spectral Audio Analyzer (<https://play.google.com/store/apps/details?id=radonsoft.net.spectralview&hl=en>) for Android; Signal Scope (http://www.faberacoustical.com/ios_apps/signalscope_pro/); AudioScope (<http://www.hensleyindustriesllc.com/iphone/audioscope/audioscope.html>); and oScope (<https://itunes.apple.com/us/app/oscope/id344345859?mt=8>) for iOS.
- 2) P. Vogt, J. Kuhn, and S. Muller, "Experiments Using Cell Phones in Physics Classroom Education: The Computer-Aided g Determination", *The Physics Teacher*, Vol. 49, No. 9 (2011) p383.
- 3) AudioTime+ app: <https://play.google.com/store/apps/details?id=edu.ius.audiotimeplus>