

Control activo del ruido de banda ancha en conductos

J.M. Moreno Acero y P. Cobo Parra
Instituto de Acústica. C.S.I.C. Serrano 144. 28006 Madrid

Summary

This paper reports on active control measurements of band limited random noise using the EZ-ANC system. First, insight of the influence of the system parameters on the control performance is gained by applying it to periodic noise. Then, the system is used to attenuate band limited noise which propagates along a duct.

Introducción

Un sistema de Control Activo del Ruido (CAR) trata de generar un campo secundario en contrafase con uno primario de tal modo que ambos interfieran destructivamente y se cancelen mutuamente. Los sistemas CAR son complementarios de los sistemas de control pasivo, ya que su campo de aplicación se limita al ruido de baja frecuencia.

El objetivo del presente artículo es analizar los límites de funcionamiento del sistema de control activo del ruido en conductos instalado en el Instituto de Acústica C.S.I.C. (Cobo Parra, 1996). Esto supondrá extender las prestaciones de control de ruido periódico, bien sea con señal de referencia eléctrica o acústica, a control de ruido de banda ancha (Moreno Acero, 1997).

El sistema consiste en un tubo de 10 cm de diámetro en uno de cuyos extremos se ha instalado un altavoz que hace de fuente primaria. Otro altavoz, éste instalado en una rama lateral, hace de fuente secundaria. A lo largo del tubo se insertan una serie de micrófonos de electret, uno de los cuales sirve como micrófono de error, para medir el campo acústico en su interior. La placa EZ-ANC, de Causal Systems (Snyder y Vokalek, 1994), genera la señal para el altavoz secundario, a partir de la información de la señal medida con el micrófono de error. La señal de referencia se obtiene del propio generador (referencia eléctrica), o de uno de los micrófonos a lo largo del conducto (referencia acústica), mientras que el nivel espectral y el nivel de presión sonora se miden con un analizador B&K 2033 y un sonómetro B&K 2230, respectivamente.

En este trabajo se ha usado la placa EZ-ANC para analizar la cancelación activa de un ruido aleatorio filtrado en una banda de paso (200, 300, 400, 500 Hz) en un conducto. Previamente se profundizó en el efecto de la configuración de los parámetros de la placa EZ-ANC sobre el control del ruido aplicándolo al caso más sencillo de ruido periódico.

El algoritmo del gradiente descendente

El algoritmo adaptativo, parte del sistema de control feedforward, es el encargado de modificar o ajustar los coeficientes del filtro digital, de tal modo que la atenuación del ruido no deseado sea máxima. La mayoría de los algoritmos adaptativos, usados tanto en el procesado adaptativo de señales como en control activo, son algoritmos de gradiente descendente. Este tipo de algoritmo calcula la configuración óptima de los coeficientes del filtro añadiendo al valor existente una porción del gradiente negativo de la fun-

ción de error (geoméricamente un hiperparaboloide) en dicho punto. Matemáticamente puede expresarse como

$$w(k+1) = w(k) - \mu \Delta w(k) \quad (1)$$

donde Δw es el gradiente de la superficie de error en el punto definido por los coeficientes actuales, y μ es el coeficiente de convergencia e indica la porción del gradiente negativo añadido.

Nelson y Elliott (1992) demuestran que el término del gradiente se puede poner en función de las señales medidas por los sensores de error y de referencia

$$w(k+1) = w(k) - \alpha e(k)x(k) \quad (2)$$

donde $e(k)$ es la señal de error, $x(k)$ es la señal de referencia, y $\alpha = 2\mu$. La actualización de los coeficientes del filtro adaptativo en cada instante resulta ser proporcional a las señales de referencia y de error, las cuales se miden con los correspondientes sensores y se introducen a la placa DSP. En cada instante, este filtro adaptativo genera la señal de excitación para la fuente secundaria. Este algoritmo, conocido en terminología CAR como FXLMS, está implementado en la placa EZ-ANC.

Resultados

A continuación se detallan los resultados logrados en los tres casos analizados: ruido periódico con señal de referencia eléctrica, ruido periódico con señal de referencia acústica, y ruido aleatorio filtrado en una banda pasante.

La Figura 1 muestra los resultados de la cancelación del nivel de presión sonora (SPL) en el micrófono localizado en la confluencia del tubo con la rama lateral, cuando el ruido primario es un tono puro entre 50 y 1000 Hz, y la señal de referencia la tomamos del propio generador. Excepto a la frecuencia de 650 Hz, se consiguen atenuaciones por encima de 20 dB. La Figura 2 muestra los resultados de la cancelación en condiciones similares, excepto en que la señal de referencia la proporciona el micrófono más próximo a la fuente primaria. Como cabe esperar, se obtiene mayor cancelación con señal de referencia eléctrica. Las Figuras 3 y 4 muestra las atenuaciones medidas en el nivel espectral cuando el ruido primario es generado pasando una señal aleatoria a través de un filtro paso bajo con frecuencia de corte en 500 Hz y 300 Hz, respectivamente. Con ruido aleatorio se consiguen atenuaciones menores, como cabría esperar.

Conclusiones

Como conclusión final, se ha demostrado la viabilidad del control activo del ruido de banda ancha de baja frecuencia en conductos. Se consiguieron cancelaciones espectaculares de hasta 60 dB de nivel espectral, y hasta 35 dB de nivel de presión sonora. Una vez conocido en profundidad el efecto de los parámetros

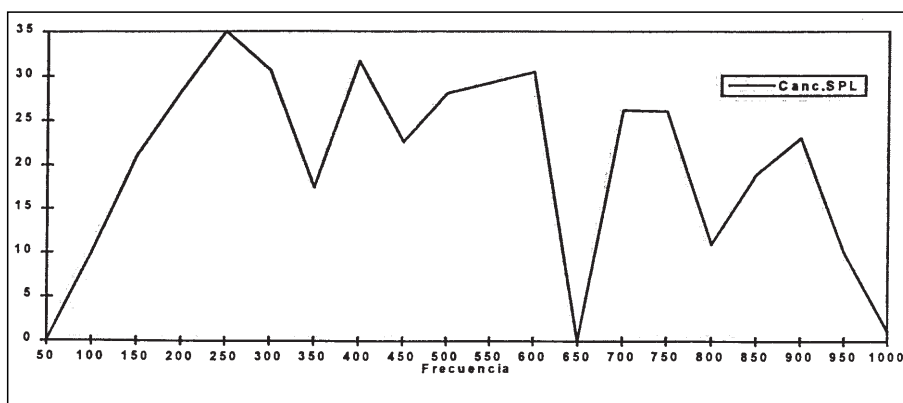


Figura 1. Cancelación SPL con señal de referencia eléctrica y ruido periódico

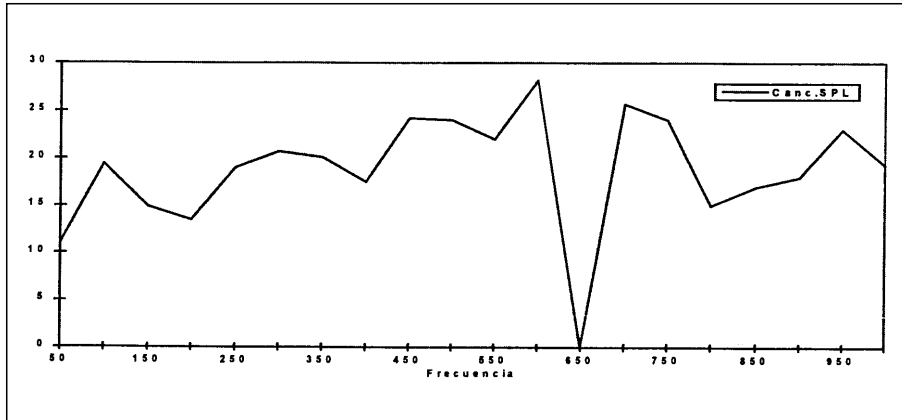


Figura 2. Cancelación SPL con señal de referencia acústica y ruido periódico

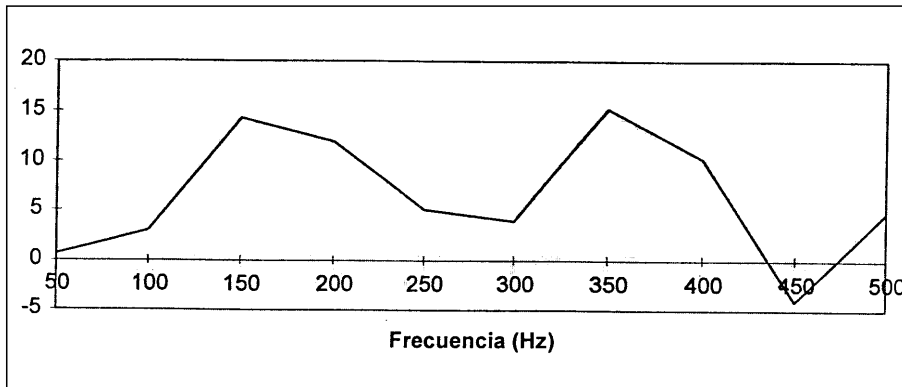


Figura 3. Cancelación del Nivel Espectral para un ruido aleatorio filtrado en una banda de 500 Hz

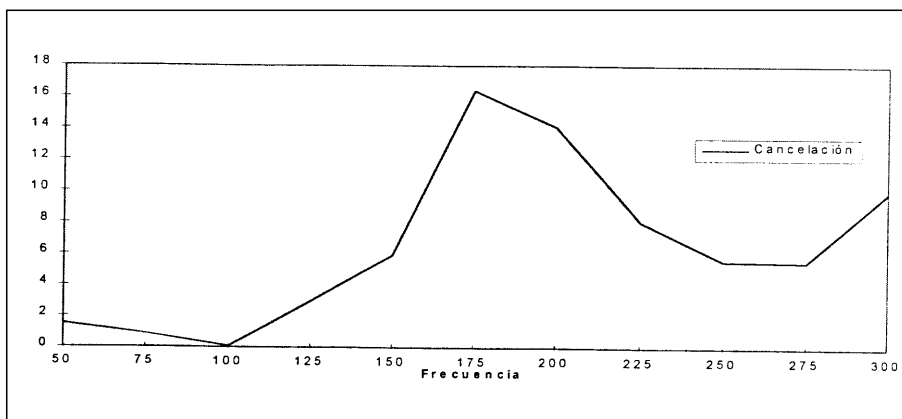


Figura 4. Cancelación del Nivel Espectral para un ruido aleatorio filtrado en una banda de 300 Hz

de la placa EZ-ANC en el proceso de cancelación, se procedió a analizar el ruido aleatorio de banda ancha. En este caso se consiguieron cancelaciones de hasta 17 dB de nivel espectral, y entre 5 y 8 dB de presión sonora.

Agradecimiento

Este trabajo ha sido posible gracias al apoyo financiero de la Comisión Interministerial de Ciencia y Tecnología (Proyecto AMB96-2387-E) .

Bibliografía

- Cobo Parra, P., 1996. Control Activo del Ruido: Principios y Aplicaciones. Instituto de Acústica (CSIC).
Elliott, S.J., y Nelson, P.A., 1992. Active Control of Sound. Academic Press, London.
Moreno Acero, J.M^a., 1997. “ Control Activo del Ruido de Banda Ancha en Conductos”, Proyecto Fin de Carrera (ICAI).
Snyder, S.D., y Vokalek, G., 1994. EZ-ANC User’s Guide. Causal Systems, Adelaide.