

## PROTOTIPO DE CONTROL LOCAL DEL RUIDO

C. García, M. de Diego, A. González

Departamento de Comunicaciones. Universidad Politécnica de Valencia.  
Camino de Vera s/n, 46071 Valencia. España.  
Teléfono: 34-6-3879302 Fax: 34-6-3877309  
E-mail: mdediego@dcom.upv.es

### SUMMARY

This paper presents a multichannel active system for the local control of sound around the headrest on the back of a seat placed inside an enclosure. The size of the zones of quiet produced makes the system practical only at relatively low frequencies. Finally, some results of cancellation for narrowband and broadband noise are presented.

### INTRODUCCIÓN

Las técnicas de control activo de ruido (CAR) se basan en la producción de una señal, en contrafase con la original, de forma que la suma de éstas produzca una reducción efectiva del nivel de ruido inicial. Con el desarrollo de sistemas de procesamiento digital de señal cada vez más potentes se abren nuevas posibilidades para aplicar estas técnicas allí donde los tradicionales sistemas pasivos no consiguen los resultados deseados. Los sistemas de CAR están especialmente indicados para el control de las bajas frecuencias, especialmente por debajo de los 500 Hz [1][4].

Una posible visión del problema del control global del ruido en un recinto consiste en considerar la minimización de la energía potencial acústica total en su interior [7]. Puede lograrse una buena estima de la energía potencial acústica evaluando la suma de los valores cuadráticos medios de las señales recogidas por un número suficiente de sensores distribuidos en su interior. Un mayor número de sensores, adecuadamente situados, nos dará una idea más fiel de la distribución de la energía en la sala. La localización de los sensores es importante, ya que ha de permitir medir las contribuciones de los modos dominantes a las frecuencias de trabajo.

Las señales canceladoras proceden de una serie de fuentes que se han de disponer en el recinto y cuyo número y posición estarán relacionados con el número de modos que se desean controlar y sus características. Para conseguir un control global de la energía potencial acústica en la sala es necesario disponer de un número elevado de fuentes y sensores. Alternativamente, es posible conseguir un control localizado, limitado a un pequeño volumen entorno a los sensores de error, utilizando un número restringido de recursos. La estrategia de control local genera una zona de silencio de unos  $\lambda/10$  entorno a cada sensor [7], pudiendo aumentar la presión acústica en otros puntos de la sala.

## DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA

El prototipo multicanal para CAR se ha desarrollado en un recinto de dimensiones 4.35 m x 3.28 m x 2.96 m [2]. Normalmente se obtienen mejores resultados en recintos más pequeños, ya que una excesiva concentración de modos en bajas frecuencias puede dificultar su control, exigiendo una mayor complejidad en el sistema de CAR. El sistema está compuesto por una fuente de ruido primaria, dos altavoces canceladores secundarios y hasta cuatro micrófonos de error. Los transductores se distribuyen siguiendo una estrategia de control local, sin pretender en ningún momento buscar una reducción global en todos los puntos del recinto. La fuente primaria de ruido se sitúa junto a una de las paredes de la sala, enfocada en la dirección de la dimensión mayor del recinto. En el lado opuesto de la sala, entorno al apoyacabezas de un asiento se reparten cuatro micrófonos capacitivos que actúan como sensores de error. Los altavoces secundarios se colocan cerca de los sensores, a ambos lados del asiento. En la figura 1 se muestra el esquema del prototipo de CAR.

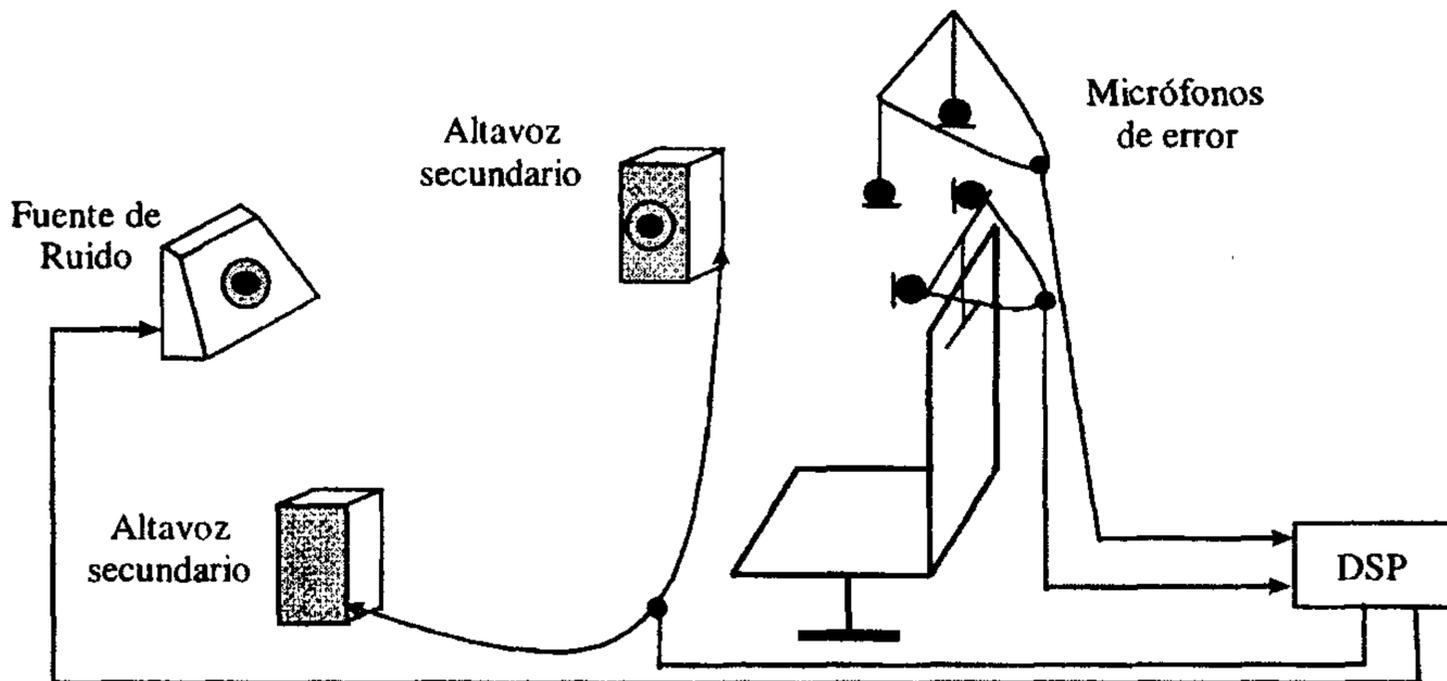


Figura 1. Esquema del prototipo de CAR

Se han probado diferentes configuraciones; siempre partiendo de la fuente principal que origina el ruido a cancelar, se han usado una o dos fuentes canceladoras y dos o cuatro sensores de error, dando lugar a lo que se denominan sistemas 1:1:2, 1:2:2 y 1:2:4 (nº fuentes principales: nº fuentes canceladoras: nº de sensores). Se pretende generar una zona de silencio que cubra la cabeza de una persona que ocupe el asiento, a partir de las zonas de silencio generadas entorno a cada uno de los sensores de error.

El objetivo que se persigue es la minimización de la suma de las potencias de la señal de ruido recibida en los micrófonos, como aproximación de la energía potencial acústica. Otra estrategia desarrollada consiste en la reducción de la potencia en el sensor de mayor nivel de ruido [3][6].

El sistema cancelador se basa en la utilización de un filtro transversal adaptativo, por cada fuente, controlado según diversos algoritmos derivados de los conocidos LMS y RLS [5][8]. Para la realización del sistema CAR se ha empleado una tarjeta Fulcrum de Data Translation que utiliza el procesador digital de señal (DSP) TMS320C40 de Texas Instruments.

## RESULTADOS

A continuación se presentan algunos de los resultados conseguidos en el sistema práctico anteriormente descrito. Las medidas realizadas corresponden a la cancelación de ruido aleatorio (ruido de banda ancha), tonos y señales de ruido de escape de un motor (ruido de banda estrecha).

En la figura 2 se representa la densidad espectral de potencia de la señal, en este caso un tono de 120 Hz, antes y después de la cancelación. Para este ejemplo se usó una sola fuente canceladora que actuaba sobre dos sensores de error. En la figura 3 el sistema trabaja con dos fuentes secundarias y cuatro sensores de error. En los dos casos se obtuvieron reducciones próximas a los 30 dB.

La cancelación de ruido de escape de motor a 1200 r.p.m., filtrado paso-bajo a 230 Hz, en un sistema con dos fuentes secundarias y dos sensores consiguió llegar hasta los 20 dB (figura 4). Se realizó la misma prueba usando cuatro sensores y filtrando la señal a 150 Hz, lográndose entonces 23 dB de atenuación (figura 5).

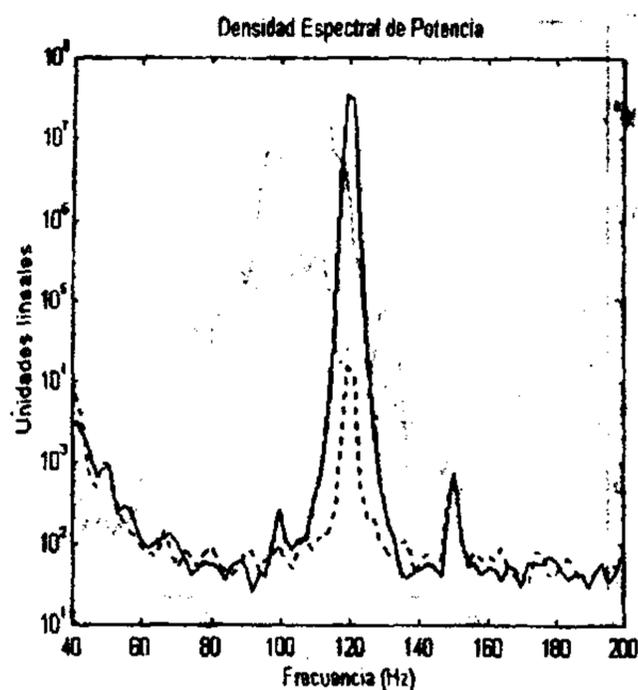


Figura 2. Cancelación de un tono en un sistema 1:1:2.

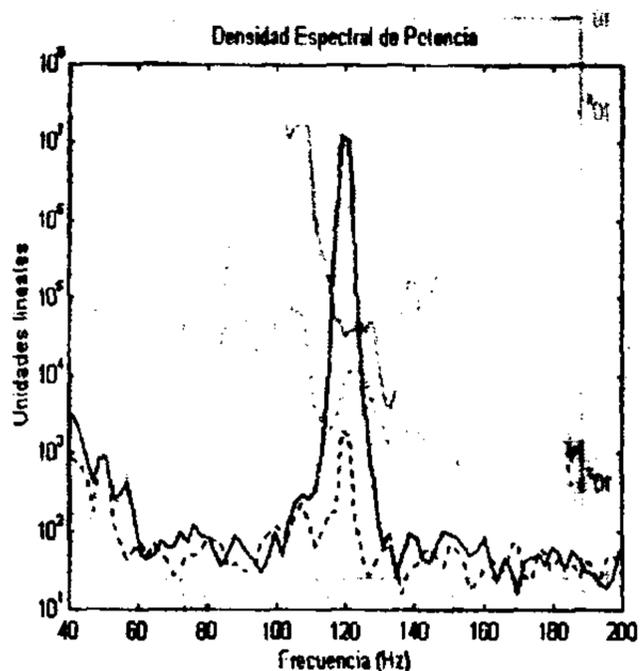


Figura 3. Cancelación de un tono en un sistema 1:2:4.

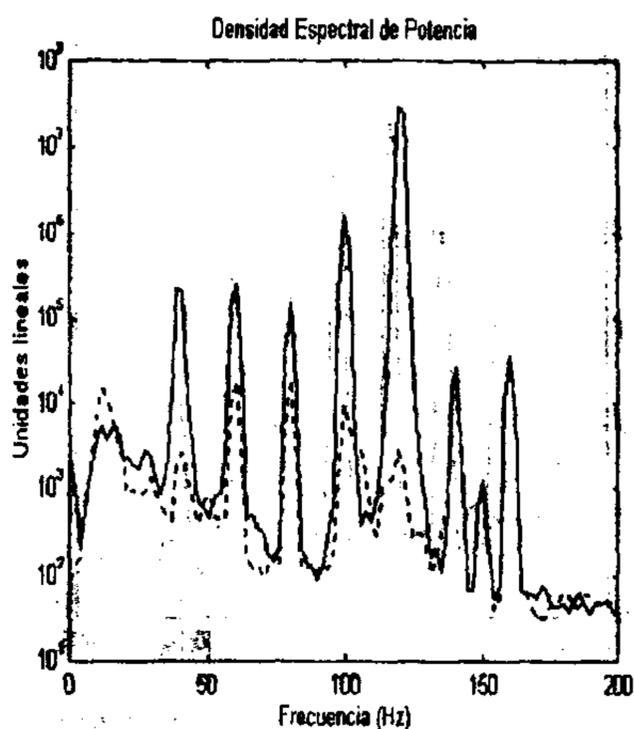


Figura 4. Cancelación de señal de motor en un sistema 1:2:2.

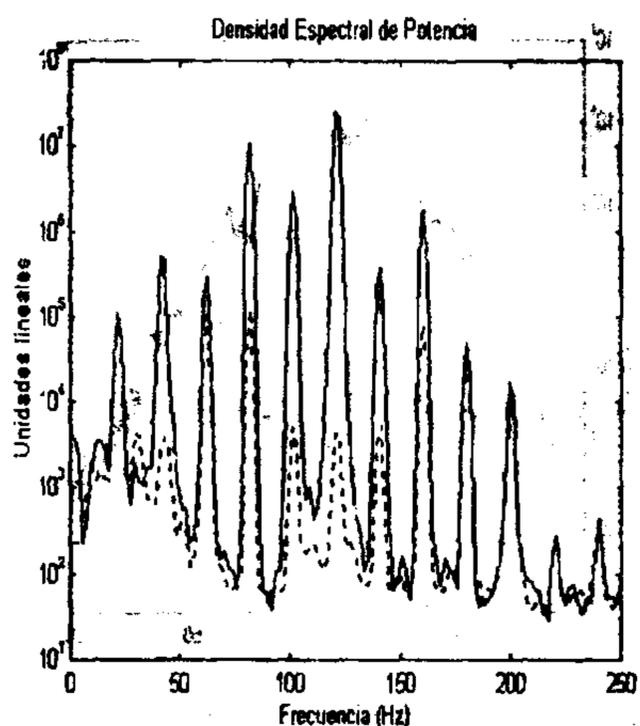


Figura 5. Cancelación de señal de motor en un sistema 1:2:4.

También se realizaron pruebas con ruido blanco filtrado. En la figura 6 se puede ver la reducción de la densidad espectral de potencia lograda para un sistema con dos fuentes secundarias y dos micrófonos de error. La figura 7 muestra la cancelación obtenida usando cuatro micrófonos. En los dos casos se lograron atenuaciones próximas a 17 dB para la banda por debajo de 150 Hz.

A continuación se presentan dos pruebas realizadas en una cámara semianecoica con una configuración del sistema de control local muy similar; utilizando dos fuentes canceladoras y dos sensores de referencia. El efecto de reverberación de la sala utilizada anteriormente contribuye a aumentar la complejidad de las funciones de transferencia entre fuentes y sensores que nuestro sistema tiene que modelar. Además, la respuesta de un recinto reverberante a una excitación depende en gran medida de la frecuencia aplicada, lo cual no contribuye en modo alguno al buen comportamiento de los algoritmos aplicados. Por esta razón se probó el sistema en una cámara semianecoica donde las condiciones son más parecidas al campo abierto y, en consecuencia, es de esperar que los resultados mejoren.

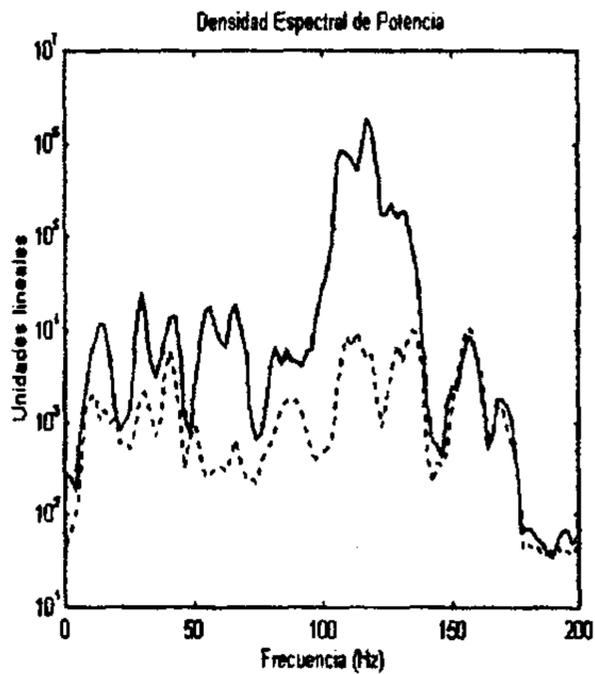


Figura 6. Cancelación de ruido blanco filtrado a 150 Hz ( sistema 1:2:2).

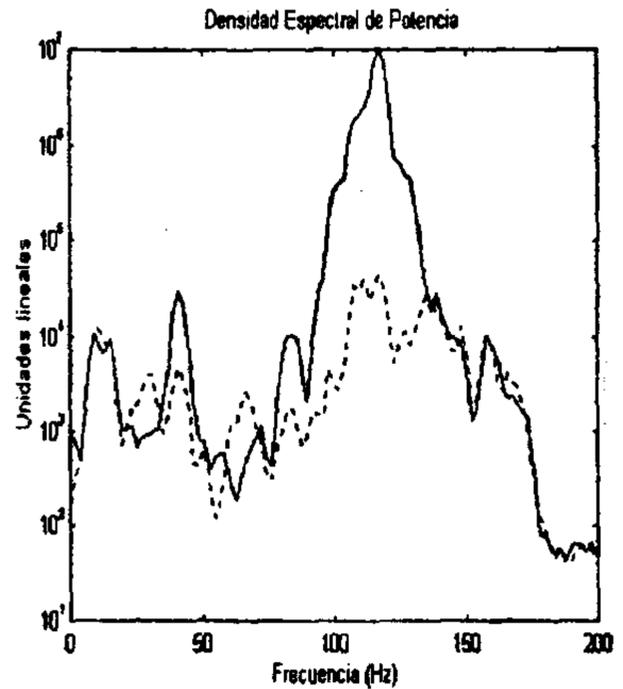


Figura 7. Cancelación de ruido blanco filtrado a 150 Hz (sistema 1:2:4).

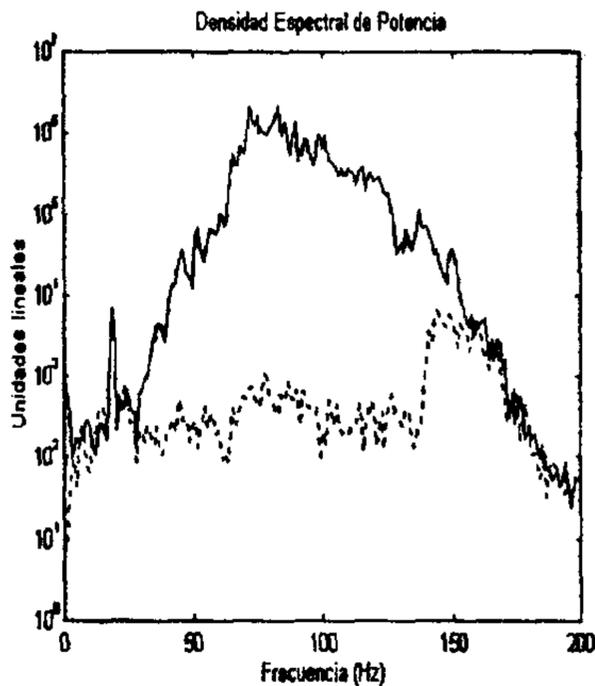


Figura 8. Cancelación de ruido blanco en la cámara semianecoica ( sistema 1:2:2).

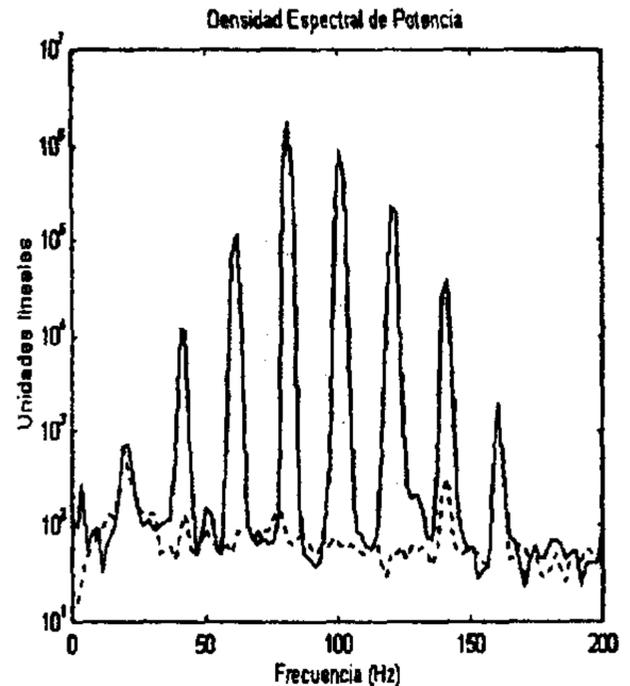


Figura 9. Cancelación de señal de motor en la cámara semianecoica (sistema 1:2:2).

## CONCLUSIONES

Este trabajo pretende demostrar la viabilidad de un sencillo sistema activo multicanal de control local de ruido que permite reducir los niveles sonoros entorno a un pasajero que ocupe un asiento en el interior del recinto.

## REFERENCIAS

1. S.J. Elliott y P.A. Nelson, "Active Noise Control", IEEE Signal Processing Magazine, pp. 12-35, Octubre (1993).
2. C. García, "Verificación Experimental de un Sistema de Control Activo Local del Ruido". Proyecto Fin de Carrera, ETS de Ingenieros de Telecomunicación, UPV (1998)
3. A. González, "Control Activo de Ruido Acústico usando Procesado Adaptativo de Señal", Tesis Doctoral. Departamento de Comunicaciones, Universidad Politécnica de Valencia, (1997).
4. A. González, M. de Diego, E. Cervantes. "Control activo de ruido en un sistema de escape de automóviles". Actas de las Jornadas Nacionales de Acústica, Tecniacústica, Oviedo, (1997).
5. S. Haykin, "Adaptive Filter Theory", Prentice-Hall, Upper Saddle River (NJ), (1996).
6. S.M. Kuo y D.R. Morgan, "Active Noise Control Systems", John Wiley & Sons, New York, (1996).
7. P.A. Nelson y S.J. Elliott, "Active Control of Sound", Academic Press, New York, (1992).
8. B. Widrow y S.M. Stearns. "Adaptive Signal Processing", Prentice Hall, (1985).