

## Algoritmo adaptativo para la cancelación de ruido en conductos

Carlos Hernández , Alberto González, Antonio Albiol  
Departamento de Comunicaciones, UPV, ETSI Telecomunicación, Camino de Vera s/n,  
Universidad Politécnica de Valencia, 46071, Valencia, España

### Abstract

The present article proposes an adaptive algorithm that realizes the adjustment of the coefficients in a digital filter, not through the gradient techniques, but through function evaluation operations, the algorithm Downhill Simplex Method (DSM). In this way, the gradient calculus can be avoided. All theoretic results are checked in a real system for noise active control in ducts.

### Introducción

El Control Activo de Ruido (CAR) es una aplicación emergente del procesamiento digital de señales. La idea es conceptualmente simple: se desea atenuar una señal acústica indeseada, que denominaremos señal primaria; para ello se genera una segunda señal acústica mediante una fuente que llamaremos secundaria, que sumada a la señal primaria produzca la máxima cancelación posible. Aunque la idea es simple, su implementación práctica no está exenta de dificultades debido a numerosas razones, por lo que continúa siendo un tema vigente de investigación.

### Control activo de ruido en conductos

Un sistema CAR para Control Activo de Ruido en Conductos (CAREC) es propio de aplicaciones donde se desea controlar el campo acústico en conductos estrechos y de gran longitud. El mismo tendrá un micrófono de referencia que captará la señal de ruido a cancelar, un altavoz de cancelación, zona de cancelación, y un micrófono de error que capta el nivel de señal de ruido residual. La señal de referencia es procesada por el sistema CAR para generar la señal de control que excita el altavoz de cancelación. La señal captada por el micrófono de error servirá para controlar el proceso adaptativo. El objetivo del sistema CAR será minimizar la medida de la potencia de la señal de error y por tanto del error residual del ruido acústico. Podemos considerar el procesamiento que realiza el sistema CAR como de identificación de sistemas.

### Algoritmo DSM

El algoritmo DSM (NELDER 65) basa su búsqueda del mínimo de una función en la evaluación de la misma, evitando de esta manera el uso de derivadas para el cálculo de gradientes, etc, como es el caso del algoritmo LMS. Este algoritmo DSM no será muy eficiente en términos de la cantidad de evaluaciones que deberá realizar en la función a minimizar. Sin embargo, resultará muy útil en aplicaciones prácticas donde se desea contar con un método que realice una tarea con relativa rapidez, evitando grandes problemas computacionales. La naturaleza geométrica de este método facilita mucho su descripción. Un simplex será una figura geométrica que contiene, en  $V$  dimensiones,  $V+1$  puntos o vértices, estando relacionados estos por segmentos y lados, Fig. 1. En un espacio bidimensional  $R^2$ , el simplex será un triángulo, mientras que en un tridimensional  $R^3$ , el simplex será un tetraedro. Tomando cualquier vértice del simplex como origen, los  $V$  vértices restantes definirán  $V$  vectores de dirección que formarán el volumen del simplex.

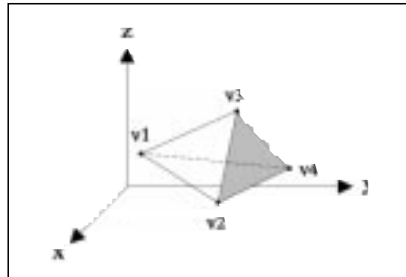


Figura 1: Tetraedro irregular en  $R^3$ .

El algoritmo DSM entonces realiza una serie de pasos, la mayoría de ellos moviendo el vértice del simplex donde la función es mayor, a través del lado opuesto del simplex en busca del valor menor. Estos pasos son llamados reflexiones, y tratan de mantener el volumen del simplex, evitando la degeneración del mismo. Hecho esto, el algoritmo DSM expande el simplex en una dirección u otra, con diferentes valores de los vectores de dirección. Cuando alcanza un mínimo el simplex se contrae en todas las direcciones, ubicando todos los vértices alrededor del valor óptimo.

#### Resultados teóricos

La comprobación teórica del algoritmo DSM se realizó por simulación, haciendo uso del programa MATLAB. Se realizaron simulaciones para analizar las propiedades de convergencia del algoritmo DSM. Las señales a cancelar serán tonos armónicamente relacionados. Escoger estas señales responde al hecho de que este tipo de espectro, donde existen picos en algunas frecuencias, será el más típico en las aplicaciones de sistemas CAR para CAREC, tales como motores, sistemas de ventilación, etc. En las Figs.2 y 3 se muestra el nivel de cancelación de una señal sinusoidal.

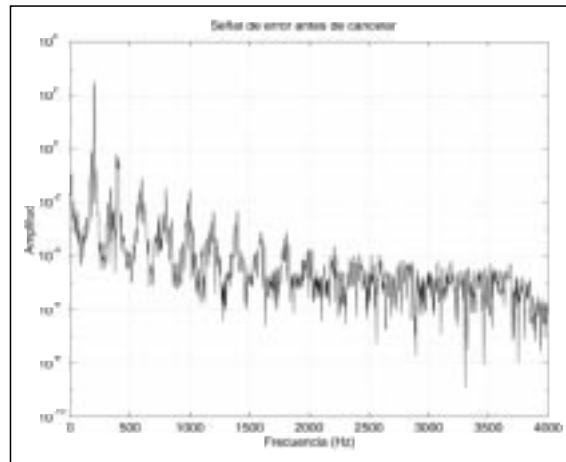


Figura 2: Espectro de la señal de error antes de la cancelación

#### Resultados prácticos

La implementación práctica y comprobación de los resultados teóricos se realizó sobre un prototipo para CAREC que existe en el Departamento de Comunicaciones de la UPV, ver comunicación Control Activo de Ruido en un Sistema de Escape de Automóviles. En la Fig.4 se muestra el resultado de la cancelación de una señal periódica, con dos armónicos y frecuencia fundamental de 60 Hz.

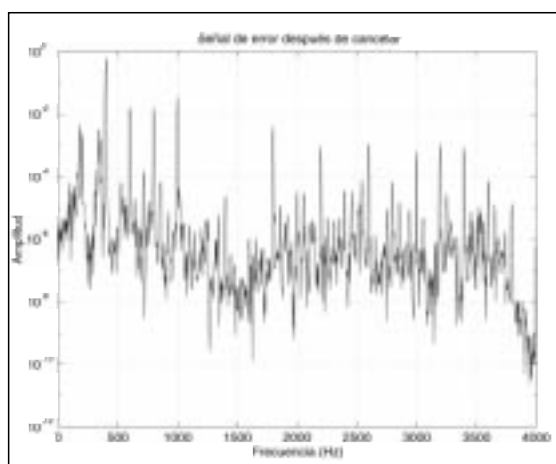


Figura 3: Espectro de la señal de error después de la cancelación

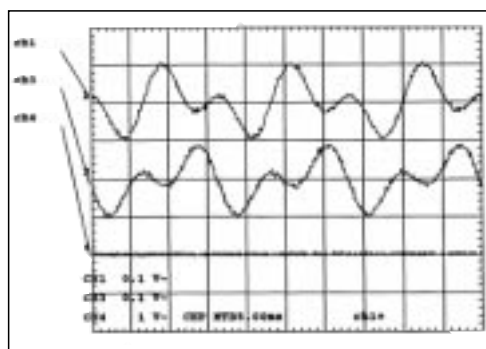


Figura 4: Señales después de la cancelación: ch 1 Señal x (n), ch3 Señal y (n), ch4 Señal e (n)

### Conclusiones

La principal ventaja de este algoritmo DSM radica en que no necesita tener acceso a la señal de error  $e(n)$  ni estimar la función de transferencia que filtra a esta. Convergerá relativamente rápido, proporcionando un estado final muy estable. Se comprueba que los niveles de cancelación se encuentran entre los 30 dB ~ 40dB que se le exigen a cualquier algoritmo adaptativo. Aunque aquí el sistema CAR es utilizado para el CAReC, los resultados teóricos y prácticos pueden ser aplicados en una gran variedad de problemas de control de ruido y vibraciones, así como a cualquier señal de ruido.

### Bibliografía

- [KUO 96] KUO, S. M.; MORGAN, D. R.: Active Noise Control Systems. John Wiley & Sons Inc., 1996
- [NELDER 65] NELDER, J. A.; MEAD, R.: A Simplex Method for Function Minimization. Computer Journal, Vol. 7, pp. 308-313, 1965
- [PRESS 92] PRESS, William H.; TEUKOLSKY, Saul A.; VETTERLING, William T.; FLANNERY, Brian P.: Numerical Recipes in C: The Art of Scientific Computing. Cambridge University Press, 1992

