

# SISTEMA DE COMUNICACIÓN ORAL PARA EL INTERIOR DE AUTOMÓVILES

*Alfonso Ortega, Eduardo Lleida, Enrique Masgrau*

Departamento de Ingeniería Electrónica y Comunicaciones.  
 Universidad de Zaragoza.  
 ortega@posta.unizar.es

## RESUMEN

Debido al ruido presente en el interior de los automóviles y a la disposición de sus ocupantes, las conversaciones entre estos se ven altamente dificultadas. El sistema aquí descrito, facilita la comunicación entre los pasajeros recogiendo el habla de cada uno de ellos mediante una serie de micrófonos situados sobre sus cabezas y las devuelve al interior del coche mediante su sistema de altavoces. Para hacer esto posible, el sistema cuenta con robustos canceladores de eco acústico que previenen el acoplamiento entre altavoces y micrófonos, además de filtros que eliminan el ruido ambiente de las señales captadas por los micrófonos para no aumentar el nivel de ruido presente en el habitáculo.

## 1. INTRODUCCIÓN

El sistema de comunicación oral aquí descrito facilita las conversaciones que se mantienen en el interior de los vehículos. Este sistema utiliza una serie de micrófonos situados sobre las cabezas de los pasajeros que se encargan de recoger la voz de cada ocupante para después amplificarla y devolverla al interior a través del sistema de altavoces del vehículo consiguiendo reforzar la voz del locutor tal y como se muestra en la figura 1.

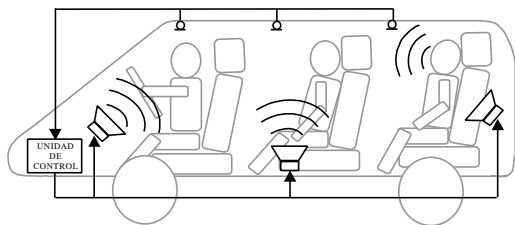


Figura 1. Esquema del intercomunicador oral.

Este, en apariencia, sencillo sistema presenta una serie de problemas de envergadura como son:

1.- La proximidad entre micrófonos y altavoces hace que se establezcan caminos de realimentación electro-acústica que ponen en peligro la estabilidad del sistema o, en el mejor de los casos, originan la aparición de molestos silbidos.

2.- La señal captada por el micrófono contiene junto con la señal de voz, el ruido del motor, el del viento o el de rodadura. Si se amplificara directamente esta señal y se reintrodujera al interior, se aumentaría el nivel de ruido dentro del vehículo, algo que dificultaría la conversación en lugar de facilitarla.

Para solucionar el primer problema, el sistema cuenta con canceladores de eco acústico formados por filtros transversales adaptativos situados en paralelo con cada camino electro-acústico altavoz-micrófono [1] y con filtros encargados de eliminar el eco residual que dejan pasar los canceladores.

Para limpiar las señales de los micrófonos, dispone de filtros reductores de ruido tras los filtros supresores de eco residual.

Puesto que a cualquier pasajero le llegará además de la voz por el camino directo, el refuerzo que de ésta proporciona el sistema, el retardo introducido por éste debe minimizarse. Para conseguir una completa integración de ambos sonidos manteniendo la inteligibilidad, la distancia deberá ser menor de 20 ms. [2].

## 2. DESCRIPCIÓN DEL SISTEMA CANCELADOR DE ECO ACÚSTICO.

Para que el sistema de comunicación oral sea completo, debe contar con al menos dos canales, uno que permita la comunicación desde delante hacia atrás y otro que lleve la voz en sentido inverso. Este sistema cuenta con cuatro caminos electro-acústicos a identificar y por lo tanto con cuatro canceladores de eco acústico. Para una mayor claridad, en este trabajo se describe un sistema formado por un único canal.

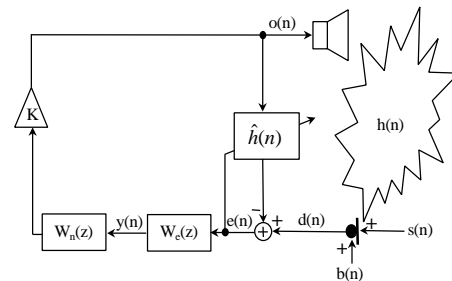


Figura 2. Diagrama de bloques del sistema de un canal.  $s(n)$ : voz,  $b(n)$ : ruido ambiente.

Basándonos en la figura 2 y considerando por ahora que el cancelador de eco está desactivado al igual que los filtros  $W_c(e^{j\omega})$  y  $W_n(e^{j\omega})$ , la función de transferencia del sistema entre la entrada y la salida es:

$$P(z) = \frac{O(z)}{S(z) + B(z)} = \frac{K}{1 - KH(z)} \quad (1)$$

Si  $|KH(z)| \geq 1$ , el sistema corre el peligro de volverse inestable y aparecerán molestos silbidos.

El filtro cancelador de ecos tiene como misión identificar la respuesta impulsional de la sala  $h(n)$  para así evitar la aparición del camino de realimentación que ésta introduce. La función de transferencia ahora queda

$$P(z) = \frac{K}{1 - K(H(z) - \hat{H}(z))} \quad (2)$$

Por lo tanto, si  $\hat{H}(z) = H(z)$  habrá cancelación completa del eco y el sistema será estable para cualquier valor de  $K$ . Sin embargo, esto no es posible ya que por problemas de capacidad de cálculo,  $h(n)$  será de mayor longitud que el filtro adaptativo y además, entre ambos existirán diferencias causadas por el desajuste introducido por el algoritmo de actualización del filtro cancelador, un NLMS (normalized least mean square).

Por esto, siempre existirá un eco residual a eliminar y para ello será necesario introducir el filtro supresor de eco residual  $W_e(z)$ .

Un grave inconveniente que plantea este sistema es que el NLMS debe actuar siempre con doble conversación, es decir, sobre el eco que el sistema trata de cancelar, está siempre la señal de voz del locutor que habla en ese momento provocando perturbaciones en el filtro adaptativo que hacen que aumente el desajuste. Esto justifica aún más la presencia del filtro supresor de eco residual.

### 3. FILTROS DE WIENER PARA SUPRESIÓN DE ECO RESIDUAL Y REDUCCIÓN DE RUIDO.

Tanto el filtro supresor de eco residual como el filtro reductor de ruido, basan su funcionamiento en la solución óptima de Wiener. Así pues, atendiendo a la figura 2, estos filtros deben responder a las expresiones

$$W_e(e^{j\omega}) = \frac{S_{en}(e^{j\omega})}{S_e(e^{j\omega})} \quad W_n(e^{j\omega}) = \frac{S_{ys}(e^{j\omega})}{S_y(e^{j\omega})} \quad (3)$$

Donde  $S_x(e^{j\omega})$  es la densidad espectral de potencia de la señal  $x(n)$  y  $S_{xy}(e^{j\omega})$  es la densidad espectral de potencia cruzada de las señales  $x(n)$  e  $y(n)$ ;  $n(n)$  es la señal del micrófono sin eco  $n(n) = s(n) + b(n)$ .

Suponiendo incorrelación entre el eco residual  $r(n)$  y la señal  $n(n)$  debido al retardo, el filtro supresor de eco residual resultante es

$$W_e(e^{j\omega}) = 1 - \frac{S_r(e^{j\omega})}{S_e(e^{j\omega})} \quad (4)$$

La estimación de  $S_e(e^{j\omega})$  se puede obtener directamente de la señal  $e(n)$  mientras que para  $S_r(e^{j\omega})$  debemos considerar que esta señal ha atravesado  $h(n)$  y por lo tanto cuenta con una correlación a más largo plazo que la señal de voz.

Asumiendo que el supresor de eco residual funciona correctamente,  $y(n) = s(n) + b(n)$ ; además  $s(n)$  y  $b(n)$  serán independientes y el filtro reductor de ruido definitivo será

$$W_n(e^{j\omega}) = 1 - \frac{S_b(e^{j\omega})}{S_y(e^{j\omega})} \quad (5)$$

De nuevo,  $S_y(e^{j\omega})$  se puede estimar directamente partiendo de  $y(n)$  mientras que para obtener  $S_b(e^{j\omega})$  debemos tener en cuenta

que el ruido es un proceso estacionario a largo plazo mientras que la voz será estacionaria en segmentos de corta duración.

## 4. RESULTADOS

Para evaluar las prestaciones de este sistema, se han considerado dos medidas que dan idea del funcionamiento del mismo, una es el refuerzo de voz (SR) medido como el cociente entre la potencia de voz a la salida del sistema y la potencia de voz a la entrada del mismo y por otro lado, se considera el margen de estabilidad que indica cuánto puede descender el nivel de cancelación de eco sin que el sistema llegue a ser inestable.

En la figura 3 se muestra la evolución de ambos parámetros en función del factor de ganancia  $K$  obtenida mediante simulación empleando como  $h(n)$  respuestas impulsionales de vehículos.

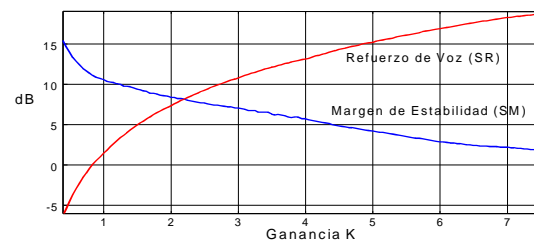


Figura 3. Refuerzo de Voz y Margen de Estabilidad vs. K

## 5. CONCLUSIONES

En este artículo hemos descrito brevemente un sistema de comunicación oral para vehículos destinado a facilitar las conversaciones entre sus pasajeros. Este sistema ha sido desarrollado sobre dos DSP de Analog Devices ADSP-21060 y las pruebas que se están realizando sobre varios modelos de monovolúmenes ofrecen resultados francamente satisfactorios. Se están consiguiendo altos niveles de refuerzo de voz sin por ello poner en peligro la estabilidad del sistema ni aumentar el nivel de ruido presente dentro del habitáculo de vehículo, manteniendo además una más que aceptable calidad de voz.

## 6. AGRADECIMIENTOS

Trabajo financiado por los proyectos TIC98-0423-C06-04, AMB99-1095-C02, FEDER 2FD97-1070 y la beca personal DGA B033/2001

## 7. REFERENCIAS

- [1] Breining, C., Dreiseitel, P., Hänslér, E., Mader, A., Nitsch B., Puder H., Schertler T., Schmidt G. Tilp J. "Acoustic Echo Control". IEEE Signal Processing Magazine, Vol. 16, N° 4, pp 42-69 Julio 1999.
- [2] B.M. Finn, "The influence of a Single Echo on the Audibility of Speech", Acustica, Vol. 1, N° 2, 1951, en alemán. (Traducción al inglés por K. Ehrenberg en: Journal of the Audio Engineering Society, Vol. 20 N° 2, pp. 146-159, Marzo 1972.