

PARAMETROS DE ESPACIALIDAD A PARTIR DE UNA SEÑAL ESTEREOFONICA

Manuel SIGUERO GUERRA

INSTITUTO DE ACUSTICA (CSIC). Serrano, 144. 28006 Madrid.

INTRODUCCION

La evolución que siguen los sistemas de grabación y reproducción, tiende a buscar la representación de una imagen auditiva más elaborada que los sistemas tradicionales de dos canales. Aunque hace años se intentase introducir el sistema cuadrafónico, que presentaba información espacial en cuatro canales del perímetro imaginario que rodea al oyente ya sabemos que industrialmente no tuvo éxito. Hoy se intenta recuperar la idea de la información sonora espacial, envolvente¹, alrededor del individuo en actitud de escuchar, alejándose de la imagen auditiva en el plano frontal generada comúnmente a través de dos únicas pantallas acústicas.

El procesado de la señal codificada es complejo puesto que la información de los cuatro o seis canales del sistema debe quedar sintetizada en los dos únicos canales del soporte normalizado, debiendo ser perfectamente compatible con los sistemas tradicionales de lectura y reproducción estereofónicos. La señal así grabada precisa un elemento decodificador para reproducir las pistas sintetizadas y extraer así la información completa.

PROTOTIPO

El doble prototipo que hemos diseñado, puesto que consta de dos unidades idénticas, no sigue el esquema de codificado convencional presente en otros sistemas de carácter comercial. Ha sido desarrollado y calibrado en el Instituto de Acústica del CSIC. Utiliza un procedimiento electrónico que genera dos señales que mantienen una relación de espacialidad entre sí, a partir de una señal pregrabada sin codificar, por procedimientos que explicamos más adelante, y no precisa por tanto decodificación. En la figura se presenta el diagrama general de bloques.

La señal de entrada se introduce a través de un amplificador operacional de 20 dB de ganancia. Para evitar el ruido eléctrico general del sistema a altas frecuencias, intercalamos un doble filtrado en dos etapas. Primero un circuito de preénfasis que se compone de un filtro paso-alto de 6 dB/octava a partir de 1.000 Hz, con lo que conseguimos elevar la señal 18 dB a partir de los 8.000 Hz. El filtro inverso o de desénfasis restaura la señal previamente realzada que queda al nivel que tenía inicialmente (0 dB) una vez que ha pasado por el circuito de retardo inmediatamente anterior.

¹ Al hablar de imagen auditiva nos estamos refiriendo a la representación mental que conforma un individuo en actitud de escuchar cuando entra en el área de influencia de un sistema de reproducción electroacústica emitiendo música y/o palabra, es decir, información auditiva potencialmente significativa para el oyente. La escucha atenta induce en la mente del oyente representaciones visuales del escenario y el recinto, de la situación relativa de los instrumentos y los actores. Dicha imagen auditiva se modifica en función de la información grabada.

El circuito de retardo o registro de desplazamiento consta de dos unidades BBD en cascada de 512 etapas cada una. Si la señal muestreada la almacenamos en un registro de desplazamiento, obtendremos a la salida la misma serie de muestras pero retardadas en el tiempo. Este retardo dependerá de la longitud de la línea (o cantidad de etapas) y también de la velocidad con que efectuemos la transferencia de muestras a lo largo del registro (frecuencia de las señales de reloj de control). La transferencia se realiza, por tanto, en dos etapas y se precisan dos señales para el control de los interruptores.

Las señales necesarias serán suministradas por los impulsos de reloj de un oscilador de cuarzo. Oscilador que debe permitir aplicar una frecuencia de muestreo cuyo valor debe ser como mínimo dos veces la frecuencia de audio que va a ser procesada. Esta función la cumple el oscilador de dos fases que genera una frecuencia constante de 37,5 kHz, suficiente para muestrear el margen de frecuencias audibles que vamos a utilizar. Sin embargo este dispositivo oscilador provoca cierto tipo de ruido que es preciso eliminar; es la razón por la que en la etapa final del circuito introducimos un filtro paso-bajo Butterworth de 6 polos con lo que conseguimos una atenuación de 36 dB/octava a partir de 15 kHz.

El proceso de desarrollo del prototipo, hasta conseguir una sensación auditiva aceptable, ha requerido la inestimable participación de un grupo de oyentes expertos (17, incluido el autor) en sucesivos, y a veces interminables, ensayos hasta conseguir la mejor respuesta posible del sistema y la sensación percibida más equilibrada.

ESPACIALIDAD DE FUENTES SONORAS

Las reflexiones laterales propiciadas por las paredes de las salas de audición juegan un papel muy importante en el proceso perceptivo de escucha. En los últimos años muchos de los trabajos de Barron y Marshall, Schroeder, Ando e Imamura, Griesinger, Blauert y otros ² demuestran la marcada preferencia de los oyentes por auditorios y salas donde las paredes laterales sean capaces de reflejar una cantidad significativa de energía sonora.

Deducen, a través de un alto porcentaje de oyentes, que las preferencias más claras se establecen cuando los recintos permiten una baja correlación interaural entre los dos oídos, disminuyendo dicha correlación tan solo en aquellos casos en los que aparece una mayor cantidad de energía sonora lateral. Es decir las reflexiones laterales propician una menor correlación interaural, hay una menor similitud entre las ondas que llegan a ambos oídos, y la sensación de ambiente aumenta en forma proporcional.

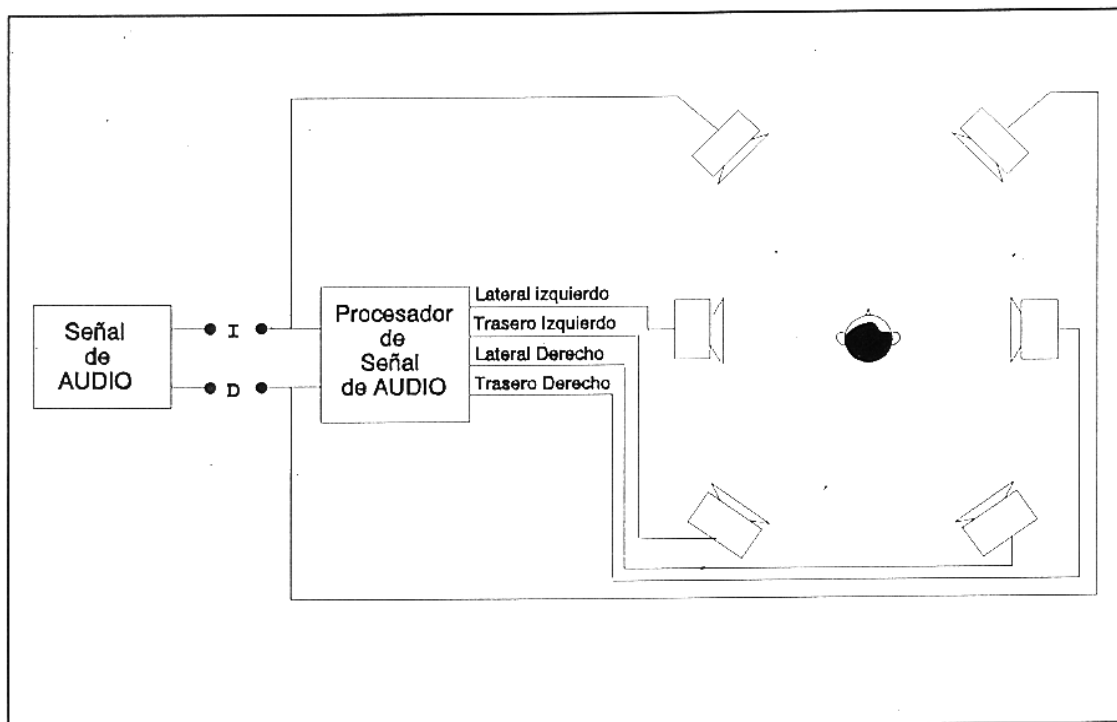
El diseño de nuestro procesador tiene como objetivo mejorar las condiciones de escucha de una sala de audición y, por lo que se deduce de estudios anteriores, una de las premisas para esta mejora es incrementar la cantidad de energía lateral y trasera que podemos suministrar a través de nuestro espacio virtual reproducido.

A bajas frecuencias los modos propios laterales de una sala pueden excitarse por señales estereofónicas reproducidas fuera de fase y estas pequeñas variaciones de tiempo pueden contribuir en gran medida a incrementar el grado de satisfacción de la escucha. A esto deben añadirse las reflexiones naturales de la sala para altas frecuencias como proceso primario en la organización de lo que vamos a denominar impresión espacial o sensación percibida en la escucha de un espacio sonoro virtual.

Para darse cuenta de como contribuyen las paredes de una sala en el proceso de reflexiones y la consiguiente sensación de mayor o menor amplitud del espacio sonoro no hay más que proceder a una escucha atenta en una cámara anecóica o en un espacio abierto en un exterior. Las reflexiones desaparecen, es preciso aumentar el volumen del sistema para obtener la misma sensación que en una sala de escucha convencional y las características que definen la espacialidad se modifican drásticamente.

Nuestro procesador está diseñado para suministrar cuatro salidas de audio a partir de los dos canales de entrada. Los dos canales estereofónicos de la fuente de señal se mantienen además como canales frontales principales antes de pasar por el procesador. Es decir contamos, para definir nuestro entorno sonoro virtual, con un total de seis canales de audio.

El perímetro que rodea al oyente queda constituido por dos canales frontales, dos canales laterales y dos canales traseros. El esquema del sistema de reproducción aparece a continuación.



Los altavoces frontales izquierdo y derecho son amplificadas a partir de la señal grabada en dichas fuentes sonoras, directamente, sin pasar por nuestro procesador de audio. Las señales que llegan a los altavoces del canal izquierdo, lateral y trasero, son procesadas y a continuación amplificadas. Lo mismo ocurre con las señales lateral y trasera del canal derecho. Inicialmente el oyente se sitúa en el centro geométrico del sistema de reproducción.

Tanto las variables físicas (sala de audición, situación relativa del oyente y de los altavoces y el sistema de reproducción); como las variables fisiológicas (sensibilidad auditiva de los oyentes y los niveles de sonoridad relativos de cada fragmento del test); como las variables psicológicas (experiencia previa del oyente, interacciones de grupo, incluso la normalización de la terminología del cuestionario y las instrucciones) mantienen el rigor de las normas IEC 268, IEC 543, DIN 45500 y complementarias.

El ensayo de audición que completa el estudio tiene como objetivo más inmediato encontrar la organización óptima de todas las variables antes apuntadas. Es decir, como ya quedó definido en un trabajo anterior³, buscamos la AUDIONOMIA del conjunto con la idea de obtener la percepción de la imagen auditiva más coherente posible.

CONCLUSIONES

La impresión espacial se incrementa cuando los altavoces laterales se sitúan en un ángulo de, aproximadamente, 80 grados respecto al eje de escucha, sin que lleguen a estar

situados frente al pabellón auditivo del oyente (que serían los 90 grados). Respecto a su altura, conviene también mantenerlos ligeramente elevados (15 grados aproximadamente) respecto al plano ortogonal de este mismo eje. Los altavoces traseros deben seguir similar disposición a la de los frontales obteniendo mejores resultados al desviar su eje del área de escucha.

Comprobamos que no se consigue una impresión espacial aceptable mediante la utilización de altavoces delanteros y traseros únicamente. Lo que confirma la importancia de los altavoces laterales en la sensación de sonido envolvente.

Para el caso de nuestro procesador, no hemos podido confirmar la importancia de las frecuencias graves, indicadas por otros investigadores, para realzar la impresión de dirección ni la sensación de espacio. Las frecuencias graves son importantes pero no mucho más que el resto de frecuencias medias y altas.

Respecto a la posición del oyente, hemos llegado a la conclusión de que no tiene excesiva influencia. Las variaciones de su situación absoluta en la sala y la relativa de los movimientos de la cabeza sin duda introducen ciertos errores, pero comparado con las variaciones de los retardos del sistema no parecen añadir valores significativos.

Debe evitarse una excesiva proximidad a alguno de los altavoces del sistema. Debe buscarse una situación de equilibrio, intentando que sean equidistantes al área de escucha.

Respecto al proceso de localización en el plano horizontal podemos decir que mediante la utilización de más canales de reproducción se mejora la estabilidad de las imágenes auditivas, eliminándose las confusiones en la lateralización de una fuente sonora.

Se pierden planos de profundidad de la imagen auditiva cuando la escucha se realiza fuera del ángulo característico de 60 grados considerados óptimos para la percepción completa de la imagen estereofónica. Conviene mantener tal relación en la reproducción multicanal.

De los altavoces traseros y laterales obtenemos una con gran efectividad al ofrecer una información de ambiente. Resulta difícil para el oyente identificar una fuente puntual, lo que mejora la sensación de espacio sonoro envolvente.

Una objeción necesaria sobre las pruebas psicotécnicas de audición: Requieren una gran cantidad de tiempo material para organizarlas, así como grandes dosis de paciencia y trabajo, tanto para el grupo de oyentes como para los experimentadores. La adecuación del recinto, las descripciones de los test y la ejecución de las diferentes pruebas deben ser exhaustivos si se quiere que sean fiables. Desde luego dichas pruebas experimentales resultan imprescindibles si pretendemos encontrar los atributos más correctos de la percepción, en nuestro caso auditiva, en paralelo con el desarrollo de la psicología cognitiva en este campo aplicado de la Comunicación.

Obviamente es necesario un trabajo interdisciplinar. Conviene buscar las adecuadas correlaciones entre las características físicas y los atributos perceptivos lo que, necesariamente, requiere pruebas de este tipo.

-
1. **Audio Engineering Society (Ed.)**, *The Perception of Reproduced Sound*, The Proceedings of the AES 12th International Conference, Denmark, 1993.
 2. **LORD, Peter** (Ed.), *Auditory Virtual Environment and Telepresence*, Applied Acoustics(special issue), Vol. 36, 1992.
 3. **SIGUERO, Manuel**. *Variables electroacústicas que influyen en la percepción de la imagen auditiva*, Tesis Doctoral, Universidad Complutense, Madrid, 1993.