

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 377 391**

51 Int. Cl.:  
**G10K 15/08** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **99917258 .8**  
96 Fecha de presentación: **23.04.1999**  
97 Número de publicación de la solicitud: **1074016**  
97 Fecha de publicación de la solicitud: **07.02.2001**

54 Título: **Sistema de mejora de la reflexión temprana en línea para mejorar la acústica**

30 Prioridad:  
**23.04.1998 NZ 33026898**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:  
**27.03.2012**

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:  
**27.03.2012**

73 Titular/es:  
**INDUSTRIAL RESEARCH LIMITED  
GRACEFIELD ROAD  
LOWER HUTT 6009, NZ**

72 Inventor/es:  
**POLETTI, Mark**

74 Agente/Representante:  
**González Palmero, Fé**

ES 2 377 391 T3

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín europeo de patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre concesión de Patentes Europeas).

## DESCRIPCIÓN

Sistema de mejora de la reflexión temprana en línea para mejorar la acústica

**Ámbito técnico**

5 La invención comprende un sistema y un método en línea de mejora de la reflexión temprana para mejorar la acústica de una sala o auditorio.

**Antecedentes**

10 La acústica de una sala tiene un impacto significativo en la percepción de una audiencia de la calidad de una actuación en directo. Hay varias propiedades de las salas que han sido identificadas como que están en correlación con las impresiones subjetivas de calidad. El parámetro medido en primer lugar era el tiempo de reverberación. Esta es una propiedad global de la sala que tiene un valor similar en todas las ubicaciones. Está gobernada por el volumen de la sala y la absorción de las superficies de la sala, y la calidad de la reverberación también esta gobernada por la forma de la sala. Las salas con un tiempo largo de reverberación pueden proporcionar una sensación de involucimiento que produce un mayor disfrute de las actuaciones tales como la ópera o música clásica. Sin embargo, la misma acústica puede reducir la inteligibilidad de las palabras habladas y por lo tanto ser inadecuada para los discursos.

15 Se han determinado otros parámetros que se relacionan con las propiedades de la parte más temprana de la respuesta, tal como la claridad. Los auditorios más recientes se han diseñado con reflectores colocados específicamente para mejorar la parte temprana de la respuesta de la sala a los sonidos que proceden del escenario.

20 Para lograr un máximo disfrute de diversas actuaciones, la acústica de una sala debe corresponderse con la actuación pretendida. Por esta razón, muchas salas se han fabricado acústicamente ajustables. Por ejemplo se han utilizado elementos absorbentes ajustables como cortinas movibles o paneles giratorios para controlar el tiempo de reverberación. Se han construido espacios acústicos extra que pueden acoplarse a la zona principal cuando es necesario proporcionar más reverberación.

25 Durante muchos años se han utilizado sistemas electroacústicos para mejorar la acústica de las salas. El sistema más sencillo es el sistema de refuerzo de sonido o de megafonía, en el que el sonido producido por los artistas en el escenario es detectado por micrófonos cercanos y el sonido es amplificado y retransmitido desde uno o más conjuntos de altavoces. El objetivo de tales sistemas normalmente es proyectar el sonido directo sin reverberación a la audiencia para eliminar los efectos de la sala y mejorar la claridad.

30 Más recientemente, se han desarrollado formas más complejas de sistemas de sonido con el propósito de proporcionar una acústica ajustable en las salas. El sistema básico de refuerzo de sonido se ha desarrollado aún más introduciendo elementos de procesamiento de sonido tales como retardos, que permiten la creación de reflexiones adicionales del sonido - véase "Complex simulation of acoustic fields by the delta stereophony system (DDS)", de W. Anher, J. Audio Eng. Soc., vol. 35, nº. 9, págs. 643-652, septiembre de 1987, y la patente de EEUU 5.142.586. El sistema de estereofonía delta descrito por Anher proporciona reflexiones de sonido que se disponen para llegar más tarde que el sonido directo, con el fin de mantener una localización correcta. Para una ubicación dada del receptor, pueden escogerse los retardos apropiados para evitar preceder al sonido directo, pero los retardos deben ser cambiados para ubicaciones diferentes de los receptores. El sistema ACS descrito en la patente de EE.UU. 5.142.586 reivindica el proporcionar reflexiones en los momentos apropiados para todas las ubicaciones de receptores, mediante la creación de frentes de onda. Los retardos se escogen utilizando el principio de Huygens, y su cuantificación matemática por ecuaciones integrales es descrito por A. J. Berknot, D. de Vries y P. Vogel, "Acoustic control by wave field synthesis," J. Acoust. Soc. Am., vol. 93, no. 5, págs. 2764-2778, Mayo 1993. Los frentes de onda se generan utilizando series de altavoces. Estos sistemas electroacústicos ofrecen una respuesta más controlable de reflexión temprana que la que puede lograrse utilizando reflectores pasivos.

45 También se han introducido dispositivos de reverberación para proporcionar un tiempo mayor de reverberación para fuentes en el escenario - véase por ejemplo la patente de EE.UU. 5.109.419. También se han empleado mayor número de altavoces para proporcionar reflexiones y reverberación mejores, tal como para zonas debajo de la platea. Los micrófonos también se han colocado más alejados de los artistas para ser menos molestos, si bien todavía con objeto de detectar el sonido directo.

50 Los sistemas explicados anteriormente evitan la realimentación de los altavoces a los micrófonos, ya que tal realimentación puede llevar a una variación del timbre y a inestabilidad si la ganancia del circuito es demasiado alta. A causa de este hecho, pueden denominarse genéricamente sistemas en línea o no regenerativos. Tales sistemas pueden proporcionar grandes aumentos de la reverberación para fuentes de sonido que están cerca de los micrófonos (es decir en el escenario), pero tienen un efecto pequeño para fuentes de sonido en otras posiciones en la sala.

55

Un segundo tipo de sistema de mejora es el sistema que no está en línea o regenerativo, que procura utilizar la realimentación entre altavoces y micrófonos para lograr una mejora global de la reverberación que se produce para cualquier ubicación de fuente de sonido - véase A. Krokstad, "Electroacoustic means of controlling auditorium acoustics," Applied Acoustics, vol. 24, págs. 275-288, 1998 y F. Kawakami and Y. Shimizu, "Active field control in auditoria," Applied Acoustics, vol. 31, págs. 47-75, 1990. Como el tiempo de reverberación natural sin ayuda es en gran parte el mismo para todas las ubicaciones de fuentes, los sistemas regenerativos pueden proporcionar una reverberación mejorada más natural. Los sistemas que no están en línea utilizan normalmente muchos micrófonos independientes, amplificadores, canales de altavoces, cada uno con una ganancia baja de circuito. Cada canal proporciona una pequeña mejora de reverberación en todas las frecuencias, con bajo riesgo de variación del timbre, y el efecto combinado de todos los canales es un aumento significativo en la reverberación y la sonoridad. Los micrófonos se colocan en el campo de reverberación de todas las fuentes de sonido en la sala para asegurar que el sistema produzca una mejora similar para todas las fuentes. Los sistemas que no están en línea sin embargo necesitan normalmente de 60 a 120 canales, y por lo tanto son caros. Además, dado que los micrófonos están a distancia de todas las fuentes, son menos adecuados para proporcionar reflexiones tempranas significativas que los sistemas en línea.

Más recientemente, se ha desarrollado un sistema que no está en línea que utiliza un sistema de reverberación de varios canales entre los micrófonos y los altavoces para proporcionar un aumento del tiempo de reverberación sin necesidad de un aumento en la ganancia de circuito -véase la patente de EE.UU. 5.862.233. Se ha mostrado que el sistema puede reducir a la vez la absorción aparente de la sala (mediante el aumento de la ganancia de circuito) y aumentar el volumen aparente de la sala (mediante el aumento del tiempo de reverberación del sistema de reverberación)- véase M. A. Poletti, "The performance of a new assisted reverberation system," Acta Acustica, 2 December 1994, págs. 511-524. En general, puede construirse un sistema híbrido de mejora de sala en el que algunos de los micrófonos de un sistema que no está en línea que contiene un sistema de reverberación se mueve cerca de la fuente. En este caso el sistema demuestra las propiedades de los sistemas en línea y de los que no están en línea - véase M. A. Poletti, "The analysis of a general assisted reverberation system," aceptado para la publicación en Acta Acustica vol. 84, págs. 766-775, 1998.

Cuando se utiliza únicamente para la mejora de la reflexión temprana, un sistema en línea proporciona un número finito de salidas retardadas para simular las reflexiones tempranas. Sin embargo, si se opera a ganancias de moderadas a altas, el sistema corre el riesgo de inestabilidad. Esto es particularmente probable si se añaden nuevos retardos/reflexiones que aumentarán la ganancia de circuito a algunas frecuencias.

En cualquier sistema de sonido, es importante que el sonido acústico directo desde el escenario llegue a cada espectador antes (o a la vez) que cualquier señal electroacústica. Esto es porque la percepción de la localización está gobernada por la primera señal que llega a los oídos (con tal que las señales posteriores no sean excesivamente grandes). Por ello, se debe tener cuidado en sistemas en línea y no en línea para asegurar que las señales electroacústicas sean retardadas adecuadamente. En un sistema que no está en línea esto puede lograrse manteniendo los micrófonos a una distancia adecuada del escenario. Se pueden utilizar retardos en sistemas en línea y en sistemas que no están en línea para evitar preceder al sonido directo. Por lo tanto se debe tener cuidado en cualquier sistema que no está en línea en el que los micrófonos se mueven cerca del escenario.

La patente de EE.UU. 5.555.306 describe un sistema de procesamiento de señal de audio que produce una salida que tiene un efecto ilusorio de distancia para una señal de fuente de sonido mediante su alimentación a través de un recorrido directo de señal y un recorrido indirecto de señal que pasa por un aparato de simulación de reflexión temprana que alimenta a un mecanismo de mezcla de salidas. El sistema puede utilizar coeficientes de ganancia de matriz en el simulador de reflexión temprana para producir diferentes distancias simuladas para diferentes posiciones de sonidos.

#### **Sumario de la invención**

Según un primer aspecto de la presente invención, un procesador para proporcionar la mejora en línea de reflexión temprana en un sistema de sonido comprende múltiples entradas adaptadas para recibir múltiples señales de entrada de uno o más micrófonos situados cerca de una o más fuentes de sonido dentro de una sala para detectar predominantemente el sonido directo;

una fase de generación de reflexión temprana que tiene una respuesta finita de impulsos y que sin realimentación interna genera un número de reproducciones discretas retardadas de las señales de entrada, comprendiendo la fase de generación de reflexión temprana por lo menos una matriz de acoplamiento cruzado que es una matriz ortonormal de acoplamiento cruzado para acoplar entradas con salidas, y teniendo la fase de generación de reflexión temprana una matriz unitaria de función de transferencia de tal manera que el procesador tiene una ganancia general de potencia que es constante con la frecuencia para mejorar la estabilidad en el sistema de sonido, por lo que la estabilidad del sistema de sonido en relación con dichas reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono es independiente de los tiempos de retardo y las amplitudes en la fase de generación de reflexión temprana; y

múltiples salidas adaptadas para producir las reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono a varios altavoces colocados para retransmitir dichas reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono en la sala.

5 Según un segundo aspecto de la presente invención, un método para mejorar la acústica de una sala o auditorio utilizando un procesador para proporcionar una mejora en línea de reflexión temprana en un sistema de sonido, las múltiples entradas del procesador para conectar a uno o más micrófonos, una fase de generación de reflexión temprana y múltiples salidas adaptadas para producir señales a varios altavoces colocados para retransmitir a la sala o auditorio comprende detectar predominantemente el sonido directo con el uno o más micrófonos situados cerca de una o más fuentes de sonido y proporcionar múltiples señales de entrada, generando varias  
10 reproducciones discretas retardadas de las señales de entrada en una fase de generación de reflexión temprana que tiene una respuesta finita de impulsos y sin realimentación interna, por lo que la fase de generación de reflexión temprana comprende por lo menos una matriz de acoplamiento cruzado que es una matriz ortonormal de acoplamiento cruzado para acoplar las entradas con las salidas, en el que la fase de generación de reflexión temprana tiene una matriz unitaria de función de transferencia de tal manera que una ganancia general de potencia del procesador sea constante con la frecuencia para mejorar la estabilidad del sistema de sonido; y por lo que la  
15 estabilidad del sistema de sonido en relación con las reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono es independiente de los tiempos de retardo y las amplitudes, y producir las reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono para la entrada a los varios altavoces para retransmitir dichas reproducciones discretas retardadas de las señales de entrada en la sala.

20 Normalmente la invención se utiliza en un sistema en línea de generación de reflexión temprana que comprende:  
uno o más micrófonos situados cerca de una o más fuentes de sonido para detectar predominantemente el sonido directo y acoplados a las múltiples entradas del procesador;  
y varios altavoces acoplados a las múltiples salidas del procesador y colocados para retransmitir la energía reflejada temprana a la sala.

25 La fase de generación en línea de reflexión temprana puede incluir varias líneas de retardo que son precedidas o seguidas por matrices de acoplamiento cruzado.

El sistema y el método de la invención no intentan optimizar el tiempo de retardo para posiciones individuales de receptores como en estereofonía delta, ni crear frentes de onda como en el sistema ACS. En vez de eso, se generan reflexiones tempranas de tal manera que se maximiza la estabilidad del sistema. Esto se consigue asegurando que  
30 el circuito de generación de reflexiones tiene una propiedad unitaria.

En el sistema y el método de la invención se aplican principios de circuito unitario a un sistema de generación en línea de reflexiones. En cualquier sistema de reflexiones tempranas hay una realimentación de sonido de nivel finito desde los altavoces a los micrófonos a través del campo de reverberación en la sala. La generación de múltiples reflexiones a través de múltiples retardos y ponderaciones de amplitud en sistemas de reflexión temprana de la técnica anterior aumenta el riesgo de inestabilidad al crear variaciones en la ganancia de circuito por debajo y por encima de los niveles que habrían existido sin el sistema.  
35

Sin embargo, si el sistema tiene una matriz de función de transferencia que es unitaria, entonces la ganancia de potencia del sistema es una en todas las frecuencias, y la estabilidad del sistema de sonido no se ve comprometida por la introducción del sistema de reflexión temprana.

40 Supóngase que la matriz de funciones de transferencia por el sistema de reflexión temprana es  $X(f)$ . La propiedad unitaria indica que

$$X^H X = I \tag{1}$$

dónde el superíndice H denota la transpuesta conjugada de la matriz. Considerando una única frecuencia  $f_0$  aplicada a cada entrada de X, con una amplitud  $A_n$  y la fase  $\Phi_n$ . La señal de entrada  $s_{en}(t)$  puede escribirse

$$s_{in}(t) = e^{j2\pi f_0 t} u \tag{2}$$

45 dónde u es el vector complejo de amplitud

$$u = [A_1 e^{j\phi_1}, A_2 e^{j\phi_2}, \dots, A_N e^{j\phi_N}]^T \quad 3$$

La producción total de potencia es

$$y^H(t)y(t) = u^H X^H(f_0)X(f_0)u = u^H u \quad 4$$

5 ya que X es unitaria. Por consiguiente, la ganancia de potencia de un sistema unitario es uno en todas las frecuencias, y no afecta a la estabilidad cuando se inserta en un sistema de varios canales que contiene realimentación.

10 La patente de EE.UU. número 5.729.613 describe un sistema de reverberación de varios canales que tiene esta propiedad unitaria. Este dispositivo proporciona múltiples canales de reverberación al tiempo que mantiene una ganancia constante de potencia con la frecuencia, y está diseñado para la aplicación en un sistema que no está en línea para la mejora del tiempo de reverberación, como se describe en la patente de EE.UU. 5.862.233. El dispositivo contiene múltiples canales de realimentación interna que crea una respuesta con decaimiento infinitamente largo, y una densidad de ecos que aumenta rápidamente que son percibidos como reverberación.

15 En esta invención se describen sistemas de reflexión temprana que también tienen una propiedad unitaria. Se distinguen del sistema unitario de reverberación en que no contienen realimentación interna, y no producen una respuesta en decaimiento infinito. En su lugar producen una respuesta finita que consiste en un número relativamente bajo de ecos discretos. La respuesta por lo tanto no es percibida como reverberación.

20 Es importante señalar que en el sistema unitario de reflexión temprana de la invención no hay recurrencia en el sistema de reflexión, es decir no hay realimentación de las salidas de las líneas de retardo a las entradas de las líneas de retardo. A diferencia de un dispositivo de reverberación la respuesta del sistema de reflexión es por lo tanto finita - la respuesta a un impulso es una ráfaga corta de ecos y luego silencio. Además, la densidad de los ecos nunca alcanzará la de un dispositivo de reverberación. Normalmente, el sistema de la invención tendrá un tiempo de respuesta de sólo 80 ms o por ahí, y la densidad de eco nunca alcanza la del sistema de reverberación.

**Breve descripción de las figuras**

25 La invención se describe además haciendo referencia a las figuras adjuntas, a modo de ejemplo y sin pretender se limitativas, en las que:

la Figura 1 muestra la disposición de un sistema de reflexión temprana de la invención,

la Figura 2 muestra un sistema unitario de línea de retardo de n canales como la fase de generación de reflexión temprana,

30 la Figura 3 muestra un sistema unitario de retardo de acoplamiento cruzado de n canales que incluye una matriz ortonormal antes de las líneas de retardo como la fase de generación de reflexión temprana,

la Figura 4 muestra un sistema unitario doble de retardo de acoplamiento cruzado de n canales que utiliza unas matrices ortonormales antes y después de las líneas de retardo como la fase de generación de reflexión temprana,

35 la Figura 5 muestra un sistema unitario de dos fases de retardo de acoplamiento cruzado de n canales con matrices ortonormales en cascada y líneas de retardo entre cada dos matrices como la fase de generación de reflexión temprana, y

la Figura 6 muestra un sistema de reverberación asistido que no está en línea para controlar el tiempo global de reverberación de una sala o auditorio con el que se puede combinar el sistema en línea de reflexión temprana de la invención.

**Descripción detallada de las formas preferidas**

40 La Figura 1 muestra la disposición de un sistema de reflexión temprana de la invención. Se colocan cerca de las fuentes en el escenario varios micrófonos  $m_1$  a  $m_N$ . Las señales de los micrófonos se alimentan a un procesador que genera varias réplicas a escala retardadas de las N señales de micrófono, y las salidas del procesador se alimentan a unos amplificadores y unos altavoces  $L_1$  a  $L_K$  colocados en la sala. La matriz de la función de transferencia del procesador se denota X(f).

45 Los micrófonos son normalmente direccionales, esto es, son sensibles a fuentes de sonido situadas sobre el eje, y tienden a suprimir las fuentes de sonido (y las reflexiones y la reverberación) que se encuentran fuera del eje. Esto

maximiza la recogida de sonido directo y reduce el riesgo de realimentación de los altavoces. Sin embargo, todavía puede existir un nivel finito de realimentación y si la ganancia de circuito del sistema es demasiado alta el sistema llegará a ser inestable. La matriz de la función de transferencia de los altavoces a los micrófonos es  $H(f)$ , y la matriz de función de transferencia de circuito es de este modo  $H(f)X(f)$ . Si el emplazamiento de cualquier autofunción de  $H(f)X(f)$  rodea el punto  $(1+j0)$ , el sistema será inestable.

Se puede mantener la estabilidad del sistema manteniendo baja la ganancia de circuito, por ejemplo manteniendo bajas las ganancias de amplificador o preamplificador de micrófono. Sin embargo, para un ajuste dado de ganancias de amplificador, la estabilidad del sistema es dependiente en los tiempos particulares de retardo y los niveles de retardo en el procesador. Por consiguiente, no se puede garantizar la estabilidad del sistema una vez que se establecen las ganancias de amplificador. Sin embargo, si  $X(f)$  tiene una propiedad unitaria, su ganancia de potencia es unitaria en todas las frecuencias. La estabilidad es entonces independiente de los tiempos y niveles de retardo.

Los sistemas unitarios de reflexión temprana de la invención pueden ser construidos utilizando las matrices ortonormales de acoplamiento cruzado y líneas de retardo de acoplamiento no cruzado. El sistema más sencillo de  $N$  canales comprende  $N$  líneas de retardo que conectan  $N$  señales de micrófonos a  $N$  altavoces, como se muestra en la figura 2. Este sistema genera un único retardo en cada salida para una señal aplicada a su respectiva entrada. La matriz de la función de transferencia es

$$X = D = \begin{bmatrix} \exp\{-j\omega T_1\} & 0 & 0 & 0 \\ 0 & \exp\{-j\omega T_2\} & 0 & 0 \\ 0 & 0 & \exp\{-j\omega T_3\} & 0 \\ 0 & 0 & 0 & \dots \\ 0 & 0 & 0 & \exp\{-j\omega T_N\} \end{bmatrix} \quad 5$$

Esto tiene una forma diagonal ya que no hay acoplamiento cruzado. El sistema es unitario ya que  $D^H D = I$ .

La Figura 3 muestra el uso de una matriz ortonormal de acoplamiento cruzado en un sistema más complejo de la invención. Una matriz ortonormal  $M$  se coloca antes de las líneas de retardo  $T_1-T_N$  de modo que una señal aplicada a cada entrada se acopla en cada línea de retardo, teniendo como resultado una sola reproducción a escala y retrasada de esa señal en cada salida.

La matriz de la función de transferencia es

$$X = DM_1 \quad 6$$

Este sistema es unitario ya que  $M$  y  $D$  son unitarias, y el producto de matrices unitarias es unitario.

La Figura 4 muestra el uso de matrices de ortonormales  $M_1$  y  $M_2$  antes y después de las líneas de retardo  $T_1$  y  $T_N$ . Un único impulso aplicado a una de las entradas es aplicado a todas las  $N$  entradas de líneas de retardo y aparece a veces en los momentos  $\tau_n$  después en las salidas de retardo. Los  $N$  impulsos retrasados se acoplan cruzados luego con cada salida. De este modo, se generan  $N$  retardos de salida en cada salida para un solo impulso aplicado. El circuito de este modo tiene la propiedad de difundir las entradas y proporcionar el máximo número de salidas para cualquier entrada. La función de transferencia de la matriz del circuito es el producto de las matrices de función de transferencia de cada sección.

$$X = M_2 DM_1 \quad 7$$

La figura 5 muestra múltiples sistemas en cascada con la forma de la figura 4. Este sistema genera  $N^2$  reproducciones retardadas a escalada de una señal aplicada a cualquier entrada individual en cada salida. Por consiguiente la densidad de retardo aumenta rápidamente con el número de fases de retardo.

El sistema de mejora de reflexión temprana de la invención también puede combinarse con un sistema de reverberación asistido que no está en línea para controlar el tiempo global de reverberación de modo que el tiempo de reverberación sea similar para todas las ubicaciones de fuentes en la sala, del tipo descrito en la patente de EE.UU. 5.862.233. Tal sistema comprende múltiples micrófonos situados para recoger predominantemente el sonido

de reverberación en una sala, múltiples altavoces para retransmitir el sonido a la sala, y una matriz de reverberación que se conecta a una señal de ancho de banda similar desde cada micrófono a través de un dispositivo de reverberación que tiene una respuesta de impulsos que consiste en varios ecos, cuya densidad aumenta con el tiempo, a uno o más altavoces. La matriz de reverberación puede conectar una señal de ancho de banda similar desde cada micrófono a través de uno o más dispositivos de reverberación a dos o más altavoces independientes y cada uno de ellos recibe una señal que comprende una o más señales reverberadas de micrófono. La Figura 6 muestra un sistema de banda ancha que no está en línea, con N micrófonos, K altavoces. Cada uno de los micrófonos  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m_3$  recoge el sonido de reverberación en el auditorio. Cada señal de micrófono es partida en varios K recorridos independientes, y cada 'copia' de la señal de micrófono es transmitida a través de un dispositivo de reverberación, (los dispositivos de reverberación normalmente tienen un tiempo similar de reverberación pero pueden tener un tiempo diferente de reverberación). Cada señal de micrófono es conectada a cada uno de los K altavoces a través de los dispositivos de reverberación, con la salida de un dispositivo de reverberación de cada micrófono conectada a cada uno de los amplificadores  $A_1$  a  $A_3$  y a los altavoces  $L_1$  a  $L_3$  como se muestra, es decir una señal de dispositivo de reverberación desde cada micrófono es conectada a cada altavoz y cada altavoz tiene conectado al mismo la señal de cada micrófono, a través de un dispositivo de reverberación. En total hay N.K conexiones entre el micrófono y los altavoces. Si bien en la Figura 6 cada señal de micrófono es partida en K recorridos independientes a través de K dispositivos de reverberación que tienen como resultado N.K conexiones a los K amplificadores y altavoces, las señales de micrófono podrían ser partidas en menos de K recorridos y acoplarse por menos de K dispositivos de reverberación, es decir cada altavoz pueden tener conectado al mismo la señal de por lo menos dos micrófonos, cada uno a través de un dispositivo de reverberación, pero se enlazan en cruzado con menos del número total de micrófonos. Por ejemplo, en el sistema de la Figura 2, la matriz de reverberación puede partir la señal de cada uno de los micrófonos  $m_1$ ,  $m_2$  y  $m_3$  para alimentar dos dispositivos de reverberación en vez de tres, y la salida del dispositivo de reverberación desde el micrófono puede conectarse entonces a los altavoces  $L_1$  y  $L_3$ , desde el micrófono  $m_2$  a los altavoces  $L_3$  y  $L_2$ , y desde el micrófono  $m_3$  a los altavoces  $L_2$  y  $L_3$ . Puede mostrarse que las prestaciones del sistema son gobernadas por el mínimo de entre N y K, y así se prefieren sistemas de la invención donde  $N = K$ . En la Figura 6 cada altavoz indicado por  $L_1$ ,  $L_2$  y  $L_3$  podría de hecho consistir en un grupo de dos o más altavoces situados alrededor de un auditorio. En la Figura 6 la señal de los micrófonos es partida antes de los dispositivos de reverberación pero se puede implementar el mismo sistema pasando el suministro de cada micrófono por un único dispositivo de reverberación por micrófono y entonces partir la señal reverberada de micrófono a los altavoces.

El sistema simula la colocación de una sala secundaria en un circuito de realimentación alrededor del auditorio principal con acoplamiento acústico sin dos vías. El sistema permite que el tiempo de reverberación en la sala sea controlado independientemente de la densidad en estado estable al alternar el volumen aparente de la sala.

Lo precedente describe la invención incluyendo formas preferidas de la misma. Las alternativas y las modificaciones, como será obvio para los expertos en la técnica, están pensadas para ser incorporadas dentro del alcance de las mismas según se define en las reivindicaciones adjuntas.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procesador para proporcionar una mejora en línea de la reflexión temprana en un sistema de sonido, comprendiendo el procesador:
  - 5 múltiples entradas adaptadas para recibir múltiples señales de entrada de uno o más micrófonos situados cerca de una o más fuentes de sonido dentro de una sala para detectar predominantemente el sonido directo;
  - una fase de generación de reflexión temprana que tiene una respuesta finita de impulsos y que sin realimentación interna genera un número de reproducciones discretas retardadas de las señales de entrada, comprendiendo la fase de generación de reflexión temprana por lo menos una matriz de acoplamiento cruzado que es una matriz ortonormal de acoplamiento cruzado para acoplar dichas múltiples entradas con las salidas, y la fase de generación de reflexión temprana tiene una matriz unitaria de función de transferencia de tal manera que el procesador tiene una ganancia general de potencia que es constante con la frecuencia para mejorar la estabilidad en el sistema de sonido, por lo que la estabilidad del sistema de sonido en relación con dichas reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono es independiente de los tiempos de retardo y las amplitudes en la fase de generación de reflexión temprana;
  - 15 y en el que dichas múltiples salidas están adaptadas para producir las reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono para varios altavoces colocados para retransmitir dichas reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono en la sala.
2. Un procesador según la reivindicación 1 en el que la fase de generación de reflexión temprana incluye una conexión en serie de dos o más matrices de acoplamiento cruzado con un conjunto de líneas de retardo situadas entre las dos matrices.
3. Un procesador según la reivindicación 2 en el que dichas dos o más matrices de acoplamiento cruzado son matrices ortonormales.
4. Un procesador según la reivindicación 1 en el que cada entrada se acopla con cada salida para proporcionar una maximización de difusión de las señales de entrada a todas las salidas.
5. Un procesador según la reivindicación 1 combinado con un sistema de banda ancha de reverberación asistida que no está en línea que aumenta el volumen aparente de la sala, que incluye múltiples altavoces para retransmitir el sonido a la sala, y una matriz de reverberación que conecta a una señal de ancho de banda similar desde cada micrófono a través de uno o más dispositivos de reverberación que tienen una respuesta de impulsos que consiste en varios ecos, cuya densidad aumenta con el tiempo, a uno o más altavoces.
6. Un procesador según la reivindicación 5 en el que, en dicho sistema de banda ancha de reverberación asistida que no está en línea, la matriz de reverberación conecta una señal de ancho de banda similar desde cada micrófono a través de uno o más dispositivos de reverberación con por lo menos dos altavoces, cada uno de ellos recibe una señal que comprende una suma de por lo menos dos señales reverberadas de micrófono.
7. Un sistema en línea de generación de mejora temprana que comprende:
  - 35 uno o más micrófonos situados cerca de una o más fuentes de sonido para detectar predominantemente el sonido directo, estando los micrófonos conectados a las múltiples entradas de un procesador según cualquiera de las reivindicaciones anteriores; y varios altavoces colocados para retransmitir dicha energía reflejada temprana, estando los altavoces conectados a las múltiples salidas de dicho procesador.
8. Un método para mejorar la acústica de una sala o auditorio utilizando un procesador para proporcionar una mejora en línea de reflexión temprana en un sistema de sonido, el procesador, múltiples entradas del procesador para conectar a uno o más micrófonos, una fase de generación de reflexión temprana y múltiples salidas adaptadas para producir señales a varios altavoces colocados para retransmitir a la sala o auditorio, comprendiendo el método detectar predominantemente el sonido directo con el uno o más micrófonos situados cerca de una o más fuentes de sonido y proporcionar múltiples señales de entrada, generar varias reproducciones discretas retardadas de las señales de entrada en una fase de generación de reflexión temprana que tiene una respuesta finita de impulsos y sin realimentación interna, por lo que la fase de generación de reflexión temprana comprende por lo menos una matriz de acoplamiento cruzado que es una matriz ortonormal de acoplamiento cruzado para acoplar dichas múltiples entradas con dichas múltiples salidas, en el que la fase de generación de reflexión temprana tiene una matriz unitaria de función de transferencia de tal manera que una ganancia general de potencia del procesador sea constante con la frecuencia para mejorar la estabilidad del sistema de sonido; y por lo que la estabilidad del sistema de sonido en relación con las reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono es independiente de los tiempos de retardo y las amplitudes, y producir las reproducciones discretas retardadas de las señales de micrófono para la entrada a los varios altavoces para retransmitir dichas reproducciones discretas retardadas de las señales de entrada en la sala.

9. Un método según la reivindicación 8 en el que la fase de generación de reflexión temprana incluye una conexión en serie de dos o más matrices de acoplamiento cruzado con un conjunto de líneas de retardo situado entre las dos matrices.
- 5 10. Un método según la reivindicación 9 en el que dichas dos o más matrices de acoplamiento cruzado son matrices ortonormales.
11. Un método según la reivindicación 8 en el que cada entrada se acopla con cada salida para proporcionar una maximización de difusión de las señales de entrada a todas las salidas.

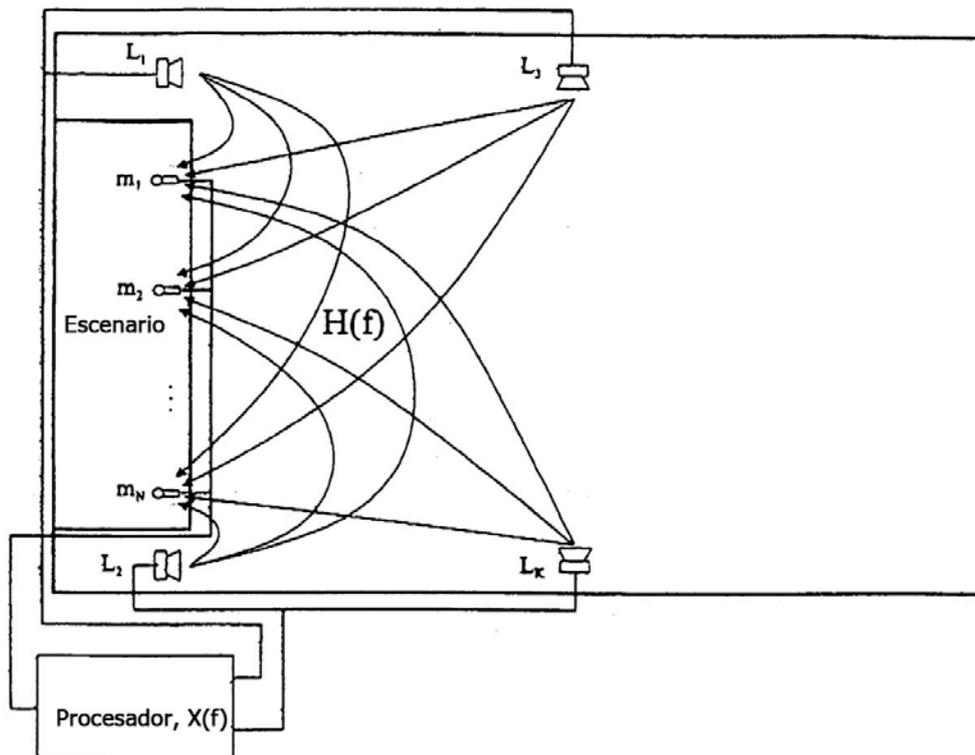


Figura 1

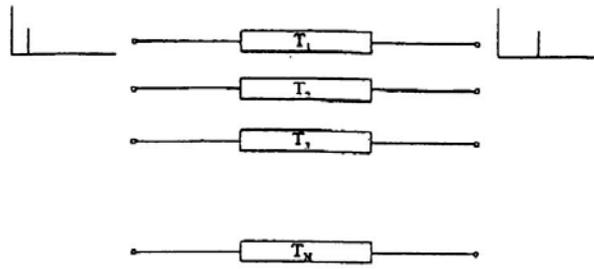


Figura 2

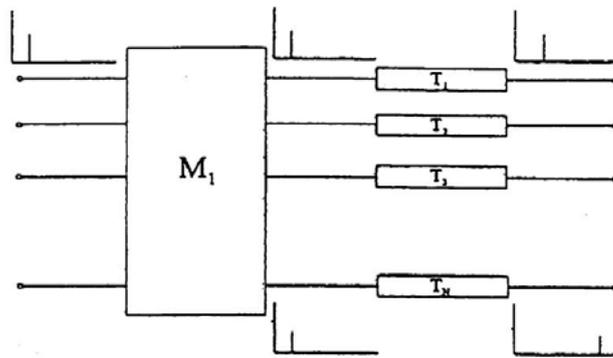


Figura 3

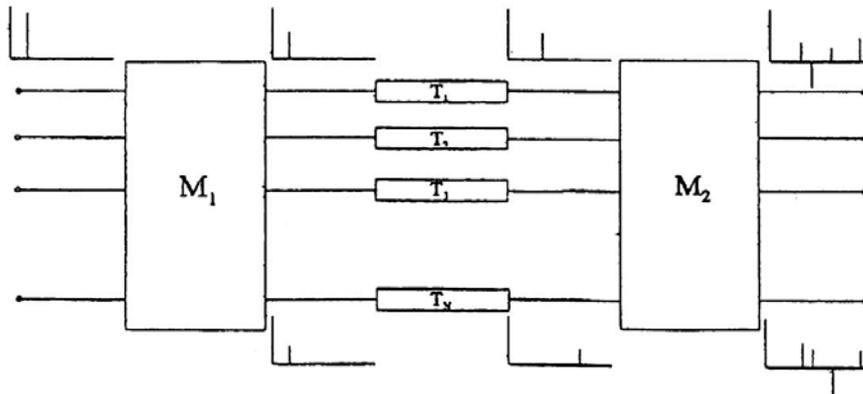


Figura 4

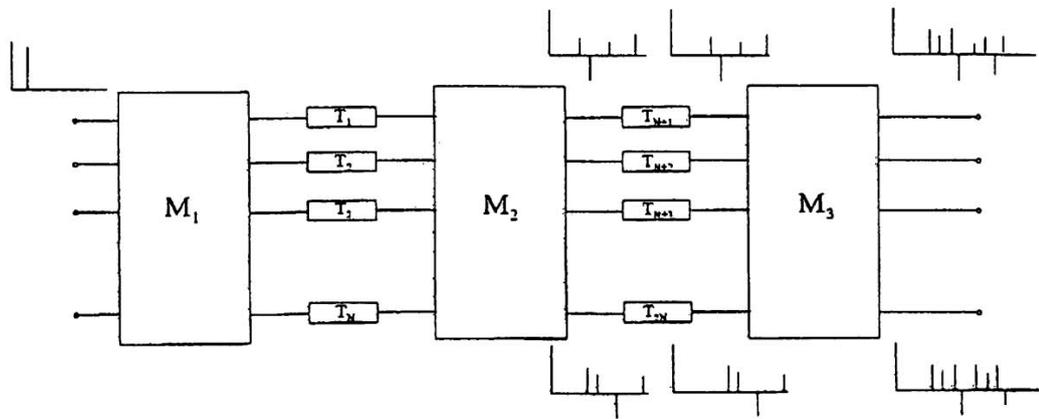


Figura 5

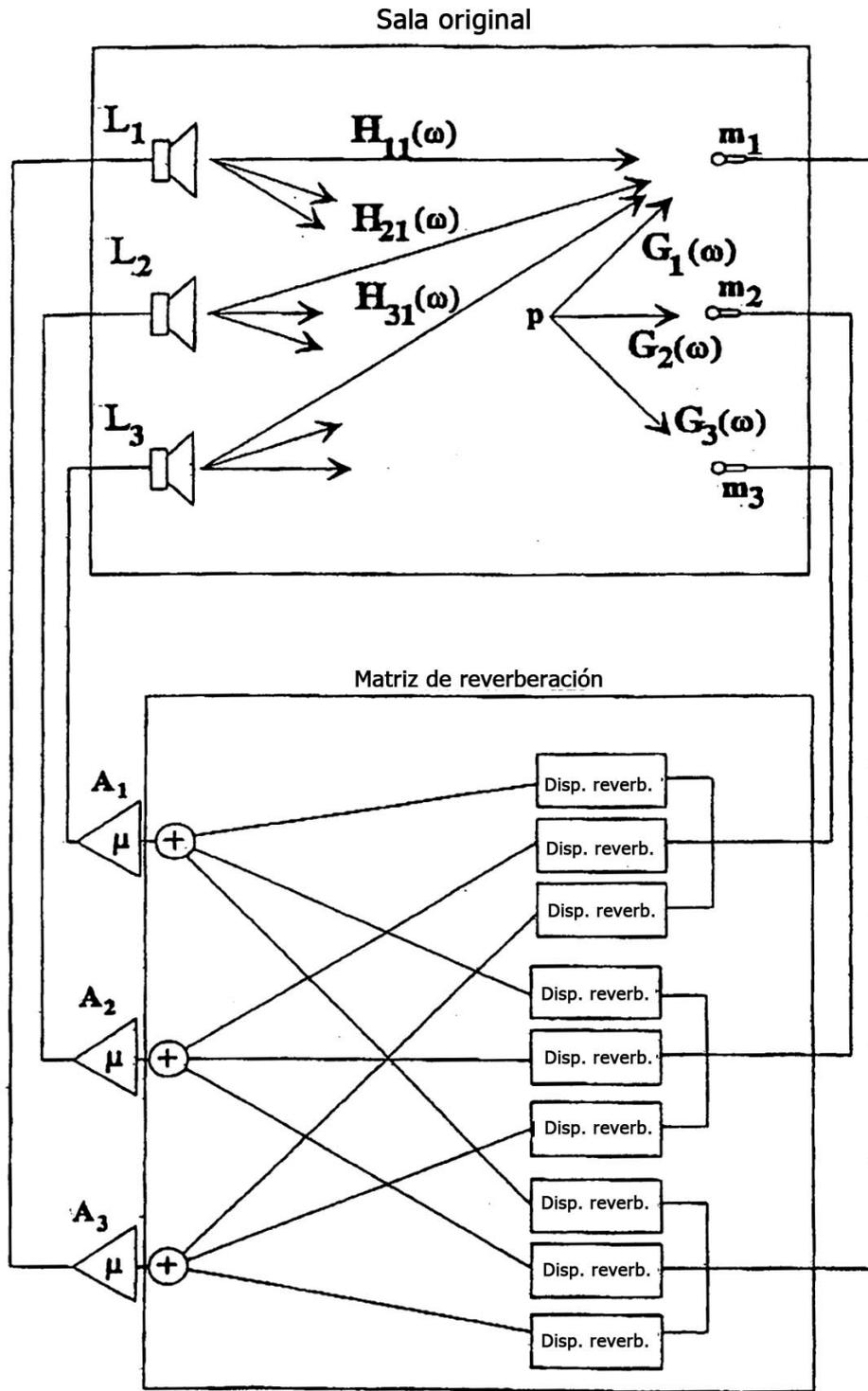


Figura 6