

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 227**

51 Int. Cl.:

H03G 7/00

(2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **30.01.2014 PCT/EP2014/051795**

87 Fecha y número de publicación internacional: **06.08.2015 WO15113602**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **30.01.2014 E 14702018 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **29.03.2017 EP 2995000**

54 Título: **Un compresor digital para comprimir una señal de audio**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
27.07.2017

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)
Huawei Administration Building, Bantian
Longgang District , Shenzhen, Guangdong
518129, CN**

72 Inventor/es:

**GROSCHKE, PETER;
LANG, YUE y
ZHANG, QING**

74 Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 627 227 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

Un compresor digital para comprimir una señal de audio

5 CAMPO TÉCNICO

La presente invención se refiere al campo del procesamiento de señal de audio.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

10 La reducción del margen dinámico de una señal de audio es un tema importante en los campos de registro de sonidos, reproducción del sonido y medios de difusión. La reducción del margen dinámico puede ser de importancia para adaptar las características de la señal de audio sobre las capacidades físicas del equipo de audio utilizado.

15 Para reducir el margen dinámico de una señal de audio, se pueden utilizar compresores. La característica de compresión de un compresor puede controlarse mediante una pluralidad de parámetros de compresión que pueden influir notablemente sobre la calidad percibida de la señal de audio.

20 El ajuste de los parámetros de un compresor se suele realizar manualmente por usuarios experimentados. No existe ningún mecanismo intuitivo para controlar la compresión de una señal de audio mientras se mantiene, al mismo tiempo, una alta calidad percibida de la señal de audio.

25 En el documento de G. W. McNally, "Control del margen dinámico de señales de audio digitales", Journal of the Audio Engineering Society, vol. 32, páginas 316-327, 1984, se describe la compresión del margen dinámico utilizando compresores.

30 El documento US 2005/0123152 A1 describe un selector de ganancia para uso en un procesador de señal, en particular, un limitador de máximos, comprende una entrada de audio para recibir una señal indicativa de una señal de audio, y un procesador de ganancia del sistema para determinar una ganancia del sistema a aplicarse a la señal de audio, de modo que la ganancia del sistema se determine utilizando una ganancia del volumen predeterminada así como la señal indicativa de la señal de audio.

35 El documento US 2005/0175194 A1 describe un amplificador de audio que tiene un compresor con un compresor automáticamente ajustable. La compresión está vinculada al control del volumen en una relación inversa, en donde, cuando se reduce el volumen, se aumenta la tasa de compresión para reforzar el nivel de escucha de pasajes más silenciosos en el material origen. Por el contrario, cuando se aumenta el volumen, se disminuye la tasa de compresión. El control de la compresión puede conectarse físicamente al control del volumen, tal como en un potenciómetro dual o puede acoplarse electrónicamente, tal como con un procesador de señal digital. Un control de nivel de efectos puede incluirse para permitir a un usuario aumentar o disminuir el efecto de la compresión aplicando un multiplicador a la tasa de compresión. Un detector de ruido ambiente puede incluirse también de modo que se aumente la compresión a medida que aumenta el ruido ambiente o se supera un nivel predeterminado.

45 El documento EP 1 923 994 A1 describe un compresor de audio con un detector para comparar una señal de audio entrante con un umbral, un generador de ganancia, un filtrado de liberación y un filtrado de ataque, caracterizados por un bucle de realimentación que conecta la salida de señal del compresor de audio con el filtrado de liberación, comprendiendo dicho bucle de realimentación un controlador que permite al menos que un coeficiente de filtro del filtrado de liberación sea modificado dependiendo de la señal de salida del compresor de audio, en donde se produce una modificación del tiempo de liberación efectivo.

50 En conformidad con el documento US 2009/0116664 A1, el nivel de una señal de audio puede comprimirse recibiendo una señal de audio de entrada, determinando una medida de intensidad sonora de la señal utilizando un filtro perceptualmente derivado, determinando una magnitud de ganancia objetivo, determinando una magnitud de ganancia actual utilizando una lógica de ataque/liberación lineal por tramos y generando una señal de audio de salida ajustando la señal de audio de entrada en la magnitud de ganancia actual. Un filtro de compresión de audio para comprimir el nivel de audio puede incluir un módulo de medida de la intensidad sonora configurado para determinar una medida de la intensidad sonora utilizando un filtro perceptualmente derivado y un módulo de compresión configurado para determinar una magnitud de ganancia objetivo, determinar una magnitud de ganancia actual utilizando una lógica de ataque/liberación lineal por tramos y ajustar una señal de audio de entrada mediante la magnitud de ganancia actual. La compresión del nivel de audio puede realizarse utilizando cálculos de números enteros.

SUMARIO DE LA INVENCION

65 Es el objetivo de la invención dar a conocer un compresor digital para comprimir una señal de audio de entrada con un mecanismo eficiente para controlar la compresión de la señal de audio de entrada.

Este objetivo se consigue mediante las características establecidas en las reivindicaciones independientes. Formas de puesta en práctica adicionales son evidentes a partir de las reivindicaciones subordinadas, la descripción y las Figuras.

5 La invención está basada en el conocimiento de que una pluralidad de parámetros de compresión para la compresión de la señal de audio de entrada puede derivarse a partir de un parámetro de ganancia de compresión único. La pluralidad de parámetros de compresión puede derivarse de modo que se pueda conseguir una alta calidad percibida de la señal de audio comprimida. El parámetro de ganancia de compresión puede seleccionarse continuamente y puede dar lugar a diferentes grados de compresión de la señal de audio de entrada. Por lo tanto, un mecanismo intuitivo para controlar la compresión de la señal de audio de entrada puede proporcionarse a este respecto.

15 De conformidad con un primer aspecto de la idea inventiva, la invención se refiere a un compresor digital para comprimir una señal de audio de entrada, cuyo compresor digital comprende un control de ganancia de compresión para proporcionar un parámetro de ganancia de compresión, un dispositivo de determinación del parámetro de compresión para determinar una tasa de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión, estando el dispositivo de determinación del parámetro de compresión configurado para ponderar el parámetro de ganancia de compresión mediante un factor de ponderación predeterminado para obtener la tasa de compresión, un generador de señal auxiliar para la manipulación de la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener una primera señal auxiliar, y una unidad de combinador para combinar la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener una segunda señal auxiliar y para combinar la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida. De este modo, un compresor digital que puede controlarse mediante un parámetro de ganancia de compresión único, puede proporcionarse a este respecto.

25 La señal de audio de entrada puede ser una señal de audio muestreada y/o cuantizada. La señal de audio de entrada puede comprender una señal de audio monoaural, una señal de audio estéreo, o una señal de audio de multicanal.

30 El control de ganancia de compresión puede incluir un control deslizante para proporcionar el parámetro de ganancia de compresión. El parámetro de ganancia de compresión puede proporcionarse en una escala logarítmica, p.ej., 0 dB, 3 dB, 6 dB, o 12 dB.

35 El dispositivo de determinación del parámetro de compresión puede determinar la relación de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión mediante la ponderación del parámetro de ganancia de compresión por un factor de ponderación predeterminado. La relación de compresión puede proporcionarse en una escala lineal, p.ej., 1, 2, 5, o 10. El factor de ponderación predeterminado puede proporcionarse en una escala logarítmica, p.ej., 2 dB, o en una escala lineal, p.ej., 1.5.

40 El generador de señal auxiliar puede manipular la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener la primera señal auxiliar. La manipulación puede relacionarse con una derivación de la primera señal auxiliar a partir de la señal de audio de entrada o con un procesamiento de la señal de audio de entrada para obtener la primera señal auxiliar. La primera señal auxiliar puede ser una señal de valor real dependiente del tiempo.

45 La unidad de combinador puede combinar la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener una segunda señal auxiliar. La unidad de combinador puede combinar, además, la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida. La segunda señal auxiliar puede ser una señal de valor real dependiente del tiempo.

50 La señal de audio comprimida puede ser una señal muestreada y/o cuantizada. La señal de audio comprimida puede comprender una señal de audio monoaural, una señal de audio estéreo o una señal de audio multicanal. El margen dinámico de la señal de audio comprimida puede reducirse con respecto al margen dinámico de la señal de audio de entrada.

55 En una primera manera de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto de la idea inventiva como tal, el dispositivo de determinación del parámetro de compresión está configurado para determinar la tasa de compresión en conformidad con la ecuación siguiente:

$$R = G / K, \text{ o } R \approx G / K$$

60 en donde G indica el parámetro de ganancia de compresión, K indica el factor de ponderación predeterminado y R indica la tasa de compresión. De este modo, la tasa de compresión puede determinarse de forma eficiente.

65 El factor de ponderación predeterminado puede seleccionarse dentro de un margen logarítmico, p.ej., desde 1.5 dB a 3 dB, o dentro de un margen desde p.ej., 1.4 a 2. La tasa de compresión puede desviarse desde el valor

determinado de la ecuación dentro de un margen de desviación predeterminado, p.ej., $\pm 10\%$.

En una segunda manera de puesta en práctica del compresor digital según el primer aspecto de la idea inventiva como tal, o la primera manera de puesta en práctica del primer aspecto, el dispositivo de determinación del parámetro de compresión está configurado, además, para determinar una constante de tiempo de filtrado de ataque a partir del parámetro de ganancia de compresión de conformidad con la ecuación siguiente:

$$\tau_A = A_1 \cdot G + A_2$$

en donde G indica el parámetro de ganancia de compresión en una escala logarítmica, A_1 indica una primera constante de ataque predeterminada, A_2 indica una segunda constante de ataque predeterminada y τ_A indica la constante de tiempo de filtrado de ataque, y en donde el generador de señal auxiliar está configurado para filtrar la señal de audio de entrada en función de la constante de tiempo de filtrado de ataque para obtener la primera señal auxiliar. De este modo, la constante de tiempo de filtrado de ataque puede determinarse de forma eficiente.

La constante de tiempo de filtrado de ataque puede definir una característica de filtrado para filtrar la señal de audio de entrada dentro de una fase de ataque. La fase de ataque puede relacionarse con un intervalo temporal con la amplitud creciente de la señal de audio de entrada.

La primera constante de ataque predeterminada puede ser un gradiente en relación con un aumento o disminución de la constante de tiempo de filtrado de ataque en función del parámetro de ganancia de compresión. La primera constante de ataque predeterminada puede ser p.ej., -0.0002 seg/dB. La segunda constante de ataque predeterminada puede ser un desplazamiento de compensación en relación con la constante de tiempo de filtrado de ataque. La segunda constante de ataque predeterminada puede ser p.ej., 0.006 segundos.

En una tercera manera de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto de la idea inventiva como tal, o cualquier puesta en práctica precedente del primer aspecto, el dispositivo de determinación del parámetro de compresión está configurado, además, para determinar una constante de tiempo de filtrado de liberación a partir del parámetro de ganancia de compresión en conformidad con la ecuación siguiente:

$$\tau_R = B_1 \cdot G + B_2$$

en donde G indica el parámetro de ganancia de compresión en una escala logarítmica, B_1 indica una primera constante de liberación predeterminada, B_2 indica una segunda constante de liberación predeterminada y τ_R indica la constante de tiempo de filtrado de liberación, y en donde el generador de señal auxiliar está configurado para filtrar la señal de audio de entrada en función de la constante de tiempo de filtrado de liberación para obtener la primera señal auxiliar. De este modo, una constante de tiempo de filtrado de liberación puede determinarse de forma eficiente.

La constante de tiempo filtrado de liberación puede definir una característica de filtrado para filtrar la señal de audio de entrada dentro de una fase de liberación. La fase de liberación puede relacionarse a un intervalo temporal con amplitud decreciente de la señal de audio de entrada.

La primera constante de liberación predeterminada puede ser un gradiente en relación con un aumento o disminución de la constante de tiempo de filtrado de liberación en función del parámetro de ganancia de compresión. La primera constante de liberación predeterminada puede ser, p.ej., -0.0033 seg/dB. La segunda constante de liberación predeterminada puede ser un desplazamiento de compensación en relación con la constante de tiempo de filtrado de liberación. La segunda constante de liberación predeterminada puede ser, p.ej., 0.12 sec.

En una cuarta manera de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal, o forma cualquier puesta en práctica precedente del primer aspecto, el dispositivo de determinación del parámetro de compresión está configurado, además, para determinar un umbral de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión en conformidad con la ecuación siguiente:

$$T = P_{max} - G \cdot \lambda(1 + 1/R)$$

en donde G indica la parámetro de ganancia de compresión en una escala logarítmica, λ indica un factor de tolerancia, R indica la tasa de compresión, P_{max} indica una magnitud máxima de la señal de audio de entrada en una escala logarítmica y T indica el umbral de compresión en una escala logarítmica, y en donde el generador de señal auxiliar está configurado para comparar la señal de audio de entrada con el umbral de compresión para obtener la primera señal auxiliar. De este modo, el umbral de compresión puede determinarse de forma eficiente.

El umbral de compresión puede definir un umbral para comprimir la señal de audio de entrada. Una compresión de la señal de audio de entrada puede realizarse para magnitudes o amplitudes de la señal de audio de entrada que

superen el umbral de compresión. El umbral de compresión puede ser, p.ej., -15 dB.

El factor de tolerancia puede introducir una dependencia del umbral de compresión a partir de la constante de tiempo de filtrado de ataque. El factor de tolerancia puede determinarse, p.ej., de conformidad con la relación $\lambda = 1.122 + 65 \cdot 1/\text{seg} \cdot \tau_A$, en donde τ_A indica la constante de tiempo de filtrado de ataque. El factor de tolerancia puede ser un número real, p.ej., 1.2 o 1.5.

La magnitud máxima de la señal de audio de entrada puede determinarse por el dispositivo de determinación del parámetro de compresión.

En una quinta forma de puesta en práctica del compresor digital de conformidad con el primer aspecto como tal, o cualquier forma de puesta en práctica precedente del primer aspecto, el generador de señal auxiliar está configurado para filtrar la señal de audio de entrada por un filtro digital, incluyendo el filtro digital una función de transferencia de frecuencia que tiene una magnitud superior a la frecuencia, estando dicha magnitud formada por una curva de intensidad sonora igual de un oído humano. De este modo, la compresión de la señal de audio de entrada puede realizarse primariamente en partes de la señal de audio de entrada, en donde el oído humano es menos sensible.

La curva de intensidad sonora igual del oído humano puede relacionarse con una curva de presión sonora por encima de la frecuencia para la que un ser humano percibe una intensidad sonora constante utilizando tonos puros y/o estables. La curva de intensidad sonora igual del oído humano puede ser una curva de intensidad sonora igual de la norma ISO 226:2003.

En una sexta forma de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal, o cualquier forma de puesta en práctica precedente del primer aspecto, el generador de señal auxiliar está configurado para filtrar la señal de audio de entrada por un filtro de paso bajo digital, incluyendo el filtro de paso bajo digital una respuesta de etapa de filtro en el dominio temporal. De este modo, la señal de audio de entrada puede suavizarse y se pueden reducir los artefactos de compresión indeseables.

La respuesta de etapa de filtro puede comprender diferentes constantes de tiempo para aumentar las magnitudes de la señal de audio de entrada y disminuir las magnitudes de la señal de audio de entrada. Un tiempo de elevación de la respuesta de etapa de filtrado se puede determinar mediante una constante de tiempo de filtrado de ataque. Un tiempo de caída de la respuesta de etapa de filtro se puede determinar mediante una cote de tiempo de filtrado de liberación.

En una séptima forma de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con la sexta forma de puesta en práctica del primer aspecto, el filtro de paso bajo digital está configurado para filtrar la señal de audio de entrada en conformidad con las ecuaciones siguientes:

$$P_s(t) = \begin{cases} \alpha_A P_s(t-1) + (1 - \alpha_A) P_x(t) & , P_x(t) > P_s(t-1) \\ \alpha_R P_s(t-1) & , P_x(t) \leq P_s(t-1) \end{cases}$$

y

$$\alpha_R = e^{-1/\tau_R}, \alpha_A = e^{-1/\tau_A}$$

en donde τ_A indica la constante temporal de filtrado de ataque, τ_R indica la constante temporal de filtrado de liberación, α_A indica una constante de ataque exponencial, α_R indica una constante de liberación exponencial, t indica un índice de tiempo de muestreo, P_x indica una magnitud de la señal de audio de entrada en una escala logarítmica y P_s indica una magnitud de la señal de audio filtrada en una escala logarítmica. De este modo, el filtro de paso bajo digital se puede poner en práctica de forma eficiente.

La constante de ataque exponencial se puede determinar a partir de una constante de tiempo de filtrado de ataque normalizado o sin unidades. La constante de liberación exponencial se puede determinar a partir de una constante de tiempo de filtrado de liberación normalizado o sin unidades. El índice de tiempo de muestreo puede indicar un tiempo de muestreo de la señal de audio de entrada. El índice de tiempo de muestreo puede ser un número natural, p.ej., 2 o 128.

El filtro de paso bajo digital puede referirse a un filtro de paso bajo digital de primer orden. El filtro de paso bajo digital puede ser un filtro de respuesta de impulso infinito (IIR) recursivo monopolar.

En una octava forma de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal o cualquier forma de puesta en práctica precedente del primer aspecto, el generador de señal auxiliar está configurado para determinar magnitud de la primera señal auxiliar en conformidad con la ecuación siguiente:

$$g(t) = \begin{cases} -(1-1/R) \cdot (P_s(t) - T) & , P_s(t) > T \\ 0 & , P_s(t) \leq T \end{cases}$$

5 en donde R indica la tasa de compresión, T indica un umbral de compresión en una escala logarítmica, P_s indica una magnitud de la señal de audio de entrada en una escala logarítmica, t indica el tiempo y g(t) indica una magnitud de la primera señal auxiliar en una escala logarítmica. De este modo, la magnitud de la primera señal auxiliar puede determinarse de forma eficiente.

10 La magnitud de la primera señal auxiliar puede determinarse en conformidad con una característica de compresión lineal por tramos del compresor digital. El umbral de compresión puede ser el denominado nivel de esquina de la característica de compresión lineal por tramos.

15 En una nueva forma de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal o cualquier forma de puesta en práctica del primer aspecto, la unidad del combinador está configurada para multiplicar la primera señal auxiliar por el parámetro de ganancia de compresión para obtener la segunda señal auxiliar. De este modo, se puede compensar un margen de compresión inducida por la compresión de señal de audio.

20 La multiplicación puede realizarse en caso de una escala lineal de la primera señal auxiliar y del parámetro de ganancia de compresión para obtener la segunda señal auxiliar en una escala lineal. Además, se puede realizar una adición en caso de una escala logarítmica de la primera señal auxiliar y del parámetro de ganancia de compresión para obtener la segunda señal auxiliar en una escala logarítmica.

25 En una décima forma de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal o cualquier forma de puesta en práctica precedente del primer aspecto, la unidad de combinador está configurada para multiplicar la señal de audio de entrada por la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida. De este modo, se puede realizar, de forma eficiente, una compresión de la señal de audio de entrada.

30 La multiplicación puede realizarse en caso de una escala lineal de la señal de audio de entrada y de la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida en una escala lineal. Además, se puede realizar una adición en caso de una escala logarítmica de la señal de audio de entrada y de la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida en una escala logarítmica.

35 En una undécima forma de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal o cualquier forma de puesta en práctica precedente del primer aspecto, el compresor digital comprende, además, un filtro de ecualización para filtrar la señal de audio comprimida, comprendiendo el filtro de ecualización una función de transferencia de frecuencia que tiene una magnitud por encima de la frecuencia, estando la magnitud formada por una curva de intensidad sonora igual de un oído humano. De este modo, se puede conseguir una respuesta de frecuencia plana del compresor digital.

40 La curva de intensidad sonora igual del oído humano se puede realizar con una curva de presión sonora por encima de la frecuencia para la que un ser humano percibe una intensidad sonora constante utilizando tonos puros y/o estables. La curva de intensidad sonora igual del oído humano puede ser una curva de intensidad sonora igual en conformidad con la norma ISO 226:2003.

45 En una duodécima forma de puesta en práctica del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal o cualquier forma de puesta en práctica precedente del primer aspecto, el compresor digital comprende, además, un limitador de máximo para reducir una magnitud máximo de la señal de audio comprimida en el dominio temporal. De este modo, se pueden atenuar los efectos de recorte (*clipping*) de la señal de audio comprimida.

50 El limitador de máximo puede realizarse como un compresor de margen dinámico con un alto umbral de compresión y/o una alta tasa de compresión.

55 En conformidad con un segundo aspecto, la invención se refiere a un método de compresión digital para comprimir una señal de audio de entrada, comprendiendo el método de compresión digital proporcionar un parámetro de ganancia de compresión, determinar una tasa de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión mediante la ponderación del parámetro de ganancia de compresión por un factor de ponderación predeterminado para obtener la tasa de compresión, manipulación la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener una primera señal auxiliar, combinar la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener una segunda señal auxiliar y combinar la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida. De este modo, se puede proporcionar un método de compresión digital utilizando un parámetro de ganancia de compresión único.

60

El método de compresión digital puede realizarse por el compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal o cualquier manera de puesta en práctica del primer aspecto. Características adicionales del método de

compresión digital pueden resultar directamente a partir de la funcionalidad del compresor digital en conformidad con el primer aspecto como tal o cualquier forma de puesta en práctica del primer aspecto.

5 En conformidad con un tercer aspecto, la invención se refiere a un programa informático que comprende un código de programa para realizar el método de compresión digital en conformidad con el segundo aspecto como tal cuando se ejecuta en un ordenador. De este modo, el método de compresión digital se puede aplicar de una manera automática y repetible.

10 El programa informático puede proporcionarse en la forma de un código de programa legible por máquina. El código de programa puede comprender una serie de órdenes para un procesador del ordenador. El procesador del ordenador puede configurarse para ejecutar el código de programa.

La invención puede ponerse en práctica en hardware y/o software.

15 Formas de realización adicionales de la invención se describirán con respecto a las figuras siguientes, en las que:

La Figura 1 ilustra un diagrama de compresor digital para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización;

20 La Figura 2 ilustra un diagrama de un método de compresión digital para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con forma de realización;

La Figura 3 ilustra un diagrama de un filtro digital para filtrar la señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización;

25 La Figura 4 ilustra un diagrama de una señal de audio de alto margen dinámico y una señal de audio comprimida de conformidad con una forma de realización;

30 La Figura 5 ilustra un diagrama de un principio de compresión del margen dinámico de conformidad con una forma de realización;

La Figura 6 ilustra un diagrama de suavizado temporal utilizando los denominados decaimientos exponenciales de conformidad con una forma de realización de realización;

35 La Figura 7 ilustra un diagrama de un compresor digital para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización;

La Figura 8 ilustra un diagrama de diferentes curvas de intensidad sonora igual de conformidad con una forma de realización;

40 La Figura 9 ilustra un diagrama de un filtro digital para filtrar una señal de audio de entrada de conformidad con una forma de realización;

45 La Figura 10 ilustra un diagrama de una respuesta de frecuencia de un filtro digital utilizado para la modelización de la sensibilidad de intensidad sonora del oído humano de conformidad con una forma de realización;

La Figura 11 ilustra un diagrama de un compresor digital para comprimir una señal de audio de entrada de conformidad con una forma de realización;

50 La Figura 12 ilustra un diagrama de una respuesta de frecuencia de un filtro de ecualización en conformidad con una forma de realización;

La Figura 13 ilustra un diagrama que muestra un efecto del compresor digital sobre una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización;

55 La Figura 14 ilustra un diagrama de un compresor digital para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización;

60 La Figura 15 ilustra un diagrama de un compresor digital para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización; y

La Figura 16 ilustra un diagrama de un filtro digital para filtrar una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización.

65 DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LAS FORMAS DE REALIZACIÓN DE LA INVENCIÓN

ES 2 627 227 T3

La Figura 1 ilustra un diagrama de un compresor digital 100 para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización.

El compresor digital 100 comprende un control de ganancia de compresión 101 para proporcionar un parámetro de ganancia de compresión, un dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 para determinar una tasa de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión, estando el dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 configurado para ponderar el parámetro de ganancia de compresión mediante un factor de ponderación predeterminado para obtener la tasa de compresión, un generador de señal auxiliar 105 para gestionar la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener una primera señal auxiliar, y una unidad de combinador 107 para combinar la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener la segunda señal auxiliar y para combinar la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida.

La señal de audio de entrada puede ser una señal de audio de entrada muestreada y/o cuantizada. La señal de audio de entrada puede comprender una señal de audio de entrada de audio monoaural, una señal de audio estéreo o una señal de audio multicanal.

El control de ganancia de compresión 101 puede incluir un control deslizante para proporcionar el parámetro de ganancia de compresión. El parámetro de ganancia de compresión puede proporcionarse en una escala logarítmica p.ej., 0 dB, 3 dB, 6 dB, o 12 dB.

El dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 puede determinar la tasa de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión mediante la ponderación del parámetro de ganancia de compresión por un factor de ponderación predeterminado. La tasa de compresión puede proporcionarse en una escala lineal p.ej., 1, 2, 5, o 10. El factor de ponderación predeterminado puede proporcionarse en una escala logarítmica, p.ej., 2 dB, o en una escala lineal, p.ej., 1.5.

El generador de señal auxiliar 105 puede gestionar la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener la primera señal auxiliar. La gestión puede relacionarse con una derivación de la primera señal auxiliar a partir de la señal de audio de entrada o con un procesamiento de la señal de audio de entrada para obtener la primera señal auxiliar. La primera señal auxiliar puede ser una señal de valor real de gradiente del tiempo.

La unidad de combinador 107 puede combinar la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener una segunda señal auxiliar. La unidad de combinador 107 puede combinar, además, la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida. La segunda señal auxiliar puede ser una señal de valor real dependiente del tiempo.

La señal de audio comprimida puede ser una señal de audio muestreada y/o cuantizada. La señal de audio comprimida puede incluir una señal de audio monoaural, una señal de audio estéreo o una señal de audio multicanal. El margen dinámico de la señal de audio comprimida puede reducirse con respecto al margen dinámico de la señal de audio de entrada.

La Figura 2 ilustra un diagrama de un método de compresión digital 200 para comprimir una señal de audio de entrada de conformidad con una forma de realización.

El método de compresión digital 200 comprende proporcionar 201 un parámetro de ganancia de compresión, determinar 203 una tasa de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión mediante la ponderación del parámetro de ganancia de compresión por un factor de ponderación predeterminado para obtener la tasa de compresión, gestionar 205 la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener una primera señal auxiliar, combinar 207 la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener una segunda señal auxiliar, y combinar 209 la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida.

El método de compresión digital 200 puede realizarse por el compresor digital 100 ilustrado en la Figura 1. Características adicionales del método de compresión digital 200 pueden resultar directamente de la funcionalidad del compresor digital 100 ilustrado en la Figura 1.

La Figura 3 ilustra un diagrama de un filtro digital 300 para filtrar la señal de audio de entrada de conformidad con una forma de realización.

El generador de señal auxiliar puede configurarse para filtrar la señal de audio de entrada por el filtro digital 300, comprendiendo el filtro digital 300 una función de transferencia de frecuencia que tiene una magnitud superior a la frecuencia, cuya magnitud está formada por una curva de intensidad sonora igual de un oído humano.

La curva de intensidad sonora igual del oído humano se puede relacionar con una curva de presión sonora por encima de la frecuencia para la cual el oído humano percibe una intensidad sonora constante utilizando tonos puros y/o estables. La curva de intensidad sonora igual del oído humano puede ser una curva de intensidad sonora igual

en conformidad con la norma ISO 226:2003.

La Figura 4 ilustra un diagrama de una señal de audio de alto margen dinámico y una señal de audio comprimida de conformidad con una forma de realización. A la izquierda, se ilustra la señal de audio de alto margen dinámico original con una amplitud máxima de 1. A la derecha, la señal de audio comprimida con amplitud máxima de 1, pero con un margen dinámico reducido, se ilustra a este respecto.

Dispositivos móviles tales como tabletas electrónicas o teléfonos inteligentes suelen estar provistos de pequeños micro-altavoces de baja calidad y amplificadores de baja potencia. En consecuencia, la calidad del sonido que puede reproducirse por el sistema electro-acústico en dichos dispositivos puede estar limitada. En particular, el nivel de presión sonora máximo que puede producirse puede estar limitado. Lo que antecede puede dar lugar a distorsiones de las señales a niveles más altos y un margen dinámico limitado.

Además, dichos dispositivos se suelen utilizar para reproducir sonido en entornos ruidosos que pueden demandar altos niveles de salida. Asimismo, un procesamiento adicional, tal como una ampliación en estéreo con el fin de compensar la pequeña distancia entre los altavoces puede reducir el nivel de salida máximo en una magnitud todavía mayor.

Una solución a este problema puede ser una integración de altavoces de más alta calidad y amplificadores con más alta potencia de salida. Sin embargo, lo que antecede puede demandar la presencia de mayores altavoces que pueden no estar integrados en pequeños dispositivos móviles y amplificadores que consumen más energía de la batería. Por lo tanto, puede existir una demanda de técnicas de procesamiento de señal que sean capaces de ampliar la intensidad sonora percibida de las señales acústicas generadas por dichos dispositivos móviles. La compresión de margen dinámico (DRC) de señales de audio puede ser una técnica para mejorar la intensidad sonora. El objetivo de DRC puede ser aumentar la energía de la señal media al mismo tiempo que se mantiene la energía máxima dentro de los límites impuestos por las capacidades del sistema electro-acústico. Para conseguir este efecto, una estrategia puede ser mejorar el nivel de componentes de señal débil.

El efecto de una compresión de margen dinámico de una señal de audio se ilustra en la Figura 4. El diagrama de la izquierda ilustra las amplitudes de señales de un ejemplo musical típico. Los máximos de alta amplitud que se producen periódicamente suelen estar en correspondencia con los golpes de percusión. La señal puede normalizarse para obtener una amplitud máxima de 1 que puede corresponder a la amplitud máxima que se puede gestionar por el sistema electro-acústico. Las amplitudes de las señales de audio digital suelen estar limitadas al intervalo $[-1;1]$. Las amplitudes que superan estos límites pueden dar lugar a recortes, esto es, pueden estar limitadas a determinados límites. Lo que antecede puede causar una alta distorsión de la señal. Esta amplitud máxima puede restringir el nivel de salida global de la señal puesto que puede producirse solamente en raras ocasiones en la señal de audio de alto margen dinámico. Las mayores partes de la señal pueden tener una baja amplitud. El resultado de una operación de compresión del margen dinámico, realizada sobre esta señal, puede dar lugar a un trazado de la amplitud según se ilustra a la derecha de la Figura 4. Aunque la amplitud máxima de la señal resultante puede seguir siendo de 1, la amplitud media que define la intensidad sonora media percibida puede ser mucho más alta. En particular, se pueden mejorar notablemente las componentes con baja amplitud. El margen dinámico que puede definirse como la relación de componentes de baja a alta energía se puede reducir de esta forma.

La Figura 5 ilustra un diagrama de un principio de compresión del margen dinámico en conformidad con una forma de realización a modo de ejemplo. El principio básico de la compresión del margen dinámico utilizando una curva de compresión estática basada en la detección de la amplitud máxima se ilustra a este respecto. El caso de ninguna compresión se ilustra por la línea continua. El caso de compresión utilizando un umbral de compresión de -15 dB y una tasa de compresión de 3:1 se ilustra por la línea de trazos.

La función de transferencia entre la señal de entrada x y la señal comprimida x_c ilustra el comportamiento siguiente. En caso de que el nivel de la señal de entrada x sea inferior a un umbral T dado especificado en dB, no se producirá ninguna modificación; la señal comprimida x_c es idéntica a x . En caso de que el nivel de la señal de entrada x supere el umbral T , x_c se reduce en una tasa de compresión R dada. La tasa de compresión se relaciona con los niveles o cambios de niveles de la señal de entrada con respecto a los niveles o cambios de niveles de la señal de salida. En esta realización a modo de ejemplo, una tasa de compresión de $R = 3$ indica que un nivel que supera el umbral T en 3 dB en la señal de entrada se reduce a un nivel de solamente 1 dB por encima del umbral en la señal de entrada. En consecuencia, el nivel P_{x_c} de la señal comprimida se reduce, en comparación con el nivel P_x de la señal de entrada, de conformidad con la ganancia de variante temporal $g(t)$.

La ecuación 1 puede expresarse como sigue:

$$P_x(t) = 20 \log_{10} |x(t)|$$

$$g(t) = \begin{cases} -(1-1/R) \cdot (P_x(t) - T) & , P_x(t) > T \\ 0 & , P_x(t) \leq T \end{cases}$$

$$P_{x_i}(t) = P_x(t) + g(t)$$

5 Lo que antecede puede ser el principio básico de la compresión del margen dinámico. Puesto que DRC puede ser un tema importante en las funciones de registro y producción musical, incluso en el dominio análogo, pueden aplicarse numerosas diferentes puestas en práctica y extensiones. En particular, la curva de compresión lineal por tramos ilustrada en la Figura 5 puede sustituirse por una curva de compresión suave, p.ej., con una inflexión, o una curva de compresión de saturación, tal como una curva sigmoide.

10 La Figura 6 ilustra un diagrama de suavizado temporal utilizando decaimientos exponenciales de conformidad con una forma de puesta en práctica. El suavizado temporal utilizando decaimientos exponenciales puede utilizarse para crear modelos de tiempos de ataque y/o decaimiento. La línea continua ilustra P_x . La línea de trazos ilustra P_s utilizando una cote de tiempo de filtrado de ataque de 30 ms y una constante de tiempo de filtrado de liberación de 150 ms.

15 Sin un suavizado temporal, la compresión del margen dinámico puede introducir numerosas artefactos indeseables puesto que el nivel de la señal de salida puede cambiar con demasiada rapidez. La señal de salida puede no asemejarse a las características de la señal de entrada. Con el fin de reducir los artefactos audibles de DRC, la ganancia de compresión se puede cambiar con lentitud.

20 Un método para conseguir este efecto puede ser suavizar la detección de la amplitud máxima añadiendo decaimientos exponenciales para los tiempos de ataque y de liberación según se ilustra en la Figura 6. Especificando diferentes constantes de tiempo τ_A , τ_R para el ataque, el índice A, y el índice de liberación R, puede permitirse el control del efecto de suavizado sobre diferentes estados de un evento acústico. El ataque puede referirse al inicio de un evento que se produce junto con un aumento en el nivel de la señal. La liberación puede referirse a la disminución de la energía de está evento que suele ser más lento. Los decaimientos exponenciales para el ataque y la liberación se pueden calcular como sigue:

30 τ_A , τ_R pueden definirse como tiempos para cambiar un 63% de un valor final para el ataque y la liberación;

$$\alpha_R = e^{-1/\tau_R} \text{ y } \alpha_A = e^{-1/\tau_A}.$$

35 La ecuación 2 puede expresarse como sigue:

$$P_s(t) = \begin{cases} \alpha_A P_s(t-1) + (1 - \alpha_A) P_x(t) & , P_x(t) > P_s(t-1) \\ \alpha_R P_s(t-1) & , P_x(t) \leq P_s(t-1) \end{cases}$$

40 A continuación, $P_s(t)$ puede utilizarse en la ecuación 1 o 2 para el cálculo de la ganancia variante con el tiempo $g(t)$ que sustituye $P_x(t)$.

Se pueden utilizar diferentes puestas en práctica, p.ej., desacopladas, en bifurcación, alimentación en sentido directo, retroalimentación, cadena lateral, polarizadas y/o de post-ganancia.

45 Los ajustes del parámetro de suavizado temporal pueden ser pertinentes y pueden constituir una solución de compromiso entre la magnitud de la compresión y la calidad de audio, esto es, la presencia de artefactos. En particular, pueden afectar a cómo los máximos de amplitud como resultante de los golpes de percusión o transitorios pueden resultar afectados. En caso de una constante de tiempo de liberación larga, después de un máximo o transitorio, la señal puede atenuarse durante un tiempo largo y P_y puede reducirse demasiado. En caso de una constante de tiempo de liberación corta, puede producirse un salto en el nivel de la señal después de un transitorio.

50 En caso de una constante de tiempo de ataque larga, los transitorios no se pueden atenuar puesto que pueden ser más cortos que el tiempo de ataque, y el nivel máximo puede ser todavía alto. En caso de una constante de tiempo de ataque corta, los transitorios pueden aplastarse dando lugar a una falta de claridad, el nivel se puede reducir demasiado y el nivel de los transitorios puede ser el mismo que el nivel de la señal inmediatamente antes del transitorio.

55 Diferentes soluciones pueden aplicarse para DRC. Los cuatro criterios principales para los algoritmos DRC de la tasa pueden ser la calidad del sonido, la tasa de compresión, la complejidad de cálculo y la controlabilidad del usuario. Puede existir una solución de compromiso entre compresión y calidad puesto que la alta compresión puede resultar normalmente en una calidad de sonido deficiente. Los máximos en la forma de onda, p.ej., transitorios o ataques, pueden atenuarse para obtener una alta ganancia de compresión. Lo que antecede puede dar lugar a una falta de calidad perceptual. Sistemas de compresión del margen dinámico de alta calidad, según se utilizan, a modo

de ejemplo, en las difusiones de radio y TV, pueden funcionar normalmente en el dominio de la frecuencia o en una descomposición de sub-bandas de la señal de banda completa. Esto puede dar lugar a una alta complejidad de cálculo. En particular para los dispositivos móviles, pueden estar limitados los recursos de energía y de cálculo.

5 Los ajustes de parámetros pueden ser pertinentes para obtener una alta magnitud de compresión al mismo tiempo que se mantiene una alta calidad de audio. Los ajustes de parámetros óptimos pueden depender también de la señal de audio específica y del entorno de escucha. Para aplicaciones en dispositivos de consumo, los parámetros pueden predefinirse normalmente utilizando un ajuste conservativo o menos óptimo. El usuario puede no tener ningún mecanismo de control excepto el encendido o apagado.

10 La Figura 7 ilustra un diagrama de un compresor digital 100 para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización. El compresor digital 100 puede comprender un sistema de compresión de margen dinámico.

15 El compresor digital 100 comprende un control de ganancia de compresión 101, un dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103, un generador de señal auxiliar 105, una unidad de combinador 107, un filtro de ecualización 701 y un limitador de máximo 703. El dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 se puede utilizar para especificación de parámetros. El dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 puede proporcionar un umbral de compresión, una tasa de compresión, una constante de tiempo de filtrado de ataque y una constante de tiempo de filtrado de liberación al generador de señal auxiliar 105. El generador de señal auxiliar 105 puede comprender un filtro digital 300 y una unidad de estimación de ganancia 705.

25 Numerosos métodos se centran en aplicaciones de producciones musicales. Las formas de realización de la invención se refieren, en particular, a escenarios operativos de reproducción de sonido móviles en donde el objetivo puede ser aumentar el nivel de salida medio producido por los altavoces del dispositivo móvil tal como un teléfono inteligente y/o una tableta electrónica en tiempo real, al mismo tiempo que se conserva una alta calidad de sonido y baja complejidad del cálculo y bajo consumo de energía o un bajo consumo de alimentación de las baterías.

30 Formas de realización de la invención se relacionan, a modo de ejemplo, con un compresor digital mejorado 100 o un sistema de compresión del margen dinámico según se ilustra en la Figura 7. El compresor digital 100 o el sistema pueden comprender un modelo de percepción acústica del oído humano para considerar la característica de la frecuencia de la sensibilidad del oído humano, esto es, un módulo de intensidad sonora dual del filtro. El compresor digital 100 o el sistema pueden comprender un sistema de compresión del margen dinámico dispuesto en cascada para reducir el nivel de transitorios al mismo tiempo que se mantiene la calidad de la señal, esto es, un módulo de compresión del margen dinámico dispuesto en cascada con un módulo limitador de máximo. El compresor digital 100 o el sistema pueden comprender un parámetro de control único para la ganancia de compresión G que puede controlarse por el usuario o consumidor de una forma continua. El compresor digital 100 o el sistema pueden comprender una puesta en práctica de baja complejidad y banda completa en el dominio temporal para las aplicaciones en tiempo real en los dispositivos móviles.

40 Un diagrama de flujo del compresor digital 100 o el sistema se ilustra en la Figura 7. Dada una señal de entrada $x(t)$, el compresor digital 100 o el sistema pueden ejecutar las etapas siguientes.

45 En primer lugar, un filtro digital 300 o un módulo de intensidad sonora igual de filtro pueden aplicarse, esto es, una operación de pre-procesamiento que se aplica a un módulo de intensidad sonora simplificado filtrando la señal de entrada $x(t)$ con una curva de intensidad sonora igual con el fin de obtener una señal de entrada ecualizada de intensidad sonora $x_i(t)$. El objetivo del pre-procesamiento puede ser resaltar las frecuencias en la señal en donde el oído humano es menos sensible. En segundo lugar, se puede aplicar un módulo de compresión del margen dinámico. Puede comprender un dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 o un módulo de especificación de parámetros. Habida cuenta de que, externamente, p.ej., una ganancia en dB de compresión deseada especificada por el usuario, se pueden ajustar de manera óptima los parámetros de compresión del margen dinámico interno T, R, τ_A, τ_R . Además, puede comprender una unidad de estimación de ganancia 705 o un módulo de estimación de la ganancia que puede estimar la ganancia variante con el tiempo $g(t)$ a partir de la señal de entrada ecualizada de intensidad sonora $x_i(t)$. La compresión obtenida puede ser más fuerte en zonas que hayan sido resaltadas mediante la ecualización que puede corresponder a zonas en donde el oído humano es menos sensible. En consecuencia, los artefactos indeseables de la compresión del margen dinámico pueden ser menos audibles y se puede aplicar una compresión más fuerte. La compresión del margen dinámico de la señal de entrada $x(t)$ puede realizarse aplicando la ganancia variante con el tiempo $g(t)$ y la ganancia de compresión deseada G a la señal $x(t)$ para obtener la señal comprimida $x_c(t)$. En tercer lugar, un filtro de ecualización 701 o un módulo de ecualización pueden aplicarse, de forma opcional, que pueden aplicar una ecualización a $x_c(t)$ para corregir la compresión dependiente de la frecuencia y volver a crear una respuesta de frecuencia plana de la señal $x_e(t)$. Lo que antecede puede tener también en cuenta la respuesta de frecuencia de los altavoces. En cuarto lugar, un limitador de máximo se puede aplicar 703 de forma opcional. Una limitación suave de los máximos y/o transitorios puede aplicarse para impedir la presencia de recortes en fases de ataque fuertes para obtener la señal de salida $y(t)$.

65 La Figura 8 ilustra un diagrama de diferentes curvas de intensidad sonora iguales de conformidad con una forma de

realización.

5 El oído humano puede no ser igualmente sensible a todas las frecuencias. La Figura 8 ilustra la respuesta a diferentes frecuencias a través del margen audible completo como un conjunto de curvas que muestran los niveles de presión acústica percibidos como siendo igualmente intensos. Para frecuencias bajas y altas, el nivel de presión acústica puede ser mucho más alto para obtener la misma intensidad sonora percibida como en las frecuencias intermedias. Las curvas pueden ser más bajas en el margen desde 2 a 5 kHz, con una inmersión a 4 kHz, lo que indica que el oído puede ser más sensible a frecuencias en esta gama. El nivel de intensidad de tonos más altos o más bajos puede elevarse notablemente con el fin de crear la misma impresión de intensidad sonora. Este resultado puede utilizarse para conseguir una más alta calidad de sonido que las señales de salida. La idea puede ser aplicar una compresión del margen dinámico más fuerte en las zonas de frecuencias en donde el oído humano es menos sensible.

15 La Figura 9 ilustra un diagrama de un filtro digital 300 para filtrar una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización. El filtro digital 300 puede comprender un módulo de intensidad sonora igual del filtro.

20 El filtro digital 300 puede comprender una unidad de determinación 901 y una unidad de filtrado 903. La unidad de determinación 901 puede utilizarse para especificación de parámetros de filtro, en donde una curva de intensidad sonora igual puede proporcionarse para la unidad de determinación 901 para obtener parámetros de filtro. La unidad de filtrado 903 puede filtrar una señal de entrada $x(t)$ sobre la base de los parámetros de filtro para obtener una señal ecualizada de intensidad sonora $x_i(t)$.

25 Un modelo de intensidad sonora puede aplicarse para modelizar la sensibilidad del oído humano mediante el filtrado con una curva de intensidad sonora igual. Lo que antecede puede ampliar las frecuencias en donde el oído humano es menos sensible y puede atenuar las frecuencias en donde el oído humano es muy sensible.

30 La Figura 10 ilustra un diagrama de una respuesta de frecuencia de un filtro digital utilizado para modelizar la sensibilidad de intensidad sonora del oído humano de conformidad con una forma de realización. A bajas frecuencias, la amplificación puede limitarse y no se puede reproducir por los altavoces. A altas frecuencias, la amplificación puede limitarse y se suele mejorar por los altavoces.

35 El siguiente procesamiento puede utilizarse para obtener este efecto, según se ilustra en la Figura 9. Realizar un filtrado con una respuesta de filtro que se asemeja a la curva de intensidad sonora igual. Esto último puede ampliar el nivel a frecuencias en donde el oído humano es menos sensible y puede atenuar las frecuencias en donde el oído humano es muy sensible. A continuación, la compresión del margen dinámico posterior puede concentrarse en las zonas de frecuencias en donde el oído humano es menos sensible, esto es, frecuencias altas y bajas. En consecuencia, los artefactos de compresión pueden ser menos audibles. En particular, el margen de frecuencias de 2-5 kHz a 2-6 kHz puede difícilmente modificarse por la compresión del margen dinámico. Este margen puede ser el más importante para una claridad acústica.

40 La respuesta del filtro según se ilustra en la Figura 10 puede basarse en curvas de intensidad sonora igual pero modificadas de conformidad con varios aspectos. Para considerar las características y capacidades de los microaltavoces, la amplificación de las frecuencias más bajas y más altas puede limitarse introduciendo un límite superior. La motivación para este límite puede basarse en el escenario de aplicación considerado utilizando pequeños altavoces. En este caso, las más bajas frecuencias pueden no reproducirse por los altavoces y las altas frecuencias se pueden normalmente amplificar por dichos altavoces. La limitación de la amplificación puede tener en cuenta esta circunstancia. El margen global, esto es, la diferencia entre el mínimo y el máximo de la respuesta del filtro, de la amplificación puede restringirse a solamente un intervalo de 15 dB. A partir de la Figura 8 puede deducirse que las diferencias entre los valores mínimo y máximo en los niveles de presión acústica de una curva de intensidad sonora igual única pueden alcanzar hasta 80 dB. En la compresión del margen dinámico, el umbral T puede, en escenarios de aplicaciones típicos, ajustarse a valores entre 6 y 20 dB. En consecuencia, una ecualización que puede amplificar algunas frecuencias en 80 dB en comparación con otras puede dar lugar a que solamente estas frecuencias sean altamente comprimidas y sin embargo, otras pueden no alcanzar el umbral y por lo tanto, no se pueden comprimir en absoluto. La limitación del margen global de amplificación puede permitir controlar la intensidad de la compresión del margen dinámico en diferentes zonas de frecuencias.

60 La Figura 11 ilustra un diagrama de un compresor digital 100 para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización. El compresor digital 100 puede comprender un módulo de compresión de margen dinámico.

65 El compresor digital 100 comprende un dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103, un generador de señal auxiliar 105 y una unidad de combinador 107. Un control de ganancia de compresión del compresor digital 100 no se ilustra en la Figura 11. El dispositivo de determinación de parámetro de compresión 103 puede utilizarse para especificación de parámetros. El dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 puede proporcionar un umbral de compresión, una tasa de compresión, una constante de tiempo de filtrado de ataque y una constante de tiempo de filtrado de liberación para el generador de señal auxiliar 105. El generador de

señal auxiliar 105 puede comprender una unidad de estimación de ganancia 705. Una señal ecualizada de intensidad sonora $x_i(t)$ puede proporcionarse al generador de señal auxiliar 105. Una señal de audio de entrada $x(t)$ puede proporcionarse a la unidad de combinador 107. Una señal de audio comprimida $x_c(t)$ puede proporcionarse por la unidad de combinador 107.

5 Posteriormente, la compresión del margen dinámico puede aplicarse a la señal de entrada según se ilustra en la Figura 11. La compresión del margen dinámico puede seguir la descripción general y puede utilizar la misma notación.

10 En primer lugar, dado un parámetro de ganancia de compresión deseado G , p.ej., especificado por el usuario, los parámetros T, R, τ_A, τ_R para la compresión del margen dinámico según se introducen pueden derivarse como sigue. El objetivo puede ser comprimir la señal de modo que un espacio de G se crea entre la magnitud máxima o la amplitud de $x_c(t)$ y el valor máximo P_{max} que puede reproducirse sin la presencia de recortes.

$$15 \quad \max(P_{x_c}(t)) = P_{max} - G$$

$$T = P_{max} - G \cdot \lambda(1 + 1/R)$$

20 El resultado obtenido puede ser que para obtener el parámetro de ganancia de compresión deseado G , son posibles diferentes valores para R y T . Si se hace más bajo el umbral ello puede permitir la obtención de un más alto valor de G , pero al mismo tiempo, puede aumentar también la cantidad de componentes de la señal que resulten afectadas por la compresión del margen dinámico (DRC). Aumentando la tasa de compresión R , se pueden comprimir con mayor magnitud las componentes por encima del valor umbral. La selección de los valores de R y T que sean óptimos en términos de calidad perceptual puede resultar ser una tarea difícil. Un resultado obtenido es que una cierta relación entre el umbral T y la tasa de compresión R es deseable para obtener una alta calidad. Además, pruebas de escucha amplias han revelado que la calidad perceptual de la compresión del margen dinámico es óptima cuando es aproximadamente

$$30 \quad R \approx G / (2dB).$$

Las constantes de tiempo de filtrado o constantes de suavizado temporal τ_A, τ_R pueden afectar al resultado de DRC reduciendo la magnitud de la compresión para garantizar una continuidad temporal que puede ser importante para obtener una alta calidad perceptual. En consecuencia, la compresión final que se consigue puede ser más baja que el valor de G deseado. Cuanto más fuerte es el suavizado, esto es, las constantes de tiempo τ_A, τ_R , son mayores, tanto más baja es la compresión conseguida. Para obtener la mejor posible calidad perceptual, los valores de parámetros para las constantes de tiempo de filtrado se seleccionan dependiendo del parámetro de ganancia de compresión G deseado.

$$40 \quad \tau_A \approx -0.0002 \text{sec/dB} \cdot G + 0.006 \text{sec}$$

$$\tau_R \approx -0.0033 \text{sec/dB} \cdot G + 0.12 \text{sec}$$

45 Las pruebas de escucha perceptual revelaron que una dependencia lineal entre las constantes de tiempo de filtrado y G dan lugar a los mejores resultados. Para aumentar los valores de G , se pueden disminuir linealmente las constantes de tiempo de filtrado.

50 Como resultado del suavizado, puede suceder que $P_s < P_x$. Por lo tanto, una adición de un factor de tolerancia $\lambda \geq 1$ puede ser deseable para garantizar que pueda conseguirse el parámetro de ganancia de compresión deseado G . El factor de tolerancia puede tener en cuenta que transitorios rápidos pueden estar ausentes por la disminución del ataque y puede dar lugar a valores máximos de la señal altos. Por lo tanto, el valor del factor de tolerancia puede seleccionarse en función de la constante de tiempo del filtrado de ataque.

$$\lambda = 1.122 + 65 \cdot 1/\text{sec} \cdot \tau_A$$

55 Después de derivar un ajuste del parámetro óptimo, la ganancia variante con el tiempo $g(t)$ puede estimarse a partir de la señal ecualizada de intensidad sonora $x_i(t)$.

$$g(t) = \begin{cases} -(1-1/R) \cdot (P_s(t) - T) & , P_s(t) > T \\ 0 & , P_s(t) \leq T \end{cases}$$

60 *en donde*

$$P_s(t) = \begin{cases} \alpha_A P_s(t-1) + (1 - \alpha_A) P_x(t) & , P_x(t) > P_s(t-1) \\ \alpha_R P_s(t-1) & , P_x(t) \leq P_s(t-1) \end{cases}$$

y

$$\alpha_R = e^{-1/\tau_R}, \alpha_A = e^{-1/\tau_A}$$

Por último, la ganancia puede multiplicarse o amplificarse por el parámetro de ganancia de compresión G deseado y por último, multiplicarse para la señal de entrada original x(t) y no para la señal ecualizada de intensidad sonora. Lo que antecede puede proporcionar una mejor calidad posible puesto que la señal original no se puede alterar por el modelo de intensidad sonora sino solamente por la ganancia de la intensidad sonora corregida.

$$x_c(t) = x(t) \cdot 10^{G/20} \cdot g(t)$$

La Figura 12 ilustra un diagrama de una respuesta de frecuencia de un filtro de ecualización en conformidad con una forma de realización.

Con una etapa de post-procesamiento opcional, un filtro de ecualización puede aplicarse a la señal. La ecualización puede ser deseada para compensar la compresión del margen dinámico dependiente de la frecuencia. Las gamas de frecuencias que son ampliadas por el modelo de intensidad sonora pueden comprimirse con mayor magnitud y por lo tanto, pueden recibir un nivel más bajo que las frecuencias que se atenúan por el modelo de intensidad sonora. Aunque este método puede garantizar que la compresión del margen dinámico pueda concentrarse en las gamas de frecuencias en donde el oído humano es menos sensible a los artefactos de compresión, puede dar lugar también a que la señal de salida no tenga una respuesta de frecuencia plana. Para compensar este efecto, puede utilizarse, de nuevo, un filtrado con una variante de una curva de intensidad sonora igual.

La respuesta de filtro según se ilustra en la Figura 12 puede ajustarse para compensar la compresión no lineal resultante del filtro de pre-procesamiento para intensidad sonora igual que influye en el cálculo de la ganancia g(t). Puesto que la ganancia g(t) se deriva de la señal ecualizada de intensidad sonora pero se aplica a la señal de entrada original, la señal comprimida suele no poder tener una respuesta de frecuencia plana. En particular, se pueden atenuar las frecuencias bajas y altas. La respuesta de filtro ilustrada en la Figura 12 puede diseñarse para compensar este efecto en el caso de una compresión, a modo de ejemplo, utilizando un umbral T=12 dB y una tasa de compresión de 2:1 que da lugar a una ganancia de compresión G de 6 dB. En este caso, las frecuencias bajas y altas pueden amplificarse en aproximadamente 2 dB con el fin de conseguir una respuesta de frecuencia plana. Para diferentes valores de G la respuesta puede tener una escala lineal.

La ecualización puede ser deseable para compensar la compresión del margen dinámico dependiente de la frecuencia. Un filtrado con una variante de una curva de intensidad sonora igual puede utilizarse a este respecto. Potencialmente, la ecualización depende de la ganancia de compresión. Además, el dispositivo de salida objetivo puede considerarse para definir la ecualización.

La Figura 13 representa un diagrama que ilustra un efecto del compresor digital sobre una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización. El compresor digital puede comprender un sistema de compresión del margen dinámico. La primera forma de onda ilustra una señal de entrada x(t), la segunda forma de onda ilustra una señal de audio x_e(t) después de la etapa tercera, esto es, una ecualización y la tercera forma de onda ilustra una señal de audio y(t) después de la etapa cuarta, esto es, limitación de máximos.

Como una etapa final, un limitador de máximos puede aplicarse para impedir el recorte en la señal de salida. El recorte puede referirse a la amplitud de la señal que supera el valor posible máximo P_max. Debido al suavizado temporal realizado por las constantes de tiempo τ_R, τ_A, no se pueden comprimir transitorios rápidos e intensos, p.ej., golpes de percusión. En consecuencia, los cambios rápidos en el nivel de la señal pueden preservarse en la señal de salida lo que puede constituir un aspecto importante para garantizar una alta calidad perceptual o claridad de la señal. Sin embargo, estos valores máximos pueden impedir también que se pueda conseguir la ganancia de compresión G deseada sin introducir recortes indeseables. Una solución simple para este problema puede ser disminuir el valor de las constantes de tiempo utilizadas en el módulo de compresión del margen dinámico, no obstante, esta solución puede reducir la calidad.

Una alta calidad acústica puede conseguirse al mismo tiempo que se evita el recorte cuando se añade un limitador de máximos como una etapa de procesamiento final. El limitador de máximos puede ser un compresor de margen dinámico que puede sintonizarse para afectar solamente a los valores máximos remanentes de la señal. Para esta finalidad, el umbral T puede ajustarse a un valor de umbral alto, p.ej., T = -1 dB, y la tasa de compresión puede ser también alta, p.ej., R = 60:1.

5 Junto con valores pequeños de las constantes de tiempo de ataque y de liberación, estos ajustes pueden garantizar que cualquier valor máximo supere el umbral, con lo que se da lugar a la aparición de recortes, puedan comprimirse en una tasa de mayor amplitud, p.ej., $R = 60:1$. En consecuencia, los valores máximos que superen el umbral pueden comprimirse en gran medida o ser objeto de un recorte suave para garantizar que no superan este umbral.

10 La compresión lenta del margen dinámico que se realiza por el módulo de compresión del margen dinámico puede garantizar que las características a largo y medio plazo con evolución lenta de la señal de audio puedan conservarse mediante la compresión y el limitador de máximos de rápida reacción que puedan realizar un recorte suave para solamente impedir el recorte indeseable. En combinación, la calidad de la señal, en particular, la claridad de la señal, puede conservarse en gran medida posible al mismo tiempo que se mantiene una alta ganancia de compresión segura.

15 La Figura 13 compara una señal de entrada $x(t)$ con una señal comprimida después de una ecualización $x_e(t)$ así como la señal de salida final después de la limitación de máximos $y(t)$.

20 Después de la compresión del margen dinámico, las características de nivel a medio plazo de la señal pueden conservarse pero los valores máximos que superan los valores de amplitud de $[-1;+1]$ pueden permanecer en la señal $x_e(t)$. Estos valores pueden ser finalmente objeto de un recorte suave mediante el limitador de máximos para obtener la señal $y(t)$.

25 La Figura 14 ilustra un diagrama de un compresor digital 100 para comprimir una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización. El compresor digital 100 puede comprender un sistema de compresión del margen dinámico.

30 El compresor digital 100 comprende un control de ganancia de compresión 101, un dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 para la adaptación de parámetros internos, un generador de señal auxiliar 105 que utiliza un modelo de intensidad sonora, una unidad de combinador 107 para la compresión del margen dinámico, un filtro de ecualización 701 y un limitador de máximos 703. Una señal de audio de entrada puede proporcionarse al generador de señal auxiliar 105 y a la unidad de combinador 107. Una señal de audio de salida comprimida puede proporcionarse por el limitador de máximos 703.

35 Aplicando un modelo de intensidad sonora simplificado, esto es, un filtro con una curva de intensidad sonora igual, puede resaltarse las frecuencias en donde el oído humano es menos sensible. Se puede conseguir una compresión del margen dinámico. Debido al modelo de intensidad sonora, la compresión puede ser más fuerte en zonas en donde el oído es menos sensible y los artefactos de compresión pueden ser menos audibles. La aplicación de una ecualización para corregir la compresión dependiente de la frecuencia y para volver a crear una respuesta de frecuencia plana puede ser deseable a este respecto. Un limitador de máximos para impedir la presencia de recortes, en fases de ataque intensas, puede utilizarse en este sentido.

40 La Figura 15 ilustra un diagrama de un compresor digital 100 para comprimir una señal de audio de entrada de conformidad con una forma de realización. El compresor digital 100 puede comprender un sistema de compresión del margen dinámico.

45 El compresor digital 100 puede comprender un dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 para la especificación de parámetros, un generador de señal auxiliar 105 con una unidad de estimación de ganancia 705 y una unidad de combinador 107. El dispositivo de determinación del parámetro de compresión 103 puede proporcionar un umbral de compresión, una tasa de compresión, una constante de tiempo de filtrado de ataque y una constante de tiempo de filtrado de liberación al generador de señal auxiliar 105. Una señal de audio ecualizada de intensidad sonora puede proporcionarse al generador de señal auxiliar 105. Una señal de audio de entrada puede proporcionarse a la unidad del combinador 107. Una señal de audio comprimida $y(t)$ puede proporcionarse por la unidad de combinador 107.

50 Puede conseguirse una compresión del margen dinámico. Una ganancia puede estimarse a partir de la señal ecualizada de intensidad sonora y aplicarse a la señal de entrada original. La simplificación de los ajustes de parámetros de la compresión del margen dinámico puede ser deseable. El usuario puede especificar una ganancia de compresión G deseada en una forma continua. Los parámetros para la compresión del margen dinámico T, R, τ_A, τ_R , pueden derivarse y pueden proporcionarse al algoritmo de DRC. Puesto que puede ser que $P_3 < P_1$, se puede añadir un factor de tolerancia $\lambda \geq 1$ para obtener el parámetro de ganancia de compresión G deseado.

55 La Figura 16 ilustra un diagrama de un filtro digital 300 para filtrar una señal de audio de entrada en conformidad con una forma de realización. El filtro digital 300 puede comprender un módulo de intensidad sonora igual del filtro.

60 El filtro digital 300 puede comprender una unidad de determinación 901 utilizando una curva de intensidad sonora igual y una unidad de filtrado 903. La unidad de filtrado 903 puede filtrar una señal de audio de entrada para proporcionar una señal de audio ecualizada de intensidad sonora. El filtro digital 300 puede basarse en un modelo

de intensidad sonora.

La invención puede personalizarse específicamente para aplicaciones en dispositivos móviles con sistemas electroacústicos limitados en lo que respecta a las capacidades de procesamiento y consumo de energía.

5 Se puede proporcionar una más alta calidad del sonido. Los artefactos de la compresión pueden concentrarse en las gamas de frecuencias con menos sensibilidad para el oído humano. Una combinación de compresión lenta y de limitación de máximos rápida puede preservar las propiedades originales de ambas componentes lentas y rápidas de la señal en la medida de lo posible. Se puede preservar una claridad perceptual. Una intensidad controlada por el usuario de la compresión puede proporcionarse a este respecto. Un parámetro de ganancia de compresión único para especificar la ganancia de compresión deseada puede utilizarse en este sentido. Puede ser continuamente ajustable para adaptarse al contenido de la señal y/o el entorno de audiencia. Puede proporcionarse una puesta en práctica simple para el cálculo. Un procesamiento de banda completa en lugar de un procesamiento del dominio de la frecuencia y/o de sub-bandas puede emplearse a este respecto. Un bajo retardo puede conseguirse puesto que ninguna transformación de frecuencia y/o descomposición de sub-bandas puede emplearse.

20 En una forma de puesta en práctica, la invención se refiere a un método y aparato para la mejora de la compresión del margen dinámico de señales de audio que comprenden un modelo de banda completa de la percepción de oído humano para considerar la característica de frecuencia de la sensibilidad del oído humano y una compresión del margen dinámico en cascada y un sistema de recorte suave para reducir el nivel de transitorios mientras se conserva la claridad de la señal.

25 En una forma de realización, la invención se refiere al método y aparato que comprenden, además, una unidad para permitir el control del usuario de un parámetro de control único para la ganancia de compresión de una forma continua y un convertidor interno para derivar ajustes de parámetros óptimos a partir del parámetro de ganancia de compresión especificado.

30 En una forma de realización, la invención se refiere a una característica de terminal y/o decodificador.

REIVINDICACIONES

1. Un compresor digital (100) para comprimir una señal de audio de entrada, cuyo compresor digital (100) comprende:

5 un control de ganancia de compresión (101) para proporcionar un parámetro de ganancia de compresión;
 un dispositivo de determinación de parámetro de compresión (103) para determinar una tasa de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión, estando el dispositivo de determinación de parámetro de compresión (103) configurado para ponderar el parámetro de ganancia de compresión mediante un factor de ponderación predeterminado para obtener la tasa de compresión;

15 un generador de señal auxiliar (105) para la manipulación de la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener una primera señal auxiliar; y

una unidad de combinador (107) para combinar la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener una segunda señal auxiliar, y para combinar la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida.

20 2. El compresor digital (100) según la reivindicación 1, en donde el dispositivo de determinación de parámetro de compresión (103) está configurado para determinar la tasa de compresión en conformidad con la ecuación siguiente:

$$R = G / K, \text{ o } R \approx G / K$$

25 en donde G indica el parámetro de ganancia de compresión, K indica el factor de ponderación predeterminado y R indica la tasa de compresión.

30 3. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de determinación de parámetro de compresión (103) está configurado, además, para determinar una constante de tiempo de filtrado de ataque a partir del parámetro de ganancia de compresión en conformidad con la ecuación siguiente:

$$\tau_A = A_1 \cdot G + A_2$$

35 en donde G indica el parámetro de compresión en una escala logarítmica, A₁ indica una primera constante de ataque predeterminada, A₂ indica una segunda constante de ataque predeterminada y τ_A indica la constante de tiempo de filtrado de ataque, y en donde el generador de señal auxiliar (105) está configurado para filtrar la señal de audio de entrada en función de la constante de tiempo de filtrado de ataque para obtener la primera señal auxiliar.

40 4. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de determinación de parámetro de compresión (103) está configurado, además, para determinar una constante de tiempo de filtrado de liberación a partir del parámetro de ganancia de compresión de conformidad con la ecuación siguiente:

$$\tau_R = B_1 \cdot G + B_2$$

45 en donde G indica el parámetro de ganancia de compresión en una escala logarítmica, B₁ indica una primera constante de liberación predeterminada, B₂ indica una segunda constante de liberación predeterminada y τ_R indica la constante de tiempo de filtrado de liberación, y en donde el generador de señal auxiliar (105) está configurado para filtrar la señal de audio de entrada en función de la constante de tiempo de filtrado de liberación para obtener la primera señal auxiliar.

50 5. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el dispositivo de determinación de parámetro de compresión (103) está configurado, además, para determinar un umbral de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión en conformidad con la ecuación siguiente:

$$T = P_{max} - G \cdot \lambda(1 + 1/R)$$

55 en donde G indica el parámetro de ganancia de compresión en una escala logarítmica, λ indica un factor de tolerancia, R indica la tasa de compresión, P_{max} indica una magnitud máxima de la señal de audio de entrada en una escala logarítmica y T indica el umbral de compresión en una escala logarítmica y en donde el generador de señal auxiliar (105) está configurado para comparar la señal de audio de entrada con el umbral de compresión para obtener la primera señal auxiliar.

60 6. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el generador de

señal auxiliar (105) está configurado para filtrar la señal de audio de entrada mediante un filtro digital (300), comprendiendo el filtro digital (300) una función de transferencia de frecuencia que tiene una magnitud superior a la de la frecuencia, estando dicha magnitud formada por una curva de intensidad sonora igual de un oído humano.

5 7. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el generador de señal auxiliar (105) está configurado para filtrar la señal de audio de entrada mediante un filtro de paso bajo digital, comprendiendo dicho filtro de paso bajo digital una respuesta de etapa de filtro en el dominio temporal.

10 8. El compresor digital (100) según la reivindicación 7, en donde el filtro de paso bajo digital está configurado para filtrar la señal de audio de entrada de conformidad con las ecuaciones siguientes:

$$P_s(t) = \begin{cases} \alpha_A P_s(t-1) + (1 - \alpha_A) P_x(t) & , P_x(t) > P_s(t-1) \\ \alpha_R P_s(t-1) & , P_x(t) \leq P_s(t-1) \end{cases}$$

y

15

$$\alpha_R = e^{-1/\tau_R}, \alpha_A = e^{-1/\tau_A}$$

20 en donde τ_A indica la constante de tiempo de filtrado de ataque, τ_R indica la constante de tiempo de filtrado de liberación, α_A indica una constante de ataque exponencial, α_R indica una constante de liberación exponencial, t indica un índice de tiempo de muestreo, P_x indica una magnitud de la señal de audio de entrada en una escala logarítmica y P_s indica una magnitud de la señal de audio filtrada en una escala logarítmica.

25 9. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde el generador de señal auxiliar (105) está configurado para determinar una magnitud de la primera señal auxiliar en conformidad con la ecuación siguiente:

$$g(t) = \begin{cases} -(1-1/R) \cdot (P_s(t) - T) & , P_s(t) > T \\ 0 & , P_s(t) \leq T \end{cases}$$

30 en donde R indica la tasa de compresión, T indica un umbral de compresión en una escala logarítmica, P_s indica una magnitud de la señal de audio de entrada en una escala logarítmica, t indica el tiempo y g(t) indica una magnitud de la primera señal auxiliar en una escala logarítmica.

35 10. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de combinador (107) está configurada para multiplicar la primera señal auxiliar por el parámetro de ganancia de compresión para obtener la segunda señal auxiliar.

11. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, en donde la unidad de combinador (107) está configurada para multiplicar la señal de audio de entrada por la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida.

40 12. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además, un filtro de ecualización (701) para filtrar la señal de audio comprimida, comprendiendo el filtro de ecualización (701) una función de transferencia de frecuencia que tiene una magnitud superior a la frecuencia, cuya magnitud está formada por una curva de intensidad sonora igual de un oído humano.

45 13. El compresor digital (100) según cualquiera de las reivindicaciones precedentes, que comprende, además, un limitador de máximo (703) para reducir una magnitud máxima de la señal de audio comprimida en el dominio temporal.

50 14. Un método de compresión digital (200) para comprimir una señal de audio de entrada, cuyo método de compresión digital (200) comprende:

proporcionar (201) un parámetro de ganancia de compresión;

55 determinar (203) una tasa de compresión a partir del parámetro de ganancia de compresión ponderando el parámetro de ganancia de compresión por un factor de ponderación predeterminado para obtener la tasa de compresión;

manipular (205) la señal de audio de entrada en función de la tasa de compresión para obtener una primera señal auxiliar;

60

combinar (207) la primera señal auxiliar con el parámetro de ganancia de compresión para obtener una segunda señal auxiliar; y

5 combinar (209) la señal de audio de entrada con la segunda señal auxiliar para obtener la señal de audio comprimida.

15. Un programa informático que comprende un código de programa para realizar el método de compresión digital (200) según la reivindicación 14, cuando se ejecuta en un ordenador.

10

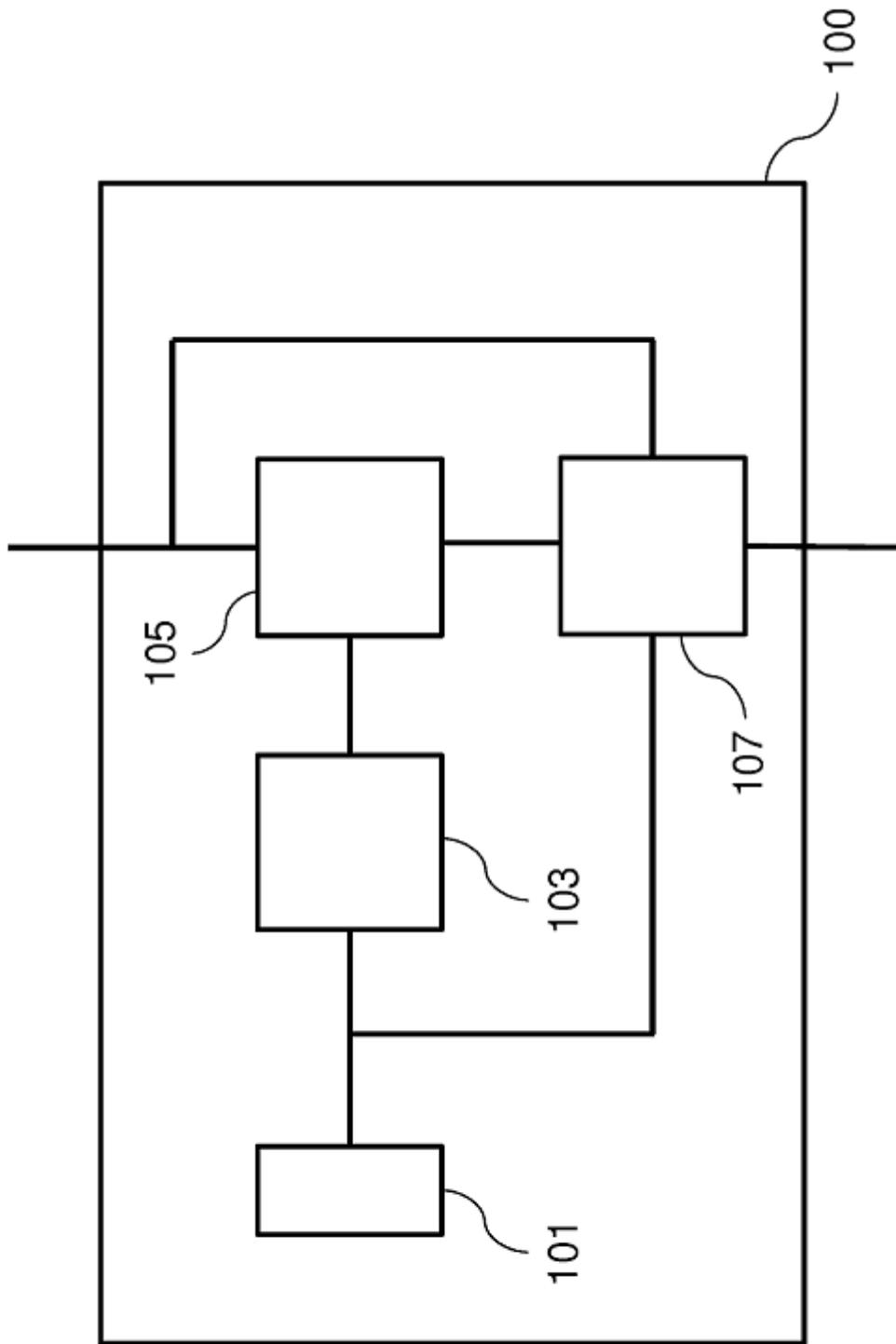


Fig. 1

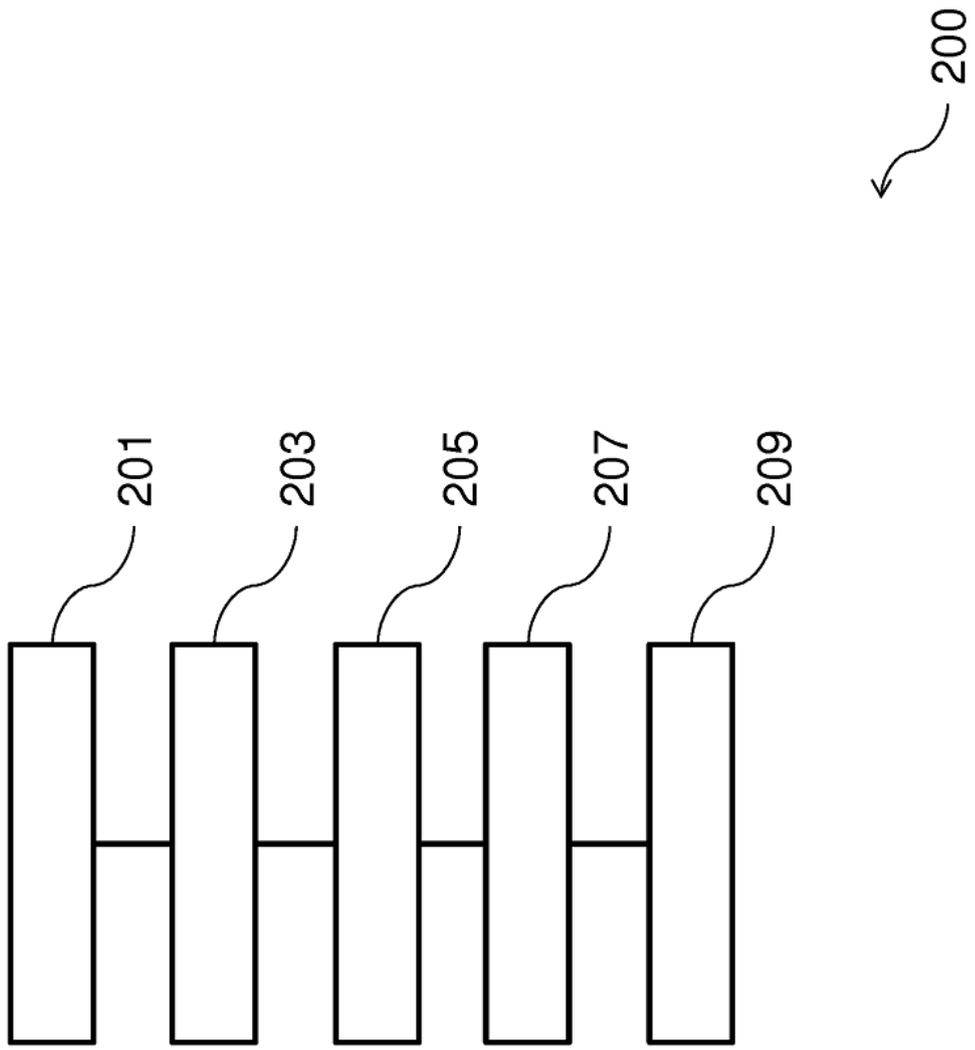


Fig. 2

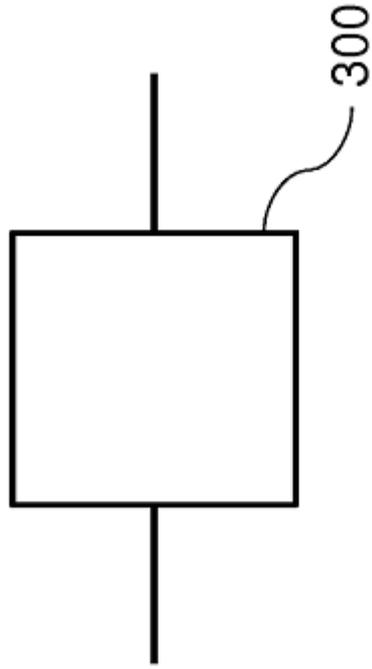


Fig. 3

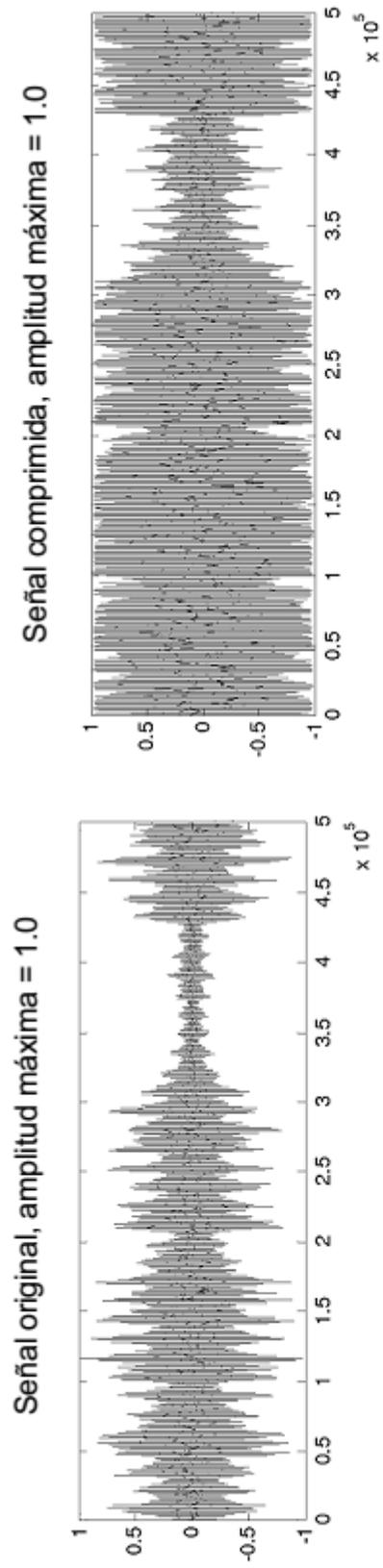


Fig. 4

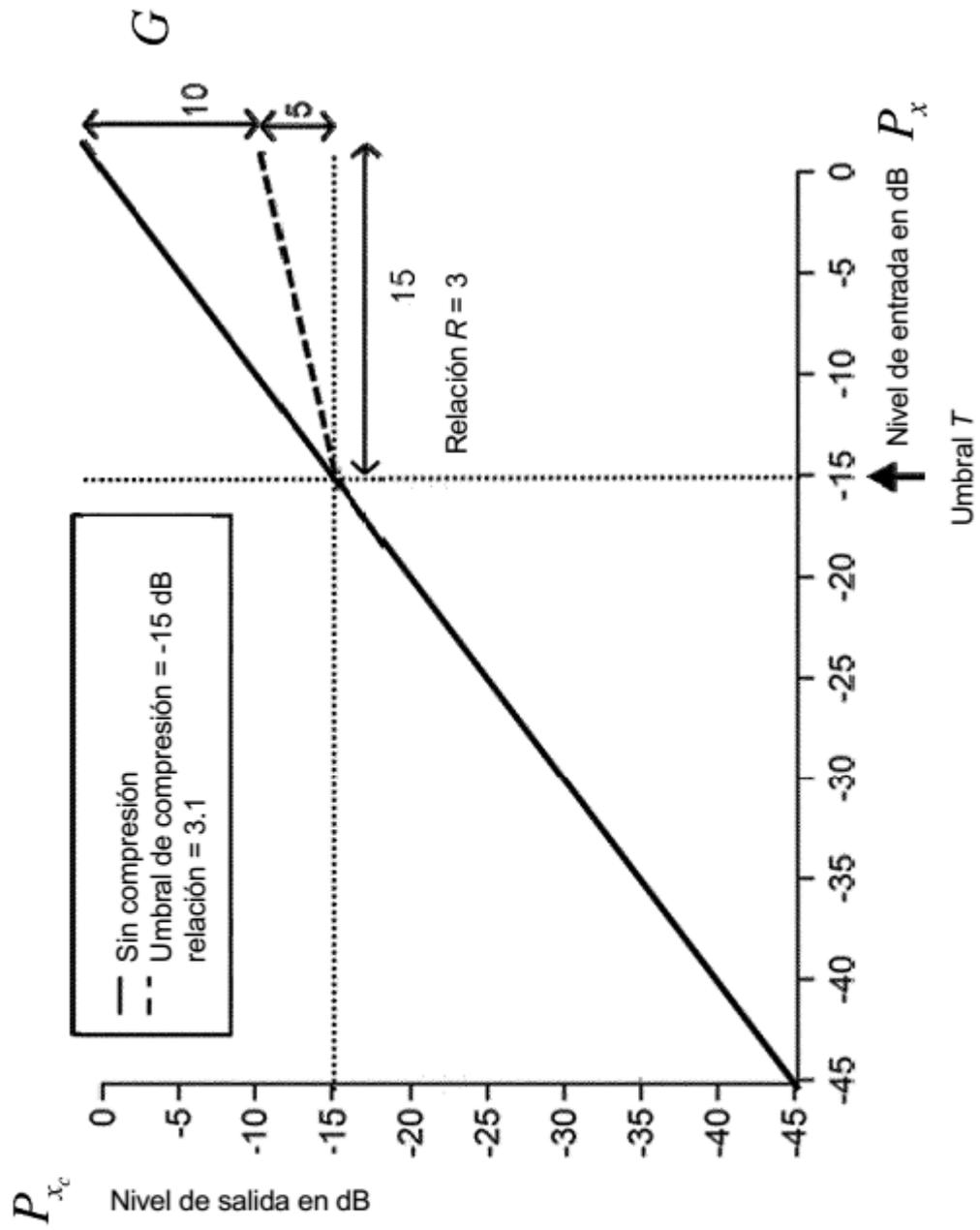


Fig. 5

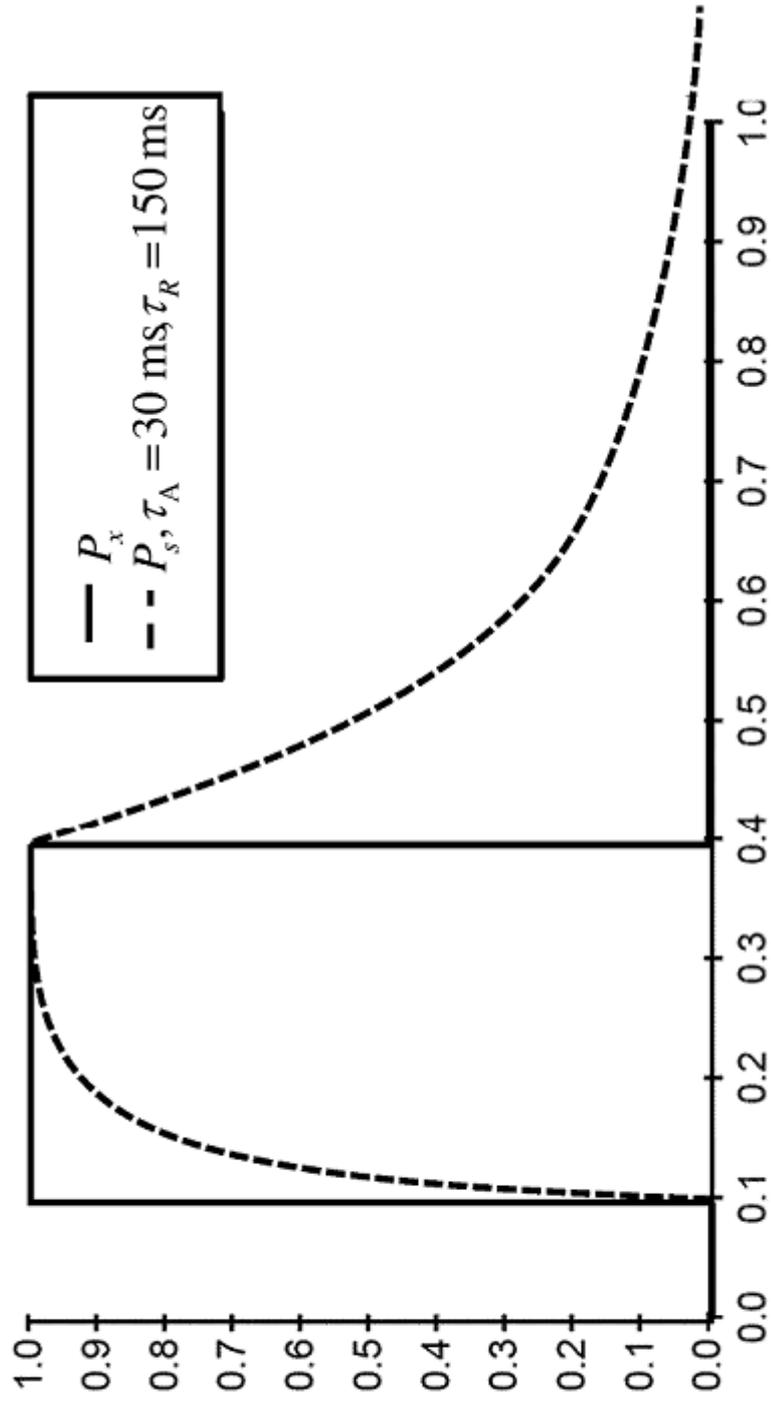


Fig. 6

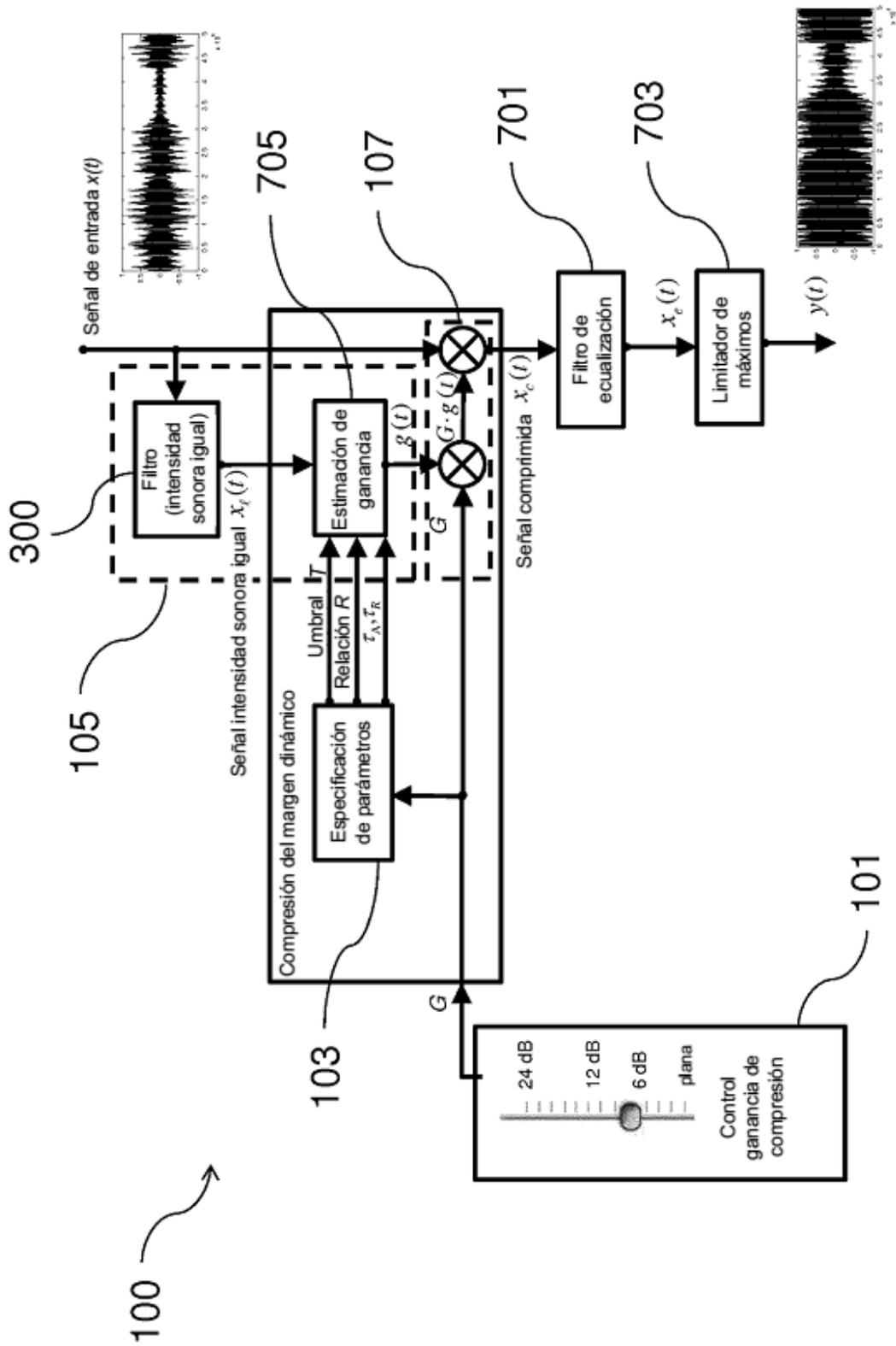


Fig. 7

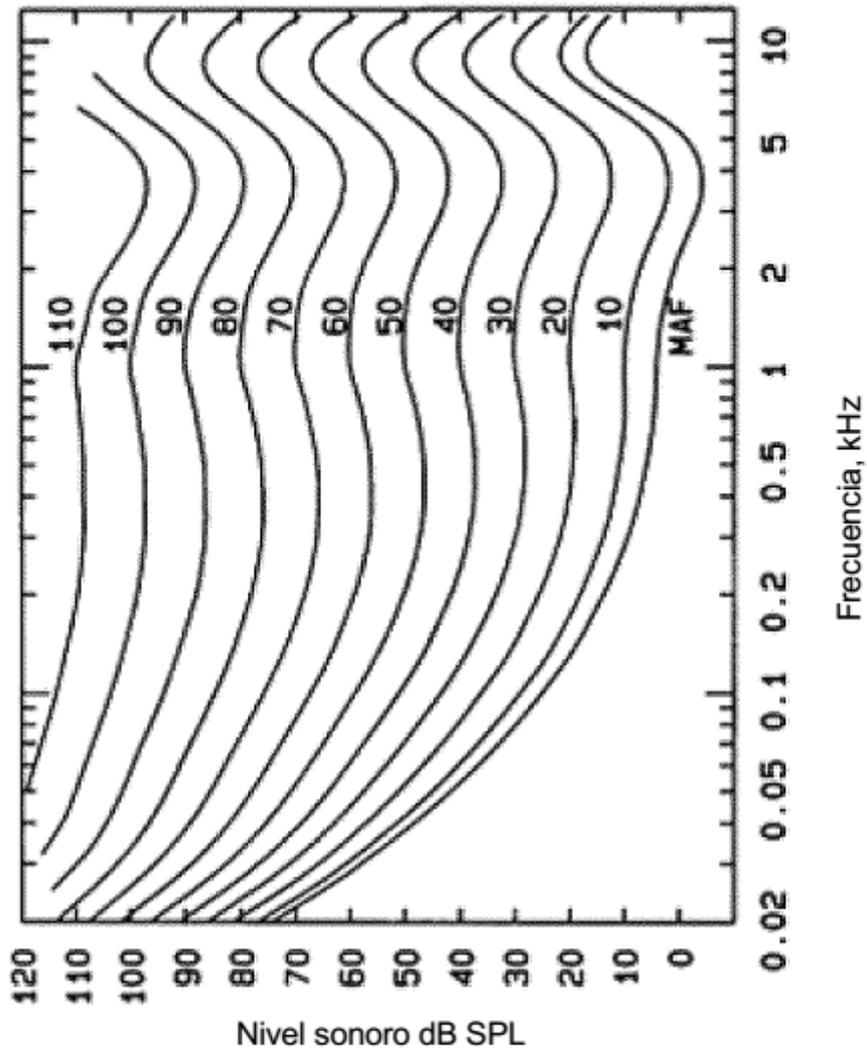


Fig. 8

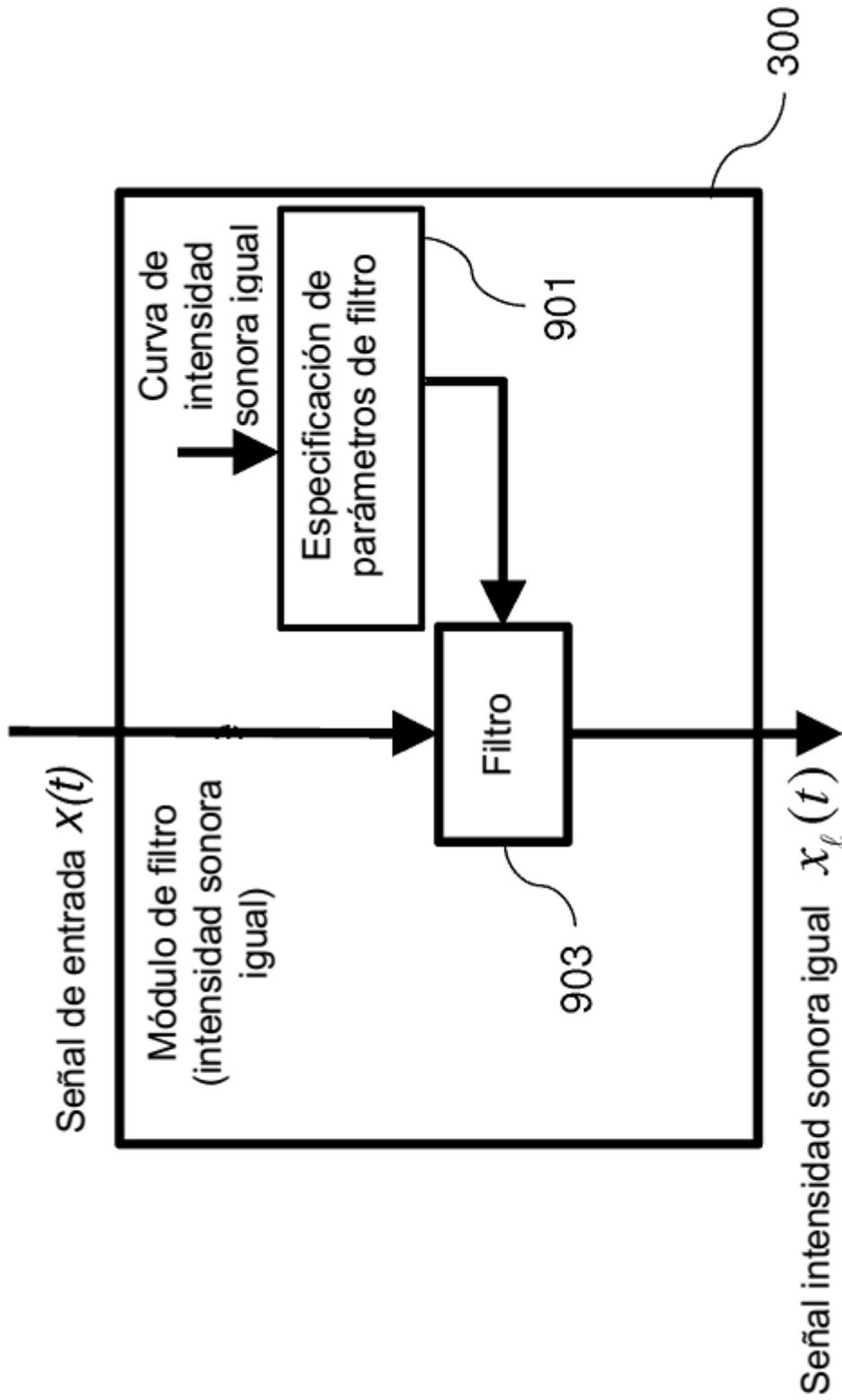


Fig. 9

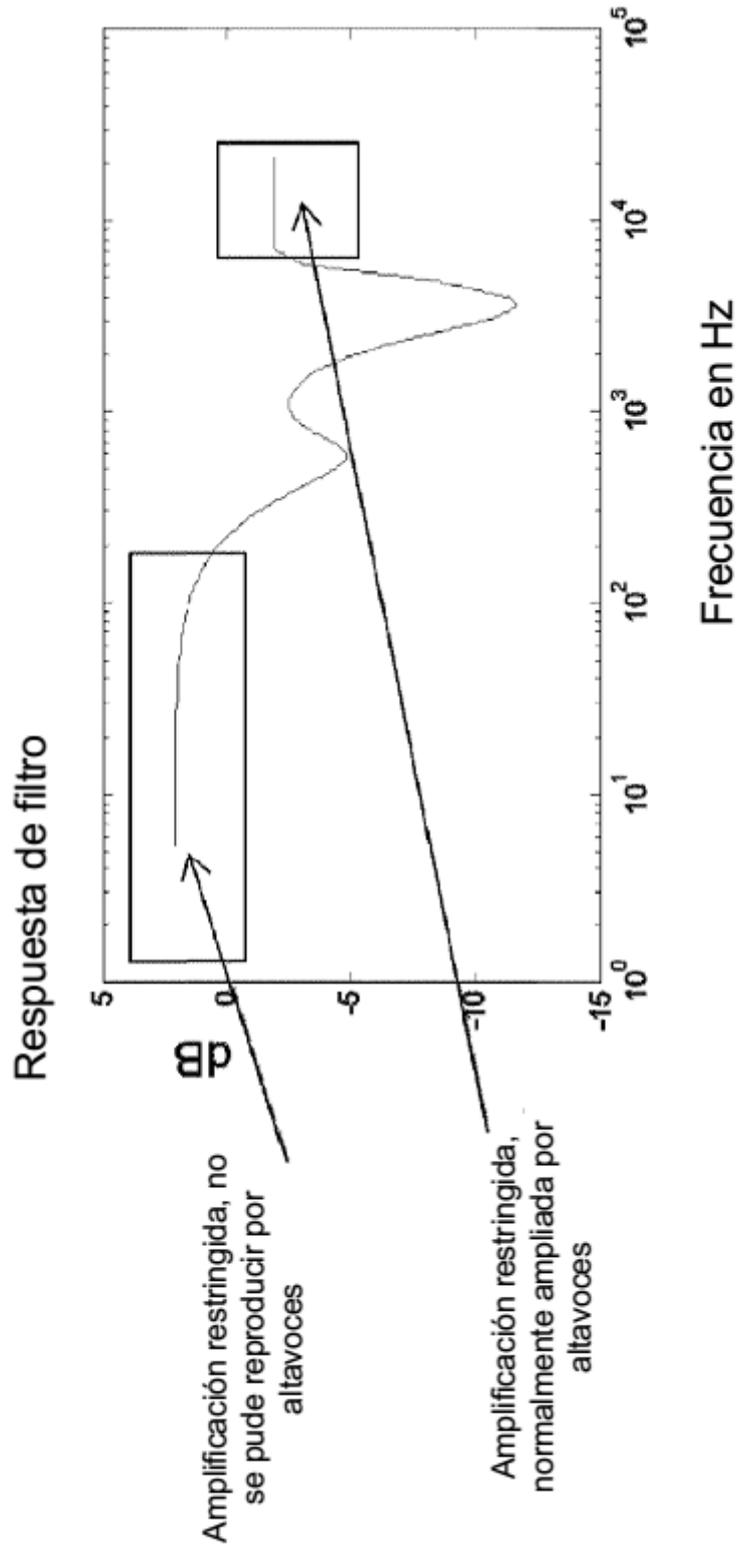


Fig. 10

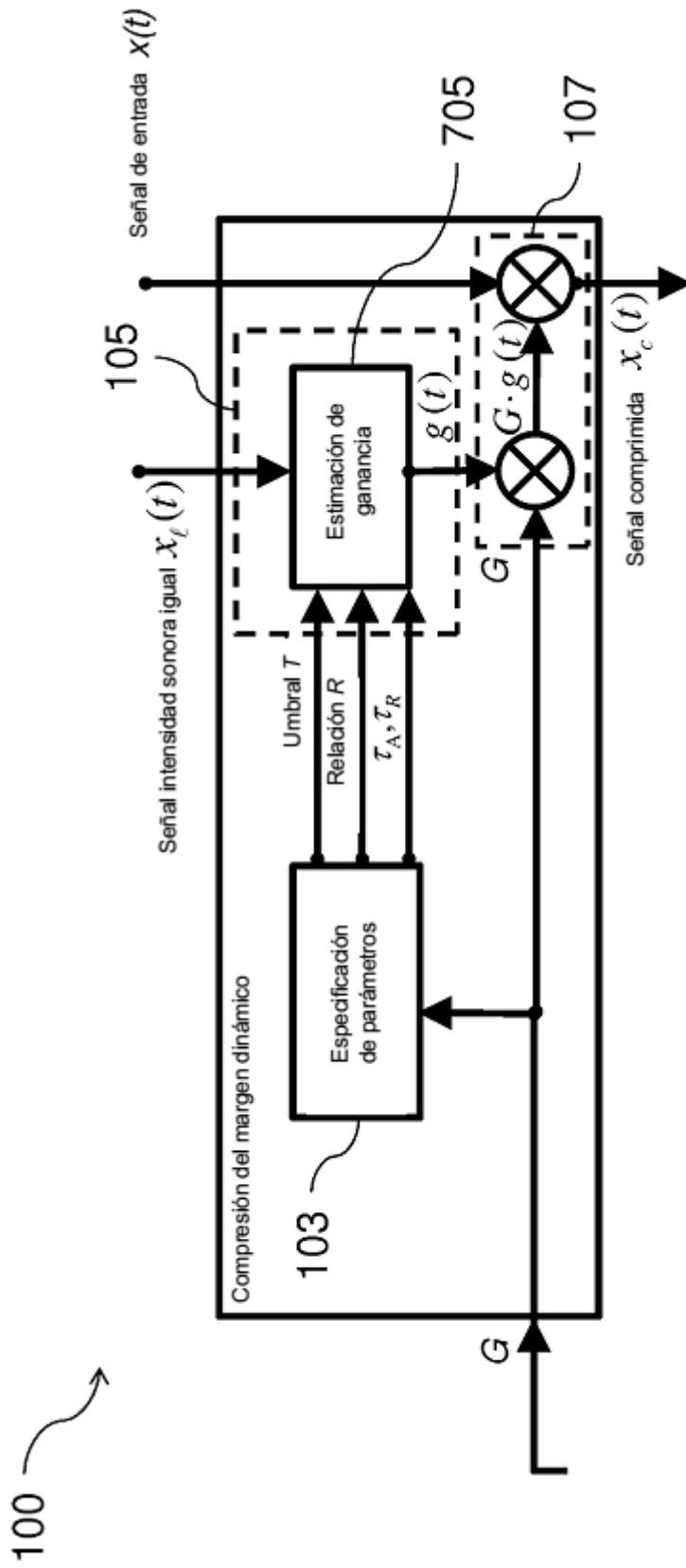


Fig. 11

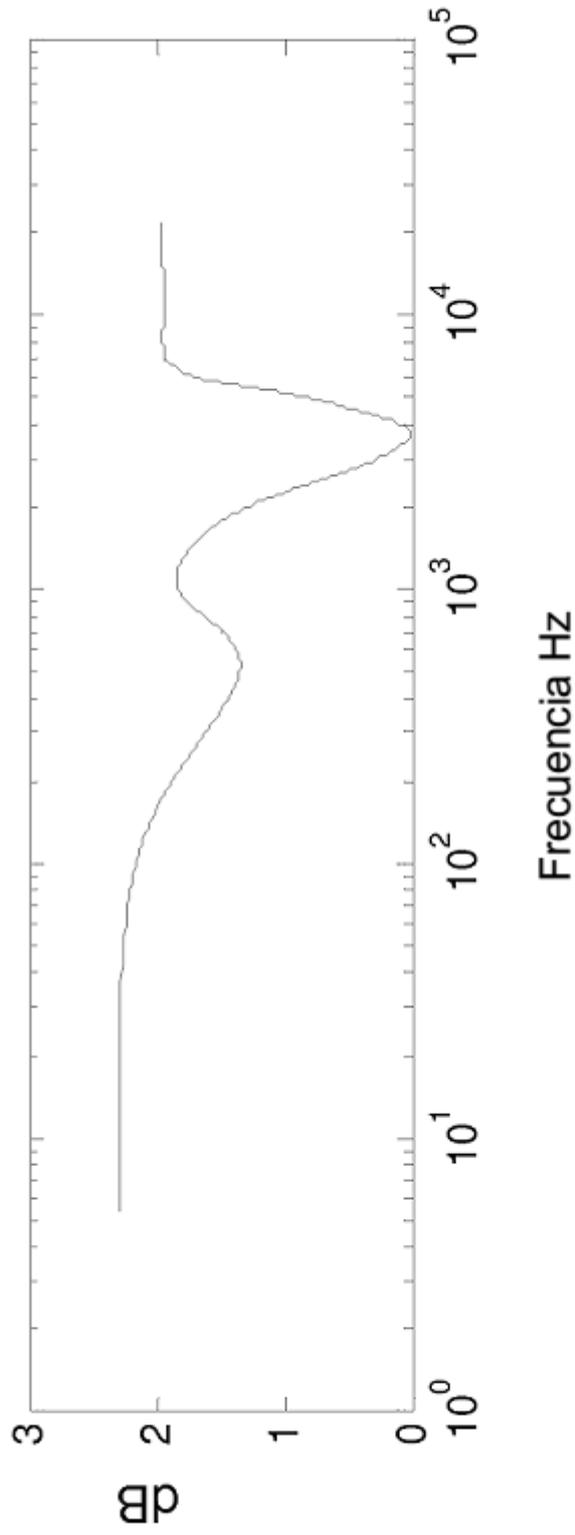


Fig. 12

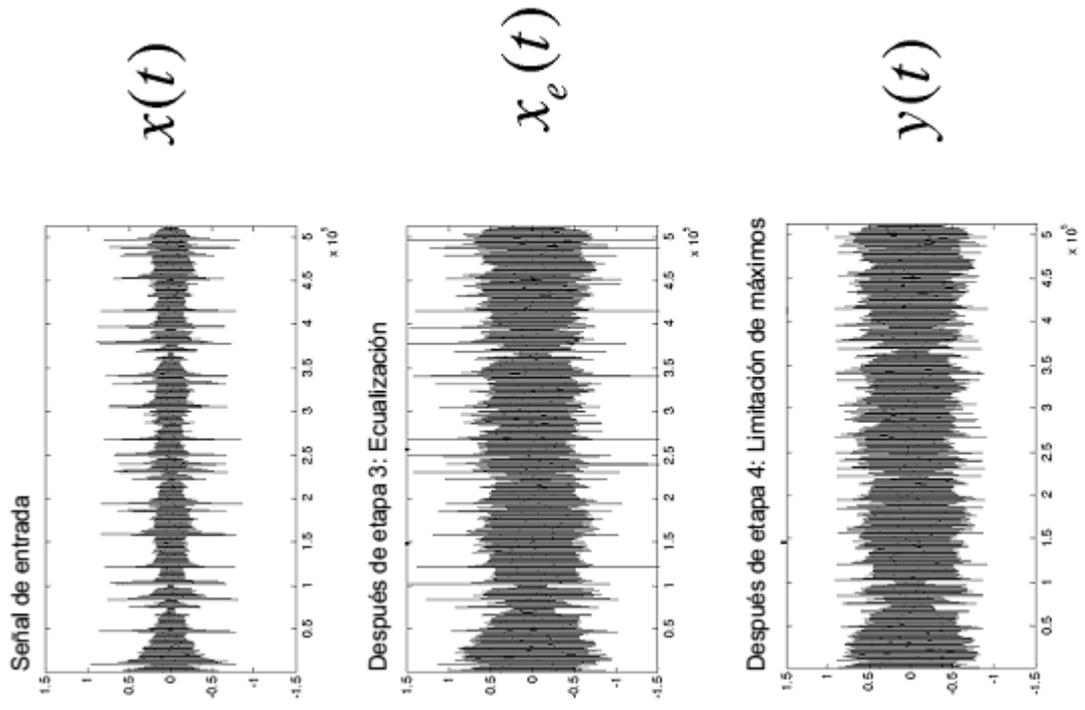


Fig. 13

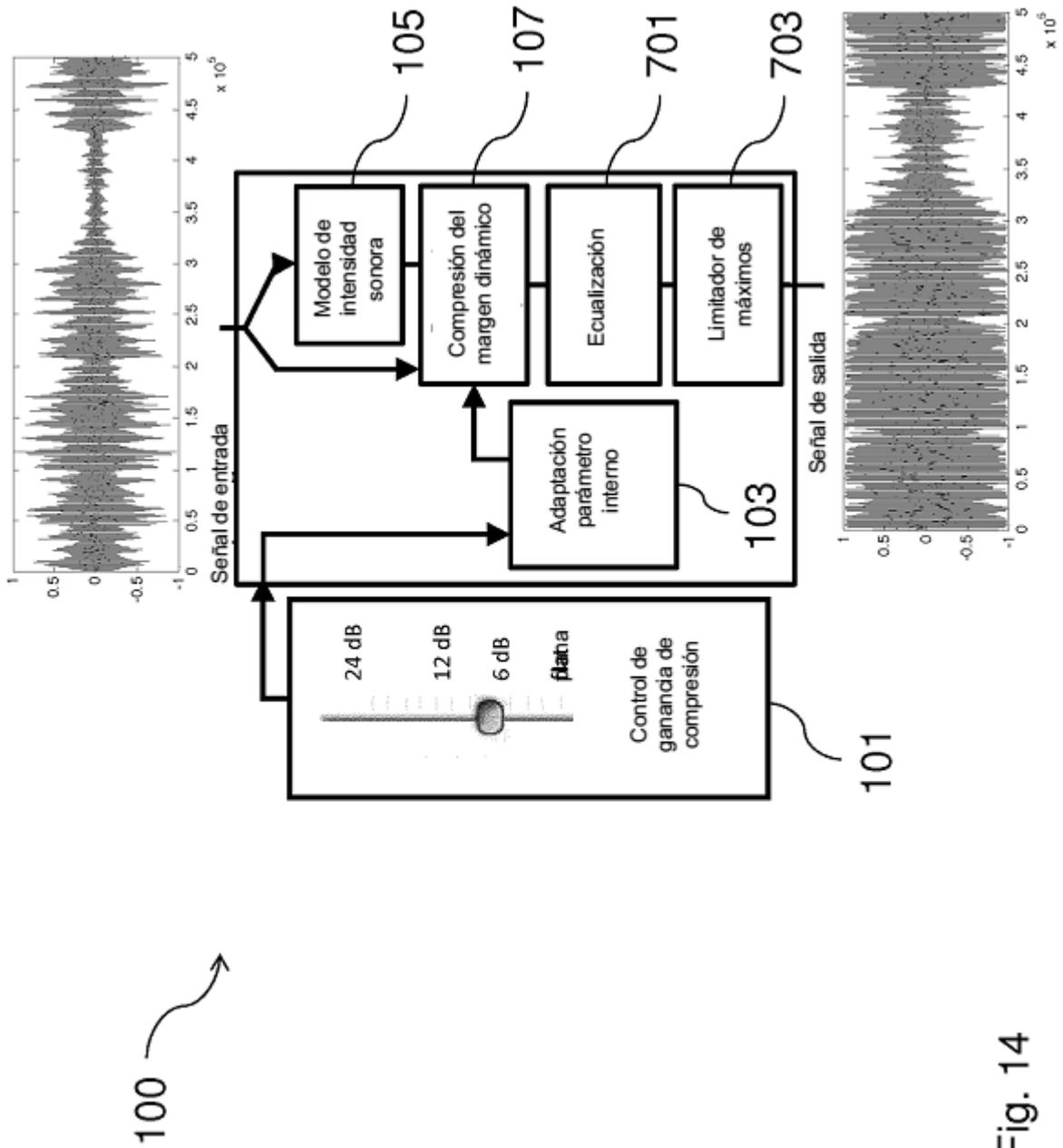


Fig. 14

100 ↗

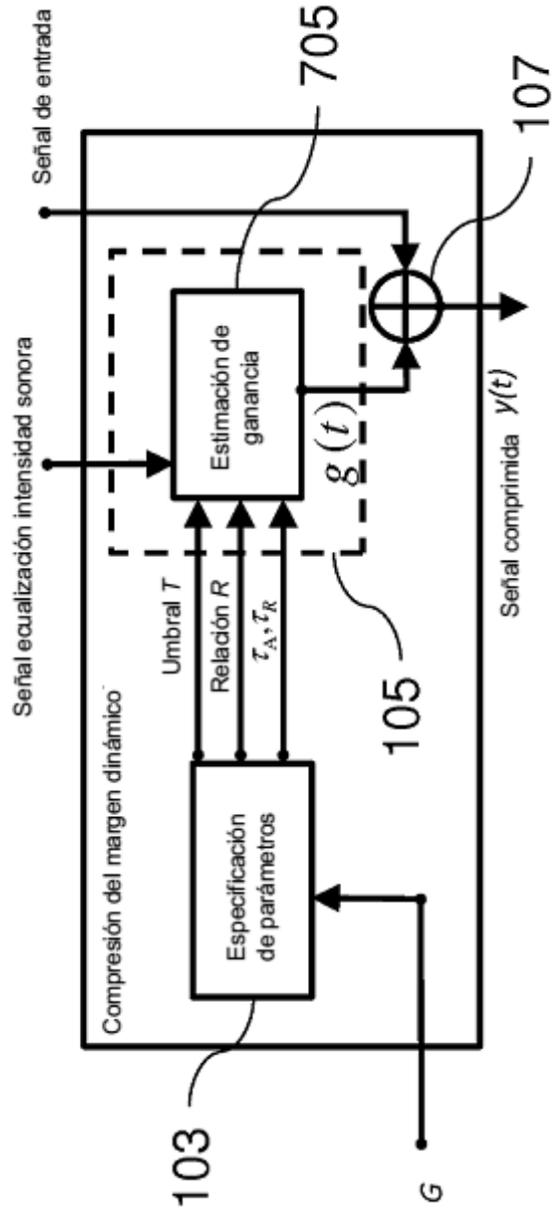


Fig. 15

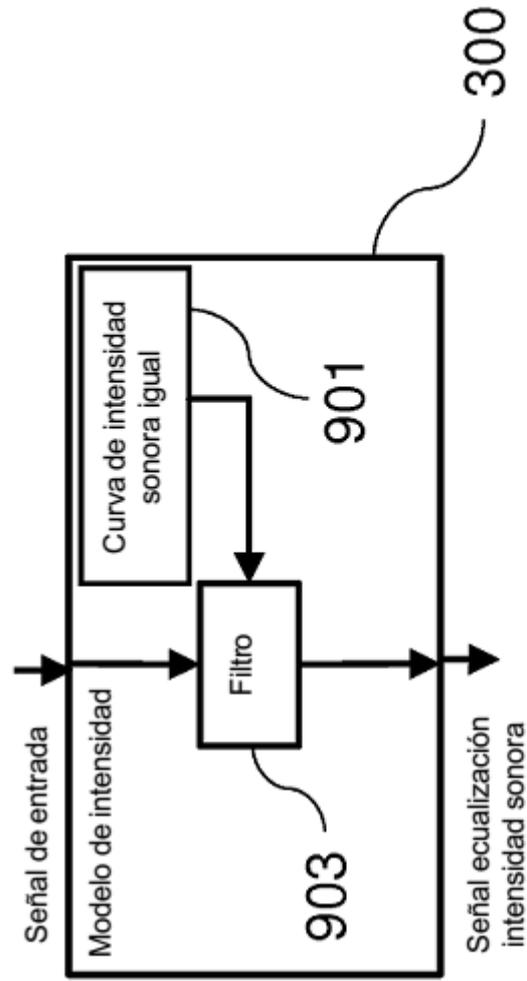


Fig. 16