



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 281 816**

51 Int. Cl.:
G10L 21/02 (2006.01)
H04R 3/00 (2006.01)
H04R 25/00 (2006.01)
H03G 5/16 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Número de solicitud europea: **04744486 .4**
86 Fecha de presentación : **05.07.2004**
87 Número de publicación de la solicitud: **1680781**
87 Fecha de publicación de la solicitud: **19.07.2006**

54 Título: **Sistema y método para procesamiento de señal de audio.**

30 Prioridad: **07.07.2003 EP 03102031**
19.01.2004 EP 04100148

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
01.10.2007

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
01.10.2007

73 Titular/es: **Koninklijke Philips Electronics N.V.**
Groenewoudseweg 1
5621 BA Eindhoven, NL

72 Inventor/es: **Tourwe, Bruno, K., R.**

74 Agente: **Zuazo Araluze, Alexander**

ES 2 281 816 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 y método para procesamiento de señal de audio.

5 Esta invención se refiere al campo de reproducción de sonido, y más en particular al campo de procesamiento de señales de audio digitales.

La invención se refiere a un sistema de reproducción de sonido que comprende una entrada de señal de audio digital, un procesador de señal de audio digital y una salida de señal de audio digital.

10 La invención también se refiere a un procesador de señal de audio para procesar una señal de audio entrante en una señal de salida de audio. En particular la invención se refiere a un programa o circuito procesador de señales digitales (DSP, *Digital Signal Processor*).

15 La invención también se refiere a un método para procesar una señal de audio digital.

Un sistema de reproducción de sonido, tal como por ejemplo un sistema telefónico con altavoces, incluye un transductor de salida, llamado a menudo un altavoz, y una entrada para una señal de audio. El altavoz produce ondas de presión sonora en respuesta a la señal de entrada de audio que es representativa de una onda de presión sonora deseada.

20 La inteligibilidad del sonido tal como lo percibe el oyente es muy importante, especialmente en entornos ruidosos. La forma más sencilla de aumentar la inteligibilidad es aumentar la media de SPL (Nivel de presión sonora, *Sound Pressure Level*), es decir, subiendo el volumen. Sin embargo, simplemente subir el volumen no siempre lleva a un sonido más inteligible. También, una salida demasiado alta puede llevar a una sobrecarga de un altavoz dando como resultado una disminución adicional de la inteligibilidad.

Se han hecho un número de intentos para aumentar la inteligibilidad del sonido.

30 La solicitud de patente estadounidense US 2002/0015503 propone por ejemplo aumentar la inteligibilidad limitando individualmente los factores de ganancia para diferentes bandas de frecuencia.

Los sistemas existentes y métodos son, sin embargo, o bien muy complicados, requiriendo cálculos complicados y por lo tanto conjuntos de circuitos complicados (*hard-ware*), o bien, en el caso de estar utilizándose un programa (*soft-ware*), un programa complejo o bien suministrar sólo una ventaja limitada.

A pesar de las referencias anteriormente mencionadas, continúa existiendo una necesidad en la técnica de sistemas y métodos mejorados que proporcionen inteligibilidad mejorada.

40 Es un objetivo de la presente invención proporcionar un sistema y método de reproducción de sonido con inteligibilidad mejorada.

Para este fin, el sistema de reproducción de sonido según la invención se caracteriza porque el sistema comprende un procesador de señal digital, comprendiendo el procesador de señal digital un filtro paso alto (HP, *High Pass*) con una frecuencia de paso de entre una primera frecuencia y una segunda frecuencia, preferiblemente de entre 300 Hz y 2 kHz, un amplificador (22) compresor para la compresión y amplificación de una señal, realizándose al menos la amplificación (ganancia) después del filtrado HP, y un recortador para recortar la señal filtrada por HP, señal comprimida y amplificada por encima de un nivel de recorte.

50 El sistema según la invención se basa en los siguientes fundamentos:

1. La señal entrante se amplifica para aumentar la intensidad de sonido, sin embargo

55 2. aumentar la señal entrante podría llevar a una señal superior a la señal digital máxima, en tales circunstancias la señal se recortaría digitalmente a menudo, llevando a una distorsión de la señal.

3. Las bajas frecuencias se extraen de la señal, lo que permite que el resto de la señal se amplifique con, de media, un factor de ganancia superior. Esto se realiza mediante el filtro HP, situado antes de la amplificación. Las frecuencias inferiores son, en lo que concierne a la inteligibilidad, de importancia relativamente baja. Las frecuencias inferiores comprenden la mayoría de la amplitud de la señal, por lo que extraer las frecuencias inferiores reduce fuertemente la amplitud de la señal, creando margen para la amplificación, es decir, una amplificación más fuerte para el resto de la señal. Una gran parte de la amplitud del habla especialmente, se comprime en las frecuencias inferiores por lo que atenuar frecuencias inferiores permite un aumento considerable en margen (es decir, la amplificación sin alcanzar un nivel de recorte).

65 4. Cortar simplemente las frecuencias inferiores y aumentar la salida aumentaría los sonidos fuertes tanto como los sonidos más apagados. Aunque esto lleva a una mejora en la inteligibilidad, esto no siempre da como resultado un aumento inmediatamente perceptible en la inteligibilidad, no especialmente cuando el intervalo de intensidad de

sonido, es decir, el intervalo de amplitud comprimida es grande. Para aumentar adicionalmente la inteligibilidad el dispositivo comprende un amplificador compresor para la amplificación y compresión de una señal. El intervalo de amplitud se comprime entonces (así como se amplifica). El recortador recorta la señal por encima de un nivel de recorte, el nivel de recorte se sitúa dentro del intervalo de amplitud comprimido, por el que se reduce la diferencia de intensidad de sonido media. Los sonidos más apagados sufren una amplificación más fuerte que los sonidos más fuertes (llevando a una compresión de la señal hacia dentro de un intervalo de amplitud comprimida) que aumenta la inteligibilidad, porque el sonido más apagado se vuelve más fácil de distinguir. Esto se realiza mediante el amplificador compresor. Puede implementarse cualquier forma funcional deseable que relaciona una amplitud de señal de entrada con amplitud de señal de salida como relación de compresión, es decir, con una tabla de consulta. Los sonidos más fuertes se recortan estableciendo el nivel de recorte dentro del intervalo de amplitud comprimido, aumentando adicionalmente la inteligibilidad. Esto se realiza mediante el recortador. La señal se recorta en una cierta amplitud (nivel de recorte) dentro del intervalo de amplitud comprimido cuyos límites, en particular el límite superior, pueden establecerse en el tiempo de inicialización. La acción de compresión puede al menos efectuarse en parte antes o después del filtrado HP, la amplificación como tal (es decir, el grueso de la ganancia) se realiza después del filtrado HP puesto que es la extracción de los componentes de frecuencia inferiores mediante el filtrado HP lo que permite la ganancia superior media del resto (es decir, el aumento en margen).

El concepto de recortador no debería entenderse como limitado a un recorte duro (es decir, todos los valores por encima de un valor C predeterminado se establecen igual a C), sino que también comprende recorte suave, en el que un subintervalo hasta el límite superior del intervalo de amplitud comprimida, aplica otra relación predeterminada de amplitud de señal de entrada con amplitud de señal de salida.

Preferiblemente el amplificador compresor no se dispone para amplificar una señal que tiene una intensidad de señal por debajo de un valor umbral.

Por debajo de un valor umbral (una cierta amplitud mínima) la señal se debe probablemente a ruido. No amplificar tales señales mejora la inteligibilidad, puesto que se reduce el ruido. Además la diferencia entre el silencio y el habla se puede distinguir mejor, lo que también aumenta la inteligibilidad. El umbral puede establecerse en el tiempo de inicialización.

Preferiblemente el procesador de sonido digital comprende un filtro paso bajo para filtrar la señal proporcionada por el amplificador compresor y para proporcionar una señal de salida, estando la frecuencia de paso del filtro paso bajo en el intervalo de 2 kHz a $F_s/2$, en el que F_s es la frecuencia de muestreo.

La acción de compresión, pero en particular la acción de recorte puede introducir armónicos superiores perturbadores, lo que reduce la naturalidad e inteligibilidad del sonido emitido. Además debido a la utilización del filtro paso alto, la señal ya comprende una proporción relativamente alta de tonos de alta frecuencia. El filtro paso bajo corta o al menos reduce los armónicos superiores producidos por el amplificador compresor llevando a un sonido más natural y aumentando la inteligibilidad.

El filtro paso alto es preferiblemente un filtro de primer orden o segundo orden, es decir, un filtro con una pendiente relativamente gradual. Es ventajoso extraer la mayoría de la energía de los componentes de baja frecuencia en la señal entrante para proporcionar margen para la amplificación. Sin embargo, un filtro con una pendiente que es relativamente pronunciada (siendo un filtro escalonado el ejemplo más extremo un filtro de este tipo) extrae tantos de los componentes de baja frecuencia que puede dar como resultado una voz que suena poco natural. Preferiblemente el dispositivo comprende un medio para permitir a un usuario cambiar el orden y/o la frecuencia de corte. Utilizando un filtro paso alto de 2º orden da como resultado una buena inteligibilidad del habla y/o intensidad de sonido de la señal, mientras que utilizar un filtro paso alto de 1º orden preservará el sonido más natural de la señal original.

Preferiblemente el sistema y/o programa comprende medios para la activación y/o establecimiento de la dependencia de frecuencia del filtro paso bajo y/o el filtro paso alto dependiendo de la amplificación media en la fase de amplificación del nivelado. La amplificación media es una medida para la ganancia media de la señal y por lo tanto del nivel de intensidad de sonido de la señal de sonido emitida. Es ventajoso cuando la frecuencia de corte del filtro paso alto aumenta con el aumento del nivel de intensidad de sonido medio de la señal emitida, y la frecuencia de corte del filtro paso bajo disminuye el aumento del nivel de intensidad de sonido.

A niveles de amplificación muy altos (tal como podría ocurrir cuando se utiliza el dispositivo en entornos fuertes, ruidosos) la acción de nivelado es relativamente grande, esta acción de nivelado relativamente grande introduce una distorsión de la señal relativamente grande, es decir los armónicos superiores poco naturales, no deseados de la señal comprenden mucha energía. Esto lleva a un sonido estridente. La estridencia del sonido a veces e incluso a menudo, tal como se han dado cuenta los inventores lleva a que el oyente conserve el altavoz, especialmente en teléfonos móviles, a alguna distancia del oído. Aparte del hecho de que mantener el altavoz a alguna distancia del oído en sí llevará a una reducción considerable de señal frente a ruido, puesto que la señal se reducirá y el sonido aumentará, el mero hecho de que el sonido en sí se perciba como estridente significa una reducción en la inteligibilidad del mensaje dado. Para mensajes vocales la estridencia de la voz a menudo es una parte integral del mensaje que la persona que habla desea dirigir al oyente, a veces incluso más importante que las palabras reales de los mensajes. Por tanto es importante para la inteligibilidad de los mensajes, visto en un concepto más amplio que simplemente si se entienden o no las palabras, que se consiga una transferencia de voz "natural" clara. A niveles de amplificación inferiores el efecto de "sonido estridente"

es mucho menos audible. Activar o establecer selectivamente la frecuencia de corte a una frecuencia relativamente baja del filtro paso bajo a niveles de amplificación altos reduce el “efecto de sonido estridente”, mientras que a niveles de amplificaciones bajos la necesidad de utilizar el filtro paso alto es menor, y no activar el filtro paso alto puede llevar realmente a un sonido más natural. En resumen, a niveles de amplificación altos y acción de nivelado fuerte una parte relativamente grande de la amplitud a altas frecuencias se debe a artefactos artificiales debido a la acción de nivelado y extraer (total o parcialmente) las frecuencias superiores extrae los artefactos llevando por tanto a un sonido más natural, a niveles de amplificación relativamente bajos y acción de nivelado relativamente moderada, considerablemente la mayoría de la amplitud de señal a altas frecuencias es de origen natural y mucho menos debido a artefactos artificiales, por lo que no utilizar el filtro paso bajo (o establecer la frecuencia de corte a una frecuencia relativamente alta) es entonces preferible. Seleccionando activar el filtro paso alto dependiendo de la amplificación, es posible una reproducción de sonido mejorada. En lugar de activar/desactivar el filtro paso bajo (es decir, una elección de encendido/apagado) la característica de filtro del filtro paso bajo puede hacer que la amplificación dependa de, por ejemplo, tener una frecuencia de corte de filtro de 2 kHz para amplificación alta (ruido de entorno fuerte) y $F_s/2$, o por ejemplo 4 kHz, para amplificación baja o sin ruido de entorno, o en otras palabras en el que la frecuencia de corte disminuya a medida que aumenta el nivel de intensidad de sonido.

Como alternativa el dispositivo puede tener medios para establecer manualmente las características de filtro del filtro paso bajo, por ejemplo un botón de mando (knob) que permite al usuario establecer la frecuencia de corte del filtro a 2, 3 y 4 kHz dependiendo de la (falta de) inteligibilidad, o preferencia personal. Un argumento similar se mantiene para el filtro paso alto, a niveles de amplificación bajos la necesidad de utilizar el filtro paso alto es menor que a niveles de amplificación altos, por lo que a niveles de amplificación bajos el filtro paso alto puede desactivarse o darse un nivel de frecuencia de corte bajo, mientras que a nivel de amplificación alto (alta intensidad de sonido) el filtro paso alto puede activarse o establecerse su frecuencia de corte a un valor relativamente alto, o en otras palabras en el que la frecuencia de corte del filtro paso alto aumenta a medida que aumenta el nivel de intensidad de sonido.

En una primera realización el sistema comprende el filtro paso alto seguido por un AGC seguido por un limitador/recortador preferiblemente seguido por el filtro paso bajo. Esta realización se prefiere en circunstancias en las que la intensidad de sonido de señal es de principal interés. Un limitador busca picos en la señal de audio y atenúa la porción de audio alrededor del pico si la atenuación es necesaria para limitar la cantidad de recorte, mientras que permite otras señales muy fuertes para el recorte.

En una segunda realización, el sistema comprende un nivelador de volumen automático precedido o preferiblemente seguido por el filtro paso alto, que proporciona una señal nivelada, seguido por una ganancia, y un recortador, seguido preferiblemente por el filtro paso bajo. Esta realización se prefiere cuando se prefiere bajo esfuerzo computacional.

El recorte (duro) es una operación sencilla en la que cualquier señal por encima de una intensidad de señal umbral se reduce a dicha intensidad de señal umbral, es decir se establece una intensidad de señal máxima. La ventaja de una realización de este tipo es que se utiliza un dispositivo sencillo, la desventaja es que la señal se distorsiona más profundamente, puesto que se pierden algunos detalles en la señal por encima de la señal umbral.

En las realizaciones preferidas el dispositivo comprende un dispositivo de medición, tal como un micrófono, para medir niveles de ruido de fondo. El dispositivo comprende un adaptador para adaptar uno o más de los parámetros dependiendo del nivel de ruido de fondo medido. Tales parámetros son por ejemplo la frecuencia de corte y el orden del filtro paso alto, la frecuencia de corte y el orden del filtro paso bajo, la ganancia, el nivel de recorte. Preferiblemente para uno o más de los parámetros la dependencia con el nivel de ruido medido es no lineal.

Dentro del concepto de la invención un “recortador”, “compresor”, “amplificador”, “filtro”, “conversor”, “comparador”, etc. se han de entender ampliamente y comprender por ejemplo cualquier pieza de hardware (tal como un recortador, compresor, amplificador, etc.), cualquier circuito o subcircuito diseñado para realizar una función de recorte, compresión, amplificación, etc. tal como se describió así como cualquier pieza de software (programa informático o subprograma o conjunto de programas informáticos, o código(s) de programa diseñado(s) o programado(s) para realizar una operación de recorte, compresión, filtrado, etc. según la invención así como cualquier combinación de piezas de hardware y software que actúan como tales, solas o en combinación, sin restringirse a las realizaciones a modo de ejemplo dadas posteriormente. Un programa puede combinar varias funciones.

La invención también se realiza en cualquier programa informático que comprende medios de código de programa para realizar un método según la invención cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador así como en cualquier producto de programa informático que comprende medios de código de programa almacenados en un medio legible por ordenador para realizar un método según la invención cuando dicho programa se ejecuta en un ordenador, así como cualquier producto de programa que comprende medios de código de programa para utilizar en un sistema telefónico según la invención, para realizar la acción específica para la invención.

Estos y aspectos adicionales de la invención se explicarán con mayor detalle por medio de ejemplo y con referencia a los dibujos adjuntos, en los que

la figura 1 es un diagrama esquemático de un sistema que incluye un altavoz, y un DSP.

ES 2 281 816 T3

La figura 2 muestra esquemáticamente un DSP según la invención.

La figura 3 muestra dos ejemplos de filtros paso alto que pueden utilizarse en la invención.

5 La figura 4 muestra la forma de onda de una señal del habla típica.

La figura 5 ilustra la forma de onda después de haberse filtrado mediante el filtro paso alto.

10 La figura 6 muestra el espectro de la forma de onda mostrada en las figuras 4 y 5.

La figura 7 ilustra un tipo de realizaciones de la invención.

15 La figura 8 representa el diagrama de bloques funcional de un AGC a modo de ejemplo tal como se muestra esquemáticamente en la figura 7.

La figura 9 ilustra un tipo diferente de realización.

20 La figura 10 ilustra con más detalle un elemento AVL a modo de ejemplo tal como se indica esquemáticamente en la figura 9.

La figura 11 ilustra el comportamiento de AVL del AVL de la figura 10.

La figura 12 muestra un ejemplo de una relación funcional de compresión.

25 La figura 13 ilustra una realización preferida en la que los parámetros se adaptan dependiendo de un nivel de ruido medido.

La figura 14 ilustra la dependencia de primer, segundo y tercer orden de un parámetro P en el nivel S de ruido.

30 La presente invención se describirá ahora más en detalle a continuación en el presente documento con referencia a los dibujos adjuntos, en los que se muestran las realizaciones preferidas de la presente invención. Esta invención puede, sin embargo, realizarse de muchas formas diferentes y no debería interpretarse como limitada a la realización presentada en el presente documento; además, estas realizaciones se proporcionan de manera que esta descripción será minuciosa y completa, y expresará en detalle el alcance de la invención a aquellos expertos en la técnica. Los números
35 similares se refieren a elementos similares en todo el documento.

La figura 1 ilustra esquemáticamente un sistema de reproducción de sonido. Tal sistema puede por ejemplo ser un radio teléfono celular con altavoz de manos libres para utilizarse en un automóvil. Cuando se implementa como un teléfono celular de manos libres, las señales del habla recibidas desde un extremo lejano, es decir, desde un grupo
40 distante, se transmiten desde una estación base celular (no mostrada), se reciben mediante el transceptor del teléfono celular (no mostrado), y se aplican a la entrada 1 para una señal de extremo lejano entrante como una forma W de onda de entrada. En este ejemplo se supone que el avance y retroceso de la transmisión entre el sistema, en este ejemplo un sistema telefónico, y el extremo lejano es de una forma digital. Si las señales originales están en forma analógica el sistema comprende un conversor A a D (analógico a digital) para generar una señal de extremo lejano digital que se
45 alimenta entonces en la entrada 1.

Tal como se muestra en la figura 1, la forma de onda se aplica en un formato digital a la entrada 1 de o se conecta a un DSP 2 (procesador de sonido digital, *Digital Sound Processor*), que está conectado o que comprende una salida
50 3 digital. La salida de señal digital se alimenta a y se convierte a un formato analógico mediante el conversor 4 D a A y se amplifica mediante el amplificador 5 para su utilización por el altavoz 6. Se emite una onda W1 de presión sonora representativa del habla del grupo distante mediante el altavoz 6. Por consiguiente, el usuario de radioteléfono oye ondas de presión sonora que son representativas del habla del grupo distante.

55 Sin embargo, el oyente no oye sólo el sonido generado por el altavoz, sino también otros sonidos, que pueden hacer el sonido generado por el altavoz difícil de entender, es decir, de baja inteligibilidad.

Subir el volumen parece una primera y obvia elección para aumentar la inteligibilidad. Sin embargo, el nivel de salida máximo del altavoz está a menudo limitado y simplemente subir el volumen lleva a menudo a más ruido, no necesariamente a una mejor inteligibilidad de la señal.

60 Para mejorar la inteligibilidad se toman un número de mediciones que actúan conjuntamente en el dispositivo y método según la invención.

La figura 2 ilustra muy esquemáticamente un DSP (procesador de señal digital) para su utilización en un dispositivo
65 según la invención. El DSP comprende un filtro 21 paso alto con una frecuencia de corte entre 300 Hz y 2 kHz, preferiblemente entre 500 y 1.500, más preferiblemente entre 800 y 1.200 Hz. El filtro paso alto extrae o reduce los componentes de frecuencia por debajo de la frecuencia f de corte.

La mayoría de la energía de la señal por lo tanto se ha extraído. Esto permite que la señal restante se amplifique mucho más (antes de encontrarse problemas con respecto a un recorte digital, es decir un valor superior al valor máximo). La amplificación se realiza mediante el amplificador compresor. Dentro del concepto de la invención un amplificador compresor es un amplificador que amplifica la señal pero también nivela el nivel de sonido medio, es decir, los sonidos que tienen una amplitud pequeña se amplifican más que el sonido que tiene un nivel de sonido alto, reduciendo por tanto el intervalo de amplitud de señal. Esto puede realizarse de varias maneras por ejemplo una disposición de recortador/limitador, un recortador/compresor o un AVL (nivelador de voltaje automático, *Automated Voltage Leveler*) seguido por una ganancia y un recortador. Puede utilizarse un número de diferentes técnicas, incluyendo utilizar tablas de consulta para realizar la amplificación y compresión. El intervalo de amplitud, en particular el límite superior del intervalo puede establecerse por el fabricante o modificarse por el usuario por ejemplo por medio de un regulador de intensidad de sonido (un botón de mando con el que el usuario puede establecer la intensidad de sonido). Posteriormente se darán diversos ejemplos. Comparado con una amplificación simple, lineal de la señal (es decir, para todos los niveles de sonido un factor de amplificación igual) la amplificación comprimida lleva a mejor inteligibilidad del sonido. Las palabras pueden distinguirse más fácilmente, y por tanto se mejora la inteligibilidad del sonido. También podría llevar, sin embargo, a una distorsión del sonido puesto que la amplificación no lineal del sonido introducía armónicos superiores (componentes de alta frecuencia a doble, triple, etc. frecuencia de la frecuencia original) lo que lleva a una estridencia aumentada del sonido. Esto se percibe por el oyente como ser desagradable, y de hecho, en un sentido importante, reduce la inteligibilidad, en un sentido más amplio, del mensaje vocal, puesto que la estridencia de las palabras habladas forma a menudo un aspecto importante del mensaje vocal. Este efecto está presente incluso sin recorte, el recorte en sí introduce también armónicos superiores. La inteligibilidad en un sentido más amplio no se refiere sólo a las palabras como tales, sino también al mensaje que el hablante desea expresar al oyente. La estridencia del sonido, especialmente a amplificación media superior, hace que todo el mundo suene enfadado, reduciendo por tanto fuertemente el refinamiento en emociones que el hablante desea expresar. La aplicación de un filtro paso bajo, tal como en una realización preferida del dispositivo, representada en la figura 2, después del amplificador compresor reduce la estridencia percibida de la voz, devolviendo al menos hasta cierto punto el contenido emocional original de las palabras habladas, es decir dando un sonido mucho más natural. Se observa que en la mayoría de lenguajes occidentales el tono de una palabra modifica el impacto emocional de la palabra, pero no el significado de la palabra en sí. Sin embargo, existen lenguajes en los que el tono de la palabra juega un papel mucho mayor, llevando a significados completamente diferentes para una y la misma "palabra" dependiendo del tono de la palabra. Cuando se utilizan tales lenguajes (que no pueden excluirse) el uso del filtro paso bajo se vuelve incluso más ventajoso. La invención es en particular ventajosa cuando se utiliza junto con o en sistemas de reconocimiento del habla automatizados, especialmente para lenguajes en los que el tono de la palabra hablada modifica el significado de las palabras. Lo que se trata anteriormente en relación a palabras habladas, es decir voz, se aplica igualmente cuando el sistema de reproducción de sonido se utiliza para reproducir música. También en la música la manera en que se percibe la música es por supuesto dependiente de si uno puede oír las notas, pero también la estridencia del sonido es muy importante. La invención por tanto, aunque de gran importancia a sistemas en los que los mensajes vocales se retransmiten tales como sistemas telefónicos, no se restringe a tales sistemas, los sistemas para reproducir música pueden beneficiarse igualmente de esta invención.

La acción de nivelado o compresión puede realizarse antes del filtrado HP de la señal entrante o después de que se haya filtrado por HP. La amplificación en sí (es decir, la ganancia) se realiza después del filtrado HP. El recorte se hace después de la ganancia o en conjunción. Cuando se hace uso de un filtro paso bajo este se coloca después del recortador.

La figura 3 da dos ejemplos de filtros paso alto que pueden utilizarse en un sistema según la invención.

El lado a mano izquierda de la figura ilustra un filtro de 1^{er} orden, el lado a mano derecha un filtro de segundo orden. El filtro paso alto mostrado tiene una frecuencia f de corte de aproximadamente 1 kHz. Se prefieren los filtros paso alto de primer o segundo orden (que tienen pendientes relativamente moderadas de 5 a 15 dB por octava). Extraer demasiado del componente de bajas frecuencias da como resultado una voz que suena muy poco natural (o música que suena extraña y poco natural). Por lo tanto el orden del filtro paso alto se limita preferiblemente a 2. Esto también reduce la potencia computacional requerida. Preferiblemente el usuario puede cambiar el filtro paso alto de 1^{er} a 2^o orden y viceversa, o el sistema comprende un mecanismo de conmutación automático dependiente de la señal entrante. Utilizar el 2^o orden da como resultado alta inteligibilidad del habla (en sentido estricto, es decir, sólo las palabras) y/o intensidad de sonido de señal, mientras que el filtro HP de 1^{er} orden preservará mejor el sonido natural de la señal original.

El filtro HP puede por ejemplo consistir en un bicuadrático cuya respuesta de magnitud de frecuencia se muestra en la figura 3 y cuyos coeficientes se listan en la Tabla 1, según el formato

$$H(z) = \frac{b_0 + b_1 z^{-1} + b_2 z^{-2}}{1 + a_1 z^{-1} + a_2 z^{-2}}$$

Tabla 1 - Coeficientes de filtro de los filtros HP representados en la figura 3.

	1 ^{er} orden	2 ^o orden
b_0	0.70710678118655	0.56903559372885
b_1	-0.70710678118655	-1.13807118745770
b_2	0.00000000000000	0.56903559372885
a_1	-0.41421356237310	-0.94280904158206
a_2	0.00000000000000	0.33333333333333

Los efectos de la aplicación de un filtro paso alto pueden verse en la figura 4, 5 y 6. La figura 4 muestra la forma de onda de una señal del habla típica, la figura 5 la forma de onda después de haberse filtrado mediante el filtro paso alto (procesado mediante un filtro paso alto IIR de primer orden, de frecuencia de corte a 1 kHz).

La figura 6 muestra el espectro de la forma de onda mostrada en las figuras 4 y 5, representándose la energía de señal de la forma de onda de la figura 4 en la curva superior, representándose la energía de señal de la forma de onda después del filtro paso alto en la curva inferior. Como puede verse desde la figura 6 la energía de señal de la forma de onda de la figura 4 se concentra principalmente en las frecuencias inferiores (por debajo de 1 kHz).

Estas frecuencias contribuyen principalmente al sonido específico de la voz, pero menos a la inteligibilidad del habla. Esta propiedad forma un aspecto de la invención.

Atenuando las frecuencias inferiores, la amplitud de señal disminuirá significativamente, tal como puede verse en la figura 6, creando margen para amplificar la señal restante que contiene relativamente más frecuencias que contribuyen a la inteligibilidad del habla, tal como queda claro a partir de la figura 6.

Cuando se comprime y amplifica después la señal del habla, incluso cuando se recorta, la inteligibilidad del habla será mejor que sin el uso del filtro HP por dos razones principalmente:

- la señal contiene relativamente más frecuencias que contribuyen a la inteligibilidad del habla
- las bajas frecuencias se recortan menos duramente, dando como resultado menos armónicos (debido al recorte) que perturban la inteligibilidad del habla.

Extraer demasiado de las bajas frecuencias, sin embargo, daría como resultado una voz que suena muy poco natural. Por lo tanto, el filtro HP es preferiblemente sólo de primer orden por ejemplo un filtro Butterworth (IIR de primer orden). Este tiene la ventaja de poco consumo de potencia computacional.

La figura 7 ilustra un detalle en un sistema según una realización de la invención.

El DSP comprende un filtro HP (por ejemplo uno tal como se ilustra en la figura 3, en este ejemplo por ejemplo un filtro Butterworth de 1^{er} o 2^o orden con valor de frecuencia de corte de por ejemplo 1 kHz), seguido por un AGC, seguido por un limitador/recortador, seguido por un filtro paso bajo (LP, *Low Pass*).

En este ejemplo todos los flujos de audio serán monofónicos. La frecuencia de tasa de muestreo puede ser por ejemplo una de las siguientes: 8 kHz, 11,025 kHz, 16 kHz, 22,05 kHz, 32 kHz, 44,1 kHz o 48 kHz.

En este ejemplo el AGC (control de ganancia automático, *Automatic Gain Control*) actúa basado en bloques, lo que significa que el factor de ganancia sólo cambia por bloque. De esta manera la potencia computacional se conserva a un mínimo.

La figura 8 representa el diagrama de bloques funcional del AGC. La ganancia se computa de tal manera que el RMS del bloque de salida AGC es aproximadamente igual al RMS del bloque de entrada AGC. Por lo tanto, la relación del RMS de entrada sobre el RMS de salida (este es el valor objetivo) se compara con la ganancia real, y esta ganancia se ajusta hacia el valor objetivo. Las variaciones de ganancia deben suavizarse para evitar demasiada distorsión de señal debido a las discontinuidades de la forma de onda local en los bordes del bloque.

ES 2 281 816 T3

El limitador/cortador incrementa el nivel de intensidad de sonido mientras conserva la distorsión de la señal dentro de las fronteras, preferiblemente tan bajo como sea posible.

En este ejemplo, el limitador/recortador es una ganancia basada en muestras. En técnicas de compresión comunes la ganancia depende del margen de la señal disponible.

El limitador/recortador puede utilizar un denominado factor de cresta para calcular la ganancia permitida. De hecho, el factor de cresta es la relación del valor de pico y el valor RMS en proceso de las señales. En el limitador/cortador, las señales con un factor de cresta alto, por ejemplo los batidos de una batería, se recortan sin una distorsión audible severa. Haciendo esto, la ganancia puede permanecer a un nivel superior, reduciendo el “efecto de bombeo” de los compresores comunes.

La ganancia se calcula como sigue en esta realización a modo de ejemplo:

En primer lugar, se computa el valor RMS (valor eficaz, *Root Mean Square*) en proceso. Este valor RMS es una media suavizada basada en la “historia” reciente de la forma de onda de la señal. Entonces, el valor de pico se calcula utilizando un tiempo de anticipación con el fin de anticipar los valores de pico de las señales de próxima aparición.

Con el RMS y el valor de pico, se computa el factor de cresta. Se utiliza un denominado factor “de disminución de pico” para especificar cómo de duramente el algoritmo puede recortar las señales de pico (los valores altos producirán más recorte). Después, la ganancia se computa y se compara con la ganancia permitida máxima, que puede establecerse por el usuario, y se elige el valor mínimo de los dos. Aunque no se muestra en el presente documento, el establecimiento de la ganancia permitida máxima puede ser una entrada para el filtro paso alto, en el que la frecuencia de corte es una función (o más en general una o más características del filtro, que aparte del valor de la frecuencia de corte, podrían incluir también o alternativamente, por ejemplo, conmutación desde un primer orden a un segundo orden) del establecimiento de la ganancia permitida máxima.

El filtro paso bajo LP filtra las altas frecuencias con un sonido más natural como consecuencia. Aunque no se muestra en el presente documento el establecimiento de la ganancia permitida máxima puede ser una entrada para el filtro paso alto, en el que la frecuencia de corte es una función (o más en general una o más características del filtro, que aparte del valor de la frecuencia de corte, podrían incluir también o alternativamente, por ejemplo, conmutación desde un primer orden a un segundo orden) del establecimiento de la ganancia permitida máxima.

Las figuras 7 y 8 ilustran un tipo de las realizaciones de la invención, las figuras 9 y 10 están dirigidas a un tipo diferente de realizaciones.

Básicamente estas realizaciones comprenden 4, preferiblemente 5 elementos o etapas:

1. un AVL (nivelador de volumen automático, *Automatic Volume Leveler*): el AVL es un bloque de procesamiento dependiente de señal, que conserva el volumen de la señal entrante a un nivel aproximadamente constante.

2. un filtro HP (paso alto) de primer orden: este filtro extrae una parte de las frecuencias inferiores, creando margen para la amplificación

3. una ganancia: que aumenta el SPL (nivel de presión sonora, *Sound Pressure Level*) de la señal

4. un recortador, preferiblemente un recortador duro cuando se prefiere un dispositivo sencillo: la señal se recorta a una cierta amplitud, para garantizar un funcionamiento lineal del amplificador analógico (después de la conversión (D/A). En lugar de un recortador duro, que simplemente recorta la señal por encima del nivel de recorte, también puede utilizarse un recortador suave, que recorta la señal por encima de un nivel de recorte pero también atenúa la señal a nivel cercano al nivel de recorte. Utilizar un recortador suave restaura hasta cierto grado el comportamiento dinámico de la señal, incrementando la inteligibilidad.

5. (preferido) un filtro LP (paso bajo,) de primer orden: el filtro restaura o al menos mejora el equilibrio entre frecuencias de medio alcance y las altas frecuencias es poco natural, y la señal suena bastante estridente; este filtro hace el sonido procesado más agradable de escuchar.

En este ejemplo, la entrada es una entrada del habla, pero se observa que la entrada puede ser cualquier señal de sonido.

La figura 10 ilustra con más detalle el elemento AVL.

La figura 10 muestra el diagrama de bloques del AVL. La división de la amplitud de salida máxima (llamada “Referencia de Recorte Lineal”) por el valor absoluto de la amplitud máxima de la señal a través de todo el bloque de entrada produce la ganancia que puede aplicarse al bloque sin ningún recorte (llamada “ganancia instantánea”). El parámetro “ActualizarGanancia” es normalmente una milésima. Por tanto, la señal después de la suma aumenta en cada bloque con una cantidad que depende de la “ganancia instantánea”. Haciendo esto, la ganancia de AVL aumentará más rápido para valores superiores de la “ganancia instantánea”.

ES 2 281 816 T3

Ya que la ganancia final aplicada a la señal de entrada (“ganancia de AVL”) no debería ser superior a la (“ganancia instantánea”) se toma el mínimo de ambos (“Min”). El bloque mínimo también garantiza que la ganancia de AVL disminuya inmediatamente cuando la amplitud de la señal entrante aumenta. Para impedir eso, se amplifican demasiado las partes silenciosas de la señal de entrada, la señal después del bloque mínimo se limita (normalmente 12 dB).
 5 Obsérvese que, ya que la amplitud de salida máxima no es necesariamente igual al nivel lineal que representa 0 dB, la ganancia de AVL puede ser inferior a 1.

Por último, si la amplitud de la señal de entrada es inferior a un cierto valor, por ejemplo el umbral mínimo de ruido de la señal, no se aplicará ninguna ganancia. Esto es una funcionalidad secundaria, en realizaciones preferidas,
 10 que también pueden utilizarse como una funcionalidad en otros tipos de amplificadores compresores para impedir que las señales de entrada pequeñas se amplifiquen, por tanto el ruido no se amplifica, lo que incrementa la inteligibilidad del sonido.

Ejemplo numérico:

- la tasa de muestra es 8 kHz
- la longitud del bloque es de 80 muestras
- la longitud de la palabra es 16 bits
- la amplitud de salida máxima es 32.768 (0 dB)
- la señal de entrada es sinusoidal con amplitud de 32.768 (0 dB), frecuencia ≥ 100 Hz (al menos un periodo seno por bloque)
- la ganancia de AVL actual es 1 (0 dB)
- ActualizarGanancia = 0,001
- la ganancia de AVL (“valor anterior”) se limita a 12 dB

Ahora, la amplitud de la señal de entrada disminuye 40 dB (factor 100 en una escala lineal). La tabla inferior muestra cómo las diferentes señales dentro del AVL cambian con el tiempo.

Bloque de entrada	Tiempo (ms)	Amplitud de entrada	Ganancia instantánea	Suma	Valor anterior	Ganancia de AVL
-_2	-_20	32.768,00	1		1	1,00
-_1	-_10	32.768,00	1	1,00	1,00	1,00
0	0	327,68	100	1,10	1,10	1,10
1	10	327,68	100	1,20	1,20	1,20
2	20	327,68	100	1,30	1,30	1,30
3	30	327,68	100	1,40	1,40	1,40
4	40	327,68	100	1,51	1,51	1,51
...	...	...	...	...	...	...
25	250	327,68	100	3,66	3,66	3,66

ES 2 281 816 T3

26	260	327,68	100	3,76	3,76	3,76
27	270	327,68	100	3,87	3,87	3,87
28	280	327,68	100	3,97	3,97	3,97
29	290	327,68	100	4,07	4,00	4,00
30	300	327,68	100	4,10	4,00	4,00

El comportamiento de AVL también se muestra en la figura 11.

El gráfico izquierdo muestra el cambio de etapa de la amplitud de las tres señales de entrada. El gráfico derecho muestra que la ganancia de AVL aumenta más rápidamente para cambios grandes en amplitud. Esta es una realización preferida que mejora además la inteligibilidad.

La figura 12 muestra un ejemplo de una función de compresión. Hasta un cierto valor la señal se deja sin tratar (multiplicada por uno) y por encima de ese valor la amplitud de la señal que entra es menor que la amplitud de la señal que sale, es decir la señal está comprimida. Una forma funcional que sólo aplica compresión en las regiones superiores tal como en la figura 12 puede utilizarse por el recortador, mientras que una forma funcional que proporciona una estrategia de compresión sobre una región más grande (por ejemplo, todo el intervalo de la señal de entrada) puede utilizarse por el amplificador de compresión.

La invención puede utilizarse en diversos dispositivos. La invención es en particular útil para teléfonos móviles de manos libres. Sin embargo, es aplicable para todos los sistemas de reproducción de sonido, especialmente aquellos que funcionan sobre un dispositivo con suministro de voltaje limitado y/o altavoces pequeños. Una lista de posibles aplicaciones:

- aparatos telefónicos (teléfono móvil, DECT, etc.);
- dispositivos portátiles, por ejemplo, un reproductor DVD portátil
- PDA
- Kits para automóviles
- Televisores; ordenadores;
- Terminales web;
- Contestadores automáticos;

Por ejemplo, en los ejemplos dados hasta ahora, todos o la mayoría de los datos y establecimientos para los diversos elementos están fijados. Sin embargo, dentro de las realizaciones preferidas de la invención los establecimientos de los diversos elementos se hacen adaptativos a una medición del ruido ambiental. La figura 13 ilustra un ejemplo de este tipo. Utilizando un dispositivo 130 de medición para medir ruido de fondo, tal como por ejemplo un micrófono aparte, y un adaptador 131, se adaptan los establecimientos para uno o más elementos (AVL (ganancia), filtro HP (frecuencia de corte), ganancia (ganancia G), recortador duro (nivel de recorte), filtro LP (frecuencia de corte)).

Las diferentes adaptaciones están etiquetadas desde la 132 a la 136.

La medición de ruido puede dar un dato único que expresa el ruido S total o puede dar un coeficiente de ruido para diferentes bandas de ruido S_{f1} , S_{f2} , S_{f3} , etc. Si se miden los coeficientes de ruido para diferentes bandas de ruido puede calcularse una media o el ruido total, por ejemplo $S_{av} = \Sigma S_{fi}$, o ponderarse según una escala dB(A), por ejemplo $S_{av} = \Sigma w_i S_{fi}$ donde w_i son coeficientes de ponderación de la escala dB(A). El nivel de ruido se mide mediante una medición de amplitud.

Las diferentes adaptaciones se tratarán por medio de ejemplos.

132: Adaptaciones de los establecimientos AVL

En el AVL la ganancia de AVL se limita (véase la figura 10, límite de ganancia AVL), y por debajo de un cierto nivel no se aplica amplificación (véase la figura 10, caja por debajo de la que se indica no amplificación, que determina el conmutador del umbral mínimo de ruido. Dependiendo del ruido S medido el conmutador del umbral mínimo de ruido aumenta y aumenta el límite a la ganancia de AVL.

ES 2 281 816 T3

133: Adaptaciones al filtro HP

La frecuencia de corte se adapta el ruido medido. Cuanto más alto es el nivel de ruido más grande es la frecuencia de corte. Para realizaciones adaptativas la frecuencia de corte puede estar comprendida ventajosamente en un intervalo más amplio que para realizaciones no adaptativas. Mientras que para las realizaciones no adaptativas la frecuencia de corte está comprendida ventajosamente entre 300 Hz y 2 kHz, para realizaciones adaptativas la frecuencia de corte está comprendida ventajosamente entre 50 Hz (para situaciones en las que no existe ruido sustancialmente) hasta normalmente 2 kHz para situaciones de alto nivel de ruido.

En modo de procesamiento adaptable, la frecuencia de corte del filtro se adapta por tanto según la cantidad de ruido ambiental, y está comprendida normalmente desde un valor muy bajo, por ejemplo 50 Hz (sin ruido ambiental) y 2 kHz (sonido ambiental fuerte). Las frecuencias inferiores se extraen en entornos ruidosos fuertes para crear más margen para amplificar la señal posteriormente. Se recomienda un máximo de 2 kHz para evitar la extracción de frecuencias que contribuyen a la inteligibilidad del habla. Los coeficientes del filtro se calculan en tiempo de ejecución.

La relación entre la frecuencia de corte con el nivel de ruido se establece preferiblemente tal como sigue: $f_{\text{corte}} = f_0 + \Delta f$ (S) en que f_0 es el límite de ruido bajo (por ejemplo 50, 100 ó 300 Hz) y Δf es una función superior a la lineal (proporcional a S^i en que i es mayor a 1) del nivel de ruido.

En una realización más compleja no sólo la frecuencia de corte puede ser dependiente del nivel de ruido medido sino también de la forma de la función del filtro, por ejemplo si la función del filtro es una función de filtro primer o segundo orden.

134: Adaptaciones para la ganancia G

La ganancia G aumenta a medida que aumenta el nivel de ruido. Sin embargo, la ganancia preferiblemente no aumenta linealmente con el nivel de ruido sino como sigue: $G(S) = G_0 + cS^i$ en que i es mayor que 1, por ejemplo 2 ó 3, y c es una constante en que c puede ser cero por debajo de un valor umbral de S. Una relación simple es por ejemplo $G(S) = G_0 + cS^2$, es decir la ganancia no depende linealmente del ruido, pero permanece en o cercana al valor nominal para aumentar rápidamente a niveles de ruido alto.

El aumento en ganancia tiene un efecto positivo, pero también negativo. Aumentando la ganancia no linealmente tal como una función no lineal de ruido puede obtenerse un mejor equilibrio entre los efectos positivos y negativos.

El valor de la ganancia se adapta por ejemplo a la cantidad de ruido ambiental (en modo de procesamiento adaptable) estando comprendido desde 0 dB a +18 dB.

135: Adaptaciones para el recortador

La acción de recorte aumenta a medida que aumenta el nivel de ruido. Esto es preferiblemente una función no lineal del ruido. El nivel máximo por encima del que se recorta la señal puede reducirse 12 dB para niveles de ruido altos. Por ejemplo sin ruido el nivel de recorte digital puede ser 0 dB, mientras que a niveles de ruido altos el recorte se establece en -12 dB.

136: Adaptaciones para el filtro paso bajo

En ausencia de ruido la frecuencia de corte se establece en el límite alto por ejemplo $F_s/2$. Para ruido máximo la frecuencia de corte se establece al límite inferior, por ejemplo 2 kHz.

En modo de procesamiento adaptativo, la frecuencia de corte del filtro se actualiza según la cantidad de ruido ambiental, y está comprendido por ejemplo desde 3,900 kHz (sin ruido ambiental) a 2 kHz (ruido ambiental fuerte) para aplicaciones del habla de banda estrecha (la tasa de muestra es 8 kHz). Los coeficientes del filtro se calculan en tiempo de ejecución.

Preferiblemente la relación funcional entre el nivel de ruido medido y la frecuencia de corte es $f_{\text{corteLP}} = f_{\text{0LP}} - \Delta f_{\text{LP}}$ en que Δf_{LP} es una función no lineal del nivel de ruido medido, por ejemplo proporcional a la cuadratura del nivel de ruido.

En estas realizaciones el algoritmo utilizado se diseña para hacerse funcionar de manera adaptativa, manejado por la cantidad de ruido ambiental (cercano al extremo). Esto da como resultado una propiedad de dispositivo agradable para el usuario que permite al usuario del dispositivo utilizar su dispositivo (por ejemplo un GSM) en condiciones variables que se preocupan del ruido ambiental, sin la necesidad de cualquier interacción adicional para controlar el nivel de volumen del GSM.

Cuando se utiliza en modo de procesamiento adaptativo, los parámetros de los bloques de procesamiento se adaptan para muestras entrantes según el ruido ambiental. El algoritmo adapta los parámetros según el ruido ambiental. La cantidad de ruido puede medirse mediante un micrófono aparte o estimarse utilizando el micrófono del dispositivo (GSM) (para una aplicación de micrófono único).

El principal enfoque de la invención es y mantiene la inteligibilidad del habla. Se da mayor prioridad a esto que a la naturalidad y calidez de la voz. Cuando el ruido ambiental disminuye en volumen (funcionando en modo de procesamiento adaptativo) los parámetros se adaptan preferiblemente muy rápidamente de manera que la naturalidad y calidez de la señal entrante se restauran.

En el modo adaptativo la cantidad de ruido ambiental modifica los parámetros de bloques de procesamiento diferentes. El ruido puede estar comprendido extendiéndose desde “sin ruido ambiental” a “ruido ambiental fuerte”.

El término “sin ruido ambiental” no significa completo silencio, sino ruidos regulares tales como el ruido de un ventilador, música de fondo, etc. En un entorno típico, el ruido de fondo está normalmente alrededor de 50 dB(A). El término “ruido ambiental fuerte” se refiere al ruido de un tren o ferrocarril subterráneo que pasa, ruido dentro de un salón de baile, etc. Estos ruidos pueden medir hasta 100 dB(A).

El ruido puede medirse midiendo información de amplitud espectral del ruido ambiental y calculando un valor único que representa la cantidad de ruido. Uno o más, preferiblemente la mayoría, más preferiblemente todos los parámetros de los elementos diferentes (AVL, filtro HP, ganancia, recortador, filtro LP) se adaptan según este único valor, mediante interpolación entre sus valores máximo y mínimo.

Tal como se explicó anteriormente esta interpolación no es necesariamente lineal. Los ensayos que utilizan interpolación lineal mostraron que para ruidos ambientales “medios”, el efecto del algoritmo era demasiado grande.

Utilizando una superior, por ejemplo una interpolación de segundo o tercer orden, el efecto es menor comparado con interpolación lineal para el mismo ruido ambiental. Para ruidos ambientales altos, la cantidad de efecto es igual.

La figura 14 ilustra el comportamiento adaptativo de un parámetro (por ejemplo la ganancia G , una frecuencia de corte, nivel de recorte). El parámetro P varía en este ejemplo entre un valor P_{bajo} límite inferior, en este ejemplo 2, a un valor P_{alto} límite alto, en este ejemplo 7, como una función del nivel de ruido medido, en este ejemplo la amplitud S de ruido media. Las diferentes curvas etiquetadas 1, 2 y 3 dan dependencia de primer (lineal), segundo (cuadrática) y tercer orden del parámetro del nivel de ruido medido. Cuando mayor es el orden más pronunciado es el efecto adaptativo a niveles de ruido altos.

En resumen, la invención puede describirse según sigue:

Un sistema de reproducción de sonido comprende una entrada (1) de señal de audio digital, un procesador (2, DSP) de señal de audio digital y una salida (1) de señal de audio digital en el que el procesador (2, DSP) de señal de audio digital comprende un filtro (21) paso alto con una frecuencia (f) de paso de entre 300 Hz y 2 kHz, un amplificador (22) compresor para la compresión y amplificación de una señal hacia dentro de un intervalo de amplitud de señal y un recortador para recortar la señal por encima de un nivel de recorte, y preferiblemente un filtro (23) paso bajo para filtrar la señal proporcionada por el amplificador compresor y para proporcionar una señal de salida, estando la frecuencia (f) de paso del filtro paso bajo en el intervalo de 2 kHz a $F_s/2$ en el que F_s es la frecuencia de muestreo. $F_s/2$ puede ser por ejemplo 4 kHz.

Muchas variaciones adicionales son posibles dentro del alcance de la invención tal como se define en las reivindicaciones.

REIVINDICACIONES

1. Sistema de reproducción de sonido que comprende una entrada (1) de señal de audio digital, un procesador (2, DSP) de señal de audio digital y una salida (1) de señal de audio digital en el que el procesador (2, DSP) de señal digital comprende un filtro (21) paso alto (HP) con una frecuencia (f) de paso de entre una primera y una segunda frecuencia, un amplificador (22) compresor para la compresión y amplificación de una señal, realizándose al menos la amplificación después el filtrado HP, y un recortador para recortar la señal filtrada HP, comprimida y amplificada por encima de un nivel de recorte.
2. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que la frecuencia (f) de paso es una frecuencia entre 300 Hz y 2 kHz.
3. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que el filtro paso alto es un filtro de primer orden o segundo orden.
4. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que el dispositivo comprende un dispositivo (130) de medición para medir ruido de fondo y un adaptador 131 para adaptar uno o más parámetros (f, orden) para el filtro paso alto (HP).
5. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 4, en el que la frecuencia de paso es adaptable entre 50 y 2 kHz.
6. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que el amplificador compresor se dispone para no amplificar una señal que tiene una intensidad de señal por debajo de un valor umbral.
7. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que el dispositivo comprende un dispositivo 130 de medición para medir ruido de fondo y un adaptador 131 para adaptar uno o más parámetros para el amplificador (22) compresor.
8. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que el procesador de audio digital comprende un filtro (23) paso bajo para filtrar la señal proporcionada por el amplificador compresor y para proporcionar una señal de salida, estando la frecuencia (f') de paso del filtro paso bajo en el intervalo de 2 kHz a $F_s/2$ en que F_s es la frecuencia de muestreo.
9. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 8, en el que el dispositivo comprende un dispositivo 130 de medición para medir ruido de fondo y un adaptador 131 para adaptar uno o más parámetros (f'') para el filtro paso bajo.
10. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 9, en el que el sistema comprende medios para la activación y/o establecimiento de la dependencia de la frecuencia del filtro paso bajo dependiendo de la amplificación en el amplificador compresor.
11. Sistema de reproducción de sonido según cualquiera de las reivindicaciones 4, 7 ó 9, en el que el uno o más de los dichos parámetros es una función no lineal del nivel de ruido medido.
12. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que el sistema comprende el filtro paso alto seguido por un AGC seguido por un limitador/recortador.
13. Sistema de reproducción de sonido según la reivindicación 1, en el que el sistema comprende un nivelador de volumen automático precedido, o preferiblemente, seguido por un filtro paso alto, que proporciona una señal nivelada, seguido por una ganancia y un recortador.
14. Método para procesar señales de sonido digitales, método en el que el componente de frecuencia de la señal de sonido inferior a una frecuencia (f) de corte entre una primera y una segunda frecuencia se atenúa, las señales de sonido se amplifican y comprimen hacia dentro de un ancho de banda de la señal y se recortan por encima de un nivel de recorte dentro del ancho de banda de la señal.
15. Método según la reivindicación 14, en el que la frecuencia de corte está entre 300 Hz y 2 kHz.
16. Método según la reivindicación 14, en el que se mide un nivel de ruido y la frecuencia (f) de corte se determina dependiendo del nivel (S) de ruido medido.
17. Método según la reivindicación 16, en el que la frecuencia de corte se determina mediante una función no lineal del nivel (S) de ruido.
18. Método según la reivindicación 16, en el que la frecuencia de corte está comprendida entre 50 Hz y 2 kHz.

ES 2 281 816 T3

19. Método según la reivindicación 14, en el que después de la compresión y el recorte, los componentes de frecuencia de la señal digital resultante se atenúan por debajo de una frecuencia f de corte entre 2 y 4 kHz.

5 20. Método según la reivindicación 19, en el que se mide un nivel de ruido y la frecuencia (f'') de corte se determina dependiendo del nivel (S) de ruido medido.

21. Método según la reivindicación 20, en el que la frecuencia (f'') de corte se determina mediante una función no lineal del nivel (S) de ruido.

10 22. Método según la reivindicación 14, en el que la activación y/o establecimiento de la dependencia de la frecuencia del filtro paso bajo se realiza dependiendo de la amplificación en la etapa de amplificación del nivelado.

15 23. Programa informático que comprende medios de código de programa para realizar un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22 cuando se ejecuta dicho programa en un ordenador.

24. Producto de programa informático que comprende medios de código de programa almacenados en un medio legible informático para realizar un método según cualquiera de las reivindicaciones 14 a 22.

20

25

30

35

40

45

50

55

60

65

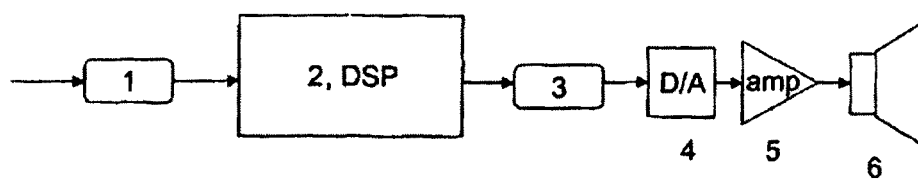


FIG. 1

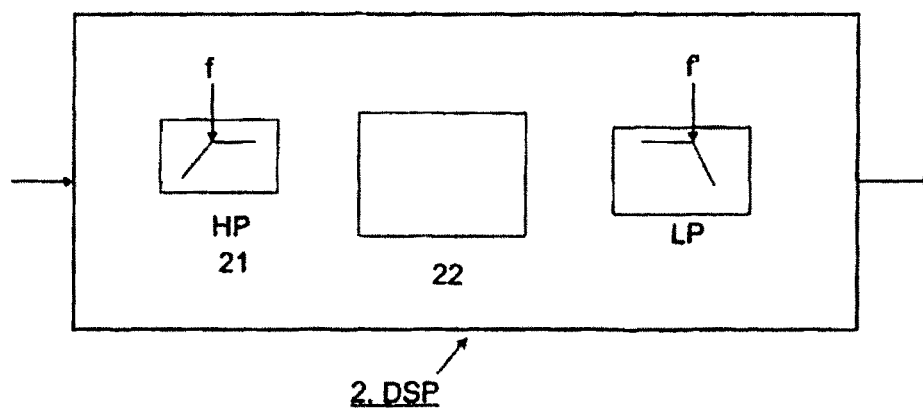


FIG. 2

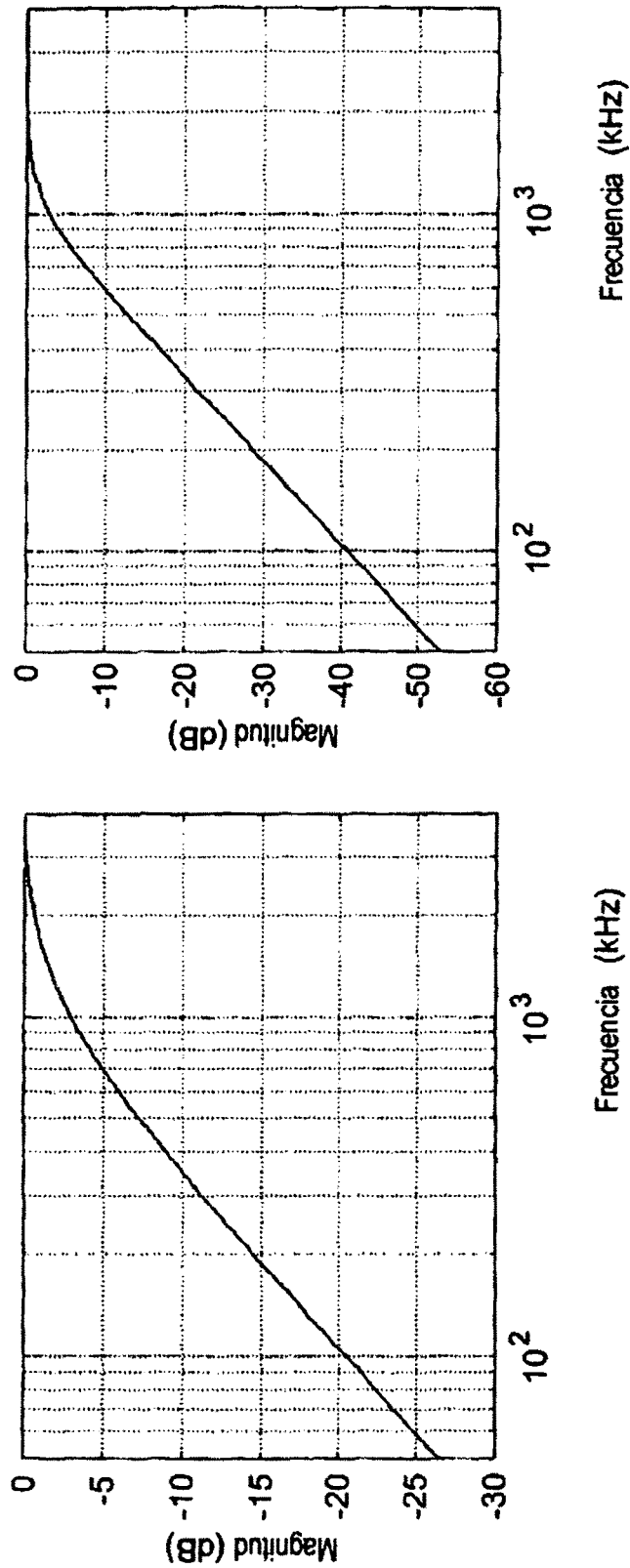
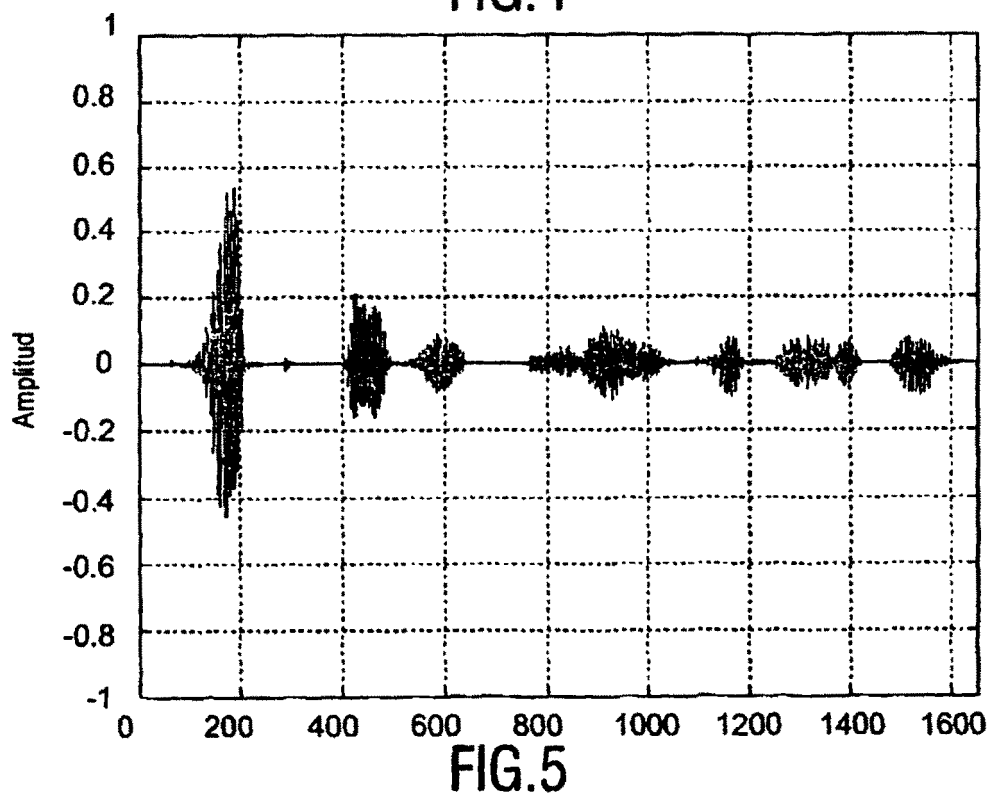
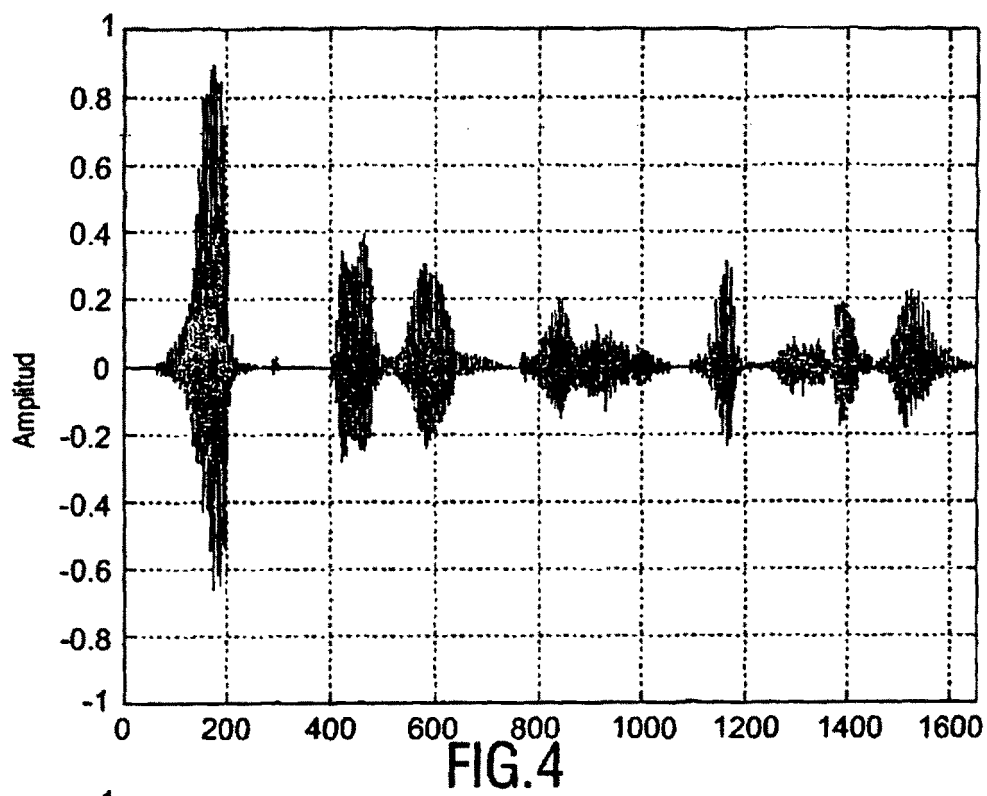


FIG.3



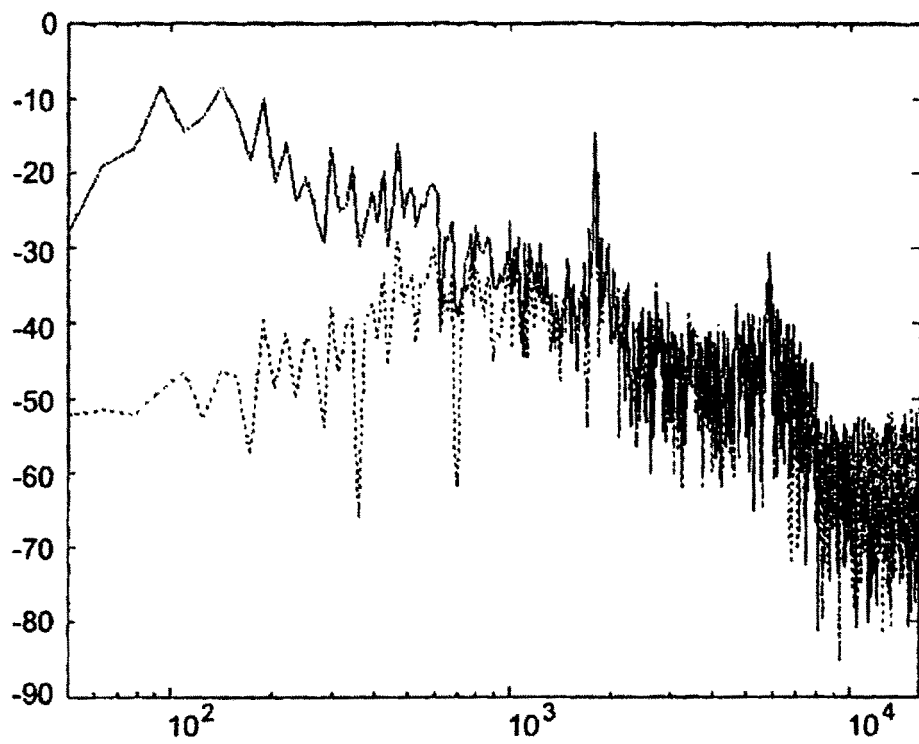


FIG.6

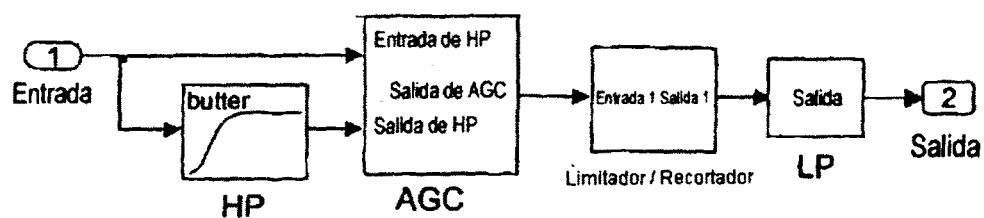


FIG.7

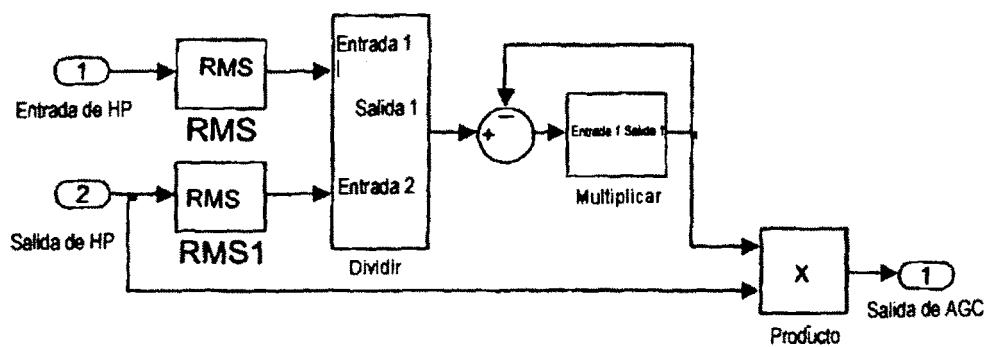


FIG.8

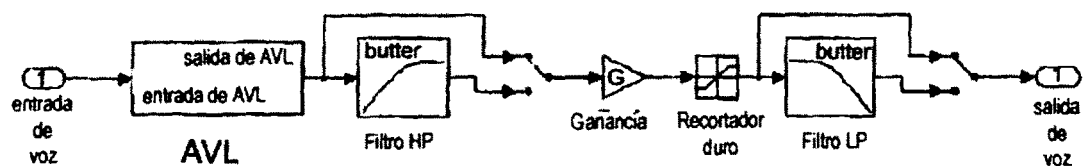


FIG.9

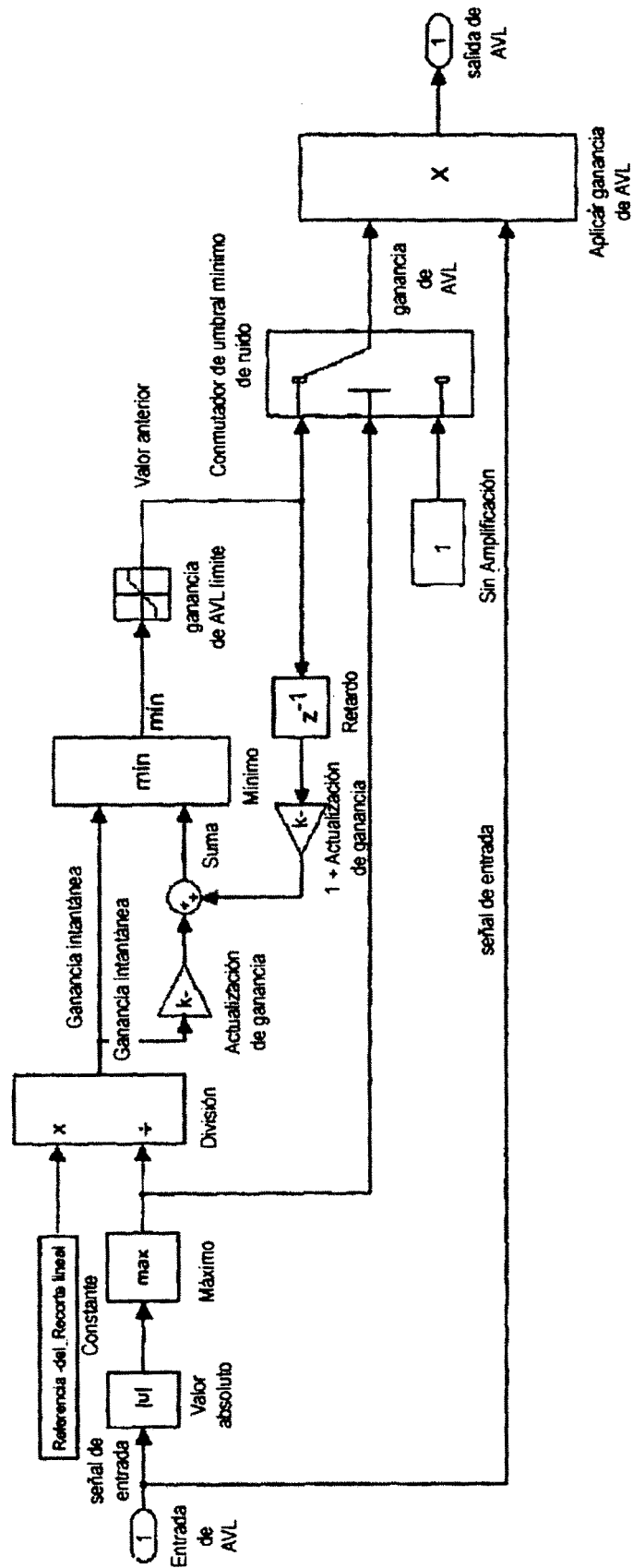


FIG. 10

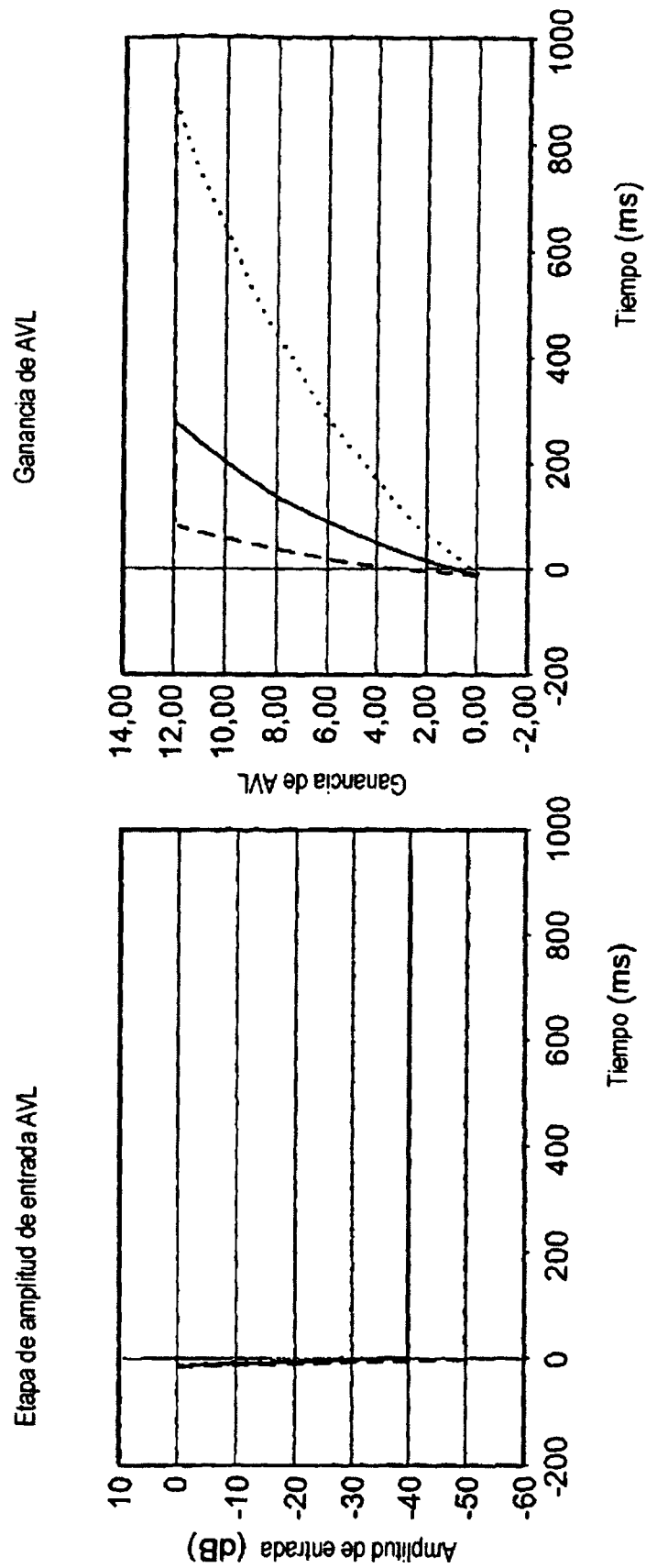


FIG.11

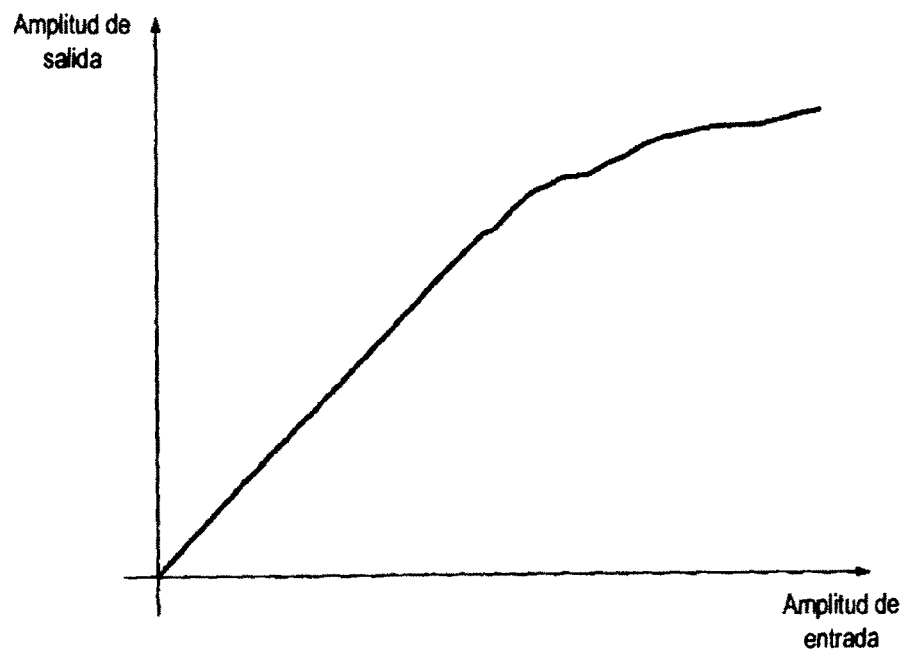


FIG.12

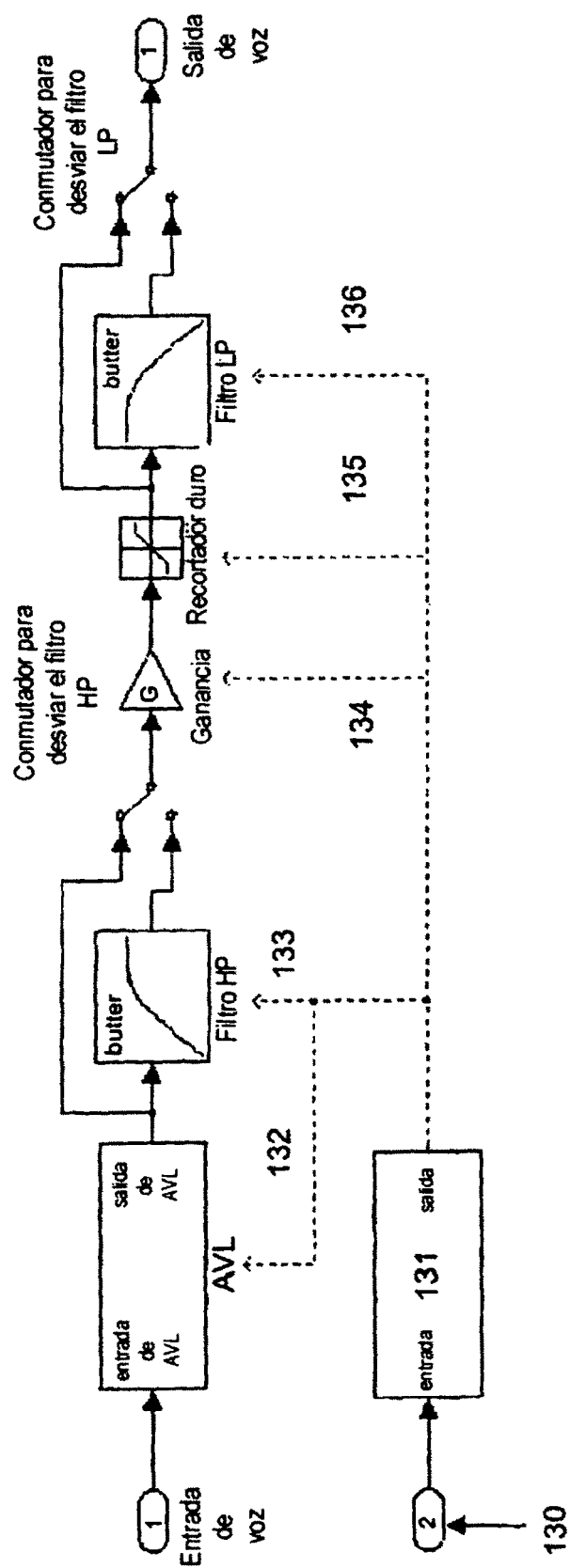


FIG.13

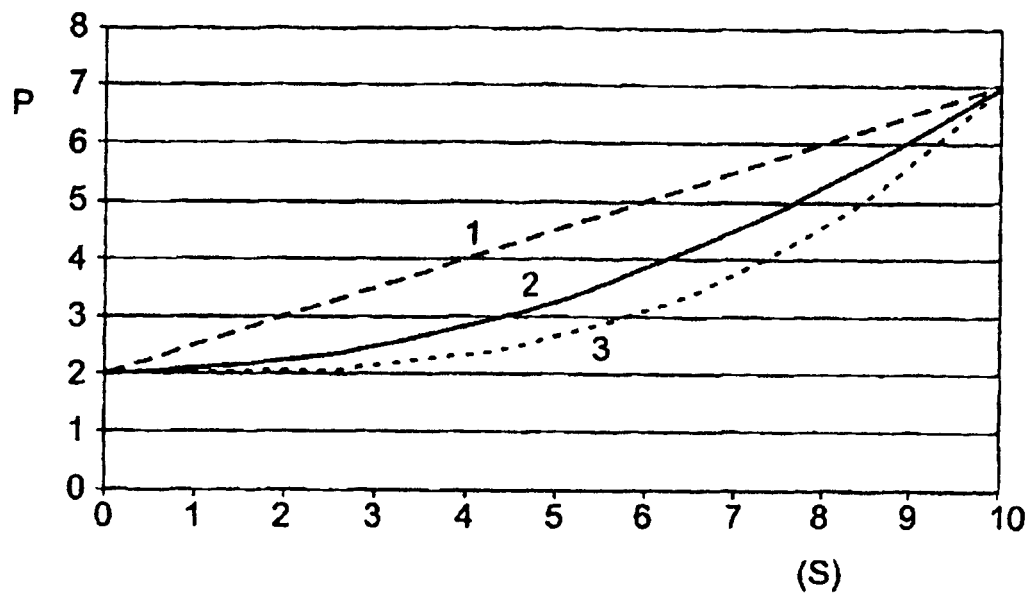


FIG.14