



19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

11 Número de publicación: **2 320 712**

51 Int. Cl.:
H04B 15/00 (2006.01)
H04R 27/00 (2006.01)
H04R 3/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **97934306 .8**
96 Fecha de presentación : **25.07.1997**
97 Número de publicación de la solicitud: **0976208**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **02.02.2000**

54 Título: **Eliminación de retroalimentación acústica utilizando un algoritmo de filtro de ranura adaptativo.**

30 Prioridad: **26.07.1996 US 687682**

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
27.05.2009

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
27.05.2009

73 Titular/es: **Shure Acquisition Holdings, Inc.**
5800 Touhy Avenue
Niles, Illinois 60714, US

72 Inventor/es: **Porayath, Rajiv y**
Mapes-Riordan, Daniel, J.

74 Agente: **Curell Suñol, Marcelino**

ES 2 320 712 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

Eliminación de retroalimentación acústica utilizando un algoritmo de filtro de ranura adaptativo.

5 Antecedentes de la invención

La presente invención se refiere a las técnicas para reducir la retroalimentación acústica, y más particularmente se refiere a las técnicas en las que se emplea un algoritmo de filtro de ranura digital.

10 Descripción de la técnica relacionada

En el pasado, los filtros de ranura digitales se han utilizado para tratar de reducir la retroalimentación acústica en los sistemas de amplificación de sonido, incluidos los sistemas de megafonía. Por ejemplo, en la patente US nº 4.091.236 (Chen, publicada el 23 de mayo de 1978), se describe un filtro de ranura analógico de señales de audio para suprimir la retroalimentación acústica. El aparato recibe una señal de audio que es sustancialmente no periódica en ausencia de retroalimentación acústica y sustancialmente periódica con una frecuencia dominante instantánea en presencia de dicha retroalimentación. Un contador de cuenta adelante y cuenta atrás supervisa y compara la duración de los períodos consecutivos para determinar si la señal de audio de entrada es sustancialmente periódica y para determinar la frecuencia instantánea dominante de la señal de audio. Una vez que se ha detectado una señal de audio que es sustancialmente periódica, el filtro de ranura se sintoniza con la frecuencia instantánea dominante para suprimir la retroalimentación acústica.

La patente US nº 4.232.192 (Beex, publicada el 4 de noviembre de 1980) describe un integrador/detector (figura 9) que determina cuándo una señal de audio sobrepasa un umbral de número de ciclos seleccionado. Si se ha sobrepasado el umbral de número de ciclos seleccionado, un circuito de muestreo toma una muestra de un voltaje correspondiente a la frecuencia que ha sobrepasado el umbral. Un convertidor de voltaje-frecuencia utiliza el voltaje de muestra para ajustar la ranura de un filtro de ranura implementado en hardware.

La patente US nº 5.245.665 (Lewis *et al.*, publicada el 14 de septiembre de 1993) describe un dispositivo para suprimir la retroalimentación, en el que se aplica la transformada rápida de Fourier a las muestras de señales digitalizadas para generar los correspondientes espectros de frecuencias. Para tratar de detectar las frecuencias resonantes de retroalimentación, se analizan las magnitudes del espectro a diversas frecuencias para hallar una o más frecuencias de pico que superen en 33 decibelios a los armónicos o subarmónicos de la frecuencia. Se necesitan dos procesadores. Un procesador primario recopila periódicamente una serie de las señales digitales que se transmiten y aplica una transformada rápida de Fourier a cada una de las series de señales digitales recopiladas. El procesador primario examina los espectros de frecuencias generados por la transformada rápida de Fourier para determinar la presencia de frecuencias resonantes de retroalimentación. El procesador primario transmite señales de control del filtro, junto con las señales de sonido digitales, a un procesador secundario que realiza un algoritmo de filtrado digital de acuerdo con las señales de control del filtro para atenuar las frecuencias resonantes de retroalimentación del flujo de señales digitales.

40 Sumario de la invención

La presente invención puede utilizarse para incrementar la ganancia acústica eficaz frente a la retroalimentación acústica en los sistemas de megafonía, los audífonos, los sistemas de teleconferencia, las interfaces de comunicación “manos libres” y similares. La presente invención utiliza técnicas no relacionadas con los filtros de ranura empleados en la técnica anterior conocida, incluidas las patentes mencionadas anteriormente. En consecuencia, la presente invención proporciona un procedimiento y un aparato para reducir la retroalimentación acústica no deseada en un espacio que comprende un micrófono para generar señales de audio y un altavoz para transducir dichas señales de audio en ondas sonoras, tal como se indica en las reivindicaciones.

Mediante las técnicas anteriores, la retroalimentación acústica puede reducirse con un grado de eficacia y precisión previamente inalcanzable. Eliminando la necesidad de determinar la frecuencia a la que se detecta retroalimentación, la técnica puede llevarse a cabo mediante un único microprocesador de coste reducido. Además, es posible localizar la retroalimentación con un alto grado de precisión, reduciéndose de este modo la profundidad del filtro necesaria para asegurar la estabilidad del sistema e incrementándose la calidad resultante del sonido generado por el conjunto del sistema.

Breve descripción de los dibujos

60 Éstas y otras ventajas y características de la presente invención resultarán evidentes tras la consulta de la siguiente descripción detallada y los correspondientes dibujos adjuntos, en los que se utilizan números similares para identificar partes similares, y en los que:

la figura 1 es un diagrama de flujo que ilustra una forma preferida de componentes para utilizar en conexión con la presente invención;

las figuras 2 y 3 son unos diagramas de flujo que ilustran una forma preferida de algoritmo ejecutado por el procesador de señales digitales representado en la figura 1, y

ES 2 320 712 T3

la figura 4 es un diagrama de flujo que ilustra una forma preferida de algoritmo de filtro de ranura digital realizado por el procesador representado en la figura 1.

Descripción de las formas de realización preferidas

5 Haciendo referencia a la Figura 1, una forma preferida de la presente invención comprende un micrófono convencional 100 que genera señales de audio que se someten a muestreo cada 21 microsegundos mediante un convertidor analógico-digital convencional 102. Un procesador de señales digitales convencional 104 recibe las señales digitales generadas por el convertidor 102 y las procesa de acuerdo con los algoritmos descritos haciendo referencia a las figuras 2 a 4. El procesador 104 proporciona las señales digitales resultantes de los algoritmos a un convertidor digital-analógico convencional 106 que proporciona señales de audio a un amplificador convencional 108 que controla un altavoz 110. Todos los componentes ilustrados en la figura 1 están contenidos dentro de un espacio 112 que puede ser una habitación, el canal auditivo donde se coloca el audífono o espacios similares.

15 Haciendo referencia a la figura 2, el procesador 104 recibe una nueva muestra digital de entrada desde el convertidor 102 cada 21 microsegundos, tal como se representa en la etapa S10. En la etapa S12, el procesador lleva a cabo una función de control automático de ganancia, mediante un detector digital de picos de ataque rápido y decaimiento lento. El detector de picos crea una señal de control que mantiene el valor de las señales del convertidor 102 normalizado con el nivel de recorte digital. Esta característica proporciona una señal máxima no distorsionada para realizar el procesamiento mediante un algoritmo de filtro adaptativo, aun en presencia de señales de retroalimentación débiles.

25 En la etapa S14, se aplica un algoritmo de filtro de ranura adaptativo a los valores de muestra de entrada resultantes del control automático de ganancia de la etapa S12 (es decir, los valores $x(n)$). La figura 4 ilustra el algoritmo de filtro de ranura adaptativo expresado en la notación convencional para filtros. El algoritmo comprende unos términos de suma A10 a A17, unos términos de multiplicación M10 a M17 y unos retardos de un ciclo de reloj representados por los términos D10 a D13. Durante cada ciclo de reloj, se calcula un nuevo valor de k_0 y éste se sustituye en los términos de multiplicación M14 a M15. El valor de k_1 se establece en 1. En la figura 4, $a_0 = k_0$, $a_1 = \infty(k_1)$, por lo tanto $a_1 = \infty$.

30 El algoritmo de filtro de ranura adapta el parámetro k_0 hasta que se detecta la presencia de retroalimentación, en caso de haberla. El valor de k se calcula de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$k = \frac{-C(n+1)}{D(n+1)}$$

35 a partir de la cual se calcula $k_0(n)$, siendo

$$k_0(n) = 0,5k_0(n-1) + 0,5k, \quad C(n+1) = \lambda C(n) + A(n+1)B(n+1),$$

40
$$D(n+1) = \lambda D(n) + A(n+1)A(n+1),$$

$$A(n+1) = 2 * s_0(n),$$

$$B(n+1) = s_0(n+1) + s_0(n-1), \text{ y}$$

45
$$s_0(n+1) = x(n+1) - k_0(n)(1+\infty) s_0(n) - \infty s_0(n-1), \text{ y}$$

siendo ∞ un parámetro cuyo valor está comprendido preferentemente entre 0,99 y 0,999 y corresponde al ancho de banda del ángulo de fase del filtro de ranura que está comprendido preferentemente entre 0,0375 y 0,075 grados.

50 En la etapa S14, el valor de k_0 converge en un primer valor, con el cual los valores resultantes del algoritmo de filtro de ranura descrito en la figura 4 representan un valor cuadrático medio mínimo con respecto a un intervalo de tiempo. El intervalo de tiempo viene determinado por el valor de λ que se establece en un valor inferior a uno, tal como 0,9. Dicho de otro modo, el valor del parámetro k_0 converge en un primer valor de ranura, con el cual el valor de s_2^2 se reduce al mínimo durante un período de tiempo determinado por el valor de λ , que preferentemente está comprendido entre 0,9 y 0,05.

El algoritmo ilustrado en la figura 4 da por resultado un valor s_2 al final de la etapa S14.

60 En la etapa S16, se utiliza el valor s_2 para generar unos primeros valores de resto, restando los valores de s_2 de los valores de entrada $x(n)$. En la etapa S18, se calcula un primer valor resultante, calculando el valor absoluto de los primeros valores de resto y calculando el valor medio de éstos a lo largo del tiempo. El valor medio se obtiene calculando el promedio de las señales de valor absoluto mediante la ecuación siguiente:

65
$$z(n) = \text{beta} * y(n) + (1 - \text{beta}) * y(n-1) + (1 - \text{beta})^2 * y(n-2) + \dots + (1 - \text{beta})^{10} * y(n-10) + \dots$$

en la que el término beta determina la razón del cálculo del valor medio, es decir, la muestra más reciente se multiplica por el valor de beta y el valor medio obtenido previamente se multiplica por un término (1-beta). Este concepto

ES 2 320 712 T3

equivale a multiplicar los valores anteriores de y por un término más pequeño. Se eligen valores de β que tengan una eficacia óptima, y se determina el valor medio que adoptará z para una señal de entrada determinada.

5 En la etapa S20, el valor de k_0 para el algoritmo ilustrado en la figura 4 se establece en la relación $-2k_0^2+1$, en la que el valor de k_0 es el valor obtenido en la etapa S14. Si k_0 es representado por $-\cos x$, entonces el nuevo segundo valor de k_0 es igual a $\cos 2x$. Con el segundo nuevo valor de k , el algoritmo ilustrado en la figura 4 se vuelve a ejecutar y el valor de salida resultante s_2 se resta de la entrada $x(n)$ en la etapa S22 para crear unos segundos valores de resto. En la etapa S24, se calcula un segundo valor resultante, calculando el valor absoluto de los segundos valores de resto y calculando el valor medio de éstos a lo largo del tiempo en la etapa S18.

10 Haciendo referencia a la figura 3, en la etapa S26, se calcula la razón entre los primeros y los segundos valores resultantes obtenidos en las etapas S18 y S24. Si en la etapa S28 la razón sobrepasa los 30 decibelios, en la etapa S32 se incrementa un contador de software. Si la razón no sobrepasa los 30 decibelios, el contador se pone a cero en la etapa S30. En las etapas S34 y S36, el algoritmo determina si el contador de software sobrepasa un recuento umbral predeterminado. El recuento corresponde a un período de tiempo que preferentemente está comprendido dentro del intervalo de 50 a 100 milisegundos. Si se ha sobrepasado el recuento, entonces el valor de la ranura k_0 del algoritmo de filtro representado en la figura 4 se establece en el mismo valor obtenido en la etapa S14. En la etapa S38, el algoritmo de filtro representado en la figura 4 se ejecuta con el valor de k_0 obtenido en la etapa S14. La etapa S38 da por resultado una reducción sustancial en la magnitud de la señal de retroalimentación detectada en las etapas S10 a S34. La etapa S38 se ejecuta tantas veces como sea necesario con diferentes valores de k_0 correspondientes a la retroalimentación detectada en las etapas S10 a S34 con diferentes valores de k_0 .

20 Las señales digitales de salida resultantes de la etapa S38 se envían al convertidor digital-analógico 106 (figura 1). En la etapa S40, el algoritmo espera a la siguiente muestra y vuelve, por medio de la trayectoria P10, a la etapa S10 (figura 2) para ejecutar otro ciclo del algoritmo.

30

35

40

45

50

55

60

65

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para reducir la retroalimentación acústica no deseada en un espacio que comprende un micrófono (100) para generar señales de audio y un altavoz (110) para transducir dichas señales de audio en ondas sonoras, comprendiendo dicho procedimiento la combinación de las etapas siguientes:

convertir (102) dichas señales de audio en correspondientes señales digitales de entrada;

procesar (104) dichas señales de entrada mediante un algoritmo;

generar unas señales digitales de salida ejecutando dicho algoritmo;

convertir (106) dichas señales digitales de salida en correspondientes señales analógicas de salida; y

transmitir dichas señales analógicas de salida a dicho altavoz (110);

caracterizado porque dicho algoritmo define un filtro digital adaptativo con una ranura ajustable a una pluralidad de valores de ranura; y

comprendiendo además el procedimiento las etapas siguientes:

detectar dicha retroalimentación comparando los valores resultantes de dicho procesamiento con dicha ranura ajustada a diferentes valores de dichos valores de ranura, generándose dichas señales digitales de salida ejecutando dicho algoritmo con dicha ranura ajustada a uno de dichos valores de ranura utilizados durante dicha etapa de detección;

ajustar dichos valores de ranura hasta que dicho procesamiento da por resultado un valor calculado predeterminado obtenido con un primer valor de dichos valores de ranura;

establecer dicha ranura en un segundo valor de ranura que presenta una relación predeterminada con dicho primer valor de ranura;

ejecutar dicho algoritmo con dicha ranura establecida en dicho segundo valor de ranura;

generar un primer valor de dichos valores resultantes como respuesta a dicho procesamiento con dicho primer valor de ranura;

generar un segundo valor de dichos valores resultantes como respuesta a dicho procesamiento con dicho segundo valor de ranura;

comparar dichos primer y segundo valores resultantes; y

establecer dicha ranura en dicho primer valor de ranura en caso de que dicho primer y dicho segundo valores resultantes presenten una razón predeterminada a lo largo de un período de tiempo predeterminado (por ejemplo, un período de más de 50 milisegundos).

2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que dicha ranura comprende un primer grupo de ángulos.

3. Procedimiento, según la reivindicación 1 ó 2, en el que dicho valor de ranura define un ángulo de fase de dicha ranura y en el que dicha relación predeterminada es de tal forma que el ángulo de fase que define dicho segundo valor de ranura es un entero múltiplo de dicho ángulo de fase que define dicho primer valor de ranura.

4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que dicho valor calculado corresponde a un valor mínimo y opcionalmente es un valor cuadrático medio mínimo con respecto a un intervalo de tiempo resultante de dicha etapa de procesamiento.

5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que dicha etapa de generación de un primer valor de dichos valores resultantes comprende las etapas siguientes:

generar unos primeros valores de resto restando los valores de dichas señales digitales de entrada de los valores de las señales resultantes de dicha etapa de procesamiento con dicho primer valor de ranura,

generar unas primeras señales de valor absoluto calculando el valor absoluto de dichos primeros valores de resto; y

calcular el valor medio de dichas primeras señales de valor absoluto,

ES 2 320 712 T3

en el que dicha etapa de generación de un segundo valor de dichos valores resultantes comprende las etapas siguientes:

5 generar unos segundos valores de resto restando los valores de dichas señales digitales de entrada de los valores de las señales resultantes de dicha etapa de procesamiento con dicho segundo valor de ranura,

generar unas segundas señales de valor absoluto calculando el valor absoluto de dichos segundos valores de resto; y

10 calcular el valor medio de dichas segundas señales de valor absoluto.

6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, en el que dichas etapas de procesamiento, de-
tección y generación se realizan mediante un único microprocesador, y dichas etapas comprenden la generación de
15 coeficientes de filtro de ranura directamente a partir de la retroalimentación detectada sin tener que identificar la frecuencia de la retroalimentación.

7. Aparato para reducir la retroalimentación acústica no deseada en un espacio que comprende un micrófono
(100) para generar señales de audio y un altavoz (110) para transducir dichas señales de audio en ondas sonoras,
comprendiendo dicho aparato una combinación de los siguientes medios:

20 unos medios (102) para convertir dichas señales de audio en correspondientes señales digitales de entrada;

medios (104), que opcionalmente están constituidos por un único microprocesador, para procesar dichas señales
de entrada mediante un algoritmo y para generar señales digitales de salida ejecutando dicho algoritmo;

25 medios (106) para convertir dichas señales digitales de salida en correspondientes señales analógicas de salida,

unos medios para transmitir dichas señales analógicas de salida a dicho altavoz (110);

30 **caracterizado** porque dicho algoritmo define un filtro digital adaptativo con una ranura ajustable a una pluralidad de valores de ranura, y comprendiendo además el aparato:

35 unos medios para detectar dicha retroalimentación comparando los valores resultantes de dicho procesamiento con dicha ranura ajustada a diferentes valores de dichos valores de ranura, y generándose dichas señales digi-
tales de salida como resultado de la ejecución de dicho algoritmo con dicha ranura ajustada a uno de dichos
valores de ranura utilizados durante dicha detección; y

40 unos medios para ajustar dichos valores de ranura hasta que dicho procesamiento da por resultado un valor cal-
culado predeterminado obtenido con un primer valor de dichos valores de ranura, para establecer dicha ranura
en un segundo valor de ranura que presenta una relación predeterminada con dicho primer valor de ranura, para
realizar dicho algoritmo con dicha ranura establecida en dicho segundo valor de ranura, para generar un primer
valor de dichos valores resultantes como respuesta a dicho procesamiento con dicho primer valor de ranura,
para generar un segundo valor de dichos valores resultantes como respuesta a dicho procesamiento con dicho
segundo valor de ranura, para comparar dichos primer y segundo valores resultantes y para establecer dicha ra-
nura en dichos primer valor de ranura en caso de que dicho primer y segundo valores resultantes presenten una
45 razón predeterminada (por ejemplo, 30 decibelios o más) a lo largo de un período de tiempo predeterminado
(por ejemplo, más de 50 milisegundos).

8. Aparato según la reivindicación 7, en el que dicho valor de ranura define el ángulo de fase de dicha ranura y en
el que dicha relación predeterminada es de tal forma que el ángulo de fase que define dicho segundo valor de ranura es
50 un entero múltiplo de dicho ángulo de fase que define dicho primer valor de ranura, o en el que dicha relación predeter-
minada entre dicho primer valor de ranura y dicho segundo valor de ranura es igual a $\cos x$ y $\cos 2x$, respectivamente.

9. Aparato según la reivindicación 7 u 8, en el que dichos medios de procesamiento comprenden unos medios para
generar unos primeros valores de resto restando los valores de dichas señales digitales de entrada de los valores de
55 las señales resultantes de dicha etapa de procesamiento con dicho primer valor de ranura, para generar unas primeras
señales de valor absoluto calculando el valor absoluto de dichos primeros valores restados, para calcular el valor
medio de dichas primeras señales de valor absoluto, para generar unos segundos valores de resto restando los valores
de dichas señales digitales de entrada de los valores de las señales resultantes de dicha etapa de procesamiento con
dicho segundo valor de ranura, para generar unas segundas señales de valor absoluto calculando el valor absoluto de
60 dichos segundos valores restados y para calcular el valor medio de dichas segundas señales de valor absoluto.

10. Aparato según la reivindicación 7 u 8, en el que dichos medios de procesamiento, de detección y de gene-
ración comprenden unos medios para generar coeficientes de filtro de ranura directamente a partir del detector de
retroalimentación, sin tener que identificar la frecuencia de retroalimentación.

65 11. Aparato según cualquiera de las reivindicaciones 7 a 10, en el que dicho valor calculado corresponde a un valor
mínimo o es un valor cuadrático medio mínimo con respecto a un intervalo de tiempo resultante de dicha etapa de
procesamiento.

Fig. 1

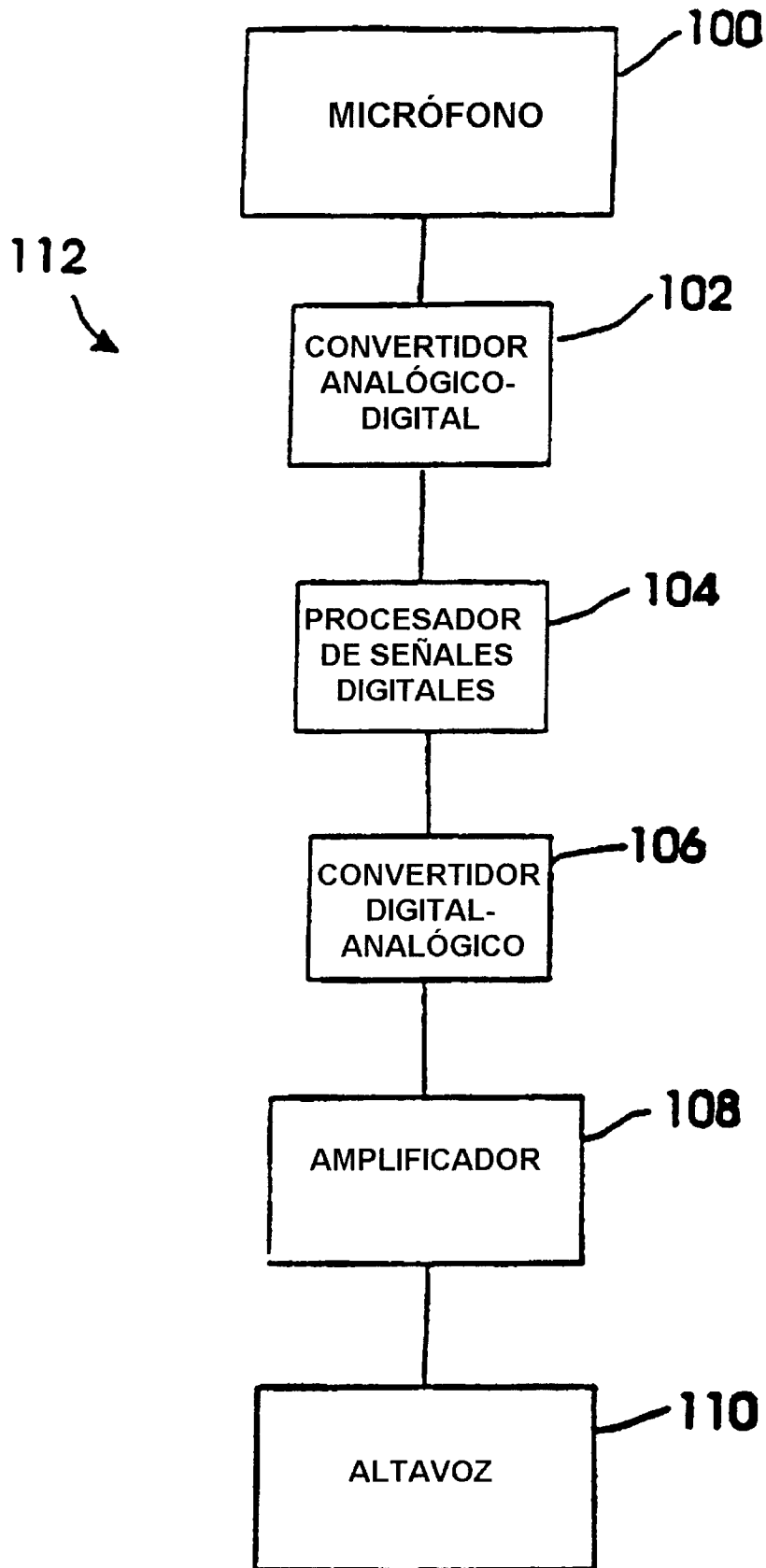


Fig. 2

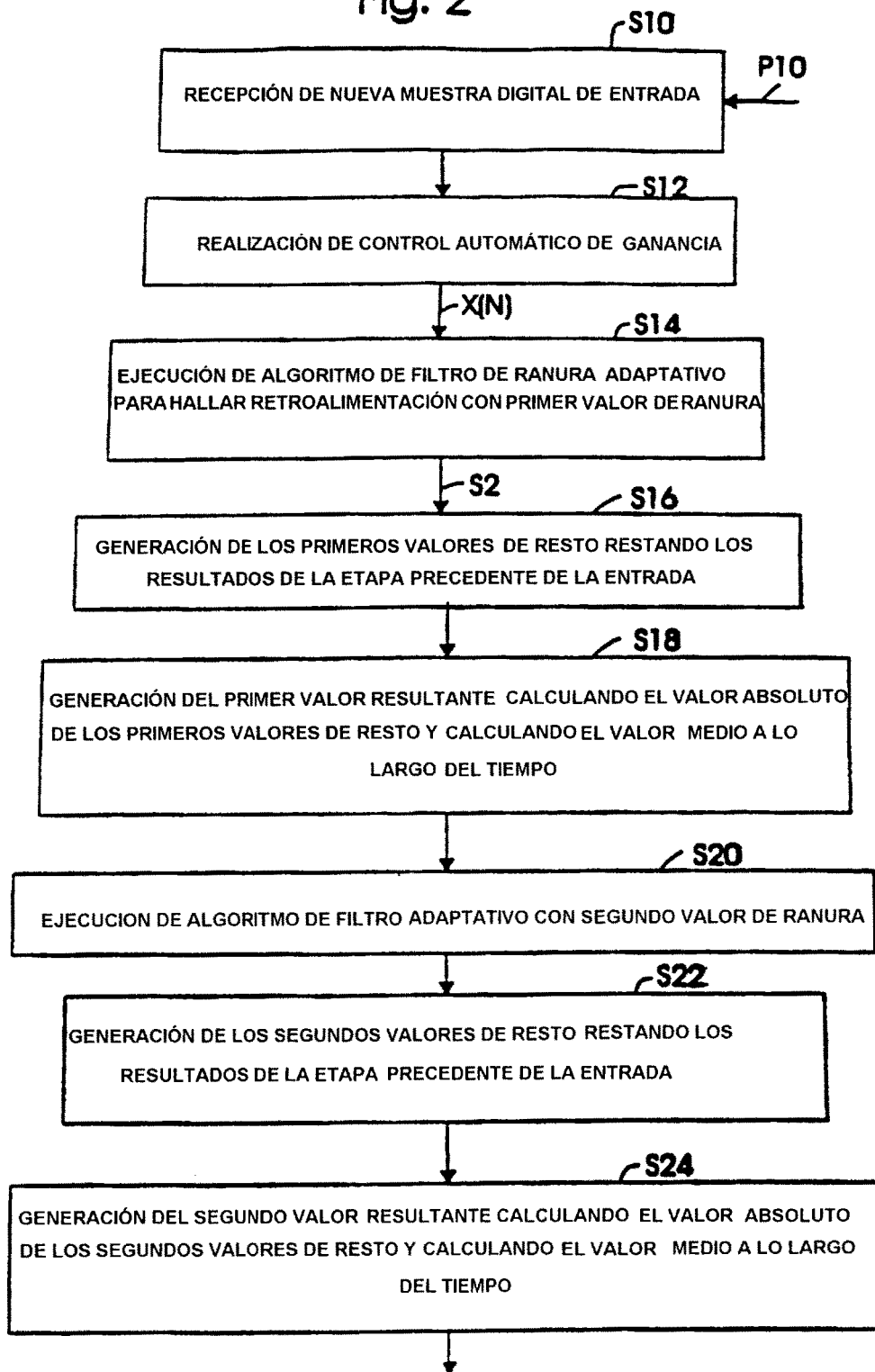


Fig. 3

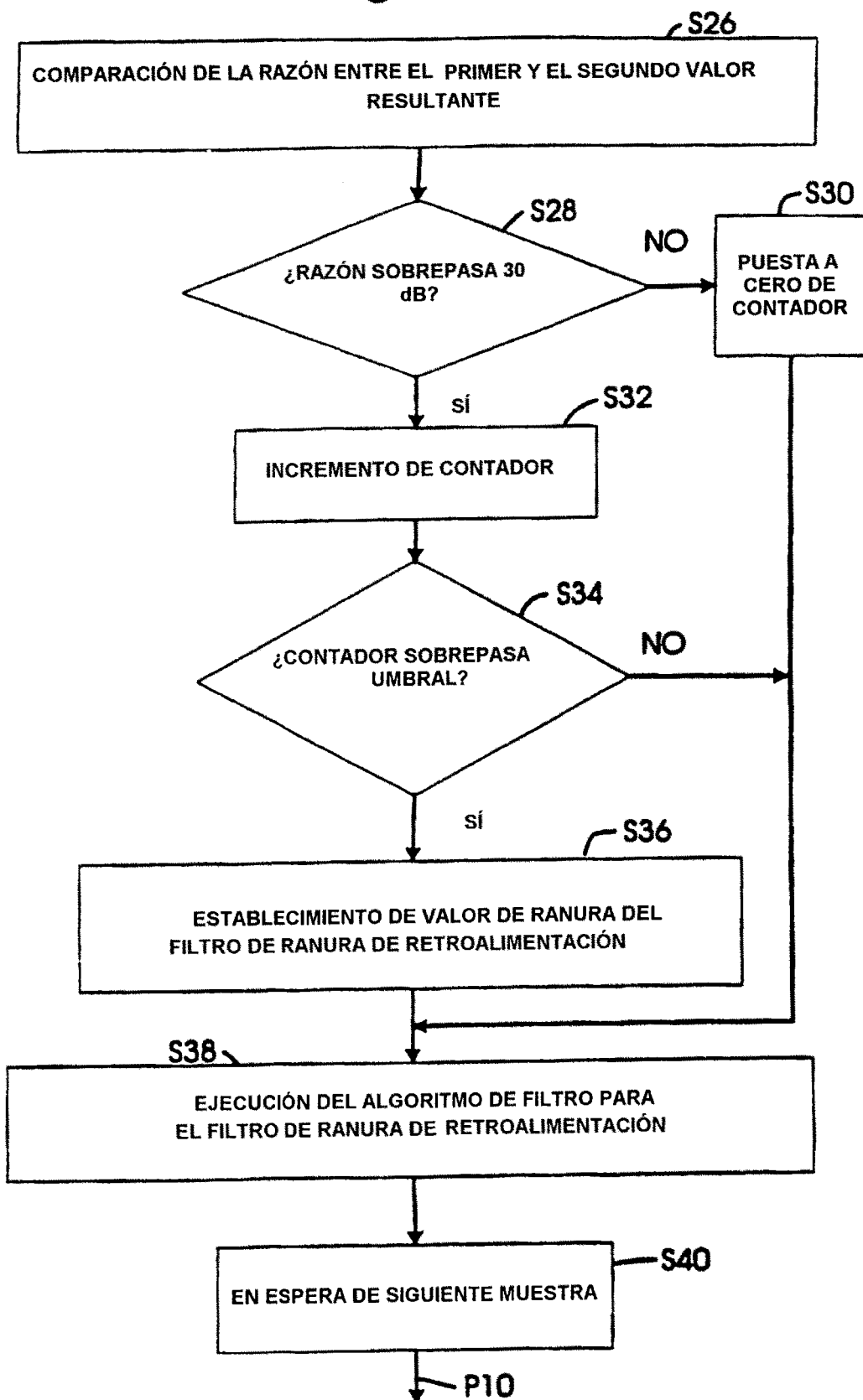


Fig. 4

