

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 738 414**

51 Int. Cl.:

**H03H 21/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **25.07.2016 PCT/EP2016/067653**

87 Fecha y número de publicación internacional: **02.02.2017 WO17017056**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **25.07.2016 E 16745677 (1)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **22.05.2019 EP 3329594**

54 Título: **Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición que comprende módulos de adaptación y módulos de corrección**

30 Prioridad:

**28.07.2015 EP 15178698**

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

**22.01.2020**

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR  
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN  
FORSCHUNG E.V. (100.0%)  
Hansastraße 27c  
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**LUIS VALERO, MARIA;  
HABETS, EMANUEL;  
MABANDE, EDWIN;  
LOMBARD, ANTHONY;  
MAHNE, DIRK y  
BIRZER, BERNHARD**

74 Agente/Representante:

**SALVÀ FERRER, Joan**

**ES 2 738 414 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**

Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición que comprende módulos de adaptación y módulos de corrección

5

**[0001]** La invención se refiere a un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición. En particular, la invención se refiere a un concepto limitante, novedoso para dispositivos de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición (PBFDAF).

10 **[0002]** Se conocen dispositivos de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición, por ejemplo, a partir de las referencias [9] y [10]. Una desventaja de los dispositivos según las referencias [9] y [10] es su alta complejidad.

**[0003]** Un objetivo de la presente invención es proporcionar un dispositivo mejorado de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición.

**[0004]** El objetivo se consigue mediante un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición que comprende:

20 un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia configurado para filtrar una representación en el dominio de la frecuencia de una señal de entrada en el dominio del tiempo que depende de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada;

una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo, estando cada uno de los bloques de actualización de filtro configurado para actualizar uno de los bloques de coeficientes de filtro basándose en una señal de actualización recopilada mediante una correlación circular de un bloque de la señal de representación en el dominio de la frecuencia y una señal de control en el dominio de la frecuencia que comprende una representación de la señal filtrada;

25 en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro comprende un módulo de adaptación configurado para ejecutar una secuencia de adaptación que comprende las etapas de

30 cálculo de una aproximación de la actualización de gradiente limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada que tiene una menor complejidad que una matriz limitante para una actualización de gradiente no limitada para los coeficientes de filtro del bloque de coeficientes de filtro respectivo, en el que la actualización de gradiente no limitada se obtiene de la señal de actualización, y

35 cálculo de un error acumulado introducido en la actualización de gradiente no limitada aplicando la matriz limitante aproximada a la actualización de gradiente no limitada;

en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro comprende un módulo de corrección configurado para ejecutar una secuencia de corrección que comprende las etapas de

40 cálculo de una actualización de gradiente limitada corregida para los coeficientes de filtro del bloque de coeficientes de filtro respectivo aplicando la matriz limitante a una suma de la aproximación de la actualización de gradiente limitada y el error acumulado.

**[0005]** La matriz limitante es el equivalente en el dominio de la frecuencia de la aplicación de una función de ventana rectangular a una correlación circular de un bloque en el dominio del tiempo, para seleccionar solo los componentes lineales, que se pueden definir como:

45

$$g(n) = \begin{cases} 1 & \text{si } n < N \\ 0 & \text{si } M > n \geq N \end{cases} .$$

50 en la que n es el índice de tiempo, M es la longitud de la transformada de Fourier discreta (DFT) y N es el número de los coeficientes de filtro en un bloque.

**[0006]** Después del análisis proporcionado en la referencia [4], los elementos de la matriz limitante, **G**, se pueden definir de la siguiente forma:

55

$$G(k, k') = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{N-1} W_M^{(k-k')n} = \frac{1}{M} \frac{1 - W_M^{(k-k')N}}{1 - W_M^{(k-k')}} = \frac{1}{M} \frac{1 - e^{-j2\pi(k-k')N/M}}{1 - e^{-j2\pi(k-k')/M}} ,$$

con  $G(k, k) = N/M$  si  $k=k'$ , en el que k y k' son los índices de frecuencia discretos y  $W_M = e^{-j2\pi/M}$  es la función de base

DFT.

- [0007]** El término matriz limitante aproximada se refiere a cualquier aproximación de la matriz limitante en el dominio de la frecuencia que tiene el mismo número de columnas y de filas que la matriz limitante pero una menor complejidad que la matriz limitante. La reducción de complejidad, en particular, se puede lograr ajustando a cero algunos de los elementos.
- [0008]** La invención reduce la complejidad de dispositivos de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición al simplificar la operación limitante. A diferencia de otros dispositivos propuestos previamente, el dispositivo según la invención permite reducir la complejidad sin reducir notablemente la velocidad de convergencia del filtrado adaptativo, es flexible en términos de parámetros de diseño y es completamente paralelizable, ya que corrige la aproximación de la actualización de gradiente de un bloque basándose solo en el error acumulado de ese bloque.
- [0009]** El dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la invención se puede usar para cancelación de eco acústico. Además, la invención también se puede usar para reducir la complejidad de cualquier dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición independientemente de una aplicación específica. De forma más precisa, se puede usar en otras aplicaciones tales como identificación de sistemas, reducción del ruido, ecualización de canales, etc.
- [0010]** Según una realización preferida de la invención el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición comprende un módulo de control de secuencia de corrección configurado para decidir si y en cuáles de los bloques de actualización de filtro se aplica la secuencia de corrección después de ejecutar la secuencia de adaptación.
- [0011]** Según una realización preferida de la invención el módulo de control de secuencia de corrección se configura para decidir si y en cuáles de los bloques de actualización de filtro se aplica la secuencia de corrección basándose en los errores acumulados de los bloques de actualización de filtro.
- [0012]** Según una realización preferida de la invención el módulo de control de secuencia de corrección comprende un esquema de corrección que define para cada uno de los bloques de actualización de filtro un número de secuencias de adaptación después del cual se aplica la secuencia de corrección en la partición de filtro respectiva.
- [0013]** Según una realización preferida de la invención para cada uno de los bloques de actualización de filtro el número de secuencias de adaptación después del cual se aplica la secuencia de corrección en la partición de filtro respectiva se reduce en respuesta a un cambio de la señal de control en el dominio de la frecuencia que supera un umbral.
- [0014]** Según una realización preferida de la invención para cada uno de los bloques de actualización de filtro el número de secuencias de adaptación después del cual se aplica la secuencia de corrección en la partición de filtro respectiva se adapta dinámicamente basándose en una medición de la señal de control en el dominio de la frecuencia.
- [0015]** Según una realización preferida de la invención el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición comprende un módulo de actualización de matriz limitante aproximada configurado para adaptar dinámicamente la complejidad de la matriz limitante aproximada.
- [0016]** Según una realización preferida de la invención el módulo de actualización de matriz limitante aproximada se configura para adaptar dinámicamente la complejidad de la matriz limitante aproximada dependiendo de una medición de la señal de control en el dominio de la frecuencia.
- [0017]** Según una realización preferida de la invención, el módulo de actualización de matriz limitante aproximada se configura para aumentar la complejidad de la matriz limitante aproximada en respuesta a un cambio de la señal de control en el dominio de la frecuencia que supera un umbral.
- [0018]** En un aspecto adicional la invención proporciona un dispositivo para cancelar una señal de eco de una señal de entrada en el dominio del tiempo. El dispositivo comprende un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición, comprendiendo el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición:
- un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia configurado para filtrar una representación en el dominio de la frecuencia de la señal de entrada del dominio del tiempo dependiendo de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada;
- un convertidor del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo configurado para convertir la señal filtrada en una

señal de eco estimada que representa una estimación de la señal de eco en el dominio del tiempo;

un módulo de resta para producir una señal de salida restando la señal de eco estimada de una señal que se va a procesar que comprende la señal de eco;

5

una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo, estando cada uno de los bloques de actualización de filtro configurado para actualizar uno de los bloques de coeficientes de filtro basándose en una señal de actualización recopilada por una correlación circular de un bloque de la señal de representación en el dominio de la frecuencia y una señal de control en el dominio de la frecuencia que comprende una representación de la señal filtrada;

10

en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro comprende un módulo de adaptación configurado para ejecutar una secuencia de adaptación que comprende las etapas de

15

cálculo de una aproximación de la actualización de gradiente limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada que tiene una menor complejidad que una matriz limitante para una actualización de gradiente no limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro, en el que la actualización de gradiente no limitada se obtiene de la señal de actualización, y

20

cálculo de un error acumulado introducido en la actualización de gradiente no limitada aplicando la matriz limitante aproximada a la actualización de gradiente no limitada;

en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro comprende un módulo de corrección configurado para ejecutar una secuencia de corrección que comprende las etapas de

25

cálculo de una actualización de gradiente limitada, corregida para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro aplicando la matriz limitante a una suma de la aproximación de la actualización de gradiente limitada y el error acumulado.

30 **[0019]**

En un aspecto adicional, la invención proporciona un procedimiento de filtrado adaptativo que comprende las etapas de:

uso de un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia para filtrar una señal de representación en el dominio de la frecuencia de una señal de entrada en el dominio del tiempo dependiendo de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada;

35

uso de cada partición de actualización de filtro de una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo para actualizar uno de los bloques de coeficientes de filtro basándose en una señal de actualización recopilada por una correlación circular de un bloque de la señal de representación en el dominio de la frecuencia y una señal de control en el dominio de la frecuencia que comprende una representación de la señal filtrada;

40

ejecución de una secuencia de adaptación para cada uno de los bloques de actualización de filtro usando un módulo de adaptación del bloque de actualización de filtro respectivo, comprendiendo la secuencia de adaptación las etapas de

45

cálculo de una aproximación de la actualización de gradiente limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada que tiene una menor complejidad que una matriz limitante para una actualización de gradiente no limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro, en el que la actualización de gradiente no limitada se obtiene de la señal de actualización, y

50

cálculo de un error acumulado introducido en gradiente no limitado aplicando la matriz limitante aproximada a la actualización de gradiente no limitada;

ejecución de una secuencia de corrección para cada uno de los bloques de actualización de filtro usando un módulo de corrección del bloque de actualización de filtro respectivo, comprendiendo la secuencia de corrección las etapas de

55

cálculo de una actualización de gradiente limitada, corregida para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro aplicando la matriz limitante en el dominio de la frecuencia a una suma de la aproximación de la actualización de gradiente limitada y el error acumulado.

60

**[0020]** Programa informático para filtrado adaptativo, cuando se ejecuta en un procesador, que ejecuta el procedimiento de la invención.

**[0021]** A continuación se analizan las realizaciones preferidas de la invención con respecto a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Fig. 1 proporciona una visión general de una estructura general de un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia (FDAF) según la técnica anterior en una vista esquemática, tomada de la referencia [1];
- la Fig. 2 proporciona una visión general de una estructura general de un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia (PBFDAF) según la técnica anterior en una vista esquemática;
- 10 la Fig. 3 ilustra una primera realización de un dispositivo de filtro en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la invención en una vista esquemática;
- la Fig. 4 ilustra una segunda realización de un dispositivo de filtro en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la invención en una vista esquemática;
- 15 la Fig. 5 ilustra una operación limitante según la invención en una vista esquemática;
- la Fig. 6 proporciona ejemplos de ventanas limitantes en el dominio del tiempo que corresponden a diferentes matrices limitantes, en la que se supone una superposición de ventana del 50%;
- 20 la Fig. 7 proporciona ejemplos de ventanas limitantes en el dominio del tiempo que corresponden a diferentes matrices limitantes, en la que se supone una superposición de ventana del 75%;
- la Fig. 8 muestra un principio de funcionamiento de una primera realización de un módulo de control de secuencia de corrección en la forma de un diagrama de bloques;
- 25 la Fig. 9 proporciona ejemplos de esquemas de corrección;
- la Fig. 10 muestra un principio de funcionamiento de una segunda realización de un módulo de control de secuencia de corrección en la forma de un diagrama de bloques;
- 30 la Fig. 11 proporciona ejemplos de ventanas en el dominio del tiempo y sus matrices limitantes correspondientes en el dominio de la frecuencia; y
- 35 la Fig. 12 ilustra una primera realización de un dispositivo para cancelar una señal de eco de una señal de entrada en el dominio del tiempo según la invención en una vista esquemática.

**[0022]** Antes de la descripción de las nuevas características de la invención, primero se dará alguna idea de los problemas presentados al llevar a cabo las convoluciones en el dominio de transformada de Fourier discreta (dominio DFT) y se suministrará una descripción de la operación limitante. A continuación se proporcionará una formulación del problema de filtros adaptativos en el dominio de la frecuencia y su implementación basada en bloques con partición en el contexto específico de cancelación de eco acústico (AEC).

**[0023]** Se usa cancelación de eco acústico para hacer frente al acoplamiento electroacústico entre altavoces y micrófonos en, por ejemplo, escenarios de comunicación de manos libres. El acoplamiento electroacústico es el resultado de la señal de altavoz, o de extremo lejano, que se propaga a través de la estancia y adquirida por el micrófono. Como consecuencia, la señal de micrófono no solo contiene la voz de extremo cercano deseada y el ruido de fondo, sino también la señal de eco acústico. Los canceladores de eco acústico usan algoritmos de filtro adaptativo, véanse por ejemplo referencias [1] y [2], para identificar la trayectoria de eco acústico que es necesaria para estimar la señal de eco acústico. El eco estimado entonces se resta de la señal de micrófono antes de la transmisión.

**[0024]** La Fig. 1 proporciona una visión general de una estructura general de un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia (FDAF) según la referencia [1]. Los dispositivos de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia proporcionan una menor complejidad algorítmica en comparación con sus contrapartes en el dominio del tiempo debido al hecho de que las convoluciones (y correlaciones) se calculan en el dominio DFT. Sin embargo, una convolución o una correlación llevada a cabo en el dominio DFT corresponde a una convolución circular, o correlación, de longitud M, siendo M la longitud de la DFT, en el dominio del tiempo, véase la referencia [3], es decir,

$$\mathbf{A}(m)\mathbf{B}(m) \xleftrightarrow{DFT} \mathbf{a}(m) \otimes \mathbf{b}(m) \quad (1)$$

$$\mathbf{A}(m)\mathbf{B}^H(m) \xleftrightarrow{DFT} \mathbf{a}(m) \otimes \mathbf{b}(-m) \quad (2)$$

en el que  $m$  es el índice de trama discreto,  $\otimes_M$  denota convolución circular de longitud  $M$  y el superíndice  $(\cdot)^H$  denota transpuesta hermitiana. En el resto de la siguiente notación, se usan letras en negrita para vectores y letras en negrita subrayadas para matrices cuadradas. Se usan letras en mayúsculas para denotar variables en el dominio DFT. Como en lo que sigue el enfoque se fija en las correlaciones llevadas a cabo en el dominio DFT, se describirá la operación limitante para una correlación circular. La correlación circular en el dominio del tiempo se define por, véase la referencia [3],

$$\mathbf{a}(m) \otimes_M \mathbf{b}(-m) = \sum_{n=0}^{M-1} a(n) b(((m+n))_M), \quad (3)$$

10 en la que  $n$  denota el índice de tiempo discreto y  $((\cdot))_M$  denota  $M$  módulo operativo. Si se supone que la longitud de  $\mathbf{a}(m)$  es  $M$  y que  $\mathbf{b}(m)$  tiene longitud  $L < M$ , en la referencia [3] solo los primeros  $M - L + 1$  coeficientes coinciden con la correlación lineal, en tanto que las últimas  $L - 1$  derivaciones son el resultado de la envolvente. Como se describe en la referencia [1], el resultado de la correlación circular se puede linealizar seleccionando solo los coeficientes lineales y ajustando el resto de los coeficientes a cero. Este procedimiento se refiere como operación limitante.

15 **[0025]** La estructura general de un algoritmo FDAF que usa el procedimiento de evitación de superposición (OLS) se representa en la Fig. 1, tomada de la referencia [1]. Se debe mencionar que también se puede usar el procedimiento de superposición-suma (OLA), pero solo se describirá por brevedad el OLS. La notación usada en la formulación de problema es como sigue,  $x(n)$  es la señal de entrada o de extremo lejano que se propaga a través de la estancia de extremo cercano,  $d(n) = x(n) * h(n)$  es la señal de eco, e  $y(n) = d(n) + r(n)$  es la señal adquirida por el micrófono que, en este contexto, se considera que es perturbada por la señal de extremo cercano, que se puede denotar como  $s(n)$ , y ruido de fondo, que se puede denotar como  $v(n)$ , por lo que  $r(n) = s(n) + v(n)$ . La trayectoria de eco acústico entre el altavoz y el micrófono, denotada por  $h(n)$ , se modeliza como un filtro de respuesta finita al impulso (filtro FIR) de longitud  $L$ . El algoritmo adaptativo se usa para identificar  $h(n)$ , que es necesaria para obtener la señal de eco estimada,  $\hat{d}(n)$ , en la que el superíndice  $\hat{\phantom{x}}$  denota estimación.

**[0026]** En la referencia [1] se resalta que la señal de error, que se obtiene del algoritmo adaptativo, se debe calcular en el dominio del tiempo, es decir,  $e(n) = y(n) - \hat{d}(n)$  o se debe limitar perfectamente si se calcula en el dominio DFT. En lo sucesivo, a lo largo de este documento los términos "limitado" y "no limitado" solo se refieren a la actualización de gradiente,  $\Delta \hat{H}(m)$ , que es el resultado de una correlación calculada en el dominio DFT. El filtro adaptativo se actualiza mediante

$$\begin{aligned} \hat{H}(m+1) &= \hat{H}(m) + \text{DFT}\{\underline{\mathbf{g}} \text{IDFT}\{\underline{\mu}(m) \underline{\mathbf{X}}^H(m) \mathbf{E}(m)\}\} \\ &= \hat{H}(m) + \text{DFT}\{\underline{\mathbf{g}} \text{IDFT}\{\Delta \hat{H}_{uc}(m)\}\} = \hat{H}(m) + \Delta \hat{H}(m), \end{aligned} \quad (4)$$

35 en la que  $m$  es el índice de trama de tiempo y  $\underline{\mathbf{g}} = \text{diag}\{g\}$  es una matriz diagonal con los elementos de  $\underline{\mathbf{g}}$ ,  $\underline{\mathbf{g}}$  es una ventana en el dominio del tiempo que elimina los componentes no deseados en la actualización de gradiente no limitada,  $\Delta \hat{H}_{uc}(m)$ , en su diagonal principal. Después de la definición de procedimiento OLS en la referencia [1], la señal de entrada en el dominio DFT es  $\underline{\mathbf{X}}(m) = \text{diag}\{\text{DFT}\{x(m)\}\}$  y la señal de error se denota por  $\mathbf{E}(m) = \text{DFT}\{[0_{1 \times L}, \mathbf{e}^T(m)]^T\}$ , con

$$40 \quad \mathbf{x}(m) = [x(mR - M + 1), \dots, x(mR)]^T \text{ y } \mathbf{e}(m) = [e(mR - V + 1), \dots, e(mR)]^T,$$

respectivamente; en el que  $R$  es el desplazamiento de trama, la señal de entrada tiene la misma longitud que la DFT y  $V > R$  es la longitud de la señal de error. Además, la actualización de gradiente,  $\Delta \hat{H}(m)$ , ya incluye la matriz de incremento,  $\underline{\mu}(m)$ , para compacidad. Con el fin de obtener  $L$  derivaciones lineales de la actualización de filtro, la longitud de la DFT tiene que ser  $M \geq L + V - 1$ . Los procedimientos OLS y OLA descritos en la referencia [1] se definen por  $V = L$ , y por lo tanto  $M = 2L$  se elige como una transformada rápida de Fourier (FFT) de longitud uniforme que se puede implementar más eficientemente como un número impar. Dada la definición de  $\mathbf{X}(m)$  y  $\mathbf{E}(m)$ , el  $\Delta \hat{H}_{uc}(m)$  resultante contendrá  $L + 1$  componentes lineales y  $M - L - 1 = V - 1$  componentes de envolvente. Sin embargo, para consistencia 50  $\hat{H}(m)$  se define como,

$$\hat{H}(m) = \text{DFT}\{[\hat{\mathbf{h}}^T(m), \mathbf{0}_{1 \times V}]^T\}, \quad (5)$$

en la que se puede observar que el vector de trayectoria de eco estimado,

$$\hat{\mathbf{h}}(m) = [\hat{h}_m(0), \dots, \hat{h}_m(L-1)]^T. \quad (6)$$

5

tiene que completarse con ceros, y la longitud de la compleción con ceros es  $V$ . Los componentes de envolvente se eliminan por lo general en el dominio del tiempo, como se representa en la Fig. 1, sin embargo, también es posible seleccionar los componentes lineales multiplicando la actualización de filtro no limitada por una matriz limitante en el dominio de la frecuencia,

10

$$\Delta \hat{\mathbf{H}}(m) = \text{DFT}\{\underline{\mathbf{g}} \cdot \text{IDFT}\{\Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}(m)\}\} = \underline{\mathbf{F}} \underline{\mathbf{g}} \mathbf{F}^{-1} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}(m) = \mathbf{G} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{\text{uc}}(m), \quad (7)$$

en la que  $\mathbf{F}$  es la matriz  $M \times M$  DFT y  $\mathbf{G} = \underline{\mathbf{F}} \underline{\mathbf{g}} \mathbf{F}^{-1}$  es la matriz limitante en el dominio de la frecuencia. Con el fin de analizar la estructura de  $\mathbf{G}$ , se tiene que definir primero la ventana limitante en el dominio del tiempo

15

$$g(n) = \begin{cases} 1 & \text{si } n < L \\ 0 & \text{si } M > n \geq L \end{cases}. \quad (8)$$

**[0027]** A continuación, después del análisis proporcionado en la referencia [4], los elementos de la matriz limitante,  $\mathbf{G}$ , son

20

$$G(k, k') = \frac{1}{M} \sum_{n=0}^{L-1} W_M^{(k-k')n} = \frac{1}{M} \frac{1 - W_M^{(k-k')L}}{1 - W_M^{(k-k')}} = \frac{1}{M} \frac{1 - e^{-j2\pi(k-k')L/M}}{1 - e^{-j2\pi(k-k')/M}}, \quad (9)$$

con  $G(k, k') = L/M$  si  $k=k'$ ; en el que  $k$  y  $k'$  son los índices de frecuencia discretos y  $W_M = e^{(-j2\pi/M)}$  es la función base DFT. Esta última expresión resalta el hecho de que la operación es equivalente a una transformada del dominio de la frecuencia al dominio de la frecuencia (similar a una operación de submuestreo). A partir de (9) es posible deducir que si la relación  $L/M$  es suficientemente grande, la diagonal principal de  $\mathbf{G}$  será dominante. Además, si  $M$  es suficientemente grande, los valores de antidiagonales disminuirán rápidamente y hacia valores insignificantes, véase la referencia [4].

30 **[0028]** La Fig. 2 muestra un ejemplo de un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición. La formulación basada en bloque con partición de un FDAF, propuesta primero en la referencia [5], proporciona un retardo algorítmico inferior como una implementación FDAF sin partición. Con el fin de reducir el retardo, el filtro adaptativo se divide en  $B$  bloques de longitud  $N = \text{ceil}(L/B)$ , por lo tanto,

35

$$\hat{\mathbf{h}}^b(m) = [\hat{h}_m(bN), \dots, \hat{h}_m(bN + N - 1)]^T, \quad (10)$$

en la que  $b$  denota el índice de bloque. Por lo tanto, ahora también se puede reducir la longitud DFT usando el procedimiento OLS, para obtener  $N$  coeficientes lineales, las tramas de señal de entrada tienen que ser de longitud  $M \geq N + V - 1$ , en el que  $V$  es la longitud de la señal de error y de la compleción con ceros de  $h(m)$  (como ya se definió para la formulación de problema FDAF). A continuación, se define un bloque de señal de entrada como,

40

$$\mathbf{x}^b(m) = [x(mR - bN - M + 1), \dots, x(mR - bN)]^T, \quad (11)$$

y la señal de error se obtiene restando la señal de micrófono del eco estimado, que se obtiene como la suma con respecto a todas las contribuciones por bloque,  $\hat{\mathbf{D}}^b(m) = \underline{\mathbf{X}}^b(m) \mathbf{h}^b(m)$ , es decir,

45



$$\begin{aligned} [\mathbf{0}_{1 \times N}, \mathbf{e}^T(m)]^T &= [\mathbf{0}_{1 \times N}, \mathbf{y}^T(m)]^T - [\mathbf{0}_{1 \times N}, \hat{\mathbf{d}}^T(m)]^T \\ &= [\mathbf{0}_{1 \times N}, \mathbf{y}^T(m)]^T - \tilde{\mathbf{g}} \cdot \text{IDFT} \left\{ \sum_{b=0}^{B-1} \underline{\mathbf{X}}^b(m) \hat{\mathbf{H}}^b(m) \right\} \end{aligned} \quad (12)$$

con

$$\tilde{\mathbf{g}}(n) = \begin{cases} 0 & \text{si } n < N \\ 1 & \text{si } M > n \geq N \end{cases} \quad \text{y } \mathbf{a}(m) = [a(mR - V + 1), \dots, a(mR)]^T, \text{ con } \mathbf{a} \in (\mathbf{e}, \mathbf{y}, \hat{\mathbf{d}})$$

en la que  $\tilde{\mathbf{g}}$  es la ventana necesaria para linealizar una convolución circular, que, en el resto, se supone que se aplica perfectamente. Finalmente, la actualización de un bloque del filtro adaptativo se describe por

5

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \underline{\mu}(m) \mathbf{G} \underline{\mathbf{X}}^{bH}(m) \mathbf{E}(m) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}^b(m). \quad (13)$$

**[0029]** Es evidente que ahora la longitud de la FFT se reduce, pero se tiene que llevar a cabo 2B FFT por trama para linealizar correctamente las correlaciones circulares. En algunas aplicaciones es deseable o incluso necesario reducir de forma adicional la complejidad de los algoritmos adaptativos basados en bloque con partición, y la posibilidad más directa es reducir el número de transformadas por trama omitiendo la operación limitante. Otra posibilidad es simplificar la matriz limitante en el dominio de la frecuencia,  $\mathbf{G}$ . Aun así, estas simplificaciones se obtienen en general con el coste de una pérdida de rendimiento del algoritmo PB-FDAF.

10

**[0030]** Por una parte, si se usa la formulación de problema sin partición solo es necesaria una IFFT y una FFT por trama, cuya longitud es por lo general suficientemente grande para permitir la omisión de la operación limitante sin perjudicar notablemente el rendimiento. La omisión de la operación limitante por lo general se denota como procedimiento no limitado. Por otra parte, si se usa una formulación basada en bloques con partición, se reduce la longitud de las FFT. En consecuencia, el error introducido al omitir las operaciones limitantes se vuelve no insignificante, ya que este error se incrementa con la disminución de M, que está relacionado con la velocidad de disminución de los valores de antidiagonales de  $\mathbf{G}$ .

15

20

**[0031]** En el pasado se propusieron varios procedimientos para reducir la complejidad de los algoritmos PB-FDAF sin perjudicar el rendimiento. Estos procedimientos se describirán brevemente a continuación. Sin embargo, primero se debe mencionar que la operación limitante por bloque se puede llevar a cabo de dos formas, que son

25

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G} \Delta \hat{\mathbf{H}}^b(m) \quad (14)$$

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \mathbf{G} (\hat{\mathbf{H}}^b(m) + \Delta \hat{\mathbf{H}}^b(m)) \quad (15)$$

en las que se puede interpretar que los errores de envolvente se afrontan (14) antes de la adaptación y (15) después de la adaptación. Si se usa la matriz limitante  $\mathbf{G}$  sin ninguna simplificación, las dos expresiones son matemáticamente iguales, pero se obtienen como resultado de diferentes implementaciones.

30

**[0032]** Algunos de los procedimientos propuestos anteriormente para reducir la complejidad algorítmica de los algoritmos PBFDAF son

35

- las FDAF y PBFDAF no limitados, referencias [6] y [7]
- el PBFDAF no limitado alternativo, referencia [7]
- el procedimiento limitante alternado, referencia [8]
- el procedimiento limitante alternado modificado, referencia [9].

40

**[0033]** El objetivo de todos estos procedimientos, así como de la invención, es reducir el número total de FFT por trama. El procedimiento no limitado previamente mencionado como se propone en las referencias [6] y [7] omite directamente la operación limitante, es decir

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \Delta \hat{\mathbf{H}}^b(m), \quad \forall b. \quad (16)$$

45

**[0034]** También se puede aplicar como se propone en la referencia [4],



$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G}_{uc} \Delta \hat{\mathbf{H}}^b(m), \forall b. \quad (17)$$

en la que  $\mathbf{G}_{uc} = \frac{N}{M} \mathbf{I}_{M \times M}$  es una matriz de identidad modificada en escala, que es equivalente a considerar solo la diagonal principal de  $\mathbf{G}$ . El procedimiento no limitado alternativo propuesto en la referencia [7] limita alternativamente un bloque por trama usando (14). Sin embargo, estos tres procedimientos acumulan constantemente los errores de envolvente en los coeficientes de filtro actualizados, lo que reduce la velocidad de convergencia.

**[0035]** El procedimiento limitante alternado usa (15) en la parte superior del algoritmo no limitado, como se propone en la referencia [8]. Al hacer esto, los errores de envolvente acumulados entre las correcciones se eliminan. Este procedimiento permite una reducción de complejidad adicional, que se puede lograr si se amplía el intervalo de trama entre correcciones  $P$ . A continuación, el filtro se actualiza en dos etapas,

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}^b(m); \quad b = 0 : B - 1 \quad (18a)$$

$$\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G} \hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) \quad b_c = ((m/P))_B, \quad (18b)$$

en las que el bloque  $b_c$  solo se corregirá si el resultado de  $((m/P))_B \square \mathbf{N}^0$ , es decir es un número natural no negativo.

**[0036]** En la referencia [9] se propone que el procedimiento limitante alternado, modificado que se basa en el procedimiento limitante alternado y también se aplica en dos etapas, adaptación y corrección. La novedad principal del procedimiento descrito en las referencias [9] y [10] es que usa una aproximación de la ventana limitante  $\mathbf{g}$  para reducir los componentes de envolvente por bloque en la etapa de adaptación. La aproximación propuesta de la ventana limitante en [9] es

$$G_s(k, k') = \begin{cases} 1/2 & \text{if } k = k' \\ -j/4 & \text{if } k = k' - 1 \\ j/4 & \text{if } k = k' + 1 \end{cases} \quad (19)$$

para una superposición de 50%. La ventana resultante en el dominio del tiempo es una ventana sinusoidal elevada, que es capaz de reducir los errores de envolvente. Sin embargo, los coeficientes lineales también se modifican y tienen que compensarse en la etapa de corrección, en el cual también se eliminan los errores de envolvente restantes.

**[0037]** El procedimiento limitante alternado modificado usa los componentes de envolvente de los bloques previos y posteriores, en [10] denotados como bloques adyacentes, para compensar los errores introducidos en los coeficientes lineales de un bloque. Por lo tanto, es necesario corregir dos bloques para ser capaces de compensar completamente los componentes lineales de un bloque; como consecuencia los primeros bloques y los bloques finales no se compensan completamente.

**[0038]** La Fig. 3 ilustra una primera realización de un dispositivo de filtro en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1 según la invención en una vista esquemática.

**[0039]** El dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1 comprende:

un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia 2 configurado para filtrar una representación en el dominio de la frecuencia FDS de una señal de entrada en el dominio del tiempo IS dependiendo de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada FS;

una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo 3.1, 3.2, 3.B, estando cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B configurado para actualizar uno de los bloques FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro basándose en una señal de actualización US.1, US.2, US.B recopilada por una correlación circular de un bloque BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B de la señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS y una señal de control en el dominio de frecuencia FCS que comprende una representación RFS de la señal filtrada FS;

50

en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B comprende un módulo de adaptación 4.1, 4.2, 4.B configurados para ejecutar una secuencia de adaptación AS (véase la Fig. 5) que comprende las etapas de

cálculo de una aproximación de una actualización de gradiente limitada CU.1, CU.2, CU.B para los coeficientes de filtro del bloque respectivo FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada ACM (véase la Fig. 12) que tiene una menor complejidad que una matriz limitante FCM a una actualización de gradiente no limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro, en el que la actualización de  
5 gradiente no limitada se obtiene de la señal de actualización US.1, US.2, US.B, y

cálculo de un error acumulado CE.1, CE.2, CE.B introducido en la actualización de gradiente no limitada aplicando la matriz limitante aproximada ACM a la actualización de gradiente no limitada;

10 en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B comprende un módulo de corrección 5.1, 5.2, 5.B configurado para ejecutar una secuencia de corrección CS (véase la Fig. 5) que comprende las etapas de

cálculo de una actualización de gradiente limitada corregida CCU.1, CCU.2, CCU.B para los coeficientes de filtro del bloque respectivo FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro aplicando la matriz limitante en el dominio de la frecuencia  
15 FCM a una suma de la actualización del gradiente limitada CU.1, CU.2, CU.B y el error acumulado CE.1, CE.2, CE.B.

**[0040]** El dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1 funciona del modo siguiente: la señal de entrada en el dominio del tiempo IS se convierte en una señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS por convertidor del dominio de tiempo al dominio de la frecuencia 6. Un procesador de  
20 bloques 7 extrae bloques BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B de la señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS, que se conjugan para obtener los bloques conjugados BFDS'.1, BFDS'.2, BFDS'.B, que son necesarios para calcular una correlación en el dominio DFT. La señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS se convierte mediante el filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia en una señal filtrada FS en el dominio de la frecuencia, en el que se usan los bloques FB.1, FB.2, FB.B de los coeficientes de filtro. La señal filtrada FS es transformada a  
25 continuación por el convertidor del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo 8 en una señal filtrada en el dominio del tiempo FTS. Posteriormente la señal filtrada en el dominio del tiempo FTS se resta de una señal que se va a procesar STP por medio del módulo de resta 9. La señal de salida así producida OS se convierte de nuevo al dominio de la frecuencia mediante un convertidor del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia 10, que produce una señal de control en el dominio de la frecuencia FCS que comprende la representación RFS de la señal filtrada FS.

30 **[0041]** El módulo de correlación circular 11.1 ejecuta una correlación circular multiplicando la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS y el bloque conjugado BFDS'.1 de la señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS con el fin de producir la señal de actualización US.1. De la misma forma el módulo de correlación circular 11.2 ejecuta una correlación circular multiplicando la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS y el  
35 bloque conjugado BFDS'.2 de la señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS con el fin de producir la señal de actualización US.2. De forma similar el módulo de correlación circular 11.B ejecuta una correlación circular multiplicando la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS y el bloque conjugado BFDS'.B de la señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS con el fin de producir la señal de actualización US.B.

40 **[0042]** Cada una de las señales de actualización US.1, US.2 y US.B se suministra a uno de los módulos de adaptación 4.1, 4.2, 4.B. Cada uno de los módulos de adaptación calcula una aproximación de la actualización de gradiente limitada CU.1, CU.2, CU.B y un error acumulado CE.1, CE.2, CE.B. Los errores acumulados CE.1, CE.2, CE.B se retransmiten a los módulos de corrección 5.1, 5.2, 5.B mientras que la aproximación de las actualizaciones de gradiente limitadas CU.1, CU.2, CU.B se pueden retransmitir alternativamente a los módulos de corrección 5.1, 5.2,  
45 5.B o a los bloques FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro conmutando el conmutador respectivo de los conmutadores 12.1, 12.2, 12.B.

**[0043]** Según una realización preferida de la invención el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1 comprende un módulo de control de secuencia de corrección 13 configurado  
50 para decidir si y en cuáles de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B se aplica la secuencia de corrección CS después de ejecutar la secuencia de adaptación AS.

**[0044]** En un aspecto adicional la invención proporciona un procedimiento de filtrado adaptativo que comprende las etapas de:

55 uso de un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia 2 para filtrar una representación en el dominio de la frecuencia FDS de una señal de entrada en el dominio del tiempo dependiendo de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada FS;

60 uso de cada bloque de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B de una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo 3.1, 3.2, 3.B para actualizar uno de los bloques FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro basándose en una señal de actualización US.1, US.2, US.B recopilada por una correlación circular de un bloque BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B de la señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS y una señal de control en

el dominio de la frecuencia FCS que comprende una representación RFS de la señal filtrada FS;

ejecución de una secuencia de adaptación AS para cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B usando un módulo de adaptación 4.1, 4.2, 4.B del bloque de actualización de filtro respectivo 3.1, 3.2, 3.B, 5 comprendiendo la secuencia de adaptación AS las etapas de

cálculo de una aproximación de una actualización de gradiente limitada CU.1, CU.2, CU.B para los coeficientes de filtro del bloque respectivo FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada ACM que tiene una menor complejidad que una matriz limitante FCM a una actualización de gradiente no limitada para los 10 coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro, en el que la actualización de gradiente no limitada se obtiene de la señal de actualización US.1, US.2, US.B, y

cálculo de un error acumulado CE.1, CE.2, CE.B introducido en el gradiente no limitado aplicando la matriz limitante aproximada ACM a la actualización de gradiente no limitada;

15 ejecución de una secuencia de corrección CS para cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B usando un módulo de corrección 5.1, 5.2, 5.B del bloque de actualización de filtro respectivo 3.1, 3.2, 3.B, comprendiendo la secuencia de corrección CS las etapas de

20 cálculo de una actualización de gradiente limitada corregida CCU.1, CCU.2, CCU.B para los coeficientes de filtro del bloque respectivo FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro aplicando la matriz limitante en el dominio de la frecuencia FCM a una suma de la aproximación de la actualización de gradiente limitada CU.1, CU.2, CU.B y el error acumulado CE.1, CE.2, CE.B.

25 **[0045]** En otro aspecto, la invención proporciona un programa informático para filtrado adaptativo, cuando se ejecuta en un procesador, que ejecuta el procedimiento según la invención.

**[0046]** La Fig. 4 ilustra una segunda realización de un dispositivo de filtro en el dominio de la frecuencia de bloque con partición según la invención en una vista esquemática. Solamente por conveniencia se muestran el módulo 30 de adaptación 4.B y el módulo de corrección 5.B.

**[0047]** A continuación se describe la invención. El procedimiento propuesto se aplica en dos etapas, como el procedimiento limitante alternado, y usa una simplificación arbitraria de la matriz limitante, en lo sucesivo denotada como ventana limitante arbitraria  $\mathbf{G}_{arb}$ , para reducir los componentes de envolvente durante la adaptación. Por otra 35 parte, es flexible en términos de superposición entre tramas y el diseño de la aproximación de ventana limitante, es válido para cualquier aproximación de ventana limitante. Además, el intervalo de trama entre correcciones,  $P$ , se puede seleccionar de forma diferente para cada bloque, que se denotará como  $P_b$ , ya que la etapa de corrección depende solamente de los estados anteriores del bloque corregido y no de los bloques adyacentes. Para comenzar con (18b) se puede reformular como

40

$$\hat{\mathbf{H}}^{bc}(m+1) = \mathbf{G}(\hat{\mathbf{H}}^{bc}(m) + \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{bc}(m)) = \mathbf{G} \left( \hat{\mathbf{H}}^{bc}(m - P_b B + 1) + \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{bc}(m - p) \right) \quad (20)$$

que resalta el hecho de que entre correcciones se acumulan las actualizaciones de gradiente. Posteriormente, si se aplica una aproximación arbitraria de la matriz limitante,  $\mathbf{G}_{arb}$ , durante la adaptación, la actualización de filtro corregida 45 se define por,

$$\hat{\mathbf{H}}^{bc}(m+1) = \mathbf{G} \left( \hat{\mathbf{H}}^{bc}(m - P_b B + 1) + \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \mathbf{G}_{arb} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{bc}(m - p) \right). \quad (21)$$

**[0048]** Al hacer esto se introduce un error por trama y bloque en los componentes de correlación lineal, que se 50 tiene que compensar antes de la etapa de corrección, es decir

$$\hat{\mathbf{H}}^{bc}(m+1) = \mathbf{G} \left( \hat{\mathbf{H}}^{bc}(m - P_b B + 1) + \sum_{p=0}^{P_b B - 1} \mathbf{G}_{arb} \Delta\hat{\mathbf{H}}_{uc}^{bc}(m - p) + \Lambda_{arb}^{bc} \right). \quad (22)$$

**[0049]** Por lo tanto, al igualar (20) y (21), se obtiene el factor de compensación  $\Lambda_{arb}^{bc}$ .

$$\sum_{p=0}^{P_b B-1} \Delta \hat{H}_{uc}^{bc}(m-p) = \sum_{p=0}^{P_b B-1} G_{arb} \Delta \hat{H}_{uc}^{bc}(m-p) + \Lambda_{arb}^{bc} \quad (23a)$$

$$\Lambda_{arb}^{bc} = \sum_{p=0}^{P_b B-1} \left( \Delta \hat{H}_{uc}^{bc}(m-p) - G_{arb} \Delta \hat{H}_{uc}^{bc}(m-p) \right). \quad (23b)$$

5 **[0050]** Por lo tanto,  $\Lambda_{arb}^{bc}$  se puede interpretar como el error acumulado introducido en la actualización de gradiente no limitada aplicando una matriz limitante aproximada. El procedimiento propuesto se resume en la Tabla 2.

**[0051]** El procedimiento es como sigue. En primer lugar, se usa una aproximación arbitraria de la ventana limitante en el dominio de la frecuencia, para mejorar el proceso de adaptación, y se actualiza la diferencia acumulada

10  $\Lambda_{arb}^{bc}$ . A continuación, por ejemplo cada  $P_b$  tramas, se usa  $\Lambda_{arb}^{bc}$  para reconstruir la actualización de filtro no limitada, antes de eliminar los componentes de envolvente. Finalmente, la diferencia acumulada se reinicia a cero. Después de eso, se corrigen perfectamente los componentes lineales usando solo el error introducido en el bloque que se va a corregir,  $b_c$ , en el pasado. Por lo tanto, la implementación del procedimiento limitante propuesto se puede paralelizar fácilmente. La Tabla 2 proporciona un pseudocódigo para la implementación de la secuencia de adaptación y la

15 la secuencia de corrección según la invención. El procedimiento limitante según la invención también se puede llamar procedimiento limitante alternado mejorado.

**Tabla 2:** Procedimiento limitante alternado mejorado

---

para  $b = 0 : B - 1$ :

$$\hat{H}^b(m+1) = \hat{H}^b(m) + G_{arb} \Delta \hat{H}_{uc}^b(m)$$

$$\Lambda_{arb}^b = \Lambda_{arb}^b + \Delta \hat{H}_{uc}^b(m) - G_{arb} \Delta \hat{H}_{uc}^b(m)$$

si  $((m/P_b))_B = b_c$ :

$$\hat{H}^{b_c}(m+1) = G(\hat{H}^{b_c}(m+1) + \Lambda_{arb}^{b_c})$$

$$\Lambda_{arb}^{b_c} = 0$$


---

20

**[0052]** La Fig. 5 ilustra una operación limitante según la invención en una vista esquemática. Aunque la secuencia de adaptación AS y la secuencia de corrección CS se ejecutan en el dominio de la frecuencia, la gráfica muestra los elementos de ventana equivalente en el dominio del tiempo.

25 **[0053]** El procedimiento propuesto se representa esquemáticamente para un bloque en la Fig. 5, con  $G_{arb} = G_s$  y superposición de trama del 50% (superposición de bloque en el dominio del tiempo). Por supuesto, la selección de la ventana limitante y  $P_b$  influirá en el rendimiento del algoritmo adaptativo y la complejidad algorítmica final.

**[0054]** El diseño de la aproximación de ventana limitante se puede hacer de forma flexible. Por ejemplo, se puede tener en cuenta un número limitado  $T$  de pares de antidiagonales de  $G$ . De este modo, la contraparte en el dominio del tiempo se debe volver negativa. Esto se puede evitar, si se desea, añadiendo una compensación a la ventana en el dominio del tiempo y modificando  $G_{arb}$  de forma consiguiente. Otra posibilidad es diseñar una ventana en el dominio del tiempo, y usar su contraparte en el dominio de la frecuencia.

35 **[0055]** La Fig. 6 proporciona ejemplos de ventanas limitantes en el dominio del tiempo que corresponden a diferentes matrices limitantes, en los que se supone una superposición de ventana del 50%.

**[0056]** La Fig. 7 proporciona ejemplos de ventanas limitantes en el dominio del tiempo que corresponden a diferentes matrices limitantes, en los que se supone una superposición de ventana del 75%.

40

**[0057]** Las Fig. 6a y 7a representan las ventanas aproximadas obtenidas al tener en cuenta un número limitado

de antidiagonales de  $\mathbf{G}$ , que es equivalente a tener en cuenta las correlaciones interbanda. Las Fig. 6b y 7b representan extensiones de  $\mathbf{G}_s$ , como se define en (19), sumando T-1 pares de antidiagonales a  $\mathbf{G}_s$ . Por claridad, se debe mencionar que  $\mathbf{G}_s^2$  significa  $(\mathbf{G}_s)^2$ .

- 5 **[0058]** La complejidad introducida por la aplicación de estas ventanas es proporcional al número de pares de antidiagonales T, usadas para el diseño de  $\mathbf{G}_{arb}$ . Por otra parte, la menor complejidad se obtiene si los valores en las antidiagonales son reales o puramente imaginarios. Finalmente, el procedimiento propuesto no solo es flexible con respecto a la aproximación de las ventanas y la superposición entre tramas, sino que además, para una superposición fija,  $\mathbf{G}_{arb}$  se puede modificar en línea. Esto puede ser deseable si se alcanza un rendimiento determinado, si existe
- 10 una necesidad repentina de reducir de forma adicional la complejidad, por ejemplo si el dispositivo usado entra en un modo de ahorro de energía, o si el proceso de filtrado adaptativo se tiene que reinicializar, por ejemplo debido a la detección de un cambio de la trayectoria de eco.

- [0059]** La Fig. 8 muestra un principio de funcionamiento de una primera realización de un módulo de control de
- 15 secuencia de corrección en la forma de un diagrama de bloques.

- [0060]** Se debe mencionar que el orden y la frecuencia en que se corrigen los bloques se pueden diseñar de forma flexible, y se pueden modificar en línea. Por consiguiente, se propone una realización de la presente invención con el procedimiento de actualización de gradiente AS y el procedimiento de corrección CS como se describe en la
- 20 Tabla 3 y se representa en la Fig. 8.

Tabla 3: Implementación controlada del procedimiento EAC

para  $b = 0 : B - 1$ :

$$\hat{\mathbf{H}}^b(m+1) = \hat{\mathbf{H}}^b(m) + \mathbf{G}_{arb} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}^b(m)$$

$$\Lambda_{arb}^b = \Lambda_{arb}^b + \Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}^b(m) - \mathbf{G}_{arb} \Delta \hat{\mathbf{H}}_{uc}^b(m)$$

si  $((S_b + f(m)/P_b))_B = b_c$ :

$$\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) = \mathbf{G}(\hat{\mathbf{H}}^{b_c}(m+1) + \Lambda_{arb}^{b_c})$$

$$\Lambda_{arb}^{b_c} = \mathbf{0}$$

- 25 **[0061]** A continuación, la decisión en cuanto a si se tiene que corregir un bloque y qué bloque viene dada por  $((S_b + f(m)/P_b))_B = b_c$ , con  $b_c = (0, 1, \dots, B - 1)$ ; en el que  $S_b$  es un factor de compensación que determina el orden en el que comienzan las correcciones, y  $f(m)$  es una función de contador. La función de contador se puede controlar o reiniciar, por ejemplo, mediante el envío de un detector de cambio de trayectoria de eco (EPC), véase por ejemplo la referencia [11], tal como se representa en la Fig. 10, o basándose en una medición de la señal de error, por ejemplo
- 30 el error cuadrático medio normalizado (NMSE). Como ya se ha mencionado,  $P_b$  determina la frecuencia a la cual se corrige cada bloque. En la Fig. 11 se representan algunos esquemas posibles para los intervalos de corrección, para  $S_b = 0 \forall b$ .

- [0062]** La Fig. 9 proporciona ejemplos de esquemas de corrección CSC.
- 35

**[0063]** Según una realización preferida de la invención el módulo de control de secuencia de corrección 13 se configura para decidir si y en cuáles de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B se aplica la secuencia de corrección CS basándose en los errores acumulados de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B.

- 40 **[0064]** Según una realización preferida de la invención el módulo de control de secuencia de corrección 13 comprende un esquema de corrección CSC que define para cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B un número de secuencias de adaptación AS después del cual se aplica la secuencia de corrección CS en la partición de filtro respectiva 3.1, 3.2, 3.B.

- 45 **[0065]** Según una realización preferida de la invención para cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B el número de secuencias de adaptación AS después del cual se aplica la secuencia de corrección CS en la partición de filtro respectiva 3.1, 3.2, 3.B disminuye en respuesta a un cambio de la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS que supera un umbral.

- 50 **[0066]** Según una realización preferida de la invención para cada uno de los bloques de actualización de filtro

3.1, 3.2, 3.B el número de secuencias de adaptación AS después del cual se aplica la secuencia de corrección CS en la partición de filtro respectiva 3.1, 3.2, 3.B se adapta dinámicamente basándose en una medición de la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS.

5 **[0067]** El orden en el cual se corrigen los bloques se puede diseñar de forma flexible, por ejemplo, basándose en la energía de la diferencia acumulada de cada bloque, es decir,  $\Lambda_{arb}^b$ . Se debe señalar que cuanto mayor sea la energía de la diferencia acumulada de un bloque, mayor será el error introducido en los componentes lineales. A continuación se puede obtener una ganancia en el rendimiento corrigiendo primero los bloques FB.1, FB.2, FB.B con las diferencias acumuladas más altas.

10

**[0068]** La Fig. 10 muestra un principio de funcionamiento de una segunda realización de un módulo de control de secuencia de corrección en forma de un diagrama de bloques.

**[0069]** Según una realización preferida de la invención el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1 comprende un módulo de actualización de matriz limitante aproximada 14 configurado para adaptar dinámicamente la complejidad de la matriz limitante arbitraria.

15 **[0070]** Según una realización preferida de la invención el módulo de actualización de matriz limitante aproximada 14 se configura para adaptar dinámicamente la complejidad de la matriz limitante aproximada ACM dependiendo de una medición de la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS.

20 **[0071]** Según una realización preferida de la invención el módulo de actualización de matriz limitante aproximada 14 se configura para ampliar la complejidad de la matriz limitante aproximada ACM en respuesta a un cambio de la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS que supera un umbral.

25

**[0072]** Se debe resaltar que para el procedimiento propuesto no se especifica ni la aproximación de la ventana limitante ni la superposición de trama, ya que se pueden diseñar de forma arbitraria. Por otra parte, es posible incluso usar diferentes aproximaciones de las matrices limitantes e intervalos de trama entre secuencias de corrección CS para cada bloque FB.1, FB.2, FB.B (número de secuencia de adaptación AS después del cual se aplica la secuencia de corrección CS en el bloque de filtro respectivo). Estos parámetros se pueden modificar en línea dependiendo, por ejemplo, de un detector de cambio de trayectoria de eco 16 (detector EPC) o de una medición de la señal de control en el dominio de la frecuencia FCS, como por ejemplo el error cuadrático medio normalizado (NMSE), tal como se representa en la Fig. 12.

35 **[0073]** El procedimiento de la invención proporciona flexibilidad en términos de casi todos los parámetros de diseño, es decir, matriz limitante aproximada ACM, superposición de trama, orden de las correcciones y diferente intervalo entre correcciones para cada bloque. Por otra parte, para una superposición fija de trama, todos los demás parámetros de diseño se pueden modificar en línea sin tener que reinicializar el algoritmo adaptativo. Esto permite controlar la compensación entre la complejidad algorítmica y la velocidad de convergencia del dispositivo PBFDAF.

40 Sin embargo, la complejidad algorítmica dependerá en gran medida tanto del diseño de la matriz limitante aproximada ACM como del esquema de corrección para cada bloque.

**[0074]** La Fig. 11 proporciona ejemplos de ventanas en el dominio del tiempo y sus matrices limitantes correspondientes en el dominio de la frecuencia. La Fig. 11(a) ilustra la matriz limitante FCM, mientras que la Fig. 11(b) y la Fig. 11(c) ilustran, cada una, una matriz limitante aproximada ACM que tiene una menor complejidad que la matriz limitante FCM. Los valores de escala de grises corresponden a los valores de los elementos de la matriz respectiva.

45 **[0075]** La Fig. 12 ilustra una primera realización de un dispositivo para cancelar una señal de eco de una señal de entrada en el dominio del tiempo según la invención en una vista esquemática. El dispositivo 16 comprende un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1, comprendiendo el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1:

50 un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia 2 configurado para filtrar una señal de representación en el dominio de la frecuencia FDS de la señal de entrada en el dominio del tiempo IS dependiendo de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada FS;

55 un convertidor del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo 8 configurado para convertir la señal filtrada FS en una señal de eco estimada EES que representa una estimación de la señal de eco ES en el dominio del tiempo;

60

un módulo de resta 9 para producir una señal de salida OS restando la señal de eco estimada EES de una señal que se va a procesar STP que comprende la señal de eco ES;

una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo 3.1, 3.2, 3.B, estando cada uno de los

bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B configurado para actualizar uno de los bloques FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro basándose en una señal de actualización US.1, US.2, US.B recopilada por una correlación circular de un bloque BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B de la representación de señal en el dominio de la frecuencia FDS y una señal de control en el dominio de la frecuencia FCS que comprende una representación de la señal filtrada FS;

5

en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B comprende un módulo de adaptación 4.1, 4.2, 4.B configurado para ejecutar una secuencia de adaptación AS que comprende las etapas de

10 cálculo de una aproximación de una actualización de gradiente limitada CU.1, CU.2, CU.B para los coeficientes de filtro del bloque respectivo FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada ACM que tiene una menor complejidad que una matriz limitante FCM a una actualización de gradiente no limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro, en el que la actualización de gradiente no limitada se obtiene de la señal de actualización US.1, US.2, US.B, y

15 cálculo de un error acumulado CE.1, CE.2, CE.B introducido en el gradiente no limitado aplicando la matriz limitante aproximada ACM a la actualización de gradiente no limitada;

en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro 3.1, 3.2, 3.B comprende un módulo de corrección 5.1, 5.2, 5.B configurado para ejecutar una secuencia de corrección CS que comprende las etapas de

20

cálculo de una actualización de gradiente limitada corregida CCU.1, CCU.2, CCU.B para los coeficientes de filtro del bloque respectivo FB.1, FB.2, FB.B de coeficientes de filtro aplicando la matriz limitante en el dominio de la frecuencia FCM a una suma de la aproximación de la actualización del gradiente limitado CU.1, CU.2, CU.B y el error acumulado CE.1, CE.2, CE.B.

25

**[0076]** El dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1 de la Fig. 12 es equivalente al dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición 1 analizado anteriormente. En el ejemplo de la Fig. 12 se produce una señal de sonido de eco SES, que puede comprender voz de extremo lejano, por un altavoz LS al que se suministra la señal de entrada IS. Un micrófono MI adquiere la señal de sonido de eco SES así como una señal de sonido deseada SWS, que puede comprender voz de extremo cercano y ruido de fondo, de tal forma que la señal que se va a procesar STP comprende una señal de eco ES basándose en la señal de sonido de eco SES de una señal deseada WS basándose en la señal de esta forma deseada SWS. Dado que la señal de eco estimada EES se resta de la señal que se va a procesar STP, la señal de eco ES se cancela efectivamente en la señal de salida OS.

35

**[0077]** Con respecto a los dispositivos y procedimientos de las realizaciones descritas se debe mencionar lo siguiente:

Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, está claro que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, en el que un bloque o dispositivo corresponde a una etapa de procedimiento o una característica de una etapa de procedimiento. De forma análoga, los aspectos descritos en el contexto de una etapa de procedimiento también representan una descripción de un bloque o elemento o característica correspondiente de un aparato correspondiente.

40

45 **[0078]** Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención se pueden implementar en hardware o en software. La implementación se puede llevar a cabo usando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo un disco flexible, un DVD, un CD, una ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una memoria flash, que tiene señales de control legibles electrónicamente almacenadas en la misma, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema informático programable de tal forma que se lleva a cabo el procedimiento respectivo.

50

**[0079]** Algunas realizaciones según la invención comprenden un soporte de datos que tiene señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema informático programable de tal forma que se lleva a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria.

55

**[0080]** En general, las realizaciones de la presente invención se pueden implementar como un producto de programa informático con un código de programa, estando el código de programa operativo para llevar a cabo uno de los procedimientos cuando se ejecuta el producto de programa informático en un ordenador. El código de programa, por ejemplo, se puede almacenar en un soporte legible por máquina.

60

**[0081]** Otras realizaciones comprenden el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria, que se almacena en un soporte legible por máquina o en un medio de almacenamiento no temporal.



**[0082]** En otras palabras, una realización del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un producto informático que tiene un código de programa para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria, cuando el programa informático se ejecuta en un ordenador.

5 **[0083]** Una realización adicional del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un soporte de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por ordenador) que comprende, grabado en el mismo, el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria.

10 **[0084]** Una realización adicional del procedimiento de la invención es, por lo tanto, un flujo de datos o secuencia de señales que representan el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria. El flujo de datos o la secuencia de señales se pueden configurar, por ejemplo, para ser transferidos a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de Internet.

15 **[0085]** Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, un ordenador, o un dispositivo lógico programable, en particular un procesador que comprende hardware, configurado o adaptado para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria.

20 **[0086]** Una realización adicional comprende un ordenador que tiene instalado en el mismo el programa informático para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria.

25 **[0087]** En algunas realizaciones, se puede usar un dispositivo lógico programable (por ejemplo, una matriz de puertas programables de campo) para llevar a cabo algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en la presente memoria. En algunas realizaciones, una matriz de puertas programables de campo puede cooperar con un microprocesador con el fin de llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente memoria. En general, los procedimientos son realizados de manera ventajosa por cualquier aparato de hardware.

Signos de referencia:

30	<b>[0088]</b>	
	1	dispositivo de lista adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición
	2	filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia
	3	bloque de actualización de filtro
	4	módulo de adaptación
35	5	módulo de corrección
	6	convertidor del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia
	7	procesador de bloque
	8	convertidor del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo
	9	módulo de resta
40	10	convertidor del dominio del tiempo al dominio de la frecuencia
	11	módulo de correlación circular
	12	conmutador
	13	módulo de control de secuencia de corrección
	14	módulo de actualización de matriz limitante aproximada
45	15	detector de cambio de trayectoria de eco
	16	dispositivo para cancelar una señal de eco
	FDS	señal de representación en el dominio de la frecuencia
	IS	señal de entrada en el dominio del tiempo
50	FB	bloque de coeficientes de filtro
	FS	señal filtrada
	US	señal de actualización
	BFDS	bloque de señal de representación en el dominio de la frecuencia
	BFDS'	bloque conjugado de la señal de representación en el dominio de la frecuencia
55	FCS	señal de control en el dominio de la frecuencia
	RFS	representación de la señal filtrada
	CU	aproximación de la actualización de gradiente limitada
	CE	error acumulado
	CCU	actualización de gradiente limitada corregida
60	FTS	señal filtrada en el dominio del tiempo
	STP	señal que se va a procesar
	OS	señal de salida
	CSC	esquema de corrección

	AS	secuencia de adaptación
	CS	secuencia de corrección
	FCM	matriz limitante
	ACM	matriz limitante aproximada
5	EES	señal de eco estimada
	ES	señal de eco
	WS	señal deseada
	LS	altavoz
10	MI	micrófono

Referencias:

**[0089]**

- 15 [1] J. J. Shynk, "Frequency-domain and multirate adaptive filtering", IEEE Signal Process. Mag., vol. 9, nº 1, pág. 14-37, enero de 1992.
- [2] S. Haykin, Adaptive Filter Theory, 4ª edición Prentice-Hall, 2002.
- 20 [3] A. Oppenheim y R. W. Schaffer, Digital Signal Processing, 2ª ed. Prentice-Hall Inc., Englewood Cliff, NJ, 1993.
- [4] J. Benesty y D. R. Morgan, "Frequency-domain adaptive filtering revisited, generalization to the multi-channel case, and application to acoustic echo cancellation", in Proc. IEEE ICASSP, vol. 2, pág. 289–292, 2000.
- 25 [5] P. C. W. Sommen, "Partitioned frequency-domain adaptive filters", in Proc. Asilomar Conf. on Signals, Systems and Computers, pág. 677–681, 1989.
- [6] D. Mansour y A. J. Gray, Jr, "Unconstrained frequency-domain adaptive filter", IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process., vol. 30, nº 5, pág. 726–734, oct. 1982.
- 30 [7] J. S. Soo y K. K. Pang, "Multidelay block frequency domain adaptive filter", IEEE Trans. Acoust., Speech, Signal Process., vol. 38, pág. 373–376, feb. 1990.
- 35 [8] M. Joho y G.S. Moschytz, "Connecting partitioned frequency-domain filters in parallel or in cascade", IEEE Trans. Circuits Syst. II, vol. 47, nº 8, pág. 685–697, Ago. 2000.
- [9] R. M. M. Derkx, G. P. M. Engelmeers, y P. C. W. Sommen, "New constraining method for partitioned block frequency-domain adaptive filters", IEEE Trans. Signal Process., vol. 50, nº 3, pág. 2177–2186, 2002.
- 40 [10] "Partitioned block frequency domain adaptive filter", patente europea neerlandesa PCT/EP2001/009 625, Ago 13, 2001.
- [11] M. A. Iqbal y S. L. Grant, "A novel normalized cross-correlation based echo-path change detector", in 2007 IEEE Region 5 Conference, Fayetteville, AR, pág. 249–251, abr. 2007.
- 45

## REIVINDICACIONES

1. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición que comprende:
- 5 un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia (2) configurado para filtrar una representación en el dominio de la frecuencia (FDS) de una señal de entrada (IS) en el dominio del tiempo que depende de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques (FB.1, FB.2, FB.B) de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada (FS);  
 una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo (3.1, 3.2, 3.B), estando cada uno de los  
 10 bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) configurado para actualizar uno de los bloques (FB.1, FB. 2, FB.B) de coeficientes de filtro basándose en una señal de actualización (US.1, US.2, US.B) recopilada por una correlación circular de un bloque (BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B) de la señal de representación en el dominio de la frecuencia (FDS) y una señal de control en el dominio de la frecuencia (FCS) que comprende una representación (RFS) de la señal filtrada (FS);  
 15 en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) comprende un módulo de adaptación (4.1, 4.2, 4.B) configurado para ejecutar una secuencia de adaptación (AS) que comprende la etapa de cálculo de una aproximación de una actualización de gradiente limitada (CU.1, CU.2, CU.B) para los coeficientes de filtro del bloque (FB.1, FB.2, FB.B) respectivo de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada (ACM) que tiene menos complejidad que una matriz limitante (FCM) a una actualización de gradiente no limitada para los  
 20 coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro, en el que la actualización de gradiente no limitada se obtiene de la señal de actualización (US.1, US.2, US.B);  
**caracterizado porque**  
 la secuencia de adaptación (AS) comprende la etapa adicional de cálculo de un error acumulado (CE.1, CE.2, CE.B) introducido en la actualización de gradiente no limitada aplicando la matriz limitante aproximada (ACM) a la  
 25 actualización de gradiente no limitada;  
 en el que cada uno de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) comprende un módulo de corrección (5.1, 5.2, 5.B) configurado para ejecutar una secuencia de corrección (CS) que comprende las etapas de cálculo de una actualización de gradiente limitada corregida (CCU.1, CCU.2, CCU.B) para los coeficientes de filtro del bloque (FB.1, FB.2, FB.B) respectivo de coeficientes de filtro aplicando la matriz limitante (FCM) a una suma de la  
 30 aproximación de la actualización de gradiente limitada (CU.1, CU.2, CU.B) y el error acumulado (CE.1, CE.2, CE.B).
2. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la reivindicación anterior, en el que el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición (1) comprende un módulo de control de secuencia de corrección (13) configurado para decidir si y en cuáles  
 35 de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) se aplica la secuencia de corrección (CS) después de ejecutar la secuencia de adaptación (AS).
3. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la reivindicación anterior, en el que el módulo de control de secuencia de corrección (13) se configura para decidir si y  
 40 en cuáles de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) se aplica la secuencia de corrección (CS) basándose en los errores acumulados de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B).
4. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la reivindicación 2 o 3, en el que el módulo de control de secuencia de corrección (13) comprende un esquema de  
 45 corrección (CSC) que define para cada uno de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) un número de secuencias de adaptación (AS) después del cual se aplica la secuencia de corrección (CS) en la partición de filtro respectiva (3.1, 3.2, 3.B).
5. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la reivindicación anterior, en el que para cada uno de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) el número de  
 50 secuencias de adaptación (AS) después del cual se aplica la secuencia de corrección (CS) en el bloque de filtro (3.1, 3.2, 3.B) respectivo disminuye en respuesta a un cambio de la señal de control en el dominio de la frecuencia (FCS) que supera un umbral.
6. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la reivindicación 4 o 5, en el que para cada uno de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) el número de  
 55 secuencias de adaptación (AS) después del cual se aplica la secuencia de corrección (CS) en el bloque de filtro (3.1, 3.2, 3.B) respectivo se adapta dinámicamente basándose en una medición de la señal de control en el dominio de la frecuencia (FCS).
7. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según una de las reivindicaciones anteriores, en el que el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con  
 60 partición (1) comprende un módulo de actualización de matriz limitante aproximada (14) configurado para adaptar dinámicamente la complejidad de la matriz limitante aproximada.

8. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la reivindicación anterior, en el que el módulo de actualización de matriz limitante aproximada (14) se configura para adaptar dinámicamente la complejidad de la matriz limitante aproximada (ACM) dependiendo de una medición de la  
5 señal de control en el dominio de la frecuencia (FCS).

9. Dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición según la reivindicación 7 u 8, en el que el módulo de actualización de matriz limitante aproximada (14) se configura para ampliar la complejidad de la matriz limitante aproximada (ACM) en respuesta a un cambio de la señal de control en el dominio  
10 de la frecuencia (FCS) que supera un umbral.

10. Dispositivo para cancelar una señal de eco (ES) de una señal de entrada en el dominio del tiempo (IS), comprendiendo el dispositivo (16) un dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia de bloques con partición (1) según la reivindicación 1, comprendiendo además el dispositivo de filtro adaptativo en el dominio de la  
15 frecuencia de bloques con partición (1):

un convertidor del dominio de la frecuencia al dominio del tiempo (8) configurado para convertir la señal filtrada (FS) en una señal de eco estimada (EES) que representa una estimación de la señal de eco (ES) en el dominio del tiempo; un módulo de resta (9) para producir una señal de salida (OS) restando la señal de eco estimada (EES) de una señal  
20 que se va a procesar (STP) que comprende la señal de eco.

11. Procedimiento de filtrado adaptativo que comprende las etapas de:

uso de un filtro adaptativo en el dominio de la frecuencia (2) para filtrar una representación en el dominio de la  
25 frecuencia (FDS) de una señal de entrada en el dominio del tiempo dependiendo de un conjunto de coeficientes de filtro que consisten en una pluralidad de bloques (FB.1, FB.2, FB.B) de coeficientes de filtro con el fin de producir una señal filtrada (FS);

uso de cada bloque de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) de una pluralidad de bloques de actualización de filtro dispuestos en paralelo (3.1, 3.2, 3.B) para actualizar uno de los bloques de coeficientes de filtro (FB.1, FB.2, FB.B)  
30 basándose en una señal de actualización (US.1, US.2, US.B) recopilada por una correlación circular de un bloque (BFDS.1, BFDS.2, BFDS.B) de la señal de representación en el dominio de la frecuencia (FDS) y una señal de control en el dominio de la frecuencia (FCS) que comprende una representación (RFS) de la señal filtrada (FS);

ejecución de una secuencia de adaptación (AS) para cada uno de los bloques de actualización de filtro (CU.1, CU.2, CU.B) usando un módulo de adaptación (4.1, 4.2, 4.B) del bloque de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) respectivo,  
35 comprendiendo la secuencia de adaptación (AS) las etapas de

cálculo de una aproximación de la actualización de gradiente limitada (CU.1., CU.2, CU.B) para los coeficientes de filtro del bloque (FB.1, FB.2, FB.B) respectivo de coeficientes de filtro aplicando una matriz limitante aproximada (ACM) que tiene una menor complejidad que una matriz limitante (FCM) a una actualización de gradiente no limitada para los coeficientes de filtro del bloque respectivo de coeficientes de filtro, en el que la actualización de gradiente no limitada  
40 se obtiene de la señal de actualización (US.1, US.2, US.B);

**caracterizado por** las etapas adicionales de

cálculo de un error acumulado (CE.1, CE.2, CE.B) introducido en el gradiente no limitado aplicando la matriz limitante aproximada (ACM) a la actualización de gradiente no limitada;

ejecución de una secuencia de corrección (CS) para cada uno de los bloques de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B)  
45 usando un módulo de corrección (5.1, 5.2, 5.B) del bloque de actualización de filtro (3.1, 3.2, 3.B) respectivo, comprendiendo la secuencia de corrección (CS) las etapas de

cálculo de una actualización de gradiente limitada corregida (CCU.1, CCU.2, CCU.B) para los coeficientes de filtro del bloque (FB.1, FB.2, FB.B) respectivo de coeficientes de filtro aplicando la matriz limitante en el dominio de la frecuencia (FCM) a una suma de la aproximación de la actualización de gradiente limitada (CU.1, CU.2, CU.B) y el error  
50 acumulado (CE.1, CE.2, CE.B).

12. Programa informático para filtrado adaptativo, cuando se aplica en un procesador, que ejecuta el procedimiento del acuerdo con la reivindicación anterior.

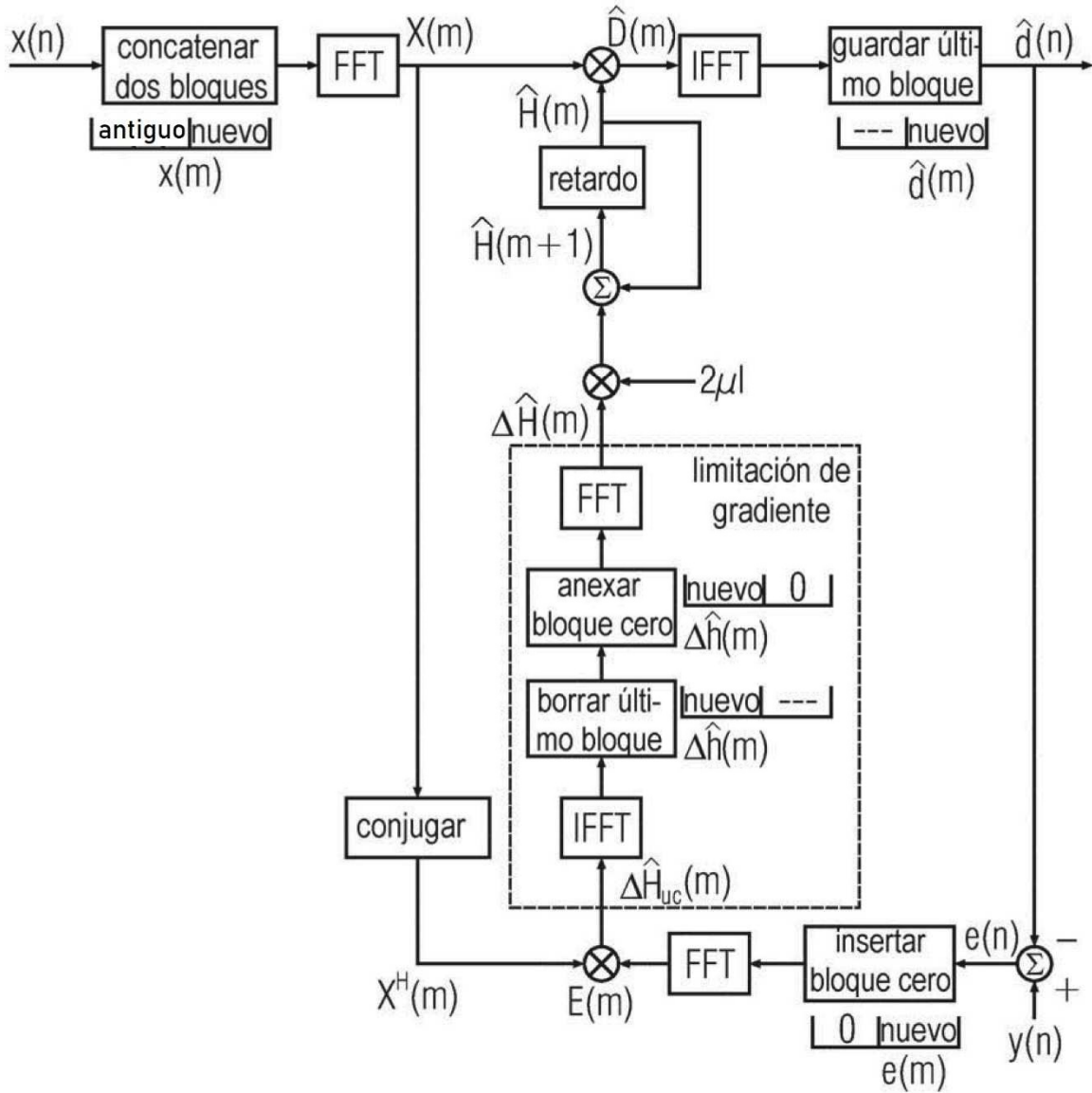


FIG 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

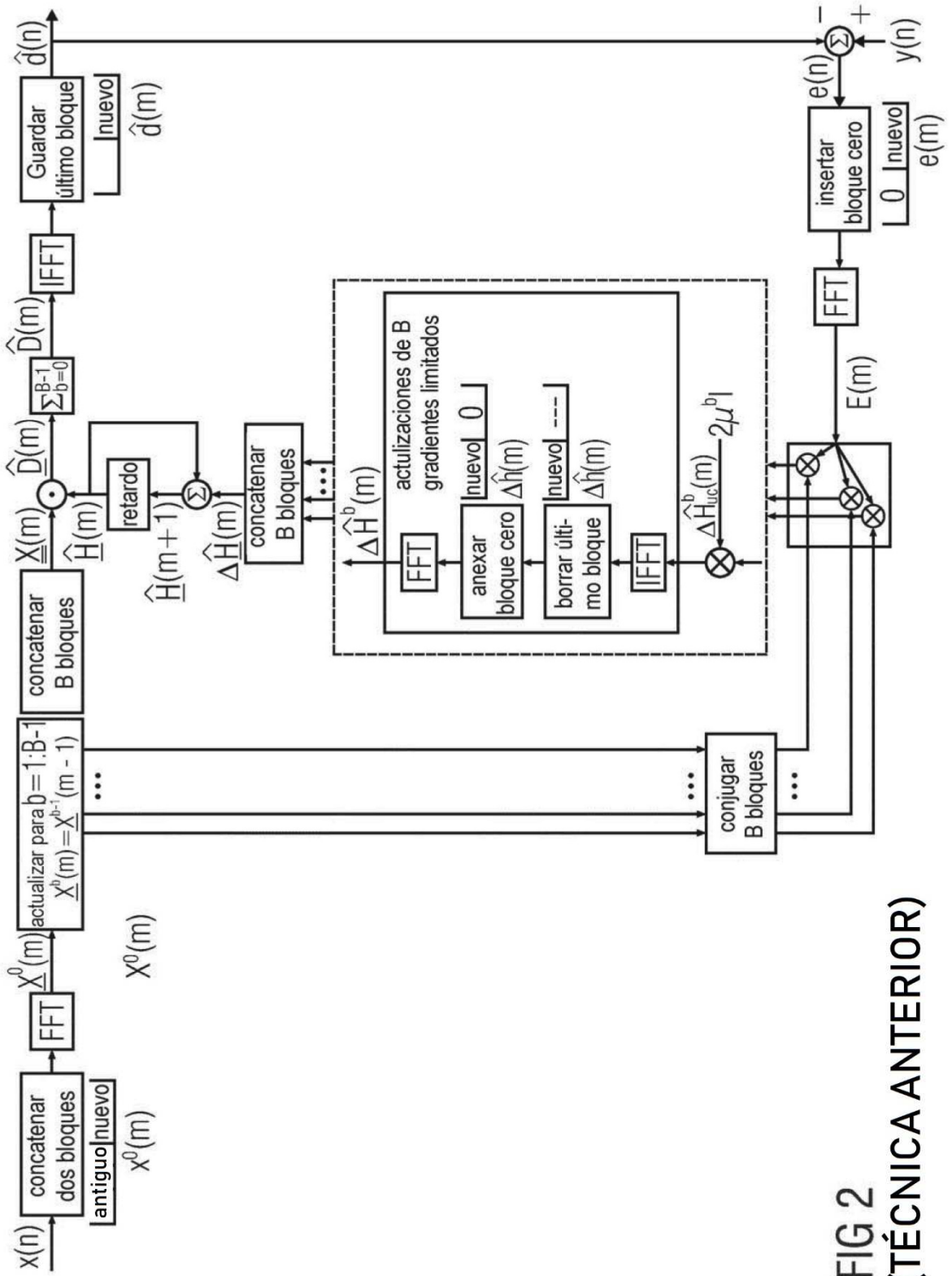


FIG 2  
(TÉCNICA ANTERIOR)





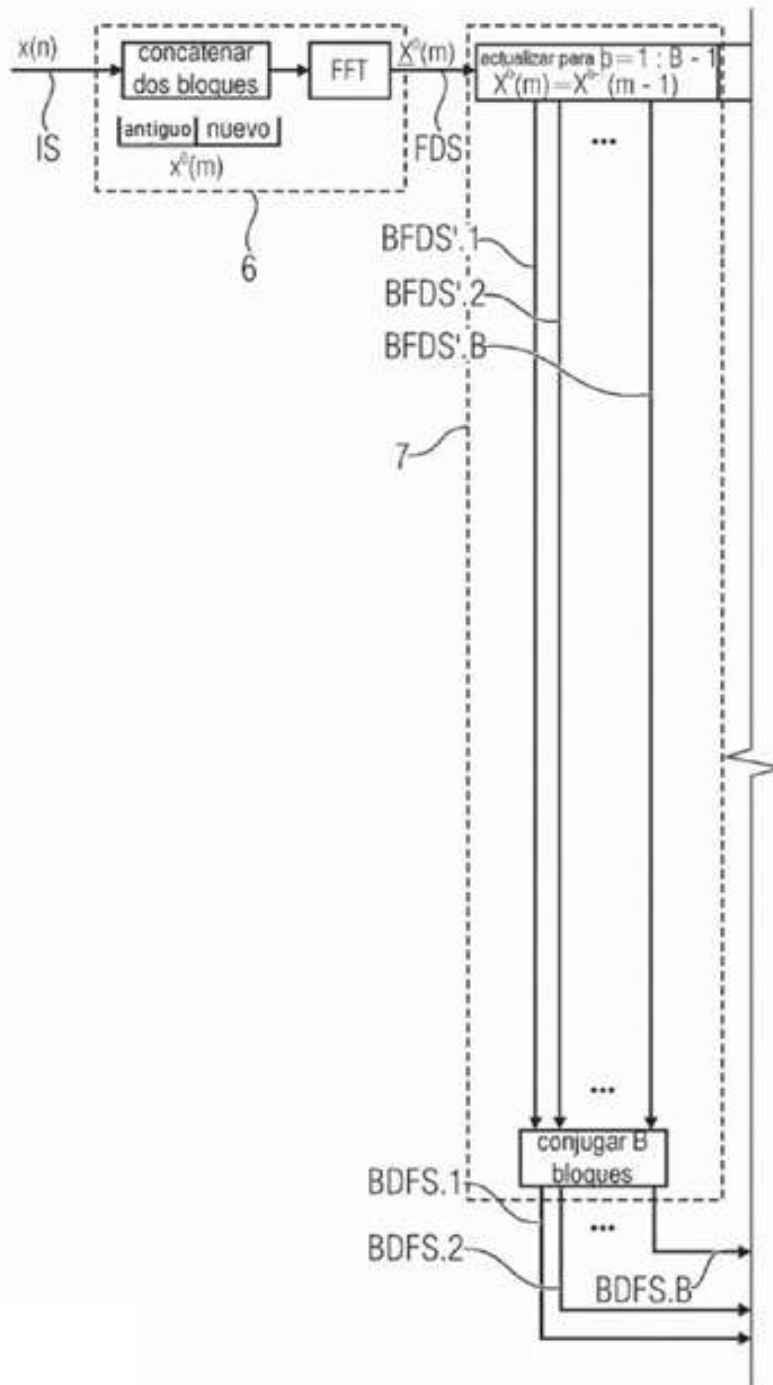


FIG 4A

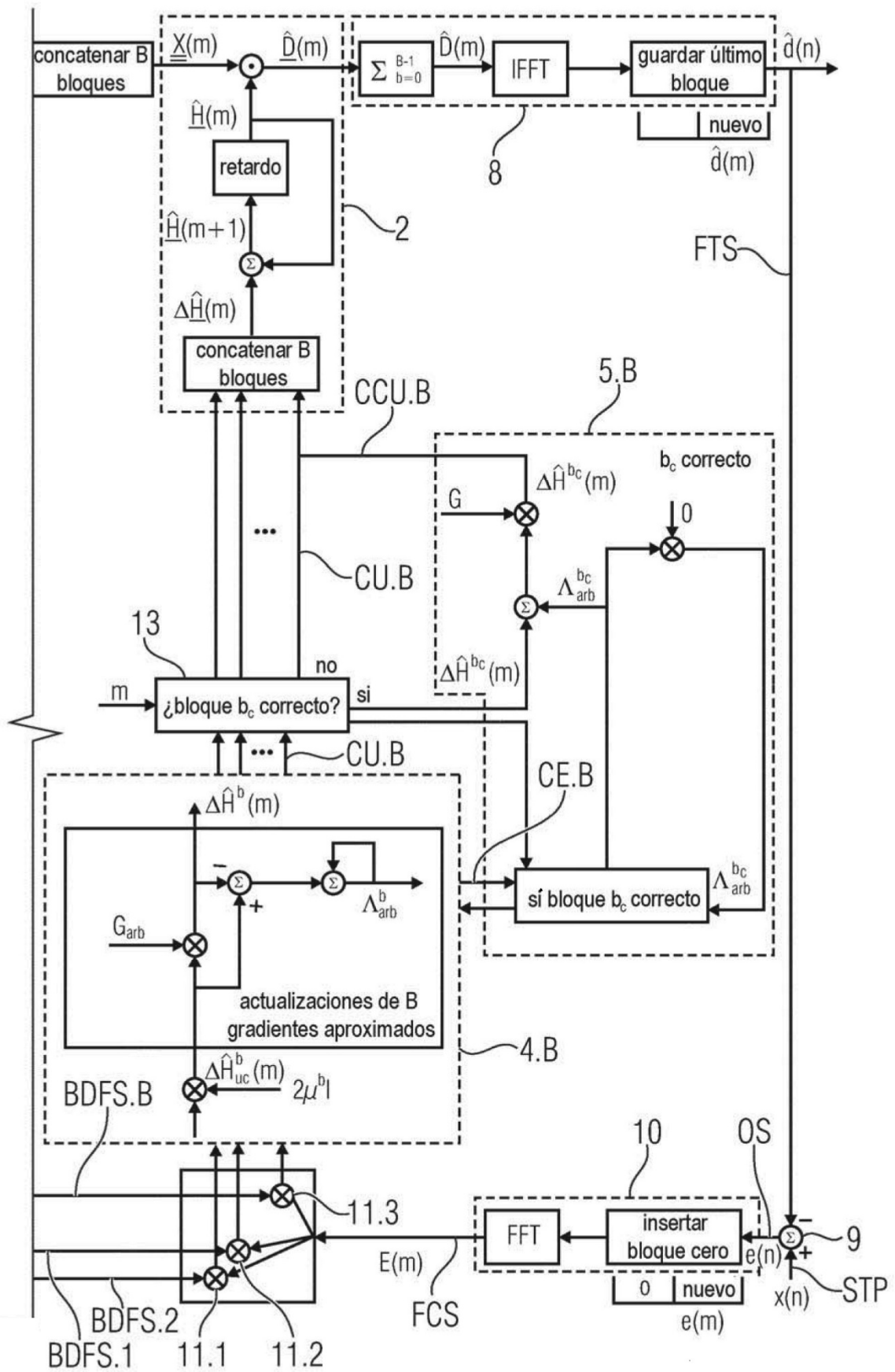


FIG 4B

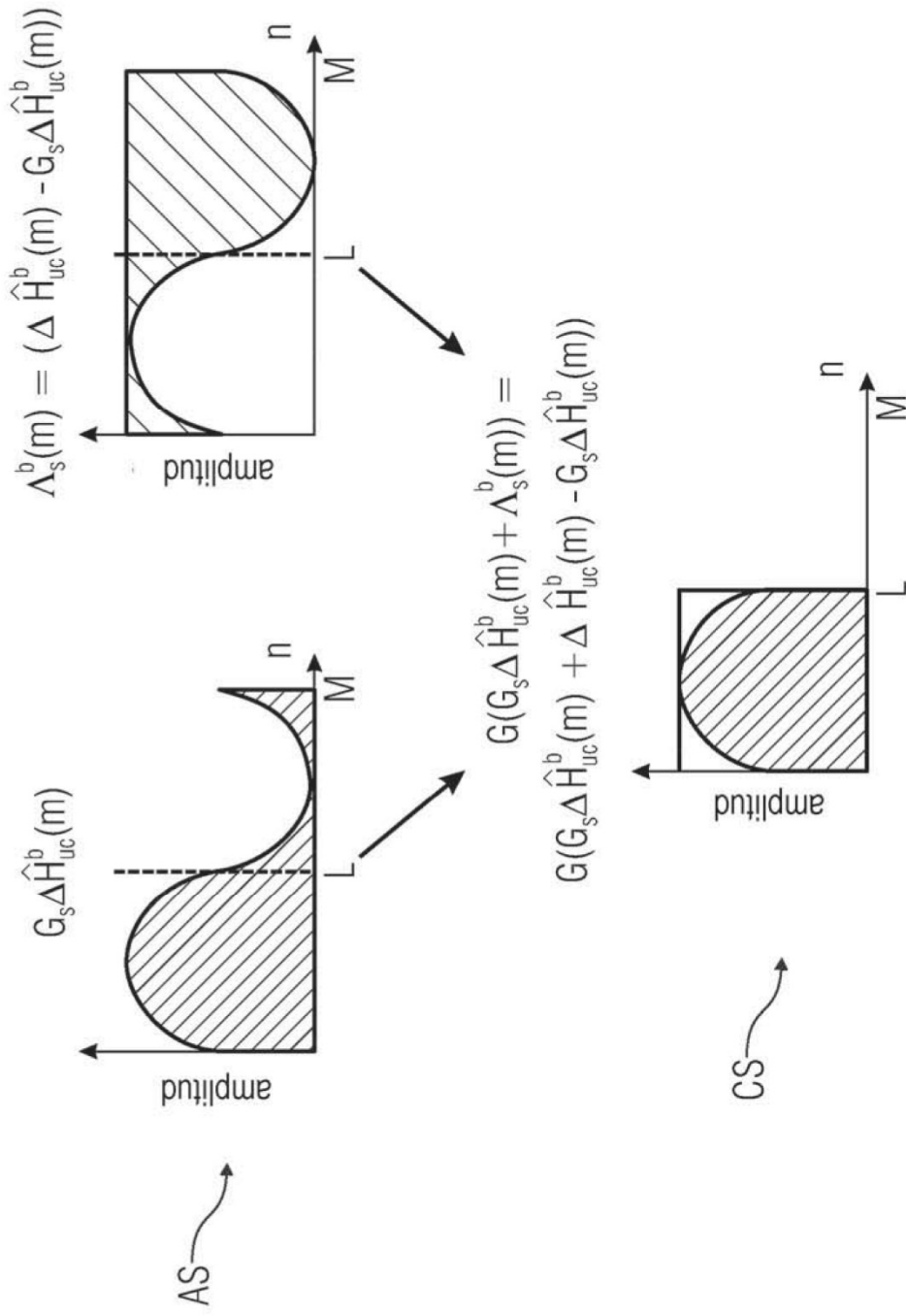


FIG 5

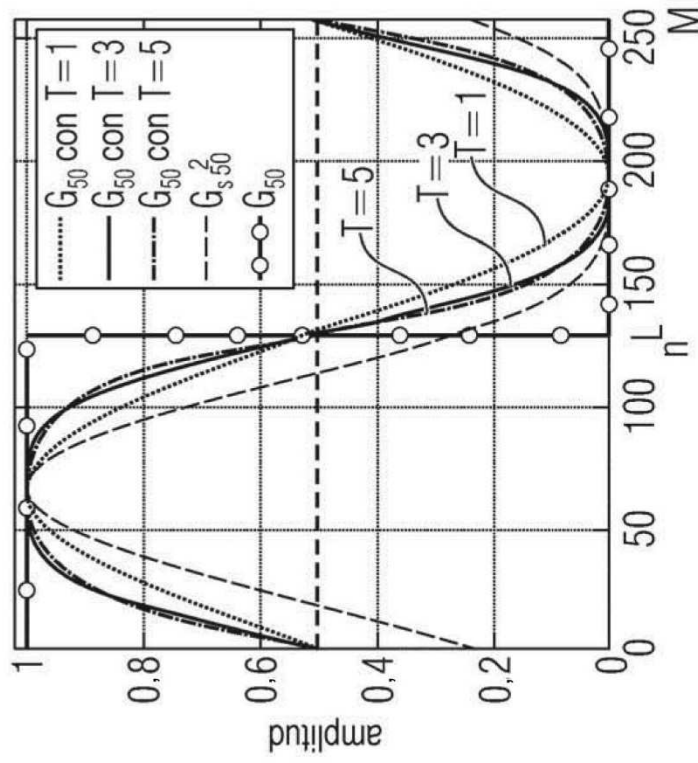


FIG 6B

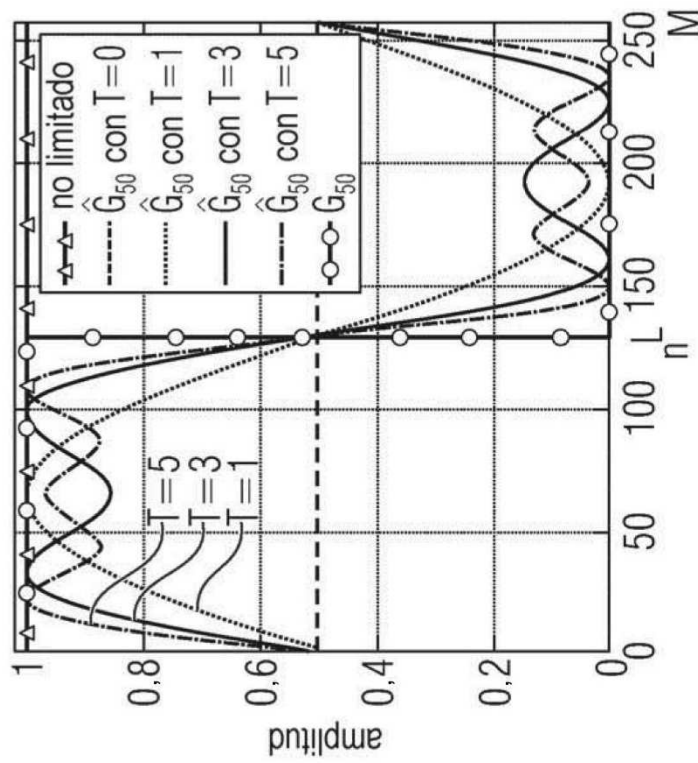


FIG 6A

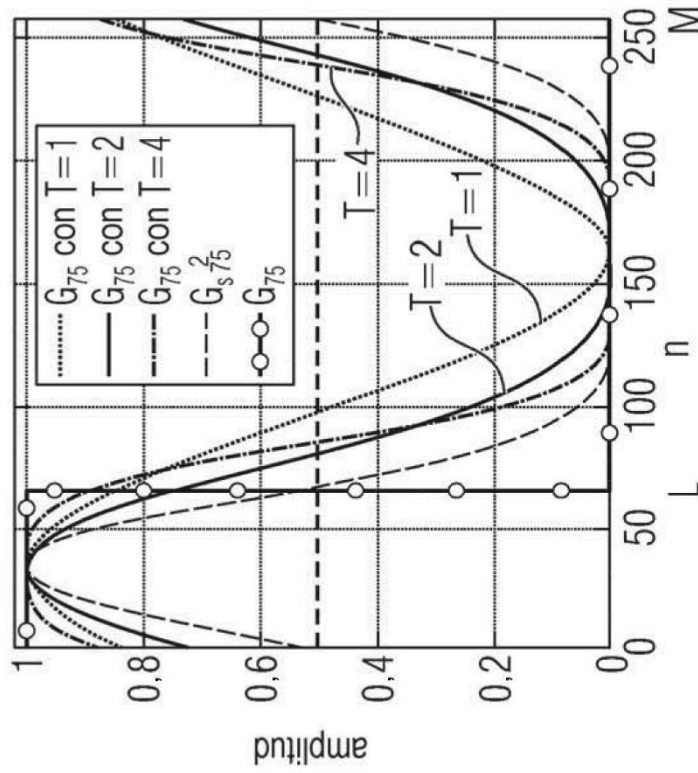


FIG 7B

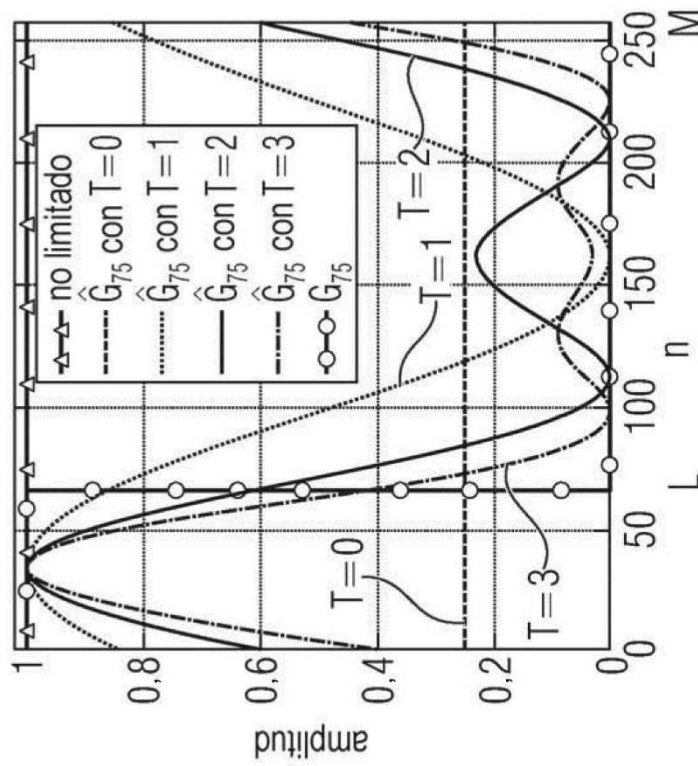


FIG 7A

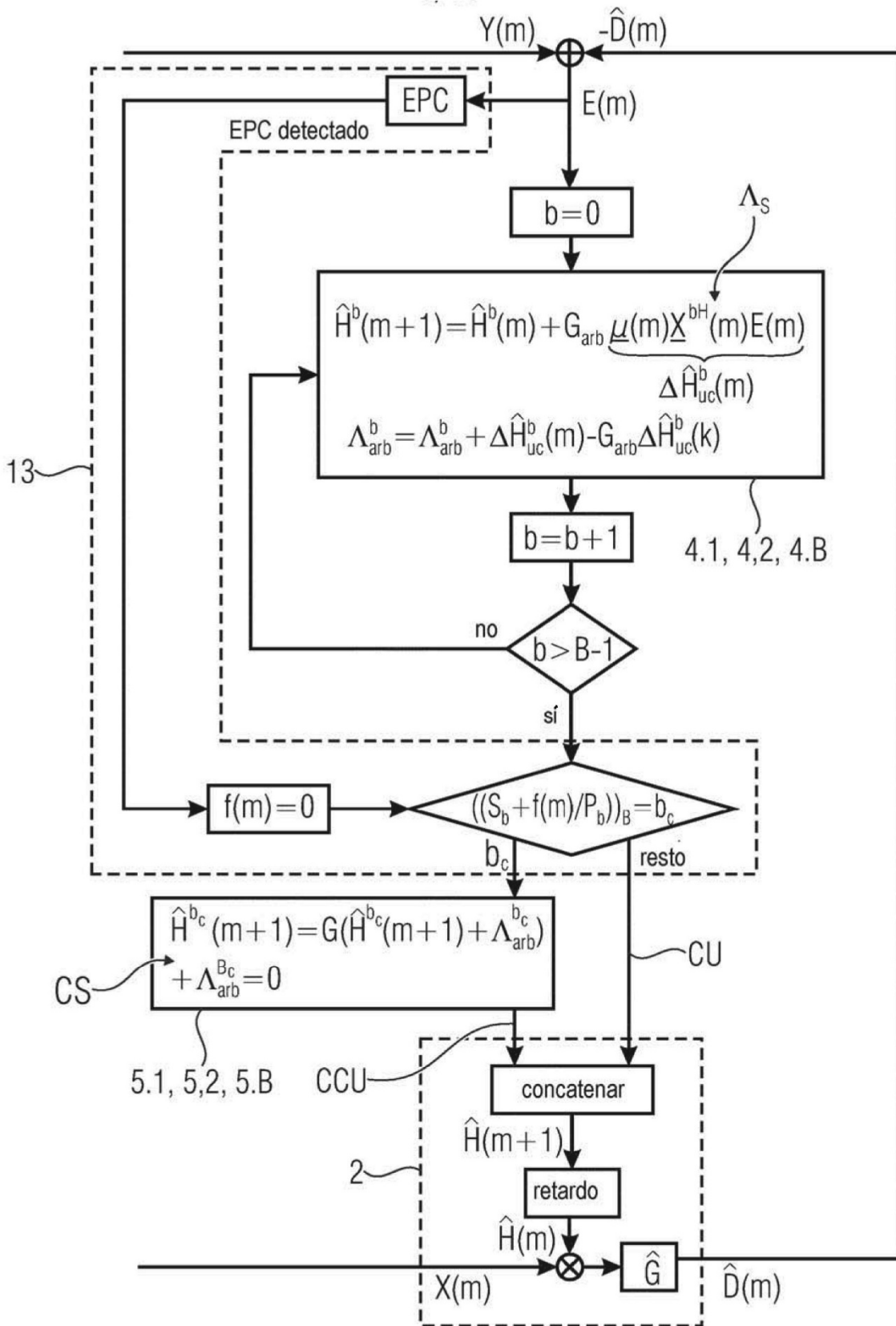


FIG 8

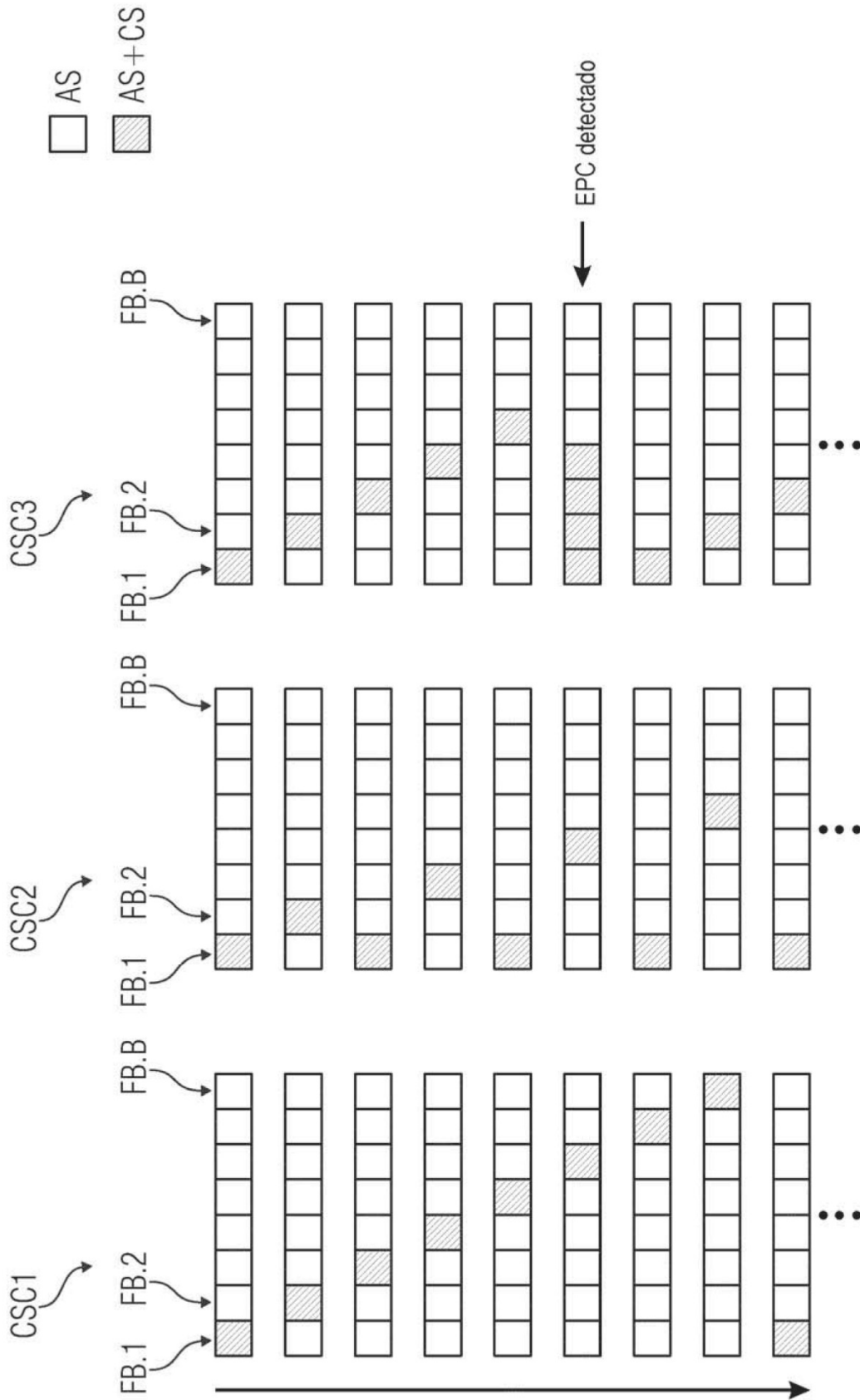


FIG 9



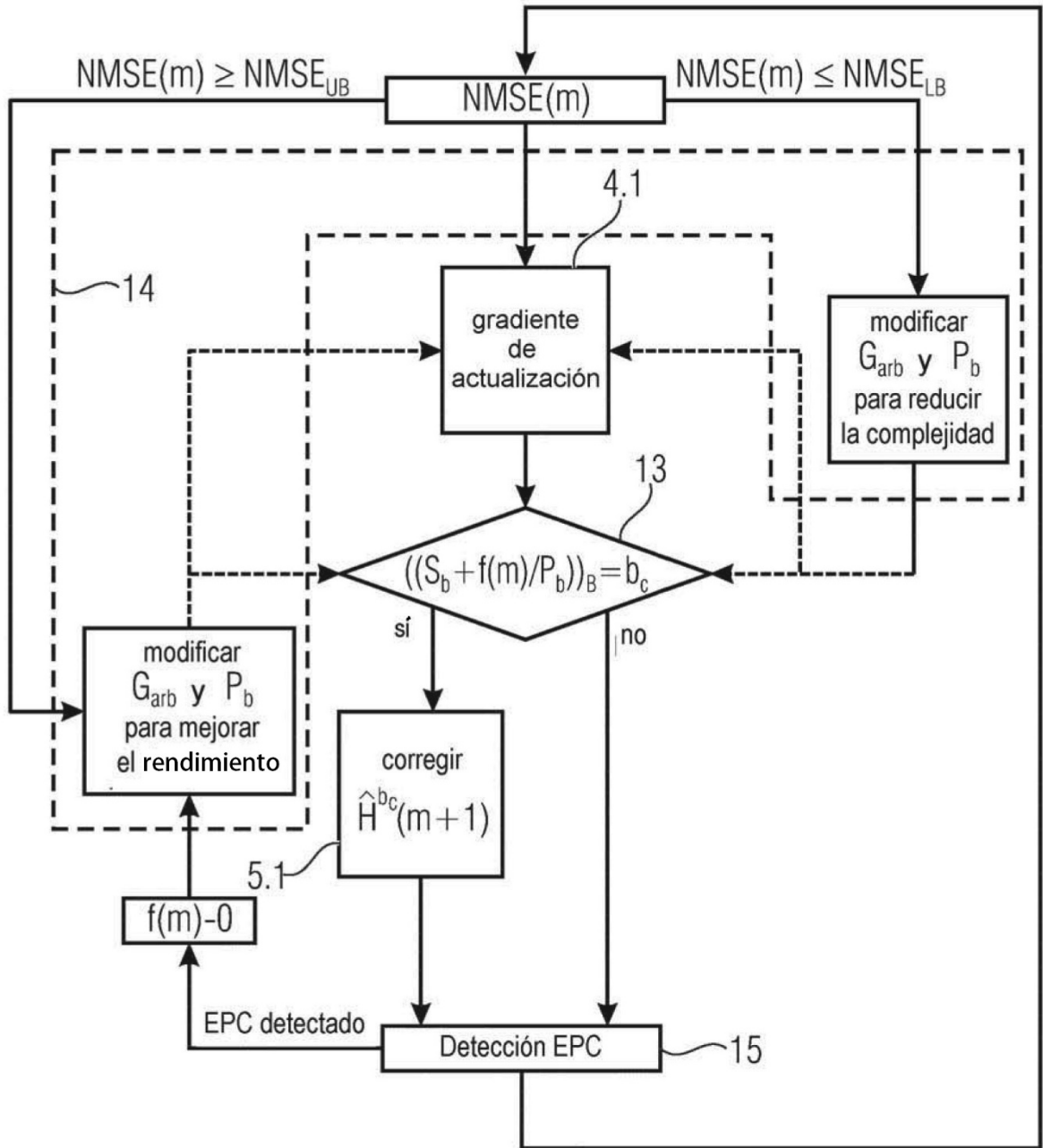


FIG 10

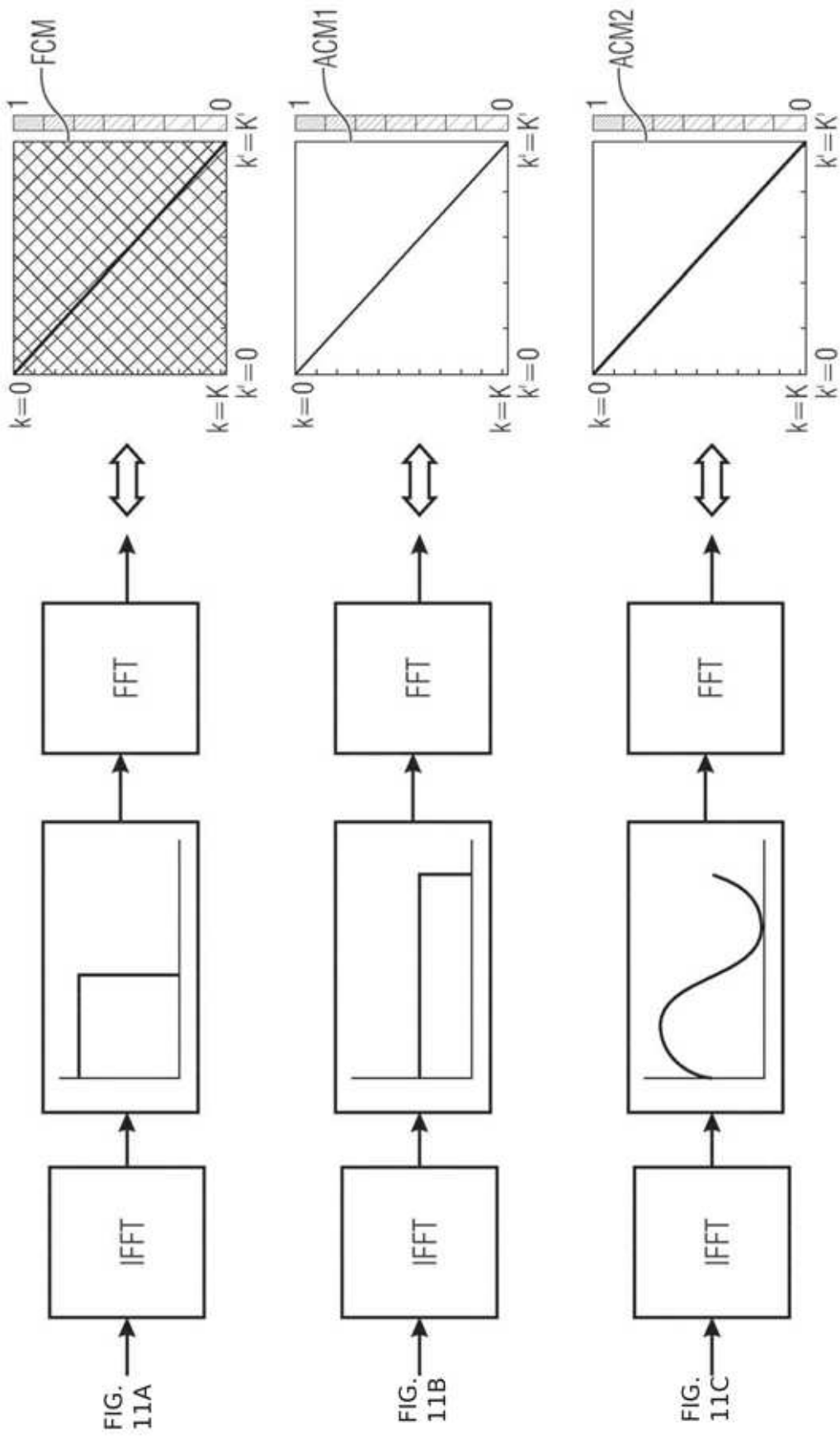


FIG 11

