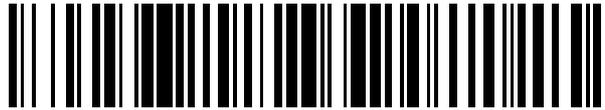


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 444 973**

21 Número de solicitud: 201231331

51 Int. Cl.:

H03L 7/00

(2006.01)

12

SOLICITUD DE PATENTE

A2

22 Fecha de presentación:

27.08.2012

43 Fecha de publicación de la solicitud:

27.02.2014

71 Solicitantes:

UNIVERSIDAD POLITÉCNICA DE MADRID

(100.0%)

C/ Ramiro de Maeztu, 7

28040 Madrid ES

72 Inventor/es:

YESTE OJEDA, Omar Artemi y

GRAJAL DE LA FUENTE, Jesús

74 Agente/Representante:

CARVAJAL Y URQUIJO, Isabel

54 Título: **SISTEMA Y MÉTODO DE FILTRADO MEDIANTE DESPLAZAMIENTO EN FRECUENCIA REALIMENTADO**

57 Resumen:

Sistema y método de filtrado mediante desplazamiento en frecuencia realimentado. El sistema comprende un primer filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado (10) con:

- un primer dispositivo de realimentación (5), que comprende un filtro (2) lineal e invariante en el tiempo y un mezclador (4) para conformar y desplazar en frecuencia la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w(t)$;
- un primer sumador (3) para sumar la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación (5) y una señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$;
- un primer filtro (1) lineal e invariante en el tiempo, situado antes o después del primer sumador (3), para conformar la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ y así obtener la señal de salida $s(t)$.

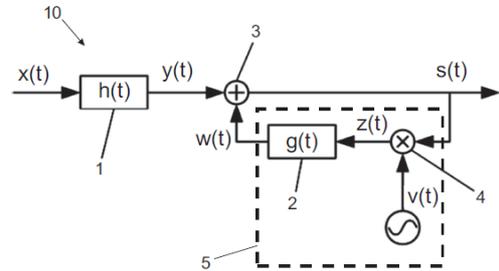


Fig. 2

ES 2 444 973 A2

DESCRIPCIÓN

Sistema y método de filtrado mediante desplazamiento en frecuencia realimentado

5 SECTOR TÉCNICO

La invención se encuadra en el sector técnico de la teoría de la información y de las comunicaciones, y más concretamente en el campo de la estimación lineal de señal.

10 ANTECEDENTES DE LA INVENCION

El filtro de Wiener cíclico es el estimador lineal óptimo de señales modeladas como procesos estocásticos cicloestacionarios.

15 Actualmente, el filtro de Wiener cíclico se implementa mediante filtros de desplazamiento en frecuencia (conocidos como filtros FRESH), que son filtros lineales periódicamente variantes en el tiempo.

20 Los filtros de desplazamiento en frecuencia utilizan una arquitectura en la que la señal de entrada se procesa de forma paralela en diferentes ramas. En cada rama, la señal de entrada se desplaza en frecuencia y se filtra mediante un filtro lineal e invariante en el tiempo. La salida del filtro de desplazamiento en frecuencia se obtiene al sumar las salidas de todas las ramas.

25 El problema de los filtros de desplazamiento en frecuencia convencionales es que para llegar a obtener las mismas prestaciones en términos de error cuadrático medio que el filtro de Wiener cíclico necesitan un gran número de ramas. En el peor de los casos, el número de ramas puede llegar a ser, teóricamente, infinito. Por lo tanto, el coste computacional de tener que procesar la señal de entrada en paralelo en todas las ramas del filtro de desplazamiento en frecuencia crece ilimitadamente con el número de ramas utilizado para el filtro.

30 La presente invención pretende, para un mismo coste computacional, mejorar las prestaciones de los filtros de desplazamiento en frecuencia convencionales en términos de error cuadrático medio. Esta mejora proviene del hecho de que los filtros de desplazamiento en frecuencia convencionales necesitan una rama por cada ciclofrecuencia cuya correlación espectral se desee utilizar. Por el contrario, la presente invención consigue explotar un número infinito de ciclofrecuencias con un número reducido de elementos.

35 DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

La presente invención se refiere a una nueva implementación de filtros lineales y periódicamente variantes en el tiempo, en la que, en lugar de desplazar en frecuencia la señal de entrada, se filtra de forma lineal e invariante en el tiempo una versión de la señal de salida desplazada en frecuencia y realimentada.

40 La presente invención define una nueva implementación de filtros lineales variantes en el tiempo válidos para la estimación de una señal deseada a partir de una señal de entrada. El objetivo de la invención es, dado un requisito de carga computacional, mejorar las prestaciones en términos de error de estimación de los filtros de desplazamiento en frecuencia convencionales. La principal característica novedosa se basa en la realimentación de una versión de la salida del sistema que es desplazada en frecuencia.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un sistema de filtrado mediante desplazamiento en frecuencia realimentado, que comprende un primer filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado con:

- 50
- un primer dispositivo de realimentación, que comprende un filtro lineal e invariante en el tiempo y un mezclador para conformar y desplazar en frecuencia (desplazamiento y conformación realizados en un orden indiferente) la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w(t)$;
 - un primer sumador para sumar la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación y una señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$;
 - 55 - un primer filtro lineal e invariante en el tiempo, situado antes o después del primer sumador, para conformar la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ y así obtener la señal de salida $s(t)$.

En una realización preferente el primer filtro está configurado para conformar una señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ y obtener una señal $y(t)$, estando el primer sumador configurado para sumar dicha señal $y(t)$ con la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación para obtener la señal de salida $s(t)$.

60 En otra realización, el primer sumador está configurado para sumar la señal de entrada $x(t)$ con la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación y obtener una señal $y(t)$, estando el primer filtro configurado para conformar dicha señal $y(t)$ para obtener la señal de salida $s(t)$.

- En una realización el mezclador del primer dispositivo de realimentación puede estar configurado para desplazar en frecuencia la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$ y obtener una señal $z(t)$, estando el filtro de dicho primer dispositivo de realimentación configurado para conformar una versión de dicha señal de salida realimentada y desplazada en frecuencia $z(t)$ y obtener la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación.
- 5 En otra realización el filtro del primer dispositivo de realimentación está configurado para conformar la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$ y obtener una señal $z(t)$, estando el mezclador de dicho primer dispositivo de realimentación configurado para desplazar en frecuencia dicha señal $z(t)$ y obtener la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación.
- 10 El sistema puede comprender un segundo dispositivo de realimentación, que comprende un filtro lineal e invariante en el tiempo y un mezclador para conformar y desplazar en frecuencia (desplazamiento y conformación realizados en cualquier orden) la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w_2(t)$ que alimenta al primer sumador; donde la señal de oscilador local $v(t)$ de dicho mezclador es la conjugada compleja de la señal utilizada en el mezclador del primer dispositivo de realimentación.
- 15 El sistema puede comprender un primer mezclador de entrada para desplazar en frecuencia la señal de entrada $x(t)$, obteniendo la señal $x_L(t)$ que alimenta al primer filtro y al primer sumador.
- 20 El sistema puede comprender adicionalmente un segundo filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado y un segundo sumador, estando el primer y segundo filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado configurados para filtrar en paralelo, respectivamente, la señal de entrada $x(t)$ y su conjugada compleja, y estando el segundo sumador configurado para sumar posteriormente la salida de ambos filtros para obtener la señal de salida $s(t)$.
- 25 La señal del oscilador local $v(t)$ es preferentemente una senoide de frecuencia igual a la ciclofrecuencia fundamental, o cualquiera de sus múltiplos, de la señal que se pretende estimar.
- Otro aspecto de la invención se refiere a un método de filtrado mediante desplazamiento en frecuencia realimentado, que comprende ejecutar, mediante un primer filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado, las siguientes etapas:
- 30 - conformar y desplazar en frecuencia (en un orden indiferente), en una primera rama de realimentación, la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w(t)$;
- sumar la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación y una señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$;
- 35 - conformar la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ para así obtener la señal de salida $s(t)$.
- En una realización preferente en la etapa de conformación de la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ se obtiene una señal $y(t)$, la cual es sumada en la etapa de suma con la señal de salida $w(t)$ para obtener la señal de salida $s(t)$.
- 40 En otra realización en la etapa de suma la señal de salida $w(t)$ es sumada con la señal de entrada $x(t)$ para obtener una señal $y(t)$, la cual es conformada en la etapa de conformación de la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ para así obtener la señal de salida $s(t)$.
- En cualquiera de las ramas de realimentación, las etapas de conformación y de desplazamiento en frecuencia pueden realizarse en cualquier orden.
- 45 El método puede comprender conformar y desplazar en frecuencia (desplazamiento y conformación realizados en un orden indiferente), en una segunda rama de realimentación, la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w_2(t)$ que alimenta la etapa de suma; donde la señal de oscilador local $v(t)$ para el desplazamiento en frecuencia de la segunda rama de realimentación se obtiene tomando la conjugada compleja de la señal de oscilador local utilizada en el desplazamiento en frecuencia de la primera rama de realimentación.
- 50 La señal del oscilador local $v(t)$ es preferentemente una senoide de frecuencia igual a la ciclofrecuencia fundamental, o cualquiera de sus múltiplos, de la señal que se pretende estimar.
- 55 El método puede comprender también desplazar en frecuencia la señal de entrada $x(t)$, obteniendo la señal $x_L(t)$ que alimenta la etapa de suma y conformación de la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$.
- En otra realización el método comprende:

- realizar, mediante el primer filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado y mediante un segundo filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado, el filtrado en paralelo, respectivamente, de la señal de entrada $x(t)$ y su conjugada compleja;

- sumar posteriormente la salida de ambos filtros para obtener la señal de salida $s(t)$.

La presente invención describe la arquitectura de un nuevo estimador lineal de señal que puede sustituir a los filtros de desplazamiento en frecuencia en cualquier aplicación. Por lo tanto, su ámbito de aplicación en el mismo que el de dichos filtros, que actualmente se utilizan para:

- a) Cancelación de interferencias
- b) Separación de señales
- c) Ecuilibración de canal
- d) Conformado de haz
- e) Comunicaciones seguras
- f) Reconstrucción de señal
- g) Comunicaciones múltiple entrada-múltiple salida (MIMO)
- h) Comunicaciones inalámbricas
- i) Procesado adaptativo en el dominio espacio tiempo (STAP)
- j) Comunicaciones de acceso múltiple por división en el código (CDMA)
- k) Sistema global de comunicaciones móviles (GSM)

BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS

A continuación se pasa a describir de manera muy breve una serie de dibujos que ayudan a comprender mejor la invención y que se relacionan expresamente con una realización de dicha invención que se presenta como un ejemplo no limitativo de ésta.

La Figura 1 muestra un filtro de desplazamiento en frecuencia convencional, de acuerdo al estado del arte.

La Figura 2 representa una primera arquitectura de un filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado de acuerdo a la presente invención.

La Figura 3 representa una segunda arquitectura de un filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado de acuerdo a la presente invención.

La Figura 4 muestra una tercera arquitectura de un filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado de acuerdo a la presente invención.

La Figura 5 representa una cuarta arquitectura de un filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado de acuerdo a la presente invención.

La Figura 6 representa un filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado con doble lazo de realimentación, de acuerdo a la presente invención.

La Figura 7 muestra un filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado con pre-desplazamiento en frecuencia, de acuerdo a la presente invención.

La Figura 8 muestra un filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado lineal en sentido amplio, de acuerdo a la presente invención.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE LA INVENCION

En la **Figura 1** se representa el esquema general de un filtro de desplazamiento en frecuencia convencional, según el estado del arte. La señal de entrada $x(t)$ se procesa de forma paralela en diferentes ramas. En cada rama la señal se desplaza en frecuencia y se filtra. La salida $s(t)$ del filtro de desplazamiento en frecuencia se obtiene al sumar las salidas de todas las ramas.

En una primera realización de la presente invención, mostrada en la **Figura 2**, el filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado comprende:

- Un primer filtro (1) lineal e invariante en el tiempo, de respuesta al impulso $h(t)$, para conformar la señal de entrada $x(t)$ y obtener a su salida la señal $y(t)$.

- Un segundo filtro (2) lineal e invariante en el tiempo, de respuesta al impulso $g(t)$, para conformar una versión de la señal de salida realimentada y desplazada en frecuencia, $z(t)$, y obtener a su salida la señal $w(t)$.

- Un sumador (3) para sumar las señales de salida, $y(t)$ y $w(t)$, de ambos filtros (1,2).
- Un mezclador (4) para desplazar en frecuencia la versión realimentada de la señal de salida, generando la señal $z(t)$.

5 Las entradas del sistema son la señal de entrada $x(t)$ y la señal del oscilador local, $v(t)$. La salida del sistema es la señal $s(t)$. Estructuras alternativas pero equivalentes de la primera realización se muestran en la **Figura 3**, la **Figura 4** y la **Figura 5**, donde el segundo filtro (2) y el mezclador pueden intercambiar su posición, y donde el primer filtro (1) puede estar antes o después del sumador (3).

10 La señal del oscilador local $v(t)$ óptima, aunque no la única, es una senoide de frecuencia igual a la ciclofrecuencia fundamental de la señal que se pretende estimar, $d(t)$. También sería posible utilizar un múltiplo entero de la ciclofrecuencia fundamental como frecuencia de la señal de oscilador local, $v(t)$, aunque esto produciría un incremento del error de estimación en la mayoría de casos. Dicha ciclofrecuencia fundamental se obtiene como el mínimo valor de α tal que

15
$$\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T E \{ d(t+\tau) d^*(t) \} e^{-i2\pi\alpha t} dt \neq 0 .$$

Por lo tanto, la señal del oscilador local óptima es

$$v(t) = C e^{i2\pi\alpha t} ,$$

donde C es una constante de valor complejo cualquiera.

20 La respuesta al impulso óptima (en el sentido de mínimo error cuadrático medio) para el filtro (1) se obtiene como la transformada de Fourier inversa de la función

$$H(f) = B(f) A(f) ,$$

donde $B(f)$ es una solución no trivial de la ecuación

25
$$\sum_{k=0}^{\infty} \sum_{p=0}^{\infty} B^*(f - k\alpha) B(f - p\alpha) [S_{dx}^{k\alpha}(f) S_x^{-p\alpha}(f - p\alpha) - S_{dx}^0(f) S_x^{(k-p)\alpha}(f - p\alpha)] = 0 ,$$

siendo

$$S_{dx}^{k\alpha}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T E \{ d(t+\tau) x^*(t) \} e^{-i2\pi k\alpha t} dt \right] e^{-i2\pi f\tau} d\tau ,$$

$$S_x^{k\alpha}(f) = \int_{-\infty}^{\infty} \left[\lim_{T \rightarrow \infty} \frac{1}{2T} \int_{-T}^T E \{ x(t+\tau) x^*(t) \} e^{-i2\pi k\alpha t} dt \right] e^{-i2\pi f\tau} d\tau ,$$

y la función $A(f)$ es

30
$$A(f) = \frac{S_{dx}^0(f)}{\sum_{k=0}^{\infty} B(f - k\alpha) S_x^{-k\alpha}(f - k\alpha)}$$

La respuesta al impulso óptima (en el sentido de mínimo error cuadrático medio) para el filtro (2) se obtiene como la transformada de Fourier inversa de la función

$$G(f) = \frac{A(f)}{A(f - \alpha)} .$$

35 Los esquemas equivalentes representados en las figuras 2 a 5, sólo son capaces de explotar la correlación espectral presente en ciclofrecuencias positivas. Por este motivo, las prestaciones del sistema en el sentido de error cuadrático medio, pueden mejorarse al aprovechar también la correlación espectral presente en la parte negativa del cicloespectro, mediante la incorporación de una segunda rama de realimentación, como indica la **Figura 6**. En esta implementación se
 40 ha tomado, como señal de oscilador local para la segunda rama, $v(t)$, la conjugada compleja de la señal de oscilador

local utilizada en la primera rama, y las respuestas al impulso de los filtros lineales invariantes en el tiempo, $g_1(t)$ y $g_2(t)$, pueden ser distintas.

5 Alternativamente al esquema de la Figura 6, también se puede explotar la parte negativa del cicloespectro si, en lugar de incorporar una segunda rama de realimentación, se efectúa un desplazamiento en frecuencia de la señal de entrada, $x(t)$, obteniendo la señal $x_L(t)$ previamente a la utilización del filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado, como se indica en el esquema de la **Figura 7**.

10 Por último, cuando las funciones de correlación de segundo orden de las señales de entrada y señal que se pretende estimar son tales que dichas señales no son conjuntamente circulares, entonces el estimador óptimo no es lineal en sentido estricto sino en sentido amplio. Como resultado, las mejores prestaciones se obtienen al filtrar en paralelo la señal de entrada y su conjugada compleja, y sumar posteriormente la salida de ambas ramas. La presente invención también admite una implementación lineal en sentido amplio tal y como se ha descrito y cuyo esquema se representa en la **Figura 8**.

15

REIVINDICACIONES

1. Sistema de filtrado mediante desplazamiento en frecuencia realimentado, **caracterizado por que** comprende un primer filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado (10), que a su vez comprende:
- 5 - un primer dispositivo de realimentación (5), que comprende un filtro (2) lineal e invariante en el tiempo y un mezclador (4) para conformar y desplazar en frecuencia, en cualquier orden, la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w(t)$;
- 10 - un primer sumador (3) para sumar la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación (5) y una señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$;
- 10 - un primer filtro (1) lineal e invariante en el tiempo, situado antes o después del primer sumador (3), para conformar la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ y así obtener la señal de salida $s(t)$.
2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el primer filtro (1) está configurado para conformar una señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ y obtener una señal $y(t)$, estando el primer sumador (3) configurado para sumar dicha señal $y(t)$ con la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación (5) para obtener la señal de salida $s(t)$.
3. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado por que** el primer sumador (3) está configurado para sumar la señal de entrada $x(t)$ con la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación (5) y obtener una señal $y(t)$, estando el primer filtro (1) configurado para conformar dicha señal $y(t)$ para obtener la señal de salida $s(t)$.
4. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el mezclador (4) del primer dispositivo de realimentación (5) está configurado para desplazar en frecuencia la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$ y obtener una señal $z(t)$, estando el filtro (2) de dicho primer dispositivo de realimentación (5) configurado para
- 25 conformar una versión de dicha señal de salida realimentada y desplazada en frecuencia $z(t)$ y obtener la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación (5).
5. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, **caracterizado por que** el filtro (2) del primer dispositivo de realimentación (5) está configurado para conformar la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$ y obtener una señal
- 30 $z(t)$, estando el mezclador (4) de dicho primer dispositivo de realimentación (5) configurado para desplazar en frecuencia dicha señal $z(t)$ y obtener la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación (5).
6. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende un segundo dispositivo de realimentación (5'), que comprende un filtro (2') lineal e invariante en el tiempo y un mezclador (4') para conformar y desplazar en frecuencia, en cualquier orden, la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w_2(t)$ que alimenta al primer sumador (3); donde la señal de oscilador local $v(t)$ de dicho mezclador (4') representa la conjugada compleja de la señal utilizada en el mezclador (4) del primer dispositivo de realimentación (5).
7. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende un primer mezclador de entrada (7) para desplazar en frecuencia la señal de entrada $x(t)$, obteniendo la señal $x_L(t)$ que alimenta al primer filtro (1) y al primer sumador (3).
8. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** comprende adicionalmente un segundo filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado (10') y un segundo sumador (8), estando el primer (10) y segundo (10') filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado configurados para filtrar en paralelo, respectivamente, la señal de entrada $x(t)$ y su conjugada compleja, y estando el segundo sumador (8) configurado para sumar posteriormente la salida de ambos filtros (10,10') para obtener la señal de salida $s(t)$.
9. Sistema según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, **caracterizado por que** la señal del oscilador local $v(t)$ es una senoide de frecuencia igual a la ciclofrecuencia fundamental, o cualquiera de sus múltiplos, de la señal que se pretende estimar.
10. Método de filtrado mediante desplazamiento en frecuencia realimentado, **caracterizado por que** comprende ejecutar, mediante un primer filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado (10), las siguientes etapas:
- 55 - conformar (2) y desplazar en frecuencia (4), en cualquier orden y en una primera rama de realimentación (5), la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w(t)$;
- 60 - sumar (3) la señal de salida $w(t)$ del primer dispositivo de realimentación (5) y una señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$;
- 60 - conformar (1) la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ para así obtener la señal de salida $s(t)$.

- 5 11. Método según la reivindicación 10, **caracterizado por que** en la etapa de conformación (1) de la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ se obtiene una señal $y(t)$, la cual es sumada (3) en la etapa de suma con la señal de salida $w(t)$ para obtener la señal de salida $s(t)$.
12. Método según la reivindicación 10, **caracterizado por que** en la etapa de suma (3) la señal de salida $w(t)$ es sumada con la señal de entrada $x(t)$ para obtener una señal $y(t)$, la cual es conformada en la etapa de conformación (1) de la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$ para así obtener la señal de salida $s(t)$.
- 10 13. Método sistema según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 12, **caracterizado por que** comprende conformar (2') y desplazar en frecuencia (4'), en cualquier orden y en una segunda rama de realimentación (5'), la versión realimentada de la señal de salida $s(t)$, obteniendo a su salida una señal $w_2(t)$ que alimenta la etapa de suma (3); donde la señal de oscilador local $v(t)$ para el desplazamiento en frecuencia (4') de la segunda rama de realimentación (5') representa la conjugada compleja de la señal utilizada en el desplazamiento en frecuencia (4) de la primera rama de realimentación (5).
- 15 14. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 13, **caracterizado por que** comprende desplazar en frecuencia (7) la señal de entrada $x(t)$, obteniendo la señal $x_L(t)$ que alimenta la etapa de suma (3) y conformación (1) de la señal proveniente de la señal de entrada $x(t)$.
- 20 15. Método según cualquiera de las reivindicaciones 10 a 14, **caracterizado por que** comprende:
- realizar, mediante el primer filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado (10) y mediante un segundo filtro de desplazamiento en frecuencia realimentado (10'), el filtrado en paralelo, respectivamente, de la señal de entrada $x(t)$ y su conjugada compleja;
 - sumar posteriormente la salida de ambos filtros (10,10') para obtener la señal de salida $s(t)$.
- 25

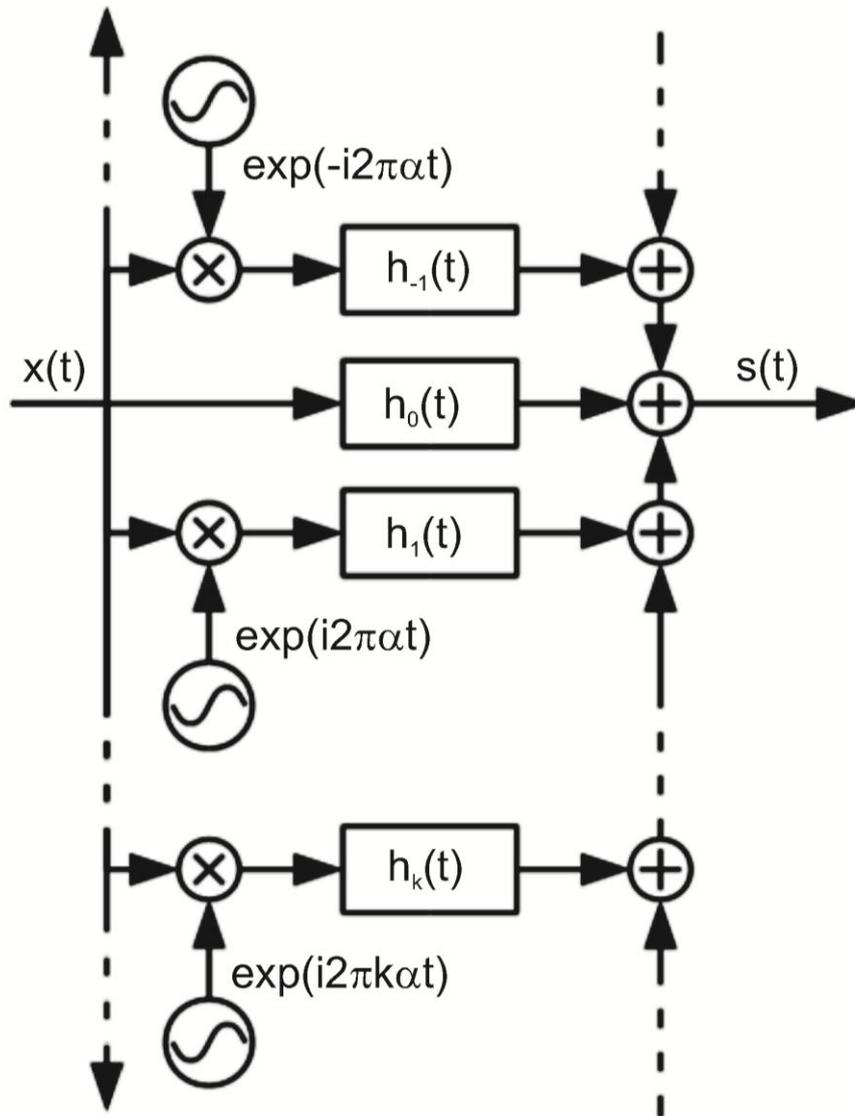


Fig. 1

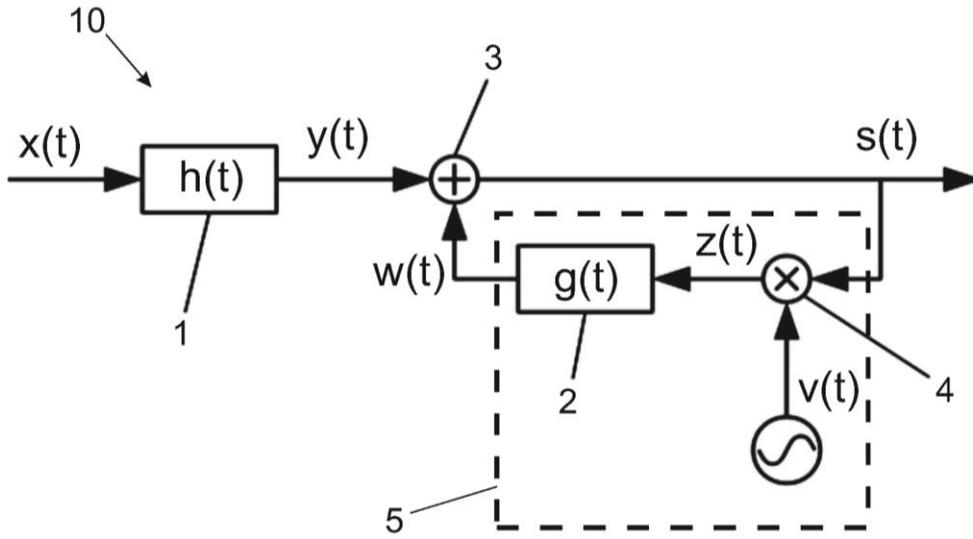


Fig. 2

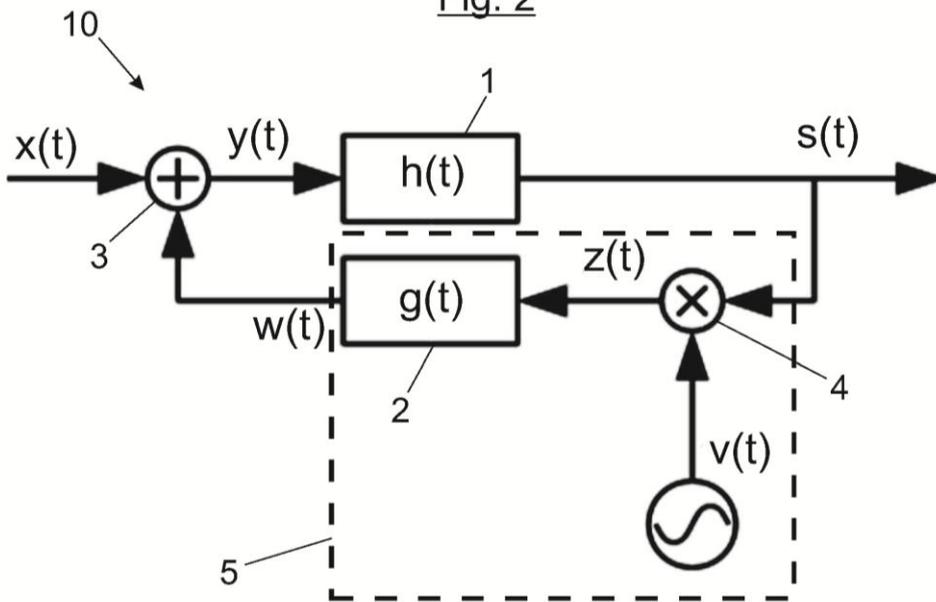


Fig. 3

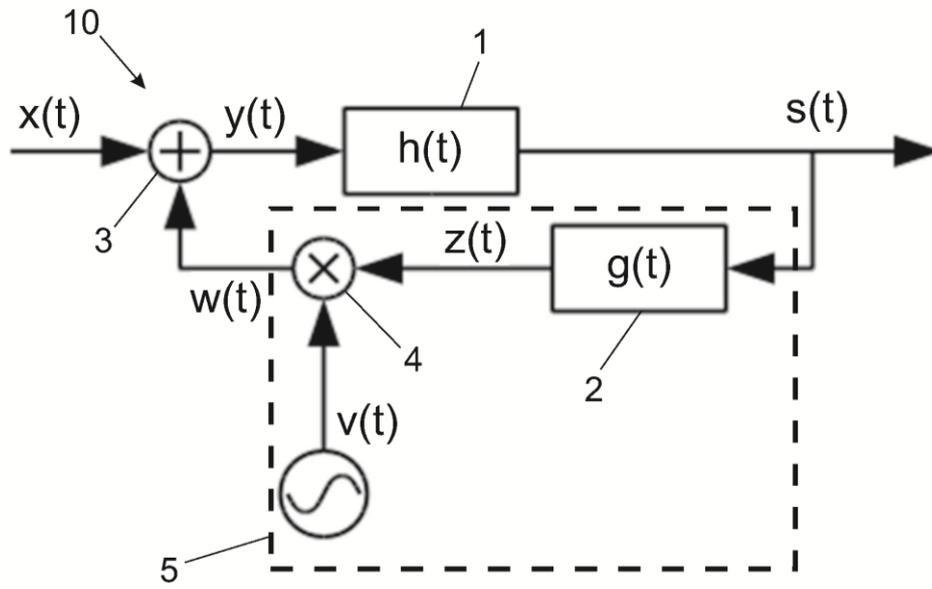


Fig. 4

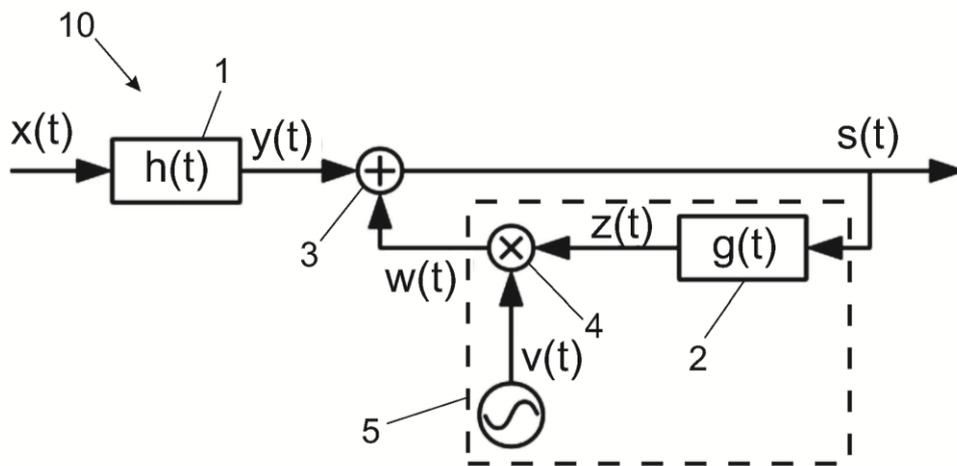


Fig. 5

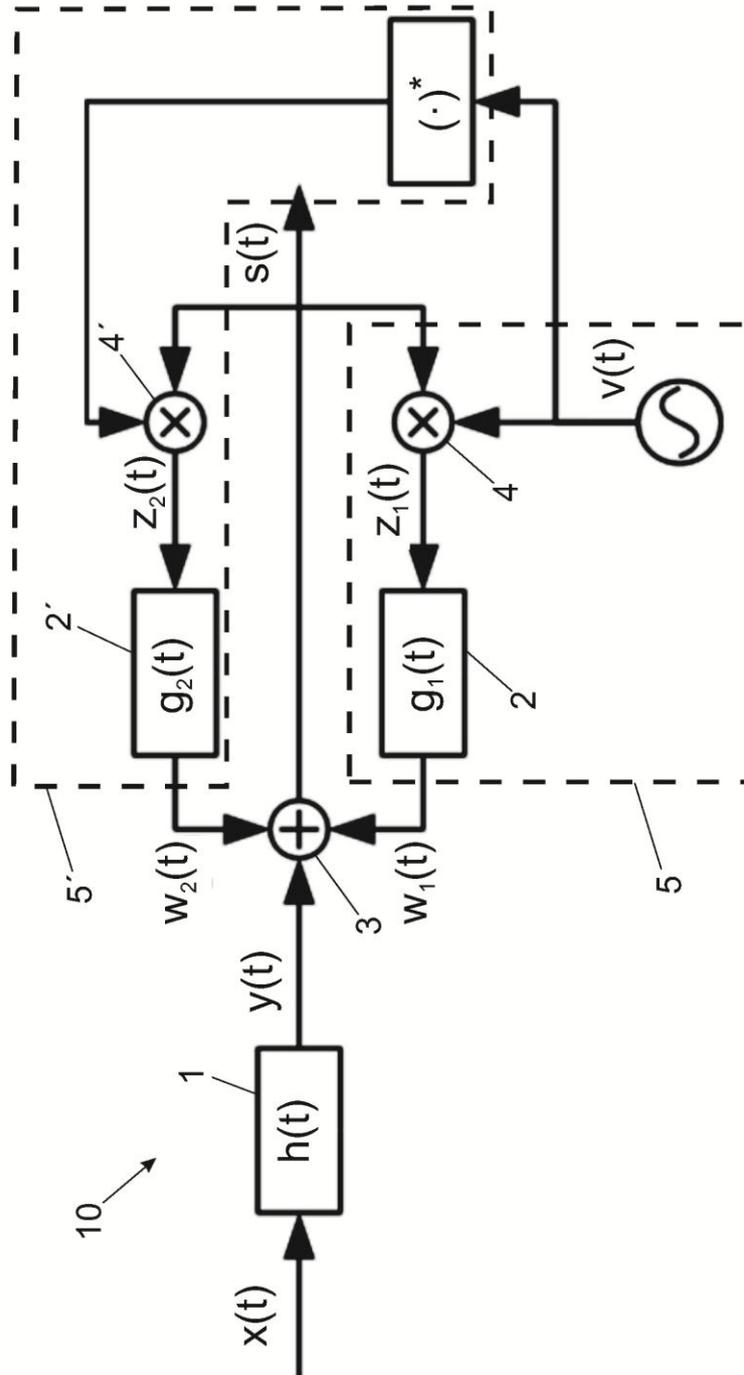


Fig. 6

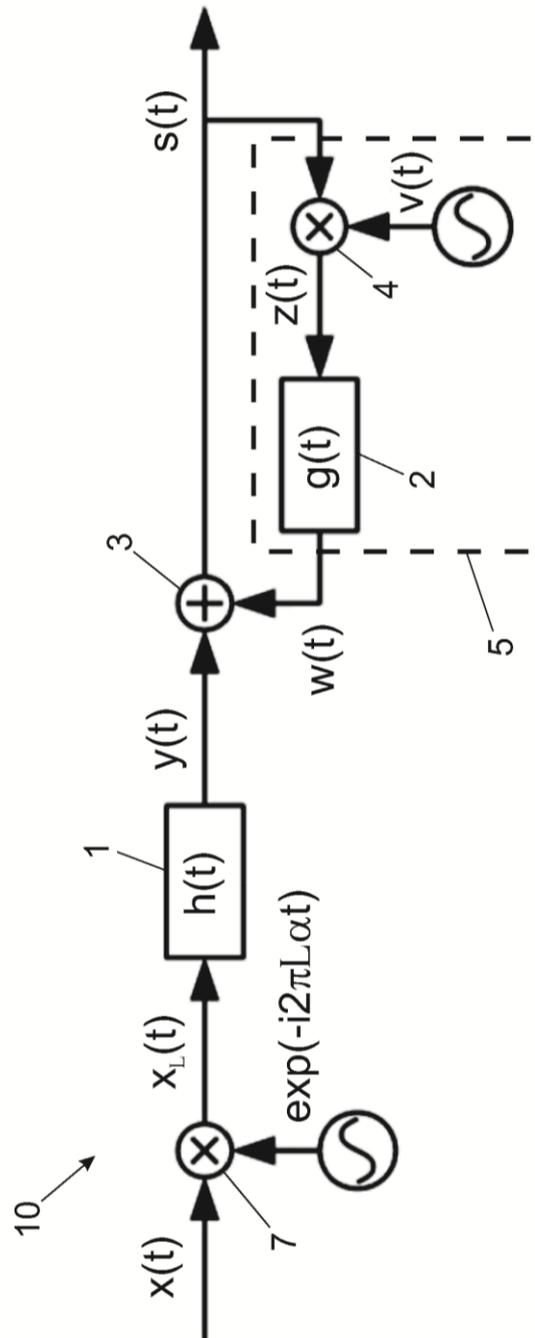


Fig. 7

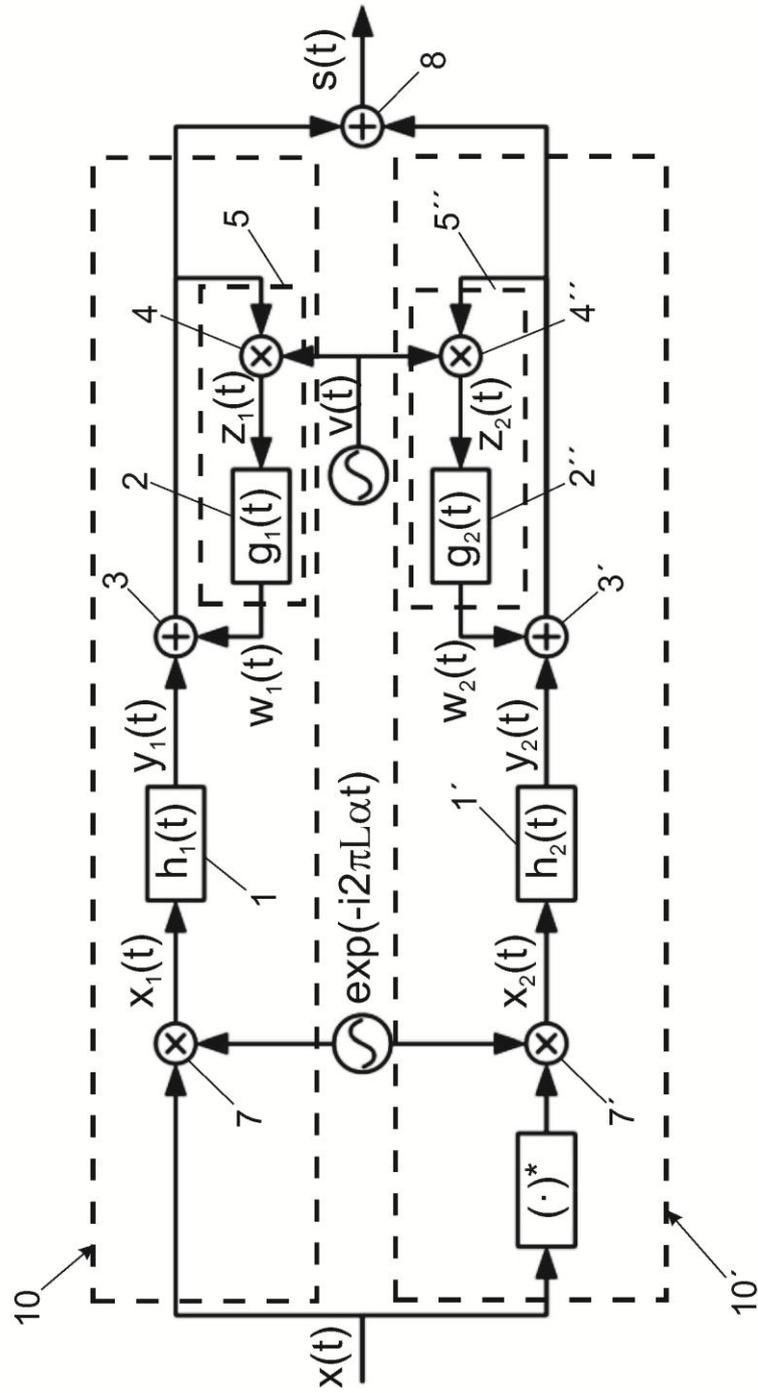


Fig. 8