

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 584 868**

51 Int. Cl.:

H04L 25/02 (2006.01)

H04B 7/005 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **11.04.2005** **E 05753748 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.06.2016** **EP 1735978**

54 Título: **Procedimiento para invertir temporalmente una onda**

30 Prioridad:

13.04.2004 FR 0403845

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
29.09.2016

73 Titular/es:

**CENTRE NATIONAL DE LA RECHERCHE
SCIENTIFIQUE (CNRS) (50.0%)**

**3, rue Michel-Ange
75794 Paris Cedex 16, FR y
UNIVERSITÉ PARIS 7 - DENIS DIDEROT (50.0%)**

72 Inventor/es:

**FINK, MATHIAS;
LEROSEY, GEOFFROY;
DERODE, ARNAUD;
DE ROSNY, JULIEN y
TOURIN, ARNAUD**

74 Agente/Representante:

VEIGA SERRANO, Mikel

ES 2 584 868 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

Procedimiento para invertir temporalmente una onda

5 Sector de la técnica

La presente invención se refiere a los procedimientos para invertir temporalmente las ondas.

Estado de la técnica

10 De manera más particular, la invención se refiere a un procedimiento para invertir temporalmente una onda que corresponde a al menos una señal inicial $s(t)$ donde t es el tiempo, presentando esta señal inicial $s(t)$ una cierta frecuencia central f_0 y un ancho de banda Δf , procedimiento en el que se determina una señal de inversión temporal $\alpha \cdot s(-t)$, donde α es un coeficiente multiplicativo constante o variable en el tiempo y $s(-t)$ es la inversión temporal de $s(t)$.

15 El documento EP-A-0 803 991 describe un ejemplo de dicho procedimiento, que presenta el inconveniente de utilizar aproximaciones de la inversión temporal de ciertas señales, lo que no funciona en ciertas condiciones particulares, en particular cuando el ancho de banda es muy estrecho.

20 La presente invención tiene, en particular, como objetivo resolver este inconveniente.

Objeto de la invención

25 El documento US 2004/014498 describe un método para transmitir unas señales en el que la estación de base lleva a cabo una conjugación de fase (inversión temporal) de una onda recibida del terminal para emitir hacia el terminal.

30 El documento US 2003/138053 describe un sistema para transmitir una señal en un canal, llevando a cabo una inversión temporal de la señal.

Para ello, de acuerdo con la invención, un procedimiento del tipo en cuestión se caracteriza por que consta de las siguientes etapas:

- 35 – se aplica a la señal inicial $s(t)$ una primera transformación adaptada para reducir la frecuencia central de la señal y para sustancialmente no provocar ninguna pérdida de información con respecto a la señal inicial, produciendo dicha primera transformación un primer conjunto de señales transformadas que comprende al menos una primera señal transformada $K_i(t)$ con una frecuencia central más baja que la señal inicial, siendo dicho primer conjunto de señales transformadas $K_i(t)$ representativo de dicha señal inicial $s(t)$;
- 40 – se aplica a cada primera señal transformada $K_i(t)$, una segunda transformación que produce una segunda señal transformada $K'_i(t)$ sustancialmente con la misma frecuencia central que la primera señal transformada, produciendo de este modo dicha segunda transformación un segundo conjunto de señales transformadas $K'_i(t)$ a partir del primer conjunto de señales transformadas $K_i(t)$, seleccionándose dicha segunda transformación para que dicho segundo conjunto de señales transformadas sea representativo de la señal de inversión temporal $s(-t)$;
- 45 – se aplica al segundo conjunto de señales transformadas $K'_i(t)$ una tercera transformación que genera la señal de inversión temporal $\alpha \cdot s(-t)$.

50 Por medio de estas disposiciones, se llega a producir una onda invertida temporalmente sin tener que trabajar en la frecuencia f_0 , lo que, en modo digital, necesitaría muestrear la señal con una frecuencia de muestreo al menos igual a dos veces la frecuencia máxima de la señal $s(t)$ e implicaría por lo tanto la utilización de materiales relativamente caros, en particular si la frecuencia f_0 es elevada. Por el contrario, de acuerdo con la invención, se saca partido del hecho de que el ancho de banda Δs de la señal $s(t)$ es inferior a f_0 para conducir dicha señal a una frecuencia más baja sin pérdida de información, lo que se puede hacer por lo general mediante una operación simple y estándar, por ejemplo de tipo demodulación. La o las señales $K_i(t)$ de frecuencia más baja pueden entonces muestrearse y tratarse para obtener la o las señales $K'_i(t)$ representativas de $s(-t)$, con una electrónica que funciona a una

55 frecuencia relativamente baja y, por lo tanto, barata. Mediante una operación estándar, por ejemplo de tipo modulación (por ejemplo la operación inversa a la aplicada inicialmente a la señal $s(t)$), se llega a continuación a una frecuencia más alta recreando la señal $s(-t)$.

60 En algunas formas preferentes de realización de la invención, se puede eventualmente utilizar además una y/u otra de las siguientes disposiciones:

- el ancho de banda Δf es inferior a f_0 ;
- la tercera transformación es una transformación inversa de la primera transformación;
- 65 – la primera transformación es una demodulación adaptada para eliminar una señal de portadora de frecuencia f_0 para extraer dicho primer conjunto de señales transformadas $K_i(t)$ de la señal inicial $s(t)$, y la tercera transformación es una modulación de una señal portadora de frecuencia f_0 por la o las señales $K'_i(t)$;

- la primera transformación es una demodulación IQ que produce dos primeras señales transformadas $K1(t) = I(t)$ y $K2(t) = Q(t)$ tales que $s(t) = I(t)\cos(2\pi.f_0.t) + Q(t)\sin(2\pi.f_0.t)$, la segunda transformación transforma la señal $K1(t)$ en $K'1(t) = I(-t)$ y la señal $K2(t)$ en $K'2(t) = -Q(-t)$, y la tercera transformación es una modulación IQ inversa de dicha demodulación;
- 5 - la primera transformación es una demodulación en amplitud y en fase que produce dos primeras señales transformadas $K1(t) = A(t)$, y $K2(t) = \varphi(t)$, donde $A(t)$ es la amplitud de la señal $s(t)$ y $\varphi(t)$ la fase de la señal $s(t)$, la segunda transformación transforma la señal $K1(t)$ en $K'1(t) = A(-t)$ y la señal $K2(t)$ en $K'2(t) = -\varphi(-t)$, y la tercera transformación es una modulación inversa de dicha demodulación, que produce la señal de inversión temporal $s(-t) = A(-t)\cos[2\pi.f_0.t-\varphi(-t)]$;
- 10 - la primera transformación es un submuestreo, con una frecuencia de muestreo inferior a $2f_0$, pero al menos igual a $2\Delta f$, que produce una única señal transformada $K1(t)$, la segunda transformación es una inversión temporal que transforma la señal $K1(t)$ en $K'1(t) = K1(-t)$ y la tercera transformación es un filtrado de ancho de banda sustancialmente igual a Δf y centrada en f_0 , que transforma $K'1(t)$ en $s(-t)$;
- 15 - la primera transformación es un desplazamiento de frecuencia hacia abajo, en banda intermedia, que produce una única primera señal transformada $K1(t)$, la segunda transformación es una inversión temporal que transforma la señal $K1(t)$ en $K'1(t) = K1(-t)$, y la tercera transformación es un desplazamiento de frecuencia hacia arriba, inverso a dicho desplazamiento de frecuencia hacia abajo;
- la primera transformación y la tercera transformación se realizan en unas señales analógicas, cada primera señal transformada es objeto de un muestreo y la segunda transformación se realiza digitalmente antes de convertir cada segunda señal transformada en señal analógica;
- 20 - el muestreo se realiza con una frecuencia de muestreo inferior a la frecuencia central f_0 ;
- la onda es electromagnética (por ejemplo una onda de radio, e incluso una onda óptica);
- la frecuencia central f_0 está comprendida entre 0,7 y 50 GHz;
- la frecuencia central f_0 está comprendida entre 0,7 y 10 GHz;
- 25 - la onda se selecciona entre las ondas acústicas y las ondas elásticas.

Se mostrarán otras características y ventajas de la invención a lo largo de la siguiente descripción de una de sus formas de realización, dada a título de ejemplo no limitativo, en relación con los dibujos adjuntos.

30 Descripción de las figuras

En los dibujos:

- 35 - la figura 1 es un esquema funcional que representa un ejemplo de dispositivo de emisión/recepción de ondas que permite implementar un procedimiento de acuerdo con una forma de realización de la invención;
- y las figuras 2 y 3 ilustran una aplicación particular del dispositivo de la figura 1.

Descripción detallada de la invención

40 La figura 1 representa un ejemplo de dispositivo de emisión y de recepción de ondas, en este caso unas ondas electromagnéticas de radio, que permite captar una onda e invertirla temporalmente.

Para ello, el dispositivo 1 de emisión y de recepción de ondas representado en la figura 1 consta, por ejemplo, de:

- 45 - una unidad central electrónica 2, por ejemplo un micro-ordenador o un circuito electrónico con microprocesador(es);
- una antena de recepción 3 de ondas de radio, adaptada para captar una señal inicial $s(t)$ que corresponde a una onda electromagnética, donde t representa el tiempo;
- un conjunto demodulador 4 que recibe la señal $s(t)$ inicial captada por la antena de recepción 3 y conectado a la
- 50 - la unidad central electrónica 2 para transmitirle las señales demoduladas;
- un conjunto modulador 5 conectado a la unidad central electrónica 2 para recibir de esta unidad central unas señales demoduladas representativas de la inversión temporal $s(-t)$ de la señal inicial $s(t)$;
- y una antena emisora 6 conectada al conjunto modulador 5 para emitir una onda electromagnética que
- 55 - corresponde a la señal modulada $\alpha.s(-t)$, donde $s(-t)$ es la inversión temporal de la señal inicial $s(t)$ y α es un coeficiente multiplicativo, constante o variable en el tiempo.

Todos estos elementos pueden, llegado el caso, estar comprendidos en un mismo aparato electrónico como un radioteléfono, una base fija radiotelefónica, u otro aparato.

60 La señal inicial $s(t)$ presenta una cierta frecuencia central f_0 y un ancho de banda Δf inferior a f_0 , por ejemplo inferior a $f_0/2$ (por lo general Δf es pequeña con respecto a f_0).

La señal inicial $s(t)$ se puede escribir en notación real: $s(-t) = A(-t)\cos[2\pi.f_0.t+\varphi(-t)]$, donde $A(t)$ es la amplitud de la señal $s(t)$ y $\varphi(t)$ su fase.

65 La señal $s(t)$ es, por lo tanto, de forma general, una señal modulada en amplitud y fase a partir de una onda

ES 2 584 868 T3

portadora de frecuencia f_0 , conociéndose por lo general esta frecuencia f_0 con antelación.

5 En el ejemplo representado en la figura 1, el conjunto demodulador 4 comprende un demodulador IQ 7 que aplica una primera transformación a la señal $s(t)$ para generar dos primeras señales transformadas $K_1(t) = I(t)$ y $K_2(t) = Q(t)$ que corresponden respectivamente a la modulación en fase y en cuadratura de la señal. En notación real, estas señales $I(t)$, $Q(t)$ son tales que:

$$s(t) = I(t) \cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t) + Q(t) \sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t).$$

10 Estas señales $I(t)$, $Q(t)$ las suministra el demodulador IQ 7 a un convertidor analógico digital 8 que muestrea dichas señales y las transmite en forma digital a la unidad central 2.

Para generar las señales $I(t)$, $Q(t)$, el demodulador IQ 7 puede, por ejemplo, constar de un amplificador 9 que recibe la señal $s(t)$ de la antena 3 y que alimenta dos circuitos paralelos:

- 15
- un primer circuito en el que la señal $s(t)$ se multiplica por una señal $\cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$ y en el que el resultado de la multiplicación se transmite a un filtro paso bajo 10 en la salida del cual vuelve a encontrarse la señal $I(t)$;
 - y un segundo circuito en el que la señal $s(t)$ se multiplica con una señal $\sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$ y en el que el resultado de esta multiplicación se transmite a un filtro paso bajo 10 en la salida del cual vuelve a encontrarse la señal $Q(t)$.
- 20

A partir de las señales $I(t)$, $Q(t)$ muestreadas, la unidad central 2 aplica a las señales una segunda transformación que permite obtener unas segundas señales transformadas $K'_1(t) = I(-t)$ y $K'_2(t) = -Q(-t)$.

25 Estas señales $K'_1(t)$, $K'_2(t)$ las transmite de forma digital la unidad central 2, en tiempo real o en tiempo diferido, al conjunto modulador 5, y dicho conjunto modulador aplica a estas señales una tercera transformación, inversa de la primera transformación mencionada con anterioridad, para obtener una señal $s(-t)$ que, en notación real, puede escribirse:

$$s(-t) = A(-t) \cos[2\pi \cdot f_0 \cdot t - \phi(-t)].$$

30 En el ejemplo representado en la figura 1, el conjunto modulador 5 consta de un convertidor analógico-digital 11 que recibe las señales $I(t)$, $-Q(-t)$ en la forma muestreada de la unidad central 2 y que vuelve a poner estas señales en la forma analógica, alimentando el convertidor 11 a dos circuitos paralelos de un modulador IQ 12:

- 35
- un primer circuito en el que la señal $K'_1(t) = I(-t)$ se multiplica con una señal $\cos(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$, atravesando el resultado de esta multiplicación eventualmente un filtro de paso banda 13;
 - y un segundo circuito en el que la señal $-Q(-t)$ se multiplica con una señal $\sin(2\pi \cdot f_0 \cdot t)$, atravesando el resultado de esta multiplicación eventualmente un filtro de paso banda 13.

40 Las salidas de los dos filtros de paso banda 13 se añaden para reconstituir la señal $s(-t)$ que se transmite, por ejemplo por medio de un amplificador 14, a la antena emisora 6.

45 A lo largo una o varias de la primera transformación, la segunda transformación y la tercera transformación, la señal se puede multiplicar por unos coeficientes constantes o no, de modo que la señal de inversión temporal finalmente obtenida puede escribirse $\alpha \cdot s(-t)$, siendo α un coeficiente constante o no (en todos los casos, si α es un coeficiente variable en el tiempo, es de preferencia lentamente variable con respecto a $s(t)$).

50 Hay que señalar que en el proceso de tratamiento de las señales, las conversiones analógico-digitales y el tratamiento de inversión temporal propiamente dicho se llevan a cabo en las señales demoduladas, o señales en banda de base, por lo tanto con una frecuencia por lo general inferior a f_0 , mucho más baja que la frecuencia de las señales $s(t)$ o $s(-t)$. Por lo tanto, se puede utilizar, para llevar a cabo estas operaciones, una electrónica mucho más simple que la que sería necesaria para invertir temporalmente de forma directa la señal $s(t)$ con el fin de obtener la señal de inversión temporal $s(-t)$.

55 A título de ejemplo, la frecuencia central f_0 de la onda electromagnética puede estar comprendida entre 0,7 y 50 GHz, por ejemplo entre 0,7 y 10 GHz. El ancho de banda Δf puede estar comprendido por ejemplo entre 1 y 500 MHz, por ejemplo entre 1 y 5 MHz.

60 Por supuesto, estos valores de frecuencias no son limitativos, y el procedimiento de acuerdo con la invención se podría utilizar para tratar todo tipo de ondas electromagnéticas, incluidas las ondas cuyas frecuencias se situarían en el intervalo de las ondas ópticas, en particular sustituyendo las antenas 3, 6 y los conjuntos demoduladores y moduladores 4, 5 por unos elementos equivalentes que funcionan en óptica.

65 Por otra parte, hay que señalar que la primera transformación, la segunda transformación y la tercera transformación mencionadas con anterioridad podrían ser diferentes de las que se han expuesto con anterioridad, siempre y cuando:

- 5 - la primera transformación produzca un primer conjunto de señales transformadas, que comprende al menos una primera señal transformada $K_i(t)$ con una frecuencia central más baja que la señal inicial $s(t)$, siendo dicho primer conjunto de señales transformadas $K_i(t)$ representativo de la señal inicial $s(t)$: dicho de otro modo, la primera transformación reduce la frecuencia central de la señal, sustancialmente sin pérdida de información con respecto a la señal inicial $s(t)$;
- 10 - la segunda transformación produzca al menos una segunda señal transformada $K'_i(t)$ sustancialmente con la misma frecuencia central que la primera señal transformada, siendo dicho segundo conjunto de señales transformadas $K'_i(t)$ representativo de la señal de inversión temporal $s(-t)$;
- 10 - y la tercera transformación genere la señal de inversión temporal $s(-t)$ a partir del segundo conjunto de señales transformadas, pudiendo de manera ventajosa esta tercera transformación ser la transformación inversa de la primera transformación mencionada con anterioridad.

15 Como se ha explicado anteriormente, la señal se puede multiplicar por unos coeficientes constantes o no a lo largo de una o varias de estas transformaciones, en cuyo caso la señal final es $\alpha \cdot s(-t)$.

20 En los casos más habituales, la primera transformación puede ser una transformación de tipo demodulación adaptada para eliminar la señal de portadora de frecuencia f_0 y extraer de esta unas señales de modulación $K_i(t)$ o señales de banda de base, siendo la tercera transformación la modulación inversa, obtenida modulando una señal portadora de frecuencia f_0 por la o las señales $K'_i(t)$.

25 Estas modulaciones y demodulaciones pueden ser una demodulación IQ y una demodulación IQ como se ha expuesto con anterioridad, pero llegado el caso pueden ser una demodulación y una modulación en amplitud y fase. En este caso, la demodulación, que constituye la primera transformación mencionada con anterioridad, produce dos primeras señales transformadas $K_1(t) = A(t)$ y $K_2 = \varphi(t)$ que corresponden respectivamente a la amplitud y a la fase de la señal $s(t)$. La segunda transformación genera entonces, a partir de las señales $K_1(t)$ y $K_2(t)$, unas segundas señales transformadas $K'1(t) = A(-t)$ y $K'2(t) = -\varphi(-t)$, y la tercera transformación es una modulación inversa de dicha demodulación, que produce la señal de inversión temporal $s(-t)$ mediante la modulación de una portadora de frecuencia f_0 en amplitud y en fase con las segundas señales transformadas $K'1(t)$ y $K'2(t)$:

30
$$s(-t) = A(-t) \cos [2\pi \cdot f_0 \cdot t - \varphi (-t)].$$

35 Por otra parte, la primera transformación y la tercera transformación mencionadas con anterioridad también pueden ser unas transformaciones diferentes de una demodulación y de una modulación.

40 Por ejemplo, la primera transformación puede ser un submuestreo de la señal $s(t)$, con una frecuencia de muestreo inferior a $2f_0$ pero al menos igual a $2\Delta f$, que produce una única señal transformada $K_1(t)$ muestreada. En este caso, la segunda transformación puede consistir en una inversión temporal que genera una segunda señal transformada $K'1(t) = K_1(-t)$, y la tercera transformación puede consistir en un filtrado de la señal $K'1(t)$ después de la conversión en señal analógica, teniendo este filtrado un ancho de banda centrado en la frecuencia f_0 y de anchura Δf .

45 Según otra variante, la primera transformación puede simplemente consistir en un desplazamiento en frecuencia hacia abajo, en banda intermedia, que produce una única primera señal transformada $K_1(t)$ que tiene una frecuencia central superior a $\Delta f/2$, en cuyo caso la segunda transformación es una inversión temporal que transforma la señal $K_1(t)$ en $K'1(t) = K_1(-t)$, y la tercera transformación es un desplazamiento en frecuencia hacia arriba, inverso a dicho desplazamiento en frecuencia hacia abajo aplicado inicialmente a la señal $s(t)$.

50 Por otra parte, hay que señalar que la onda electromagnética que corresponde a la señal de inversión temporal $s(-t)$ no se vuelve a emitir forzosamente justo después de que la antena 3 ha recibido la onda $s(t)$. Por el contrario, la señal $s(-t)$, o la o las señales $K'_i(t)$ representativos de esta señal de inversión temporal $s(-t)$, se pueden determinar durante una fase de aprendizaje y quedarse en la memoria de la unidad central 2 para volver a utilizarse a continuación con el fin de emitir una onda electromagnética con unas características de focalización espacial y temporal deseadas.

55 Por ejemplo, si la unidad central 2, el conjunto demodulador 4 y el conjunto modulador 5 están integrados en un radioteléfono, y si unos elementos similares están integrados en una base fija que pertenece, por ejemplo, a una red de radiotelefonía celular, se puede concebir que, durante dicha fase de aprendizaje, la base fija y/o el radioteléfono emitan una señal predeterminada, por ejemplo una señal impulsional, y que el dispositivo (radioteléfono o base fija) que recibe esta señal memorice la señal de inversión temporal $s(-t)$ que corresponde o las segundas señales transformadas $K'_i(t)$ representativas de esta señal de inversión temporal.

60 En este caso, cuando uno de los dos dispositivos debe enviar un mensaje $m(t)$ al otro de estos dispositivos, puede calcular una señal de emisión $S(t) = m(t) \otimes s(t)$ donde \otimes es el operador convolución, y emitir una onda electromagnética que corresponde a esta señal $S(t)$. En este caso, en particular si el medio ambiente es muy reverberante para las ondas electromagnéticas, que es el caso por lo general en particular en el medio urbano, la onda electromagnética emitida se focaliza con una gran precisión sobre el dispositivo que debe recibir el mensaje, y

la señal captada por este dispositivo receptor es directamente el mensaje $m(t)$.

De este modo, se puede obtener una comunicación bidireccional entre los dos aparatos que es extremadamente discreta, puesto que las ondas electromagnéticas, debido a su estrecha focalización, solo se captan eficazmente por los dos aparatos. En un medio reverberante, de este modo se aumenta de forma considerable el caudal de conjunto de una red de telecomunicación de radio que integra el conjunto de estos aparatos.

Por supuesto, la etapa de aprendizaje a lo largo de la cual se determinan las señales $K^i(t)$ en los diferentes aparatos se puede reiterar en intervalos regulares o no, para tener en cuenta modificaciones del medio (condiciones meteorológicas, desplazamientos de objetos que reflejan las ondas electromagnéticas como vehículos u otros objetos, etc.) y/o los desplazamientos de los radiotéfonos móviles integrados en la red de telecomunicación.

Por otra parte, hay que señalar también que la antena emisora 6 y antena receptora 3 pueden confundirse y sustituirse por una única antena, por ejemplo en aplicaciones de telecomunicaciones.

No obstante, estas antenas no están forzosamente situadas una cerca de la otra. Además, la antena receptora 3 puede eventualmente utilizarse solo a lo largo de una etapa de aprendizaje inicial que permite determinar las señales $K^i(t)$, por ejemplo cuando se desea utilizar el procedimiento de acuerdo con la invención únicamente para una comunicación unidireccional, o para otras aplicaciones distintas de las aplicaciones de telecomunicación, en particular aplicaciones que pretenden destruir o calentar un medio de forma muy localizada focalizando unas ondas electromagnéticas en el punto inicial en el que se encontraba la antena receptora 3.

En este caso, se puede por ejemplo, a lo largo de la fase de aprendizaje, hacer que la antena emisora 6 emita una señal predeterminada $S(t)$, captar la onda electromagnética $s(t)$ correspondiente, por medio de la antena receptora 3, en un emplazamiento 15 (figura 2) en el que se desea focalizar las ondas electromagnéticas, y a continuación determinar las señales $K^i(t)$ mediante uno de los métodos indicados anteriormente, lo que permite a continuación generar, a la altura de la antena 6, una señal de inversión temporal $s(-t)$. A continuación, cuando se emite esta señal $s(-t)$ a la altura de la antena emisora 6, eventualmente después del desmontaje de la antena 3 (figura 3), la señal predeterminada (por ejemplo una señal impulsional, o de otro tipo) inicialmente emitida por la antena emisora 6 a lo largo de la fase de aprendizaje, se recibe de forma muy focalizada en el emplazamiento 15 ocupado inicialmente por la antena receptora 3.

Para focalizar de forma muy precisa las ondas sobre la zona 15, también se puede emitir inicialmente la señal deseada $S(t)$ desde la zona 15, y a continuación captar la señal correspondiente $s(t)$ a la altura de la antena 3, confundida con la antena 6 o muy próxima a esta antena 6. A continuación, al volver a emitir la señal $s(-t)$ por la antena 6, se puede generar una onda $S(t)$ focalizada de manera muy precisa en la zona 15, llegado el caso después de la retirada de la antena que ha emitido inicialmente la señal $S(t)$.

Para mejorar la calidad de la focalización de las ondas, se puede utilizar el procedimiento de acuerdo con la invención emitiendo y/o recibiendo las ondas por medio de una cavidad que reverbera las ondas electromagnéticas (o, cuando las ondas son acústicas, por medio de una "cavidad" en el sentido acústico, constituida por ejemplo por un objeto sólido reverberante para las ondas acústicas, por ejemplo como se describe en la solicitud de patente francesa nº. 03 09140 presentada el 25 de julio de 2003).

Por otra parte, hay que señalar que una misma unidad central 2 podría estar conectada a una red de varias antenas 3 y 6, conectadas por ejemplo cada una a un conjunto 4 o 5 respectivamente demodulador o modulador. Por ejemplo, si el dispositivo 1 consta de un número J de antenas receptoras 3 y de un número L de antenas emisoras 6, la unidad central 2 para calcular $J*L$ conjuntos de señales $K_{ij}(t)$ que permiten determinar $J*L$ señales de inversión temporal $s_{ij}(-t)$, a partir de $J*L$ señales iniciales $s_{ij}(t)$.

Hay que señalar también que, en las diferentes formas de realización de la invención, las señales $K^i(t)$ y/o las señales $s(-t)$ que corresponden a una o varias antenas pueden utilizarse llegado el caso de forma iterativa, por ejemplo como se indica en el documento WO-A-03/101302, de forma que se maximice la precisión de la focalización de las ondas electromagnéticas.

Por último, el procedimiento de acuerdo con la invención se puede aplicar no solo a las ondas electromagnéticas, sino también a las ondas acústicas o elásticas, sustituyendo simplemente las antenas 3, 6 por unos transductores acústicos, lo que permite unas aplicaciones de comunicación por vía acústica (por ejemplo de comunicación submarina) o incluso de formación de imágenes ultrasónicas (ecografía o similar, microscopía, etc.).

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para invertir temporalmente una onda que corresponde a al menos una señal inicial $s(t)$, en la que t es el tiempo, presentando esta señal inicial $s(t)$ una cierta frecuencia central f_0 y un ancho de banda Δf , procedimiento en el que se determina una señal de inversión temporal $\alpha.s(-t)$, donde α es un coeficiente multiplicativo y $s(-t)$ es la inversión temporal de $s(t)$, **caracterizado por que** consta al menos de las siguientes etapas:
- se aplica a la señal inicial $s(t)$ una primera transformación (7) adaptada para reducir la frecuencia central de la señal y para sustancialmente no provocar ninguna pérdida de información con respecto a la señal inicial, produciendo dicha primera transformación un primer conjunto de señales transformadas que comprende al menos una primera señal transformada $K_i(t)$ con una frecuencia central más baja que la señal inicial, siendo dicho primer conjunto de señales transformadas $K_i(t)$ representativo de dicha señal inicial $s(t)$;
 - se aplica a cada primera señal transformada $K_i(t)$, una segunda transformación (2) que produce una segunda señal transformada $K'i(t)$ sustancialmente con la misma frecuencia central que la primera señal transformada, produciendo de este modo dicha segunda transformación un segundo conjunto de señales transformadas $K'i(t)$ a partir del primer conjunto de señales transformadas $K_i(t)$, seleccionándose dicha segunda transformación para que dicho segundo conjunto de señales transformadas sea representativo de la señal de inversión temporal $s(-t)$;
 - se aplica al segundo conjunto de señales transformadas $K'i(t)$ una tercera transformación (12) que genera la señal de inversión temporal $\alpha.s(-t)$, siendo la tercera transformación una transformación inversa de la primera transformación.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la banda pasante Δf es inferior a f_0 .
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1 o reivindicación 2, en el que la tercera transformación es una transformación inversa de la primera transformación.
4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 3, en el que la primera transformación es una demodulación adaptada para eliminar una señal de portadora de frecuencia f_0 para extraer dicho primer conjunto de señales transformadas $K_i(t)$ de la señal inicial $s(t)$, y la tercera transformación es una modulación de una señal portadora de frecuencia f_0 por la o las señales $K'i(t)$.
5. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la primera transformación es una demodulación IQ que produce dos primeras señales transformadas $K_1(t) = I(t)$ y $K_2(t) = Q(t)$ tales que $s(t) = I(t)\cos(2\pi.f_0.t) + Q(t)\sin(2\pi.f_0.t)$, la segunda transformación transforma la señal $K_1(t)$ en $K'1(t) = I(-t)$ y la señal $K_2(t)$ en $K'2(t) = -Q(-t)$, y la tercera transformación es una modulación IQ inversa de dicha demodulación.
6. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 4, en el que la primera transformación es una demodulación en amplitud y fase que produce dos primeras señales transformadas $K_1(t) = A(t)$, y $K_2(t) = \varphi(t)$, donde $A(t)$ es a amplitud de la señal $s(t)$ y $\varphi(t)$ la fase de la señal $s(t)$, la segunda transformación transforma la señal $K_1(t)$ en $K'1(t) = A(-t)$ y la señal $K_2(t)$ en $K'2(t) = -\varphi(-t)$, y la tercera transformación es una modulación inversa de dicha demodulación, que produce la señal de inversión temporal $s(-t) = A(-t)\cos[2\pi.f_0.t-\varphi(-t)]$.
7. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la primera transformación es un submuestreo, con una frecuencia de muestreo inferior a $2f_0$, pero al menos igual a $2\Delta f$, produciendo una única señal transformada $K_1(t)$, la segunda transformación es una inversión temporal que transforma la señal $K_1(t)$ en $K'1(t) = K_1(-t)$ y la tercera transformación es un filtrado de ancho de banda sustancialmente igual a Δf y centrada en f_0 , transformando $K'1(t)$ en $s(-t)$.
8. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que la primera transformación es un desplazamiento en frecuencia hacia abajo, en banda intermedia, que produce una única primera señal transformada $K_1(t)$, la segunda transformación es una inversión temporal que transforma la señal $K_1(t)$ en $K'1(t) = K_1(-t)$, y la tercera transformación es un desplazamiento en frecuencia hacia arriba, inverso a dicho desplazamiento en frecuencia hacia abajo.
9. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la primera transformación y la tercera transformación se realizan en unas señales analógicas, cada primera señal transformada es objeto de un muestreo y la segunda transformación se realiza digitalmente antes de convertir cada segunda señal transformada en señal analógica.
10. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 9, en el que el muestreo se realiza con una frecuencia de muestreo inferior a f_0 .
11. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la onda es electromagnética.

12. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 11, en el que la frecuencia central f_0 está comprendida entre 0,7 y 50GHz.
- 5 13. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 12, en el que la frecuencia central f_0 está comprendida entre 0,7 y 10 GHz.
14. Procedimiento de acuerdo con una cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que la onda se selecciona entre las ondas acústicas y las ondas elásticas.

FIG.1.

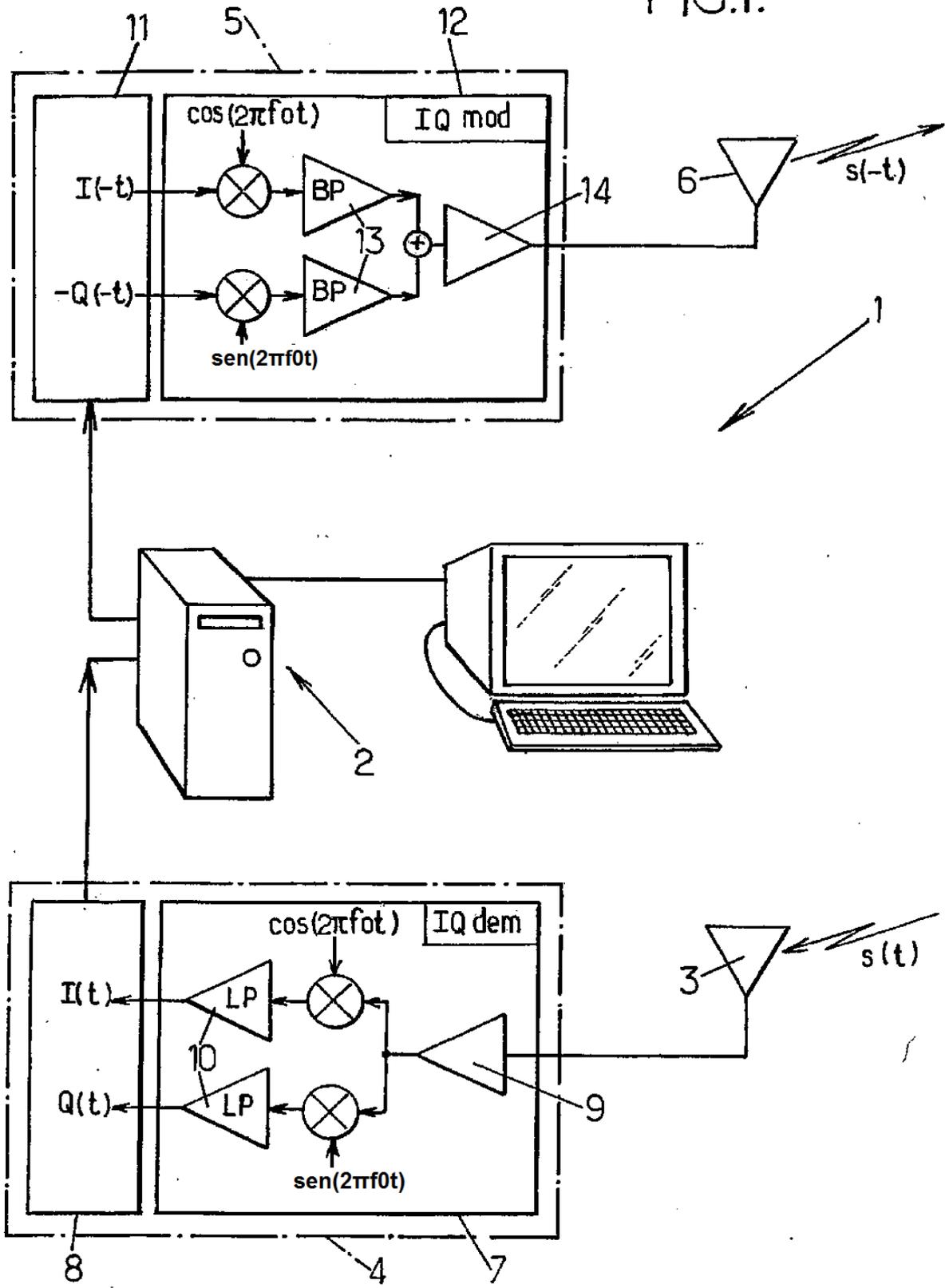


FIG.2.

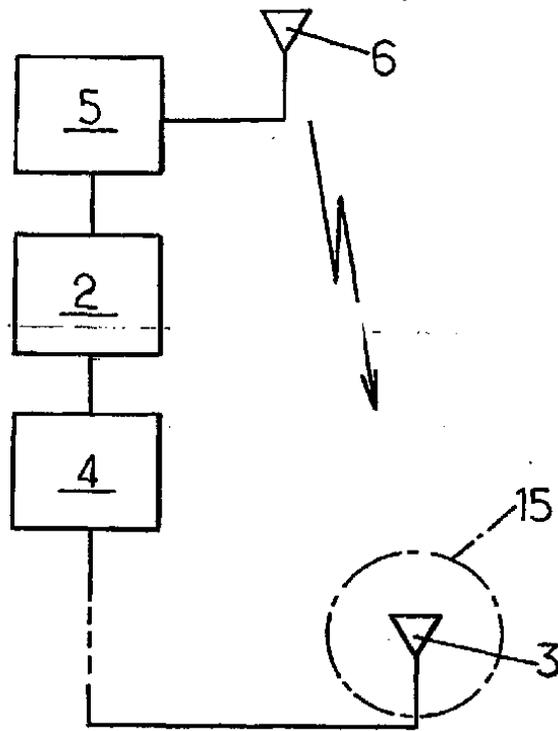


FIG.3.

