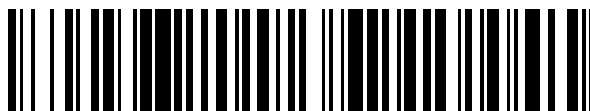


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 526 783**

51 Int. Cl.:

G10L 19/018 (2013.01)

G06T 1/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **16.09.2011 E 11757629 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **08.10.2014 EP 2619757**

54 Título: **Generador de filigrana digital, decodificador de filigrana digital, procedimiento para proporcionar una señal de filigrana digital en base a datos valorados discretos y procedimiento para proporcionar datos valorados discretos en dependencia de una señal de filigrana digital**

30 Prioridad:

21.09.2010 EP 10178035

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

15.01.2015

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**KRÄGELOH, STEFAN;
GREEVENBOSCH, BERT;
DEL GALDO, GIOVANNI;
BORSUM, JULIANE;
PICKEL, JÖRG;
ZITZMANN, REINHARD y
BLIEM, TOBIAS**

74 Agente/Representante:

PONTI SALES, Adelaida

ES 2 526 783 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

Generador de filigrana digital, decodificador de filigrana digital, procedimiento para proporcionar una señal de filigrana digital en base a datos valorados discretos y procedimiento para proporcionar datos valorados discretos en dependencia de una señal de filigrana digital

Campo Técnico

[0001] Las realizaciones de acuerdo con la presente invención se relacionan con un generador de filigrana digital para proporcionar una señal de filigrana digital en base a datos valorados discretos. Las realizaciones adicionales de acuerdo con la presente invención se refieren a un decodificador de filigrana digital para proporcionar datos valorados discretos en dependencia de una señal de filigrana digital. Las realizaciones adicionales de acuerdo con la presente invención se relacionan con un procedimiento para proporcionar una señal de filigrana digital en base a datos valorados discretos. Las realizaciones adicionales de acuerdo con la presente invención se relacionan con un procedimiento para proporcionar datos valorados discretos dependientes de una señal de filigrana digital. Las realizaciones adicionales se relacionan con programas de computadora correspondientes.

ANTECEDENTES DE LA INVENCION

[0002] En lo sucesivo se revisarán brevemente diferentes sistemas de filigrana digital.

[0003] Un sistema de filigrana digital puede observarse como un sistema de comunicaciones. Permite que la información similar a bits por transmitirse se represente por una señal de filigrana digital "wm", la cual es la señal deseada. La señal wm se 'incrusta' en una señal huésped "a" mediante la adición de las dos señales (la señal de filigrana digital wm y la señal huésped a), obteniendo una señal de filigrana digital "awm". Con respecto a la filigrana digital, la señal huésped puede observarse como una distorsión aditiva. Esto significa que la awm se desvía de su wm de valor ideal, corrompiendo el proceso de decodificación (si la señal huésped original a no se conoce en el decodificador). La señal awm se afecta además por un canal de transmisión, ya que el canal introduce distorsiones. Los ejemplos de canales de transmisión son la compresión de la señal awm con un códec de audio tal como AAC así como la reproducción de lectura de la señal awm con un altoparlante, su propagación en aire y su recolección con un micrófono.

[0004] Una característica de los sistemas de filigrana digital es que una parte de la distorsión, es decir, la señal huésped, se conoce en el transmisor. Si esta información se explota durante la incrustación el procedimiento es llamado por incrustación informada o filigrana digital con información secundaria (véase también Ingemar J. Cox, Ed., Filigrana Digital y Estenografía, La serie Morgan Kaufmann en información y sistemas multimedia. Morgan Kaufmann, Burlington, 2. edición, 2008). En principio, la ponderación de la filigrana digital wm de acuerdo con niveles de energía dados por un modelo perceptual es ya un caso de incrustación informada. Sin embargo, esta información se utiliza meramente para escalar la filigrana digital con objeto de hacerla imperceptible mientras la señal huésped se observe aún como una fuente de ruido desconocida para la generación de la filigrana digital antes de la ponderación. En ciertos casos, es posible crear la señal de filigrana digital en una manera que compense la distorsión inducida por la señal huésped a fin de que solo la distorsión inducida por el canal corrompa la decodificación. Tales procedimientos son llamados procedimientos de rechazo de interferencia del huésped (véase también Chen y Wornell, "Modulación del Índice de Cuantificación: Una clase de procedimientos probablemente buenos para filigrana digital e incrustación de la información", IEEE TRANSACTION ON INFORMATION THEORY, Mayo 2001, Vol. VOL. 47).

[0005] En la EP no pre-publicada 10154964.0-1224 (publicada como EP 2362387 A1) la codificación diferencial se ha introducido en combinación con señalización de BPSK (manipulación por desplazamiento de fase binaria) a fin de obtener un sistema que sea fuerte con respecto al movimiento del dispositivo de decodificación (por ejemplo, si la señal se recolecta por un micrófono), discordancia de frecuencia potencial entre los osciladores locales en los lados de transmisión (Tx) y recepción (Rx) y las rotaciones de fase potencial introducidas por un canal selectivo de frecuencia, tal como la propagación en el ambiente reverberante.

[0006] La fortaleza proviene del hecho de que la información se codifica en la diferencia de fase entre dos símbolos adyacentes, a fin de que el sistema virtualmente no se afecte por una rotación de fase por desviación lenta de la constelación de modulación.

[0007] Aunque el procedimiento descrito en la EP 10154964.0-1224 utiliza información acerca de la señal huésped a mediante escalada de la señal de filigrana digital wm con objeto de hacerla imperceptible, la señal huésped a es aún una fuente adicional de ruido desconocido desde la perspectiva del sistema de comunicaciones. En otras palabras, la señal de filigrana digital wm (previa a la escalada perceptivamente motivada) se genera sin tomar en cuenta conocimiento alguno de la señal huésped a.

[0008] Varios sistemas de filigrana digital utilizan cualquier clase de procedimiento de incrustación informada pero sólo unos cuantos pertenecen al grupo de procedimientos de rechazo de interferencia de huésped. Los ejemplos de estos son la modulación baja en bits (LBM) (Mitchell D. Swanson; Bin Zhu; Ahmed H. Tewfik, "Ocultación de datos para video-en-video", IEEE International Conference on Image Processing, 1997, vol.2, pp. 676-679; Brian Chen y Gregory W. Wornell, "Procedimientos de modulación por índice de cuantificación para filigrana digital e incrustación de información de multimedia", Journal of VLSI Signal Processing, vol. 27, pp. 7-33, 2001) y modulación por índice de cuantificación (QIM) que se introdujo en (Chen y Wornell, "Modulación por índice de cuantificación: Una clase de procedimientos probablemente buenos para filigrana digital e incrustación de información", IEEE TRANSACTION ON INFORMATION THEORY, Mayo 2001, Vol. VOL. 47, y Brian Chen y Gregory Wornell, "Sistema, procedimiento y producto para incrustación de información mediante el uso de un ensamble de generadores de incrustación sin intersección", 1999, WO99/60514A).

[0009] En QIM, primero es necesario seleccionar uno o más parámetros de una representación de señal, por ejemplo, los coeficientes complejos de una representación de tiempo-frecuencia. Los parámetros seleccionados se cuantifican entonces de acuerdo con la información por incrustarse. De hecho, cada símbolo que contiene información se enlaza con un cierto cuantificador; alternativamente un mensaje completo se enlaza con una secuencia de cuantificadores. Dependiendo de la información por transmitirse, la señal se cuantifica con el cuantificador o secuencia de cuantificadores asociados con la información. Por ejemplo, si el parámetro por cuantificarse fuera un número real positivo, el cuantificador a utilizarse para incrustar un 0 podría definirse por las etapas de cuantificación 0, 2, 4, 6, ... mientras que el cuantificador para un 1 podría ser 1, 3, 5, ... Si el valor actual de la señal huésped fuera 4.6 el incrustador podría cambiar el valor a 4 en caso de un bit 0 y a 5 en caso de un 1. En el receptor, se calcula la distancia entre la representación de señal recibida y todas las posibles representaciones cuantificadas. La decisión se toma de acuerdo con la distancia mínima. En otras palabras, el receptor intenta identificar cuál de los cuantificadores disponibles se ha utilizado. Al hacerlo, puede lograrse rechazo por interferencia de huésped.

[0010] Por supuesto, la cuantificación de ciertos parámetros de señal puede introducir distorsión perceptible en la señal huésped. Con objeto de evitarlo, el error de cuantificación puede agregarse parcialmente de regreso a la señal, lo cual es referido como una QIM compensada por distorsión (DC-QIM) (véase también Antonius Kalker, "Filigrana digital de modulación de índice de cuantificación (QIM) de señales multimedia", 2001, WO03/053064). Esta es una fuente adicional de distorsión en el receptor. Aunque se ha demostrado que DC-QIM es óptima para el canal de AWGN (ruido Gaussiano blanco aditivo) y que la QIM regular es casi óptima (véase también Chen y Wornell, "Modulación del índice de cuantificación: Una clase de procedimientos probablemente buenos para filigrana digital e incrustación de información", IEEE TRANSACTION ON INFORMATION THEORY, Mayo 2001, VOL. 47) los procedimientos tienen ciertas desventajas. Permiten elevados índices de transmisión de bits pero son especialmente sensibles a ataques de escalada de amplitud (véase también Fabricio Ourique; Vinicius Links; Ramiro Jordan; Fernando Perez-Gonzalez, "QIM angular: Un novedoso esquema de incrustación de filigrana digital contra distorsiones de escalada de amplitud", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing (ICASSP), Marzo 2005).

[0011] Otro procedimiento (derivado de QIM) es llamado QIM Angular (AQIM) y se propuso en el artículo de Fabricio Ourique; Vinicius Links; Ramiro Jordan; Fernando Perez-Gonzalez, "QIM Angular: Un novedoso esquema de incrustación de filigrana digital fuerte contra distorsiones por escalada de amplitud", IEEE International Conference on Acoustics, Speech and Signal Processing (ICASSP), Marzo 2005. En él, la información se incrusta a través de las coordenadas angulares cuantificadas. Al hacerlo, puede lograrse la fortaleza contra la escalada de amplitud. Este procedimiento no proporciona modulación diferencial y por consiguiente no es fuerte contra desviación de fase.

[0012] Existen otros sistemas de filigrana digital donde la información se incrusta en la fase de la señal de audio. Los procedimientos presentados en el artículo de W. Bender, D. Gruhl, N. Morimoto, y Aiguo Lu, "Técnicas para ocultación de datos", IBM Syst. J., vol. 35, no. 3-4, pp. 313-336, 1996 y S. Kuo, J.D. Johnston, W. Turin y S.R. Quackenbush, "Filigrana digital de audio encubierto usando modulación de fase de multi-banda independiente de la señal perceptivamente sintonizada", IEEE International Conference on Acoustics, Speech, and Signal Processing, (ICASSP), 2002, vol. 2, pp. 1753-1756, son procedimientos no ciegos y por consiguiente limitados solo a un pequeño número de aplicaciones. En el artículo de Michael Arnold, Peter G. Baum y Walter Voersing, "Una técnica de filigrana digital de audio por modulación de fase", pp. 102-116, 2009, se propone una técnica de filigrana digital de audio por modulación de fase ciega, la cual es llamada Modulación de Fase Por Difusión Adaptiva (ASPM). Adicionalmente, estos procedimientos de modulación de fase no tienen la propiedad de rechazo de interferencia de huésped y no toman en cuenta la codificación diferencial.

[0013] CHEN Y OTROS: "Color image steganography scheme using DFT, SPIHT codec, and modified differential phaseshif tkeying techniques", APPLIED MATHEMATICS AND COMPUTATION, ELSEVIER, US, vol. 196, no. 1, 14 Enero 2008 (2008-01-14), pages 40-54, XP022420058, ISSN: 0096-3003,

DOI:10.1016/J.AMC.2007.05.063, da a conocer un generador de marca de agua en el que una rotación de fase aplicada a un bloque de $n+1$ es dependiente de una fase del bloque $n+1$ y de una fase de un bloque de n (véase el párrafo 4.3 y las figuras 5 y 10). El decodificador de marca de agua descrito cartografía la diferencia de ángulo de fase dentro de un primer intervalo de ángulos de fase respecto a un primer valor de marca de agua y la diferencia de ángulo de fase dentro de un segundo intervalo de ángulos de fase respecto a un segundo valor de marca de agua (véanse los párrafos 5, 5.1, 5.2 y las figuras 12 y 13).

[0014] Existen muchos más procedimientos de filigrana digital, incluyendo espectro de difusión o procedimientos de eco-ocultamiento. Pero, como ya se determinó en la EP 10154964.0-1224, estos procedimientos pueden no ser aplicables a ciertas labores de interés, por ejemplo, la transmisión de una filigrana digital sobre una trayectoria acústica en un ambiente reverberante.

[0015] Un objeto de la presente invención es crear un concepto de filigrana digital, el cual permita una fortaleza mejorada de una señal de filigrana digital que es incrustada en una señal huésped y transmitida en la señal huésped sobre un canal de comunicaciones.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LA INVENCION

[0016] Este objeto se logra por un generador de filigrana digital de acuerdo con la reivindicación 1, un decodificador de filigrana digital de acuerdo con la reivindicación 11, un procedimiento para proporcionar una señal de filigrana digital en base a datos valorados discretos de acuerdo con la reivindicación 13, un procedimiento para proporcionar datos valorados discretos en dependencia de una señal de filigrana digital de acuerdo con la reivindicación 14 y un programa de computadora de acuerdo con la reivindicación 15.

[0017] Una realización de acuerdo con la presente invención crea un generador de filigrana digital para proporcionar una señal de filigrana digital como una secuencia de coeficientes de filigrana digital posteriores en base a datos valorados discretos. El generador de filigrana digital opcionalmente comprende un procesador de información configurado para proporcionar, en dependencia de las unidades de información de los datos valorados discretos, un flujo de valores de flujo posteriores, de tal manera que el flujo represente los datos valorados discretos. El generador de filigrana digital comprende además un codificador diferencial, configurado para proporcionar la señal de filigrana digital. El codificador diferencial se configura además para aplicar una rotación de fase a un valor de flujo actual de los valores de flujo que representan los datos valorados discretos o a un símbolo de filigrana digital actual, correspondiendo el símbolo de filigrana digital actual a un valor de flujo actual de los valores de flujo que representan los datos valorados discretos, a fin de obtener un coeficiente de filigrana digital actual de la señal de filigrana digital. El codificador diferencial se configura además para derivar una fase de un coeficiente espectral previo de una señal de filigrana digital que es una combinación de una señal huésped y la señal de filigrana digital. El codificador diferencial se configura además para proporcionar la señal de filigrana digital de tal manera que un ángulo de fase de la rotación de fase se aplique al valor de flujo actual o que el símbolo de filigrana digital actual sea dependiente de la fase del coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital.

[0018] Una idea de la presente invención es que una señal de filigrana digital sea más fuerte, especialmente con respecto a degradación, por ejemplo, por efecto Doppler, si se lleva a cabo una codificación diferencial de coeficientes de filigrana digital de tal manera que una fase de un coeficiente de filigrana digital actual se base en una fase de un coeficiente espectral previo de una señal de filigrana digital que está por incrustarse en una señal huésped. Las realizaciones de la presente invención combinan el rechazo de interferencia huésped con codificación diferencial. Este concepto de derivar la fase del coeficiente de filigrana digital actual en base a la fase de un coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital reduce la distorsión inducida por la señal huésped y mejora así un proceso de decodificación, por ejemplo, en un decodificador que es configurado para extraer la señal de filigrana digital de la señal a la que se realizó filigrana digital.

[0019] En una realización preferida de la presente invención, el procesador de información puede configurarse para proporcionar el flujo que representa los datos valorados discretos en un dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que cada valor de flujo del flujo se asocie a un sub-canal de frecuencia con una frecuencia central y una cuota de tiempo. El codificador diferencial puede configurarse a fin de obtener el coeficiente de filigrana digital actual en el dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que un sub-canal de frecuencia asociado al coeficiente de filigrana digital actual sea idéntico a un sub-canal de frecuencia asociado al valor de flujo actual y de tal manera que una cuota de tiempo asociada al coeficiente de filigrana digital actual sea idéntica a una cuota de tiempo asociada al valor de flujo actual. En otras palabras, el valor de flujo actual y el coeficiente de filigrana digital actual que corresponde al valor de flujo actual, pueden asociarse al mismo sub-canal de frecuencia y cuota de tiempo.

[0020] El procesador de información puede llevar a cabo, por ejemplo, una difusión de tiempo y una difusión de frecuencia de las unidades de información de los datos valorados discretos, de tal manera que cada unidad de información de los datos valorados discretos se represente por al menos dos diferentes valores de flujo del flujo que representa los datos valorados discretos, en donde los valores de flujo diferentes que representan la

misma unidad de información difieren de sus sub-canales de frecuencia y/o cuotas de tiempo asociados.

[0021] Además, el codificador diferencial puede configurarse para derivar los coeficientes espectrales de la señal de filigrana digital en un dominio de frecuencia de tiempo de tal manera que cada coeficiente espectral de la señal de filigrana digital corresponda a un sub-canal de frecuencia y una cuota de tiempo. El codificador diferencial puede configurarse además para determinar la rotación de fase, de tal manera que una cuota de tiempo asociada con el coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital, en dependencia de lo cual se selecciona el ángulo de fase de la rotación de fase aplicada al valor de flujo actual o el símbolo de filigrana digital actual, y la cuota de tiempo asociada al valor de flujo actual son adyacentes en tiempo. La señal de filigrana digital puede ser, por ejemplo, una secuencia de coeficientes espectrales posteriores y un coeficiente espectral actual de la señal de filigrana digital puede ser adyacente en tiempo (o puede seguir) al coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital. Cada coeficiente espectral de la señal de filigrana digital puede ser una combinación de un coeficiente espectral de la señal huésped asociada al mismo sub-canal de frecuencia y cuota de tiempo como el coeficiente espectral de la señal de filigrana digital y de un coeficiente de filigrana digital asociado con el mismo sub-canal de frecuencia y cuota de tiempo como el coeficiente espectral de la señal de filigrana digital. El coeficiente espectral actual de la señal de filigrana digital puede basarse, por consiguiente, en un coeficiente actual de la señal huésped y el coeficiente de filigrana digital actual, en donde la fase del coeficiente de filigrana digital actual se basa en (o es incluso en algunos casos idéntico a) la fase del coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital. El sub-canal de frecuencia asociado al coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital puede ser idéntico al sub-canal de frecuencia del coeficiente espectral actual de la señal de filigrana digital y, por consiguiente, también a los sub-canales de frecuencia del coeficiente actual de la señal huésped, del valor de flujo actual y del coeficiente de filigrana digital actual.

BREVE DESCRIPCIÓN DE LAS FIGURAS

[0022] Las realizaciones de acuerdo con la presente invención se describirán tomando en cuenta las figuras anexas, en las cuales:

La Fig. 1 muestra un diagrama esquemático de bloque de un generador de filigrana digital, de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 2 muestra un diagrama esquemático de bloque de un codificador diferencial, para utilizarse en una realización de la presente invención;

Las Fig. 3a a 3c muestran diagramas de un ejemplo de rotación de fase y escalada aplicados en el codificador diferencial de la Fig. 2;

La Fig. 4 muestra un diagrama esquemático de bloque de un codificador diferencial para utilizarse en una realización de la presente invención.

La Fig. 5 muestra un diagrama de un ejemplo de representación de valores de flujo respecto a símbolos de filigrana digital;

La Fig. 6a muestra diagramas de posibles resultados de diferentes valores de flujo en dependencia de un número máximo de símbolos de filigrana digital asociados con el mismo valor de flujo;

La Fig. 6b muestra un diagrama de un ejemplo de la manera en que un coeficiente de filigrana digital se deriva en una constelación de punto M usando el codificador diferencial de la Fig. 4;

La Fig. 7 muestra un diagrama esquemático de bloque de un generador de filigrana digital de acuerdo con una realización adicional de la presente invención;

La Fig. 8a muestra un ejemplo de comparación a la Fig. 7, un diagrama esquemático de bloque de un generador de filigrana digital según se describe en la EP 10154964;

La Fig. 8b muestra un diagrama como un ejemplo para el principio de incrustación del generador de filigrana digital de la Fig. 8a;

La Fig. 9 muestra un diagrama esquemático de bloque de un proveedor de señal de audio de filigrana digital con un generador de filigrana digital de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 10 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento de acuerdo con una realización de la presente invención;

La Fig. 11 muestra un diagrama esquemático de bloque de un decodificador de filigrana digital de acuerdo con

una realización de la presente invención; y

La Fig. 12 muestra un diagrama de un ejemplo de la representación de diferentes rangos de ángulo de fase respecto a valores discretos de datos valorados discretos según se lleva a cabo por el decodificador de filigrana digital de la Fig. 11.

DESCRIPCIÓN DETALLADA DE REALIZACIONES DE LA PRESENTE INVENCION

[0023] Antes de explicar las realizaciones de la invención con mayor detalle, tomando como referencia las figuras 1 a 12 acompañantes, debe señalarse que se proporcionan elementos funcionalmente iguales o los mismos con números de referencia iguales y que se omitirá una descripción repetida de estos elementos. Las descripciones de los elementos provistos con las mismas referencias numéricas son, por consiguiente, mutuamente intercambiables.

Generador de filigrana digital de acuerdo con la Fig. 1

[0024] En lo sucesivo, se describirá un generador de filigrana digital 100 haciendo referencia a la Fig. 1, la cual muestra el diagrama esquemático de bloque de tal generador de filigrana digital. El generador de filigrana digital 100 se configura para proporcionar una señal de filigrana digital 102, también designada como "wm", como una secuencia de coeficientes de filigrana digital posteriores. El generador de filigrana digital comprende un procesador de información opcional 106 y un codificador diferencial 108. El procesador de información 106 se configura para proporcionar, en dependencia de las unidades de información (por ejemplo, bits) de los datos valorados discretos 104 (por ejemplo, datos binarios), un primer flujo 110 de valores de flujo posteriores, de tal manera que el flujo 110 represente los datos valorados discretos 104. El codificador diferencial 108 se configura para proporcionar la señal de filigrana digital 102 y para aplicar una rotación de fase 112 a un valor de flujo actual (por ejemplo, un valor de flujo $b(i,j)$) de los valores de flujo que representan los datos valorados discretos 104 o a un símbolo de filigrana digital actual (por ejemplo, un símbolo de filigrana digital $x_k(i,j)$) correspondiente a un valor de flujo actual (por ejemplo, al valor de flujo $b(i,j)$) de los valores de flujo que representan los datos valorados discretos 104 para obtener un coeficiente de filigrana digital actual (por ejemplo, un coeficiente de filigrana digital $wm(i,j)$) de la señal de filigrana digital 102.

[0025] El codificador diferencial 108 puede llevar a cabo, por consiguiente, una representación de valor de flujo opcional respecto a símbolo de filigrana digital 114.

[0026] El codificador diferencial 108 se configura además para derivar una fase 116 de un coeficiente espectral (por ejemplo, un coeficiente espectral $awm(i,j-1)$) de una señal de filigrana digital. La señal de filigrana digital es una combinación de una señal huésped 118 de la señal de filigrana digital 102. La señal de filigrana digital también puede designarse como "awm" y la señal huésped también puede designarse como "a".

[0027] El codificador diferencial 108 se configura para proporcionar la señal de filigrana digital 102 de tal manera que un ángulo de fase de la rotación de fase 112 aplicada al valor de flujo actual o el símbolo de filigrana digital actual sea dependiente de la fase 116 del coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital. En una realización preferida de la presente invención, el ángulo de fase de la rotación de fase 112 aplicada al valor de flujo actual o el símbolo de filigrana digital actual es igual al ángulo de fase del coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital.

[0028] Para derivar la fase 116 del coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital, el codificador diferencial 108 puede llevar a cabo una derivación de fase 120 en el coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital. El coeficiente espectral previo puede ser provisto, por ejemplo, de una etapa que sea externa al generador de filigrana digital 100 o el codificador 108 puede configurarse para determinar coeficientes espectrales de la señal de filigrana digital mediante combinación de coeficientes de filigrana digital y coeficientes espectrales de la señal huésped 118. Por ejemplo, el codificador diferencial 108 puede configurarse para derivar el coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital en base a una combinación de un coeficiente de filigrana digital previo (por ejemplo, un coeficiente de filigrana digital $wm(i,j-1)$) y un coeficiente espectral previo, por ejemplo un coeficiente espectral $a(i,j-1)$ de la señal huésped 118. En otras palabras, el codificador diferencial puede no solo derivar coeficientes de filigrana digital sino también coeficientes espectrales de la señal de filigrana digital.

[0029] El procesador de información 106 puede configurarse para proporcionar el primer flujo 110 que representa los datos valorados discretos 104 en un dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que cada valor de flujo del flujo 110 se asocia con un sub-canal de frecuencia y una cuota de tiempo.

[0030] El índice "i" arriba utilizado puede indicar el sub-canal de frecuencia y el índice "j" puede indicar el "número de símbolo" o, en otras palabras, la cuota de tiempo del coeficiente o símbolo correspondiente. En otras palabras, "i" denota un sub-canal de frecuencia (en la frecuencia central f_i) y "j" denota el índice temporal

o la cuota de tiempo del valor correspondiente a éste.

[0031] Por consiguiente, cada valor de flujo del flujo 110 se asocia con un sub-canal de frecuencia i y una cuota de tiempo j . Además, el codificador diferencial 108 puede configurarse para obtener el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ en el dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que un sub-canal de frecuencia i asociado al coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ sea idéntico a un sub-canal de frecuencia i asociado al valor de flujo actual $b(i,j)$ y de tal manera que una cuota de tiempo j asociada al coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ sea idéntica a una cuota de tiempo j asociada al valor de flujo actual $b(i,j)$.

[0032] En otras palabras, un sub-canal de frecuencia y una cuota de tiempo o número de símbolo de un coeficiente de filigrana digital de la señal de filigrana digital wm , que se asocian con un valor de flujo del valor de flujo del flujo 110, pueden ser idénticos al sub-canal de frecuencia y cuota de tiempo o número de símbolo del valor de flujo correspondiente.

[0033] Además, el codificador diferencial 108 puede configurarse para derivar coeficientes espectrales de la señal de filigrana digital en un dominio de frecuencia de tiempo también, de tal manera que cada coeficiente espectral de la señal de filigrana digital se asocie con un sub-canal de frecuencia y una cuota de tiempo. Por consiguiente, el codificador diferencial 108 puede configurarse para determinar la rotación de fase 112 de tal manera que una cuota de tiempo $j-1$ que se asocia con el coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital, en dependencia de la cual se selecciona el ángulo de fase de la rotación de fase 112 aplicada al valor de flujo actual $b(i,j)$ o el símbolo de filigrana digital actual $x_k(i,j)$, y la cuota de tiempo j correspondiente al valor de flujo actual $b(i,j)$ sean adyacentes en tiempo. En otras palabras, un coeficiente espectral actual $awm(i,j)$, que es una combinación del coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ y el coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118, pueden seguir directamente al coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ en tiempo cuando la señal de filigrana digital se observa como una secuencia de coeficientes espectrales posteriores $awm(i,j)$ ($i, j \in N$). Además, el codificador diferencial 108 puede configurarse de tal manera que los sub-canales de frecuencia i del valor de flujo actual $b(i,j)$, el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ y el coeficiente espectral $awm(i,j)$ son idénticos. Esto significa que el codificador diferencial 108 puede llevar a cabo el proceso de derivación de señal de filigrana digital para cada sub-canal de frecuencia sobre el cual se representan las unidades de información de los datos valorados discretos 104. Esto es ventajoso debido a que en un ambiente reverberante, las diferentes rotaciones de fase respecto a la señal transmitida pueden aplicarse a diferentes sub-canales de frecuencia. La fase del coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ puede, por consiguiente, basarse solo en el coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital que se asocia con el mismo sub-canal de frecuencia i como el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$.

Codificador Diferencial de acuerdo con la Fig. 2 usando una Constelación de Dos Puntos

[0034] En lo sucesivo, se explicará un codificador diferencial 208 para utilizarse en un generador de filigrana digital de acuerdo con una realización de la presente invención, haciendo referencia a las Figs. 2, 3a a 3c. En lo sucesivo, la señal huésped 118 será una señal de audio y también puede designarse como una señal de audio huésped en la cual está por incrustarse la señal de filigrana digital. No obstante, las realizaciones de la presente invención también pueden utilizarse para incrustar señales de filigrana digital en otras señales diferentes a la señal de audio, por ejemplo, en señales de video. La funcionalidad del codificador digital 208 puede ser equivalente a la funcionalidad del codificador diferencial 108 y el codificador diferencial 208 puede comprender las funcionalidades adicionales mostradas en la Fig. 2.

[0035] El codificador diferencial 208 se configura para recibir la señal huésped 118 como una señal de audio huésped $a(t)$ en el dominio de tiempo. El codificador diferencial 208 puede comprender, por consiguiente, como se muestra en la Fig. 2, un banco de filtro de análisis 202 configurado para obtener los coeficientes espectrales (por ejemplo, el coeficiente espectral actual $a(i,j)$) de la señal huésped 118 en el dominio de frecuencia de tiempo. Este banco de filtro de análisis 202 también puede utilizarse en un decodificador de filigrana digital correspondiente. En otras palabras, los coeficientes de audio (los coeficientes espectrales de la señal huésped 118) en el codificador pueden obtenerse mediante aplicación del mismo banco de filtro de análisis 202 que se utiliza en un decodificador. La obtención del coeficiente espectral de la señal huésped 118 puede ser parte de la derivación de fase 120, que se lleva a cabo por el codificador diferencial 208. Para obtener el coeficiente espectral actual $awm(i,j)$ de la señal de filigrana digital, el codificador diferencial 208 puede llevar a cabo, durante la derivación de fase 120, una combinación 204 del coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ y el coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118, por ejemplo, de acuerdo con la siguiente ecuación:

$$awm(i,j) = a(i,j) + wm(i,j) \quad (1)$$

[0036] El coeficiente espectral actual obtenido $awm(i,j)$ de la señal de filigrana digital puede almacenarse en el codificador diferencial 208 (simbolizado por un elemento de retraso 206 del codificador diferencial 208). El coeficiente espectral actual, almacenado $awm(i,j)$ de la señal de filigrana digital puede utilizarse entonces para

determinar un coeficiente de filigrana digital sucesivo $wm(i,j+1)$.

[0037] Para hallar el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ para el sub-canal de frecuencia i , la fase 116 del coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$, el cual también se designa como coeficiente de audio de filigrana digital previo de la señal de filigrana digital, se calcula, por ejemplo, en un proceso de cálculo de fase 210 del proceso de derivación de fase 120, usando la siguiente ecuación:

$$e^{j\varphi(i,j)} = \frac{awm(i,j) - 1}{|awm(i,j) - 1|} \quad (2)$$

[0038] En esta solicitud "j" designa la unidad imaginaria (raíz cuadrada de -1), no debe mezclarse con el índice j para las cuotas de tiempo.

[0039] La fase 116 (representada por el valor complejo $e^{j\varphi(i,j-1)}$) o el ángulo de fase $\varphi(i,j-1)$ del coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ se utiliza por el codificador diferencial 208 en la rotación de fase 112, que se aplica al valor de flujo actual $b(i,j)$ del flujo 110. Si no existe cambio de fase por transmitirse, por ejemplo, si el valor de flujo actual $b(i,j)$ es igual a 1, una fase del coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ es idéntica a la fase 116 del coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital, o en otras palabras, el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ apunta en la misma dirección que el coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital. Si está por transmitirse un cambio de fase por $\pi(180^\circ)$ (por ejemplo, si el valor de flujo actual $b(i,j)$ es -1), el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ puede apuntar en la dirección opuesta cuando se compare con el coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital. Los valores de flujo pueden ser, por ejemplo, datos binarios, por ejemplo, los valores de flujo pueden ser:

$$b(i,j) = \{-1, 1\} \quad (3)$$

[0040] Al inicio de la corriente 110, es decir para $j=0$ o si la fase 116 ($e^{j\varphi(i,j)}$) es indefinida, la fase 116 o $e^{j\varphi(i,j)}$ puede fijarse igual a 1.

[0041] El codificador diferencial 208 puede llevar a cabo además una escalada del valor de flujo actual $b(i,j)$ mediante un factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ ($i, j \in \mathbb{N}$, $\gamma \in \mathbb{R}$) o mediante un factor actual que sea menor que el factor de escalada actual $\gamma(i,j)$. La escalada 210 puede aplicarse al valor de flujo actual $b(i,j)$ antes de aplicar la rotación de fase 112 o después de aplicar la rotación de fase 112 (como se muestra en la Fig. 2). El factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ se proporciona por un módulo de procesamiento psicoacústico (no mostrado en la Fig. 2) en dependencia de la señal huésped 118, en la cual está por incrustarse la señal de filigrana digital 102. El factor de escalada $\gamma(i,j)$ describe una característica de enmascaramiento de la señal huésped 118. El factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ puede determinar una amplitud máxima del símbolo de filigrana digital actual $wm(i,j)$ de tal manera que el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ permanece inaudible en la señal de filigrana digital.

[0042] En una realización preferida de la presente invención, siempre se utiliza la amplitud máxima del coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ permitida por el modelo psicoacústico.

[0043] El codificador diferencial 208 puede determinar, por consiguiente, el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ como:

$$wm(i,j) = b(i,j) \gamma(i,j) e^{j\varphi(i,j-1)} \quad (4)$$

[0044] Al utilizar la ecuación 4, la estrategia de codificación puede hacerse óptima, esto significa que puede maximizarse la proporción de señal a ruido en un decodificador después de la decodificación diferencial. A partir de la ecuación 4 puede observarse que una codificación diferencial se lleva a cabo de manera implícita, a fin de que una señal $b_{dif}(i,j) = b(i,j) \gamma_{dif}(i,j-1)$, que se ha calculado en la EP 10154964, no necesite calcularse en realizaciones de la presente invención.

[0045] Además, debe señalarse que en realizaciones de la presente invención se introduce la rotación de fase 112 durante la codificación diferencial, para archivar un rechazo de interferencia huésped con una codificación diferencial implícita, que es una ventaja significativa, especialmente cuando se compara con el procedimiento de incrustación definido en la EP 10154964.

[0046] En las Figs. 3a a 3c se da un ejemplo para el proceso de incrustación.

[0047] La Fig. 3a muestra en un diagrama la señal huésped más la filigrana digital para la cuota temporal previa, es decir, el coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital, como un vector 310 en el plano complejo. Además, el coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118 se muestra como otro vector 312 en el plano complejo. La señal de audio actual $a(i,j)$ o el coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la

señal huésped 118 representa el centro de un círculo en el cual puede aplicarse la rotación de fase 112 al valor de flujo actual $b(i,j)$. Además, el radio del círculo después de escalar el valor de flujo actual $b(i,j)$ puede delimitar cierta región de enmascaramiento de la señal huésped 118.

[0048] En otras palabras, el radio del círculo puede escalarse en base al factor de escalada actual $\gamma(i,j)$. Como puede observarse en la Fig. 3a, el valor de corriente actual $b(i,j)$ puede comprender una fase de 0 o una fase de π , dependiendo de su valor. Como se muestra en la ecuación 3, el valor de flujo actual $b(i,j)$ puede ya sea tomar el valor -1 o +1, esta regla puede aplicarse si los datos valorados discretos 104 son datos binarios, por consiguiente, el flujo 110 puede comprender solo valores de flujo binarios. El vector $b^{(a)}(i,j)$ puede corresponder, por consiguiente, a un primer valor (por ejemplo, -1) del valor de flujo actual $b(i,j)$ y el vector $b^{(b)}(i,j)$ puede corresponder a un valor complementario (por ejemplo, +1) del valor de flujo actual $b(i,j)$.

[0049] La Fig. 3b muestra el círculo de la Fig. 3a después de que la rotación de fase 112 se ha aplicado al valor de flujo actual $b(i,j)$. Puede observarse a partir de la Fig. 3b que el ángulo de fase $\phi(i,j-1)$ mediante el cual el círculo de la Fig. 3a se gira, es idéntico al ángulo de fase $\phi(i,j-1)$ del coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital. En otras palabras, el valor de flujo actual $b(i,j)$ se desplaza por fase mediante la fase 116 del coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital.

[0050] La Fig. 3c muestra el círculo de la Fig. 3b después de la escalada 210 del valor de flujo actual rotado por fase $b(i,j)$. Por consiguiente, el $\tilde{wm}^{(a)}(i,j)$ o $\tilde{wm}^{(b)}(i,j)$ de enmascaramiento. De acuerdo con realizaciones de la presente invención, $\tilde{wm}^{(a)}(i,j)$ o $\tilde{wm}^{(b)}(i,j)$ o el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ se construye ya sea como $wm^{(a)}(i,j)$ o como $wm^{(b)}(i,j)$, dependiendo del valor de flujo actual $b(i,j)$. Como un ejemplo de comparación, también se muestran las posibilidades para el procedimiento tradicional definido en la EP 10154964, es decir, también se muestra $\tilde{wm}^{(a)}(i,j)$ o $\tilde{wm}^{(b)}(i,j)$. Puede observarse que para el procedimiento tradicional los coeficientes de filigrana digital actuales, $\tilde{wm}^{(a)}(i,j)$ o $\tilde{wm}^{(b)}(i,j)$ se construyen de manera independiente a la fase de un coeficiente espectral previo de una señal de filigrana digital. En otras palabras, comparando las dos estrategias, puede observarse que las realizaciones de la presente invención giran la solución tradicional por un ángulo dependiente de la señal de filigrana digital previa $awm(i,j-1)$ o el coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital.

[0051] Para resumir, el coeficiente espectral actual $awm(i,j)$ de la señal de filigrana digital puede obtenerse mediante una suma del coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118 y una versión rotada (y, opcionalmente, escalada) del valor de flujo actual $b(i,j)$ de tal manera que el coeficiente espectral actual $awm(i,j)$ permanezca sobre o dentro del círculo, el centro del cual se define por el coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118, un radio del cual se determina por una magnitud del valor de flujo actual $b(i,j)$ y un rango de valores del factor de escalada actual $\gamma(i,j)$.

[0052] Esta estrategia de incrustación de acuerdo con realizaciones de la presente invención reduce la distorsión inducida por la señal huésped 118 y de esta manera mejora el proceso de decodificación en un decodificador.

[0053] A partir de la Fig. 3c puede observarse que el coeficiente espectral actual $awm(i,j)$ de la señal de filigrana digital puede calcularse dependiendo del valor de flujo actual $b(i,j)$ como:

$$awm^{(a)}(i,j)=a(i,j)+wm^{(a)}(i,j) \quad (5)$$

o

$$awm^{(b)}(i,j)=a(i,j)+wm^{(b)}(i,j) \quad (6)$$

dependiendo del valor del valor de flujo actual $b(i,j)$.

[0054] El factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ y la fase 116 ($e^{j\phi(i,j-1)}$) del coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital ya se incluyen en $wm^{(a)}(i,j)$ y $wm^{(b)}(i,j)$ (véase ecuación 4).

[0055] El círculo de radio $\gamma(i,j)$ delimita el área del plano complejo en el cual puede definirse el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$, el cual se expresa como un vector centrado en el coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118. El factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ se proporciona por el modelo psicoacústico y asegura que la filigrana digital será inaudible. Para lograr la mayor SIR, es decir la mayor proporción de señal a interferencia (es decir, la señal huésped 118), puede ser óptimo colocar el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$ sobre el círculo en vez de dentro de éste. En otras palabras, puede ser óptimo utilizar la máxima potencia permitida de los coeficientes de filigrana digital de la señal de filigrana digital 102. En otras palabras, puede ser óptimo utilizar el factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ proporcionado por el modelo psicoacústico para la escalada 210 en vez de otro factor de escalada (también permitido) que sea menor que el factor de escalada actual $\gamma(i,j)$.

[0056] Se ha encontrado que con tal círculo de enmascaramiento mostrado en la Fig. 3a a 3c, no solo se permiten $w_m(i,j)=b(i,j)x(i,j)$ con $b(i,j)\in\{-1,1\}$, sino que en su lugar también puede utilizarse $w_m(i,j)=\gamma(i,j)e^{j\theta}b(i,j)$ con $\theta\in[0,2\pi)$. Las realizaciones de la presente invención hacen uso de este hallazgo al aplicar la rotación de fase 112 a los valores de flujo actuales del flujo 110 en base a fases de coeficientes espectrales previos de la señal de filigrana digital. También podrían ser posibles otras regiones de enmascaramiento. Por ejemplo, si las investigaciones mostraran que los cambios de fase de un coeficiente de audio (de un coeficiente espectral de la señal huésped 118) son menos críticos para el oído que los cambios de amplitud, la región de enmascaramiento (que es un círculo en las Figs. 3a a 3c) puede tener la forma de un riñón.

[0057] Por razones de simplicidad, se asume una región de enmascaramiento circular en las realizaciones descritas en esta aplicación.

[0058] En la realización arriba descrita, la invención se presentó en una manera más específica, esto significa en una solución de dos puntos, en donde no se lleva a cabo representación alguna de valor de flujo respecto a símbolo de filigrana digital. Esta solución de dos puntos puede ser de gran importancia para las aplicaciones prácticas actuales. Sin embargo, las soluciones de múltiples puntos más generales pueden ser de interés en aplicaciones futuras. Por consiguiente, en lo sucesivo, se describirá otra realización de la invención que extiende la solución de dos puntos específica a una solución más general de mayor orden.

Generalización a constelación de mayor orden usando un codificador diferencial de acuerdo con la Fig. 4

[0059] Siguiendo los mismos principios usados en las secciones previas, la invención se generaliza ahora a una constelación de M-puntos. Para hacerlo, permitimos que símbolos diferentes representen la misma información como se muestra en la Fig. 5. En esta gráfica, se permiten dos símbolos para cada estado de bit. Por ejemplo, para el estado de bit "1", se permite un primer símbolo complejo 510 con una fase de 0 y un segundo símbolo complejo 512 con una fase de π . Para un segundo estado de bit "0", se permiten un tercer símbolo complejo 520 con una fase de $\pi/2$ y un cuarto símbolo complejo 522 con una fase de $3\pi/2$. Puede llevarse a cabo la selección entre los diferentes símbolos, una vez más siguiendo la idea de incrustación informada, esto significa mediante consideración de la señal de audio huésped actual (es decir, el coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118) así como también (para la codificación diferencial) la señal de filigrana digital previa (es decir, el coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital).

[0060] La Fig. 4 muestra un diagrama esquemático de bloque de un codificador diferencial 408, para utilizarse en un generador de filigrana digital de acuerdo con una realización de la presente invención. El codificador diferencial 408 difiere del codificador diferencial 208 en que se configura para llevar a cabo la representación de valor de flujo respecto a símbolo de filigrana digital 114, lo cual también se menciona como una característica opcional del generador de filigrana digital 100 en la Fig. 1. Para llevar a cabo esta representación de valor de flujo respecto a símbolo de filigrana digital 114, el codificador diferencial 408 comprende un selector de sub-constelación 402 y un dispositivo de decisión 404. El dispositivo de decisión 404 también puede ser llamado dispositivo de decisión de múltiples puntos 404. El selector de constelación 402 se configura para proporcionar selectivamente una pluralidad de símbolos de filigrana digital actual $x_k(i,j)$ ($i,j, k \in N$), los cuales constituyen una constelación, en dependencia del valor de flujo actual $b(i,j)$. El índice "k" se asocia con un número de símbolo del símbolo de filigrana digital actual. Si un valor de flujo se representa para un sub-conjunto de M símbolos de filigrana digital pertenecientes a dos diferentes sub-constelaciones, para cada sub-constelación k puede variar desde $k=1$ hasta $k=M/2$. Una primera sub-constelación puede asociarse con un primer valor de flujo (por ejemplo, +1) y una segunda sub-constelación puede asociarse con un segundo valor de flujo (por ejemplo, -1).

[0061] Además, el codificador diferencial 408 puede configurarse para aplicar una rotación de fase 112 a cada uno de los símbolos de filigrana digital actual $x_k(i,j)$ de la sub-constelación correspondiente al valor de flujo actual $b(i,j)$, a fin de obtener una pluralidad de coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales, $wm_k(i,j)$. Como puede observarse en la Fig. 4, el codificador diferencial 408 puede configurarse además para llevar a cabo una escalada 210 de cada uno de los símbolos de filigrana digital actuales $x_k(i,j)$ en base al factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ proporcionado por el módulo psicoacústico mencionado. El factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ es igual para cada uno de los símbolos de filigrana digital actuales $x_k(i,j)$ de la sub-constelación correspondiente al valor de flujo actual $b(i,j)$. El codificador diferencial 408 también puede configurarse, por consiguiente, para aplicar la rotación de fase 112 a una versión escalada de los símbolos de filigrana digital actuales $x_k(i,j)$.

[0062] De acuerdo con realizaciones adicionales de la presente invención, el codificador diferencial 408 puede llevar a cabo en primer lugar la rotación de fase 112 y después llevar a cabo la escalada 210.

[0063] El dispositivo de decisión 404 puede configurarse para seleccionar uno de los coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales $wm_k(i,j)$ como el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$.

[0064] Como un ejemplo, el codificador diferencial 408 o, más precisamente, el selector de sub-constelación 402 puede siempre codificar 1 bit (un valor de flujo del flujo 110) con M símbolos. En lo sucesivo, se supone que la corriente 110 solo contenga valores binarios o, en otras palabras, los valores de flujo del flujo 110 solo pueden tomar valores binarios. Por ejemplo, los valores de flujo pueden ser ya sea -1 ó +1. El valor de flujo actual $b(i,j)$ puede ser, por consiguiente, $\in \{-1, 1\}$. El valor de flujo actual $b(i,j)$ o el bit $b(i,j)$ introduce el bloque de selección de sub-constelación o el selector de sub-constelación 402. Un resultado del selector de sub-constelación 402 comprende, como se determina en la Fig. 6, símbolos de filigrana digital complejos $M/2$ $x_1(i,j), \dots, x_{M/2}(i,j)$. Los puntos $M/2$ constituyen la sub-constelación, lo cual corresponde a un estado de un bit o, en otras palabras, la sub-constelación corresponde al valor de flujo actual $b(i,j)$. Puesto en términos matemáticos, el $k^{\text{ésimo}}$ punto de la sub-constelación puede calcularse como:

$$x_k(i,j) = \exp(j(2\Delta x(k-1) + \eta(i,j))) \quad (7)$$

donde

$$\Delta = \frac{2\pi}{M} \quad (8)$$

y

$$\eta(i,j) = 0 \text{ para } b(i,j) = 1$$

$$\eta(i,j) = \Delta \text{ para } b(i,j) = -1$$

[0065] Como puede observarse en la Fig. 6a para $M=2$ existe solo un símbolo en cada sub-constelación y tenemos simplemente $x_1(i,j) = b(i,j)$, lo cual fue el caso con el codificador diferencial 208 de la Fig. 2.

[0066] A partir de la Fig. 6a puede observarse que para cada estado del bit $b(i,j)$ o para cada valor del valor actual $b(i,j)$, se proporcionan diferentes sub-constelaciones por el selector de sub-constelación 402. Además, puede observarse que el selector de sub-constelación 402 puede proporcionar la pluralidad de símbolos de filigrana digital actuales $x_k(i,j)$ como valores complejos, de tal manera que los diferentes símbolos de filigrana digital actuales solo difieren en fase y de tal manera que las diferencias de fase de los diferentes símbolos de filigrana digital actuales, adyacentes, asociados con el mismo valor de flujo actual $b(i,j)$, son iguales. Por ejemplo, para $M=8$, una diferencia de fase entre los símbolos de filigrana digital de la misma subconstelación es siempre $\pi/2$.

[0067] Además, una primer sub-constelación puede corresponder a un primer valor del valor de flujo actual $b(i,j)$, por ejemplo, $b(i,j)=1$, y una segunda sub-constelación puede corresponder a un segundo valor del valor de flujo actual $b(i,j)$, por ejemplo, $b(i,j)=-1$. Además, una diferencia de fase entre dos símbolos de filigrana digital adyacentes de diferentes sub-constelaciones, es siempre igual y es la mitad de la diferencia de fase entre dos símbolos de filigrana digital adyacentes de la misma sub-constelación.

[0068] Como puede observarse a partir de la Fig. 4, cada símbolo en la sub-constelación, en otras palabras, cada símbolo de filigrana digital $x_k(i,j)$ de la sub-constelación se escala de acuerdo con el factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ dado por el modelo psicoacústico y se rota entonces de acuerdo con la fase 116 del coeficiente espectral previo $awm(i,j-1)$ de la señal de filigrana digital. Cada símbolo escalado y rotado en la sub-constelación que entra al dispositivo de decisión 404, por ejemplo, como candidatos de filigrana digital actual $wm_k(i,j)$, es un candidato para el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$.

[0069] El dispositivo de decisión 404 selecciona cuál de los candidatos, denotados por $wm_1(i,j), \dots, wm_{M/2}(i,j)$, debe utilizarse como filigrana digital (como el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$).

[0070] Una posibilidad es seleccionar al candidato a partir de los coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales $wm_k(i,j)$ ($k=1 \dots M/2$), lo cual maximiza una proporción de señal a ruido de la señal de filigrana digital con respecto al ruido del canal. En este caso, el dispositivo de decisión 404 puede configurarse para agregar cada candidato $wm_k(i,j)$ ($k=1 \dots M/2$) al coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118 a fin de obtener candidatos de señal de filigrana digital $awm_1(i,j), \dots, awm_{M/2}(i,j)$, los cuales también se denotan como coeficientes espectrales de filigrana digital, candidatos, actuales, $awm_k(i,j)$ ($k=1 \dots M/2$) y seleccionan el de mayor potencia. En términos matemáticos:

$$k^{\text{opc}} = \arg \max_k |awm(i,j)|^2, \quad (9)$$

a fin de que la señal de filigrana digital o el coeficiente de filigrana digital actual sea

$$wm(i,j) = wm_{k^{\text{opc}}}(i,j), \quad (10)$$

[0071] En otras palabras, el dispositivo de decisión 404 puede configurarse para derivar la pluralidad de coeficientes espectrales de filigrana digital, candidatos, actuales $awm_k(i,j)$ ($k=1\dots M/2$) en base a combinaciones del coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118 con la pluralidad de coeficientes de filigrana digital, candidatos $wm_k(i,j)$ ($k=1\dots M/2$), a fin de determinar el coeficiente espectral de filigrana digital, candidato, actual, con la mayor emisión de la pluralidad de coeficientes espectrales de filigrana digital, candidatos, actuales $awm_k(i,j)$ ($k=1\dots M/2$) a fin de elegir el coeficiente de filigrana digital, candidato, actual, correspondiente al coeficiente espectral de filigrana digital candidato, actual, que tiene la mayor potencia como coeficiente de filigrana digital actual.

[0072] Debe señalarse una vez más que las realizaciones de la presente invención implementan una codificación diferencial de manera implícita.

[0073] Para utilizar M de mayor orden, la proporción de señal a ruido de la señal de filigrana digital puede mejorarse, lo que significa que la filigrana digital puede sobrevivir más fácilmente a las distorsiones introducidas, por ejemplo, por el ruido de micrófono. Por otro lado, los símbolos en la sub-constelación son más cercanos a M mayor (esto significa que la diferencia de fase se hace menor). Esto implica que se incrementará la tasa de error de transmisión de bits BER. Dado este intercambio, la selección de M depende de la aplicación deseada.

[0074] La Fig. 6b muestra en un ejemplo la manera en cómo el dispositivo de decisión 404 decide cuál coeficiente de filigrana digital, candidato, actual, de la pluralidad de coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales $wm_k(i,j)$ ($k=1\dots M/2$) utilizar como el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$. En el ejemplo, se supone que el selector de sub-constelación 402 codifica un bit con uno de un total de ocho símbolos. Esto significa $M=8$. Además, se supone que el valor del valor de flujo actual $b(i,j)=1$. A partir de la Fig. 6a la sub-constelación para este caso puede encontrarse en la primer columna, tercera hilera de la tabla mostrada en la Fig. 6a. Por consiguiente, la sub-constelación comprende cuatro símbolos de filigrana digital, candidatos, actuales $x_1(i,j)$ a $x_4(i,j)$, los cuales se separan entre sí con una fase de $\pi/2$. En la Fig. 6b, los símbolos de filigrana digital actuales $x_1(i,j)$ a $x_4(i,j)$ ya se han escalado y rotado por fase para obtener los coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales $wm_1(i,j)$ a $wm_4(i,j)$. El dispositivo de decisión de múltiples puntos 404 deriva, en base a la combinación del coeficiente espectral actual $a(i,j)$ de la señal huésped 118 y los coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales $wm_1(i,j)$ a $wm_4(i,j)$, los coeficientes espectrales de filigrana digital, candidatos, actuales $awm_1(i,j)$ a $awm_4(i,j)$. El dispositivo de decisión 404 selecciona entonces el coeficiente de filigrana digital, candidato, actual que corresponde al coeficiente espectral de filigrana digital, candidato, actual con la mayor potencia. En el ejemplo mostrado en la Fig. 6b, el dispositivo de decisión 404 seleccionaría el coeficiente de filigrana digital, candidato, actual $wm_3(i,j)$ como el coeficiente de filigrana digital actual $wm(i,j)$, debido a que su coeficiente espectral de filigrana digital, candidato, actual, correspondiente, $awm_3(i,j)$ tiene la mayor potencia de los coeficientes espectrales de filigrana digital, candidatos, actuales $awm_1(i,j)$ a $awm_4(i,j)$.

[0075] En otras palabras, los coeficientes de filigrana digital $wm(i,j)$ se seleccionan de tal manera que $awm(i,j)$ permanezca dentro de la región de enmascaramiento y la proporción de señal a ruido en el decodificador se maximice después de la decodificación diferencial, por ejemplo, cuando se utiliza una regla de decodificación como en la ecuación 13.

[0076] Debe observarse que para obtener el caso especial mostrado en la realización de la Fig. 2, es decir, $M=2$, el esquema en la Fig. 4 se simplifica enormemente. Como ya se mencionó, el selector de sub-constelación 402 puede ser superfluo ya que tenemos solo un candidato que es $x_1(i,j)=b(i,j)$. Por consiguiente, el dispositivo de decisión 404 también puede retirarse mientras no se requiera selección alguna.

[0077] Después de describir los dos codificadores diferenciales 208, 408, en lo sucesivo se explicará otro generador de filigrana digital, el cual puede utilizar los codificadores diferenciales 208, 408, tomando como referencia la Fig. 7.

El Generador de Filigrana Digital De Acuerdo con la Fig. 7

[0078] La Fig. 7 muestra un diagrama esquemático de bloque de un generador de filigrana digital 700 de acuerdo con una realización de la presente invención. Una funcionalidad del generador de filigrana digital 700 puede ser similar a la funcionalidad del generador de filigrana digital 100. El generador de filigrana digital 700 puede comprender las características opcionales mostradas en la Fig. 7. El generador de filigrana digital 700 comprende un procesador de información 706, un codificador diferencial 708 y un modulador 710. Una funcionalidad del procesador de información 706 puede ser similar a la funcionalidad del procesador de información 106 y el procesador de información 706 puede comprender las características adicionales mostradas en la Fig. 7. El codificador diferencial 708 puede ser el codificador diferencial 108, el codificador diferencial 208, el codificador diferencial 408 u otro codificador diferencial de acuerdo con una realización de la presente invención.

[0079] Para la descripción del generador de filigrana digital 700, se asume un flujo 104 de datos binarios expresados como $\{-1,1\}$. Un bloque de señalización 712 del procesador de información 706 organiza los datos en paquetes de igual longitud y anexa bits de la parte superior. Un paquete de bits de carga útil junto con la parte superior se denota como un mensaje.

[0080] Un codificador de canales 714 del procesador de información 706 agrega redundancia al mensaje con propósitos de corrección de errores por adelantado.

[0081] Posteriormente, los datos se difunden por frecuencia, por ejemplo, se generan datos binarios para los diferentes sub-canales mediante un difusor de frecuencia 716 del procesador de información 706.

[0082] Con objeto de facilitar la decodificación, se inserta una señal de sincronización mediante multiplicación de la matriz de información binaria mediante una concatenación de secuencias de sincronización. Esta inserción de esquema de sincronización puede llevarse a cabo mediante un dispositivo de inserción de esquema de sincronización 718 del procesador de información 706.

[0083] Un difusor de tiempo 720 del procesador de información 706 lleva a cabo una difusión en el dominio de tiempo, esto significa que agrega redundancia adicional con objeto de ganar más fortaleza contra el ruido. Una emisión del procesador de información 706 son los datos binarios (por ejemplo, el flujo 110 de los valores de flujo posteriores, también denotado como $b(i,j)$), donde i indica un sub-canal y j indica la cuota de tiempo o número de símbolo.

[0084] El codificador diferencial 708 lleva a cabo el proceso de rechazo de interferencia de huésped y codificación diferencial en el flujo 110 de los valores de flujo posteriores que se proporciona por el bloque de difusión de tiempo 720. El codificador diferencial 708 también puede denotarse como bloque de codificación diferencial y rechazo de interferencia de huésped 708. El codificador diferencial 708 puede ser, por ejemplo, similar o igual al codificador diferencial 108 de la Fig. 1, al codificador diferencial 208 de la Fig. 2 o al codificador diferencial 408 de la Fig. 4. Los codificadores diferenciales 108, 208, 408 se han descrito con anterioridad, por consiguiente, se omite una descripción repetida del codificador diferencial 708.

[0085] El codificador diferencial 708 proporciona la señal de filigrana digital 102 en el dominio de frecuencia de tiempo como una secuencia de coeficientes de filigrana digital posteriores $wm(i,j)$ ($i,j \in N$) para una pluralidad de bandas de frecuencia. En otras palabras, la emisión del codificador diferencial 708 consiste en coeficientes de filigrana digital $wm(i,j)$ ($i,j \in N$). El modulador 710 se configura para derivar la señal de filigrana digital en un dominio de tiempo en base a los coeficientes de filigrana digital posteriores de la señal de filigrana digital 102 en el dominio de frecuencia de tiempo. Por consiguiente, el modulador 710 proporciona la señal de filigrana digital 722 como una señal de filigrana digital de dominio de tiempo 722, la cual también se denota como $wm(t)$. En otras palabras, la función del modulador restante 710 es convertir los coeficientes de filigrana digital $wm(i,j)$, ($i,j \in N$), en la señal de tiempo $wm(t)$.

[0086] La señal de filigrana digital de dominio de tiempo resultante 722 ($wm(t)$) es la filigrana digital que puede agregarse a la señal huésped (de audio) $a(t)$.

[0087] En lo sucesivo, el generador de filigrana digital que se describe en la EP 10154964 se explicará en breve como un ejemplo de comparación con el generador de filigrana digital 700 de acuerdo con una realización de la presente invención, mostrada en la Fig. 7.

Generador de Filigrana Digital Convencional como un Ejemplo de Comparación

[0088] La Fig. 8a muestra un diagrama esquemático de bloque de un generador de filigrana digital 800 según se describe en la EP 10154964. El generador de filigrana digital 800, como el generador de filigrana digital 700, también puede llevar a cabo la señalización, codificación de canal, difusión de frecuencia, inserción de esquema de sincronización y difusión en tiempo de los datos binarios en su entrada, a fin de obtener una corriente 804 de datos binarios como una secuencia de valores binarios posteriores $\tilde{b}(i,j)$ ($i,j \in N$) para una pluralidad de bandas de frecuencia. El generador de filigrana digital 800 comprende un codificador diferencial 802 que lleva a cabo entonces una codificación diferencial sobre el flujo 804 de datos binarios. Una emisión del codificador diferencial 802 es:

$$\tilde{b}_{\text{dif}}(i,j) = \tilde{b}_{\text{dif}}(i,j-1) \cdot \tilde{b}(i,j). \quad (11)$$

[0089] La emisión del codificador diferencial 802 es un flujo 808 de coeficientes binarios diferencialmente codificados, posteriores $\tilde{b}_{\text{diff}}(i,j)$ ($i,j \in N$). Un modulador 806 del generador de filigrana digital 800 transforma los datos binarios resultantes $\tilde{b}_{\text{diff}}(i,j)$ ($i,j \in N$) en una señal de tiempo y lleva a cabo escala de amplitud al mismo tiempo, de acuerdo con factores de escalada (por ejemplo, $\gamma(i,j)$) dados por un modelo psicoacústico. Uno puede considerar los coeficientes $\tilde{b}_{\text{diff}}(i,j)$ ($i,j \in N$) binarios diferencialmente codificados como coeficientes

y el modulador 806 como un banco de filtro por síntesis que escala primero los coeficientes y después los transforma en dominio de tiempo. Una señal de tiempo resultante $\tilde{w}m(t)$ es la filigrana digital que puede agregarse a una señal huésped de audio $a(t)$.

5 **[0090]** La Fig. 8b muestra el principio de incrustación del sistema propuesto en la EP 10154964. Observe por favor que el factor de escalada $\tilde{\gamma}(i,j)$ para las amplitudes de coeficiente ya se incluye en $\tilde{w}m(i,j)$. De hecho, $\tilde{w}m(i,j) = \tilde{b}_{diff}(i,j) \cdot \tilde{\gamma}(i,j)$.

[0091] La filigrana digital $\tilde{w}m(i,j)$ se selecciona entre $\tilde{w}m^{(a)}(i,j)$ o $\tilde{w}m^{(b)}(i,j)$ dependiendo de $b_{diff}(i,j)$. En otras palabras, ya sea $\tilde{w}m^{(a)}(i,j)$ o $\tilde{w}m^{(b)}(i,j)$ se seleccionan como la filigrana digital $\tilde{w}m(i,j)$ dependiendo de $\tilde{b}_{diff}(i,j)$.

10 **0092]** Puede observarse que tanto $\tilde{w}m^{(a)}(i,j)$ como también $\tilde{w}m^{(b)}(i,j)$ se han conformado sin tomar en cuenta la señal de audio huésped (a excepción del factor $\tilde{\gamma}(i,j)$ provisto por el modelo psicoacústico, el cual (obviamente) analizó la señal huésped y ajustó el factor $\tilde{\gamma}(i,j)$ de acuerdo con los efectos de enmascaramiento de frecuencia y los efectos de enmascaramiento temporales).

15 **[0093]** En lo sucesivo, se mostrará un breve ejemplo para una aplicación, en la cual puede utilizarse un generador de filigrana digital de acuerdo con una realización de la presente invención.

Ejemplo de una Aplicación que utiliza el Generador de Filigrana Digital 700

20 **[0094]** La Fig. 9 muestra un diagrama esquemático de bloque del generador de filigrana digital 700 de la Fig. 7 en conjunto con un módulo de procesamiento psicoacústico 920 a fin de proporcionar una señal de audio de filigrana digital de dominio de tiempo $awm(t)$. En este ejemplo, el generador de filigrana digital 700 se utiliza solo como un ejemplo. Por consiguiente, el generador de filigrana digital puede sustituirse con cualquier otro generador de filigrana digital de acuerdo con las realizaciones de la presente invención. Como puede observarse en la Fig. 9, el generador de filigrana digital 700 recibe, como entradas, datos valorados discretos 104 (en el presente ejemplo, datos binarios 104), una señal huésped 118 (en el presente ejemplo, una señal huésped de audio de dominio de tiempo 118) y un factor de escalada actual $\gamma(i,j)$. El factor de escalada $\gamma(i,j)$ se proporciona por el módulo de procesamiento psicoacústico 902 en base a la señal huésped de audio de dominio de tiempo 118. El módulo de procesamiento psicoacústico 902 proporciona factores de escalada $\gamma(i,j)$ ($i,j \in N$) para cada valor de flujo $b(i,j)$ ($i,j \in N$), los cuales se generan de manera interna en el generador de filigrana digital 700. En otras palabras, el módulo de procesamiento psicoacústico 802 proporciona el factor de escalada actual $\gamma(i,j)$ en cada sub-canal i (en la frecuencia central f_i) y para cada cuota de tiempo j .

35 **[0095]** Como se mencionó antes, la señal resultante del generador de filigrana digital 700 es la señal de filigrana digital de dominio de tiempo $wm(t)$. Esta señal de tiempo resultante $wm(t)$ es la filigrana digital que se agrega a la señal huésped de audio de dominio de tiempo $a(t)$. La señal huésped de filigrana digital:

$$awm(t) = a(t) + wm(t) \quad (12)$$
puede transmitirse sobre un canal de comunicaciones y constituye una señal recibida $y(t)$ en el receptor.

40 **[0096]** En lo sucesivo, se explicará un procedimiento para generar una señal de filigrana digital.

Procedimiento para Generar una Señal de Filigrana Digital de Acuerdo con la Fig. 10

45 **[0097]** La Fig. 10 muestra un diagrama de flujo de un procedimiento 1000 para proporcionar una señal de filigrana digital como una secuencia de coeficientes de filigrana digital posteriores en base a datos valorados discretos.

50 **[0098]** El procedimiento 1000 comprende una etapa 1002 para proporcionar, en dependencia de las unidades de información de los datos valorados discretos, un primer flujo de valores posteriores, de tal manera que el primer flujo represente los datos valorados discretos.

55 **[0099]** El procedimiento 1000 comprende además una etapa 1004 para aplicar una rotación de fase a un valor de flujo actual o a un símbolo de filigrana digital actual, correspondiendo el símbolo de filigrana digital actual a un valor de flujo actual de los valores de flujo que representan los datos valorados discretos, a fin de obtener un coeficiente de filigrana digital actual de la señal de filigrana digital.

[0100] El procedimiento 1000 comprende además una etapa 1006 para derivar una fase de un coeficiente espectral de una señal de filigrana digital que es una combinación de una señal huésped y la señal de filigrana digital.

60 **[0101]** El procedimiento 1000 comprende además una etapa 1008 para proporcionar la señal de filigrana digital de tal manera que un ángulo de fase de la rotación de fase, aplicado al valor de flujo actual o al símbolo

de filigrana digital actual, sea dependiente de la fase del coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital.

[0102] En lo sucesivo, se describirá un decodificador para decodificar una señal de filigrana digital generada por un generador de filigrana digital de acuerdo con una realización de la presente invención.

Decodificador de Filigrana Digital de Acuerdo con la Fig. 11

[0103] En un receptor, que comprende un decodificador de filigrana digital, típicamente lo inverso de las operaciones mencionadas para generar la señal de filigrana digital, se lleva a cabo en orden inverso para decodificar la filigrana digital. Para el caso en que el codificador diferencial 208 de la Fig. 2 se utiliza en el generador de filigrana digital a fin de generar la señal de filigrana digital, la decodificación diferencial puede llevarse a cabo mediante:

$$\hat{b}_i(j) = \text{Re}\{b_i^{\text{norm}}(j) \cdot b_i^{\text{norm}*}(j-1)\} = \quad (13)$$

$$= |b_i^{\text{norm}}(j)| \cdot |b_i^{\text{norm}}(j-1)| \cdot \cos(\varphi_i(j) - \varphi_i(j-1)) \quad (14)$$

donde $\varphi_i(j) = \angle b_i^{\text{norm}}(j)$, $b_i^{\text{norm}}(j)$ son coeficientes complejos normalizados, dados por un banco de filtro por análisis en el sub-canal i (en la frecuencia central f_i) que representa una señal recibida $y(t)$ y la variable j es el índice temporal. Los bits uniformes, valorados, reales, resultantes $\hat{b}_i(j)$ son los estimados de $b(i,j)$. La decodificación diferencial funciona en que si la diferencia de fase es 0 el coseno es 1, mientras que para una diferencia de fase igual a π , el coseno se vuelve -1. $y(t)$ representa la señal de filigrana digital $\text{awm}(t)$ que se ha transmitido sobre un canal de comunicaciones. Este principio de decodificación diferencial funciona bien para señales de filigrana digital generadas por el codificador diferencial 208 en el cual se aplica directamente la rotación de fase 112 a los valores de flujo actuales $b(i,j)$ ($i, j \in N$) del flujo 110. En otras palabras, este principio de decodificación funciona para codificadores diferenciales en los cuales no se aplica valor de flujo a la representación de símbolos de filigrana digital 114. Por consiguiente, un decodificador, que se configura para decodificar la señal de filigrana 102 generada por el codificador diferencial 208, puede ser similar a un decodificador, el cual se configura para decodificar una señal de filigrana digital generada por el codificador diferencial 802 del generador de filigrana digital definido en la EP 10154964.

[0104] En contraste a esto, el uso de una constelación de M puntos con $M > 2$ implica el uso de un decodificador diferente. Tal constelación de M puntos se ha mostrado con el codificador diferencial 408 de acuerdo con la Fig. 4, el cual aplica un valor de flujo a la representación de símbolos de filigrana digital 114 para cada uno de los valores de flujo $b(i,j)$ ($i, j \in N$) del flujo 110.

[0105] La Fig. 11 muestra un diagrama esquemático de bloque de un codificador 1100 de acuerdo con una realización de la presente invención, la cual se configura para decodificar tales señales de filigrana digital de la constelación de M puntos. El decodificador de filigrana digital 1100 para proporcionar datos valorados discretos 1102 comprende un procesador de información 1104 y un decodificador diferencial 1106, el procesador de información 1104 se configura para proporcionar un flujo 1108 de coeficientes espectrales valorados complejos $b_i^{\text{norm}}(j)$ ($i, j \in N$), representando el flujo 1108 la señal de filigrana digital 1101.

[0106] El procesador de información 1104 puede configurarse para proporcionar un flujo 1108 para cada sub-canal de frecuencia i .

[0107] El decodificador diferencial 1106 se configura para determinar una diferencia de ángulo de fase 1110 (también denotado como $\varphi^{\text{dif}}(j)$) entre un coeficiente espectral, valorado, complejo, previo 1112 (también denotado como $b_i^{\text{norm}}(j-1)$) y un coeficiente espectral, valorado, complejo, actual 1114 (también denotado como $b_i^{\text{norm}}(j)$). El decodificador diferencial 1106 se configura además para representar diferencias de ángulo de fase dentro de al menos dos rangos de ángulo de fase diferentes respecto a un primer valor discreto 1116 de los datos valorados discretos 1102 y para representar diferencias de ángulo de fase dentro de al menos otros dos rangos de ángulo de fase diferentes respecto a un segundo valor discreto 1118 de los datos valorados discretos 1102. Los datos valorados discretos 1102 pueden ser, por ejemplo, datos binarios y el primer valor discreto 1116 puede corresponder, por ejemplo, a una lógica 1 y el segundo valor discreto 1118 puede corresponder, por ejemplo, a una lógica -1 ó 0.

[0108] En otras palabras, el decodificador diferencial 1106 puede configurarse para seleccionar en respuesta a la diferencia de fase determinada 1110 que cae en los rangos de ángulo de fase representados en el primer valor discreto 1116, el primer valor discreto como un valor para un elemento actual de los datos valorados discretos 1102 y para seleccionar en respuesta a la diferencia de fase determinada 1110 que cae en los rangos de ángulo de fase representados en el segundo valor discreto 1118, el segundo valor discreto como un

valor para el elemento actual de los datos valorados discretos 1102.

[0109] El procesador de información 1104 puede configurarse para proporcionar el flujo 1108 de coeficientes espectrales complejos en un dominio de tiempo de frecuencia, de tal manera que cada coeficiente espectral corresponda a un sub-canal de frecuencia i y una cuota de tiempo j . El decodificador diferencial 1106 puede configurarse de tal manera que el coeficiente espectral complejo previo 1112 y el coeficiente espectral complejo actual 1114 correspondan a cuotas de tiempo adyacentes $j, j-1$ y al mismo sub-canal de frecuencia i .

[0110] La Fig. 12 muestra la manera en que el decodificador diferencial 1106 puede llevar a cabo la representación de los rangos de ángulo de fase mencionados. La Fig. 12 muestra el caso especial para $M=4$. Esto significa que dos diferentes rangos de ángulo de fase se representen respecto al primer valor discreto 1116 de los datos valorados discretos 1102 y otros dos diferentes rangos de ángulo de fase se representan respecto al segundo valor discreto 1118 de los datos valorados discretos 1102. En la Fig. 12, se dibuja un ángulo de fase en una dirección contraria a las manecillas del reloj que inicia desde un punto 1210 con el ángulo de fase a de 0.

[0111] Un primer rango de ángulo 1202 que varía desde $-\pi/4$ (o $7\pi/4$) hasta $\pi/4$ y un segundo rango de ángulo de fase 1204 que varía desde $3\pi/4$ hasta $5\pi/4$ se representan respecto al primer valor discreto 1116 mediante el decodificador diferencial 1106. Un tercer rango de ángulo de fase 1206 que varía desde $\pi/4$ hasta $3\pi/4$ y un cuarto rango de ángulo de fase 1208 que varía desde $5\pi/4$ hasta $7\pi/4$ se representan respecto al segundo valor discreto 1118 de los datos valorados discretos 1202 mediante el decodificador diferencial 1106. Al comparar este diagrama mostrado en la Fig. 12 con los diagramas mostrados en la Fig. 6a para el caso en el cual $M=4$, puede observarse que la representación llevada a cabo en el decodificador coincide con la representación llevada a cabo en el codificador. Las amplitudes de los rangos de ángulo de fase 1202, 1204, 1206, 1208 son iguales para todos los rangos de ángulo de fase 1202, 1204, 1206, 1208 y son $2\pi/M$ (en el caso especial que se muestra en la Fig. 12, donde $M=4$, la amplitud es $\pi/2$). Como puede observarse a partir de la combinación de la Fig. 6a y la Fig. 12, una desviación de fase a través del canal de comunicaciones menor a $\pi/4$ puede no conducir a un error de bit.

[0112] Como puede observarse en la Fig. 12, el decodificador diferencial 1106 puede configurarse para representar los rangos de ángulo de fase respecto a los valores discretos de tal manera que los rangos de ángulo de fase adyacentes se representen para dos diferentes valores discretos de los datos valorados discretos 1102.

[0113] A partir de las explicaciones anteriores, se vuelve claro que el uso de una constelación de M -puntos con $M>2$ implica el uso de un decodificador diferente. Una diferencia significativa respecto a los decodificadores convencionales (tradicionales) es la representación de los bits, ya que un sistema tradicional típicamente codifica $\log_2(M)$ bits con M símbolos, mientras que al menos algunos de los sistemas propuestos siempre codifican 1 bit con M símbolos.

[0114] En lo sucesivo, se resumirán en breve algunos aspectos de la presente invención.

[0115] Un esquema de filigrana digital empleado en las realizaciones de la presente invención comprende un procedimiento de BPSK diferencial de múltiples canales para incrustar información digital en una señal de audio. Cada uno de los diversos sub-canales i se relaciona con una frecuencia (f_i) de una representación de frecuencia de tiempo de la señal de audio $a(t)$. La información por transmitirse en un sub-canal i se contiene en la diferencia de fase de los coeficientes consecutivos $b(i,j)$ ($i,j \in N$) de una representación de frecuencia de tiempo.

[0116] Las realizaciones de la presente invención se han presentado en una manera más específica, usando el codificador diferencial 208 en la Fig. 2, y se han presentado en un modo más generalizado usando el codificador diferencial 408 en la Fig. 4. La solución de dos puntos mostrada en la Fig. 2 puede ser de mayor importancia para la aplicación práctica actual. Sin embargo, la solución de múltiples puntos más general presentada en la Fig. 4 podría ser de interés en futuras aplicaciones.

[0117] Al menos algunas realizaciones de la presente invención se relacionan con filigrana digital de audio, es decir, ciertas modificaciones de una señal de audio con objeto de ocultar datos digitales y el decodificador correspondiente, capaz de recibir esta información mientras que la calidad percibida de la señal de audio modificada permanece indistinguible (inaudible) a la del original.

[0118] Las realizaciones de la presente invención implementan codificación diferencial de manera implícita mediante proporción de un coeficiente de filigrana digital actual en base a un coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital.

[0119] Las realizaciones de la presente invención crean un procedimiento para generar una codificación

diferencial que caracteriza filigrana digital inaudible en el dominio de frecuencia de tiempo. La filigrana digital se configura de manera óptima, o al menos aproximadamente óptima o adaptada a la señal, considerando que la señal de audio huésped para maximizar el desempeño del decodificador. Además, la selección del orden de la constelación de símbolos permite el intercambio de fortaleza contra fuentes externas de ruido (es decir, mejor proporción de señal a ruido de la señal de filigrana digital) contra mejores índices de transmisión de errores de bits.

[0120] Las realizaciones de la presente invención crean (en parte) un procedimiento de incrustación de filigrana digital de rechazo de interferencia de huésped que contiene de manera implícita un esquema de codificación diferencial.

Alternativas de Implementación

[0121] Aunque se han descrito algunos aspectos en el contexto de un aparato, es claro que estos aspectos también representan una descripción del procedimiento correspondiente, donde un bloque o dispositivo corresponden a una etapa del procedimiento o a una característica de una etapa del procedimiento. De manera análoga, los aspectos descritos en el contexto de una etapa del procedimiento también representan una descripción de un bloque o tema o característica correspondiente de un aparato correspondiente. Algunas o todas las etapas del procedimiento pueden ejecutarse mediante (o usando) un aparato de hardware, como por ejemplo, un microprocesador, una computadora programable o un circuito electrónico. En algunas modalidades, algunas o más de la mayoría de las etapas importantes del procedimiento, pueden ejecutarse por tal aparato.

[0122] Dependiendo de ciertos requisitos de implementación, las realizaciones de la invención pueden implementarse en hardware o en software. La implementación puede llevarse a cabo usando un medio de almacenamiento digital, por ejemplo, un disco magnético flexible, un DVD, un Blue-Ray, un CD, una memoria ROM, una PROM, una EPROM, una EEPROM o una FLASH, que tiene señales de control electrónicamente legibles, almacenadas en la misma, que cooperan (o son capaces de cooperar) con un sistema de computadora programable de tal manera que se lleva a cabo el procedimiento respectivo. Por consiguiente, el medio de almacenamiento digital puede ser legible por computadora.

[0123] Algunas realizaciones de acuerdo con la invención comprenden un portador de datos que tienen señales de control electrónicamente legibles, que son capaces de cooperar con un sistema de computadora programable, de tal manera que se lleve a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente.

[0124] En general, las realizaciones de la presente invención pueden implementarse como un producto de programa de computadora con un código de programa, siendo operativo el código de programa para llevar a cabo uno de los procedimientos cuando el producto de programa de computadora se ejecute en una computadora. El código de programa puede almacenarse, por ejemplo, en un portador legible por la máquina.

[0125] Otras realizaciones comprenden el programa de computadora para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente, almacenados en un portador legible por la máquina.

[0126] En otras palabras, una realización del procedimiento inventivo es, por consiguiente, un programa de computadora que tiene un código de programa para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente, cuando el programa de computadora se ejecuta en una computadora.

[0127] Una realización adicional de los procedimientos inventivos es, por consiguiente, un portador de datos (o un medio de almacenamiento digital, o un medio legible por computadora) que comprende, registrado en el mismo, el programa de computadora para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente. El portador de datos, el medio de almacenamiento digital o el medio registrado son típicamente tangibles y/o no transitorios.

[0128] Una realización adicional del procedimiento inventivo es, por consiguiente, un flujo de datos o una secuencia de señales que representan el programa de computadora para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente. El flujo de datos o la secuencia de señales pueden configurarse, por ejemplo, para ser transferido a través de una conexión de comunicación de datos, por ejemplo, a través de la Internet.

[0129] Una realización adicional comprende un medio de procesamiento, por ejemplo, una computadora, o un dispositivo de lógica programable, configurado o adaptado para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente.

[0130] Una realización adicional comprende una computadora que tiene instalado en la misma el programa de computadora para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente.

5 **[0131]** Una realización adicional de acuerdo con la invención comprende un aparato o un sistema configurado para transferir (por ejemplo, de manera electrónica u óptica) un programa de computadora para llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente para un receptor. El receptor puede ser, por ejemplo, una computadora, un dispositivo móvil, un dispositivo de memoria o lo similar. El aparato o sistema puede comprender, por ejemplo, un servidor de archivos para transferir el programa de computadora al receptor.

10 **[0132]** En algunas modalidades, un dispositivo de lógica programable (por ejemplo, una instalación de compuerta programable por campo) puede utilizarse para llevar a cabo algunas o todas las funcionalidades de los procedimientos descritos en la presente. En algunas modalidades, una instalación de compuerta programable por campo puede cooperar con un microprocesador con objeto de llevar a cabo uno de los procedimientos descritos en la presente. En general, los procedimientos se llevan a cabo preferentemente mediante cualquier aparato de hardware.

15 **[0133]** Las realizaciones arriba descritas son meramente ilustrativas para los principios de la presente invención. Se entiende que las modificaciones y variaciones de las adaptaciones y los detalles descritos en la presente serán aparentes para aquellos expertos en la materia. Por consiguiente, el propósito es limitarse solo por el alcance de las reivindicaciones de patente inminentes y no por los detalles específicos presentados a manera de descripción y explicación de las realizaciones en la presente.

20 **[0134]** Naturalmente, el concepto descrito en la presente también puede utilizarse para la elaboración de filigrana digital de señales de video o señales de imagen.

REIVINDICACIONES

1. Un generador de filigrana digital (102, wm) para proporcionar una señal de filigrana digital como una secuencia de coeficientes de filigrana digital posteriores ($w_m(i,j)$) ($i,j \in N$) en base a un flujo (110) de valores de flujo posteriores ($b(i,j)$) que representan datos valorados discretos (104), comprendiendo el generador de filigrana digital:

un codificador diferencial (108, 208, 408, 708) configurado para proporcionar la señal de filigrana digital (102,wm), en donde el codificador diferencial (108, 208, 408, 708) se configura para aplicar una rotación de fase (112) a un valor de flujo actual ($b(i,j)$) de los valores de flujo ($b(i,j)$) que representan los datos valorados discretos (104) o a un símbolo de filigrana digital actual ($x_k(i,j)$), correspondiendo el símbolo de filigrana digital actual ($x_k(i,j)$) a un valor de flujo actual ($b(i,j)$) de los valores de flujo ($b(i,j)$) que representan los datos valorados discretos (104), a fin de obtener un coeficiente de filigrana digital actual ($w_m(i,j)$) de la señal de filigrana digital (102);

en donde el codificador diferencial (108, 208, 408, 708) se configura para derivar una fase (116, $\phi(i,j-1)$) de un coeficiente espectral previo ($awm(i,j-1)$) de una señal de filigrana digital (awm) que es una combinación de una señal huésped (a) y la señal de filigrana digital (102, wm);

en donde el codificador diferencial (108, 208, 408, 708) se configura para proporcionar la señal de filigrana digital de tal manera que un ángulo de fase ($\phi(i,j)$) de la rotación de fase (112) aplicada al valor de flujo actual ($b(i,j)$) o el símbolo de filigrana digital actual ($x_k(i,j)$) sea dependiente de la fase (116, $\phi(i,j-1)$) del coeficiente espectral previo ($awm(i,j-1)$) de la señal de filigrana digital (awm); y,

en donde la señal huésped (118, a) es una señal de audio, una señal de imagen o una señal de video, y la señal de filigrana digital (awm) es una señal de audio, una señal de imagen o una señal de video.

2. El generador de filigrana digital según la reivindicación 1,

en el que el generador de filigrana digital comprende un procesador de información (106);

en donde el procesador de información (106) se configura para proporcionar el flujo (110) que representa los datos valorados discretos (104) en un dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que cada valor de flujo del flujo (110) se asocia un sub-canal de frecuencia (i) y a una cuota de tiempo (j); y,

en donde el codificador diferencial (108, 208, 408) se configura para obtener el coeficiente de filigrana digital actual ($w_m(i,j)$) en el dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que un sub-canal de frecuencia (i) asociado al coeficiente de filigrana digital actual ($w_m(i,j)$) sea idéntico a un sub-canal de frecuencia (i) asociado al valor de flujo actual $b(i,j)$ y de tal manera que una cuota de tiempo (j) asociada al coeficiente de filigrana digital actual ($w_m(i,j)$) sea idéntica a una cuota de tiempo (j) asociada al valor de flujo actual ($b(i,j)$).

3. El generador de filigrana digital según la reivindicación 2,

caracterizado porque el codificador diferencial (108, 208) se configura para derivar coeficientes espectrales ($awm(i,j)$) de la señal de filigrana digital (awm) en un dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que cada coeficiente espectral de la señal de filigrana digital se asocie con un sub-canal de frecuencia (i) y una cuota de tiempo (j); y,

en donde el codificador diferencial (208, 408) se configura para determinar la rotación de fase (112), de tal manera que una cuota de tiempo (j-1), asociada con el coeficiente espectral previo ($awm(i,j-1)$) de la señal de filigrana digital (awm), en dependencia de lo cual se selecciona el ángulo de fase ($\phi(i,j)$) de la rotación de fase (112) aplicada al valor de flujo actual ($b(i,j)$) o el símbolo de filigrana digital actual ($x_k(i,j)$), y la cuota de tiempo (j) asociada al valor de flujo actual ($b(i,j)$) sean adyacentes en tiempo.

4. El generador de filigrana digital según la reivindicación 3,

en el que el codificador diferencial (208, 408) se configura de tal manera que un sub-canal de frecuencia (i), asociado al coeficiente espectral previo ($awm(i,j-1)$) de la señal de filigrana digital (awm), y el sub-canal de frecuencia (i) asociado al valor de flujo actual ($b(i,j)$), sean idénticos.

5. El generador de filigrana digital según una de las reivindicaciones 1 a 4,

en el que el codificador diferencial (208, 408) se configura para escalar de manera adicional (210) el valor de flujo actual ($b(i,j)$) o el símbolo de filigrana digital actual ($x_k(i,j)$) mediante un factor de escalada actual ($\gamma(i,j)$) o mediante un factor actual que sea menor que el factor de escalada actual ($\gamma(i,j)$); y,

en donde el factor de escalada actual ($\gamma(i,j)$) se proporciona por un módulo de procesamiento psicoacústico (902) en dependencia de una señal huésped (118, a) en la cual está por incrustarse la señal de filigrana digital (102, wm), y de tal manera que el factor de escalada actual ($\gamma(i,j)$) describa una característica de enmascaramiento de la señal huésped (118, a).

6. El generador de filigrana digital según la reivindicación 5,

en el que el codificador diferencial (208, 408) se configura para escalar el valor de flujo actual ($b(i,j)$) o el símbolo de filigrana digital actual ($x_k(i,j)$) mediante el factor de escalada actual ($\gamma(i,j)$) para ajustar una amplitud del coeficiente de filigrana digital actual ($w_m(i,j)$) de tal manera que una filigrana digital sea inaudible en una

señal de filigrana digital ($awm(t)$) determinada por una combinación de la señal huésped (118, a) y la señal de filigrana digital (102, wm).

7. El generador de filigrana digital según una de las reivindicaciones 1 a 6,

en el que el codificador diferencial (408) comprende un selector de sub-constelación (402) configurado para proporcionar de manera selectiva una pluralidad de símbolos de filigrana digital actuales ($x_1(i,j)$ a $x_{M/2}(i,j)$) que constituyen una sub-constelación en dependencia del valor de flujo actual ($b(i,j)$); en donde el codificador diferencial (408) se configura para aplicar la rotación de fase (112) a cada uno de los símbolos de filigrana digital actuales ($x_1(i,j)$ a $x_{M/2}(i,j)$) de la sub-constelación correspondiente al valor de flujo actual ($b(i,j)$) o a una versión escalada del mismo, a fin de obtener una pluralidad de coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales ($wm_1(i,j)$ a $wm_{M/2}(i,j)$); y, en donde el codificador diferencial (408) comprende un dispositivo de decisión (404) configurado para seleccionar uno de los coeficientes de filigrana digital, candidatos, actuales ($wm_1(i,j)$ a $wm_{M/2}(i,j)$) como el coeficiente de filigrana digital actual ($wm(i,j)$).

8. El generador de filigrana digital según la reivindicación 7,

en el que el dispositivo de decisión (404) se configura para derivar una pluralidad de coeficientes espectrales de filigrana digital, candidatos, actuales en base a combinaciones de un coeficiente espectral actual ($a(i,j)$) de la señal huésped (118,a) con la pluralidad de coeficientes de filigrana digital candidatos ($wm_1(i,j)$ a $wm_{M/2}(i,j)$) para determinar el coeficiente espectral de filigrana digital, candidato, actual, con la mayor potencia de la pluralidad de coeficientes espectrales de filigrana digital, candidatos, actuales, a fin de seleccionar el coeficiente de filigrana digital, candidato, actual, correspondiente al coeficiente espectral de filigrana digital, candidato, actual, que tiene la mayor potencia como coeficiente de filigrana digital actual ($wm(i,j)$).

9. El generador de filigrana digital según una de las reivindicaciones 7 a 8,

en el que el selector de sub-constelación (402) se configura para proporcionar la pluralidad de símbolos de filigrana digital actual ($x_1(i,j)$ a $x_{M/2}(i,j)$) como valores complejos, de tal manera que los diferentes símbolos de filigrana digital actuales solo difieran en fase y de tal manera que las diferencias de fase de los diferentes símbolos de filigrana digital, actuales, adyacentes, asociados con el mismo valor de flujo actual, sean iguales.

10. El generador de filigrana digital según una de las reivindicaciones 1 a 9,

que comprende además un modulador (710) configurado para derivar la señal de filigrana digital en un dominio de tiempo en base a los coeficientes de filigrana digital posteriores.

11. Un decodificador de filigrana digital para proporcionar datos valorados discretos (1102) en dependencia de una señal de filigrana digital (1101), comprendiendo el decodificador de filigrana digital:

un procesador de información (1104) para proporcionar un flujo (1108) de coeficientes espectrales valorados complejos, representando el flujo (1108) la señal de filigrana digital (1101); y,

un decodificador diferencial (1106) configurado para determinar una diferencia de ángulo de fase ($\phi_1^{diff}(j)$) entre un coeficiente espectral, valorado, complejo, previo (1112, $b_i^{norm}(j-1)$) y un coeficiente espectral, valorado, complejo, actual (1114, $b_i^{norm}(j)$);

configurado para representar diferencias de ángulo de fase dentro de al menos dos diferentes rangos de ángulo de fase (1202, 1204) respecto a un primer valor discreto (1116) de los datos valorados discretos (1102) y para representar diferencias de ángulo de fase dentro de al menos otros dos diferentes rangos de ángulo de fase (1206, 1208) respecto a un segundo valor discreto (1118) de los datos valorados discretos (1102);

en donde el decodificador diferencial (1106) se configura para distinguir al menos entre cuatro diferentes rangos de ángulo de fase (1202, 1204, 1206, 1208); y,

en donde el decodificador diferencial (1106) se configura para representar rangos de ángulo de fase adyacentes respecto a diferentes valores discretos (1116, 1118) de los datos valorados discretos (1102); y, en donde la señal de filigrana digital (1101) es una señal de audio, una señal de imagen o una señal de video.

12. El decodificador de filigrana digital según la reivindicación 11,

caracterizado porque el procesador de información (1104) se configura para proporcionar el flujo (1108) de coeficientes espectrales complejos en un dominio de frecuencia de tiempo, de tal manera que cada coeficiente espectral complejo se asocie con un sub-canal de frecuencia (i) y una cuota de tiempo (j); y,

en donde el decodificador diferencial (1106) se configura de tal manera que el coeficiente espectral complejo previo (1112, $b_i^{norm}(j-1)$) y el coeficiente espectral complejo actual (1114, $b_i^{norm}(j)$) se asocien a cuotas de tiempo adyacentes (j-1,j) y el mismo sub-canal de frecuencia (i).

13. Un procedimiento para proporcionar una señal de filigrana digital como una secuencia de coeficientes de filigrana digital posteriores en base a datos valorados discretos, comprendiendo el procedimiento:

Proporcionar (1102), en dependencia de unidades de información de los datos valorados discretos, un flujo de valores de flujo posteriores de tal manera que el flujo represente los datos valorados discretos;

aplicar una rotación de fase (1004) a un valor de flujo actual de los valores de flujo que representan los datos

valorados discretos o a un símbolo de filigrana digital actual, correspondiendo el símbolo de filigrana digital actual a un valor de flujo actual de los valores de flujo que representan los datos valorados discretos, a fin de obtener un coeficiente de filigrana digital actual de la señal de filigrana digital;

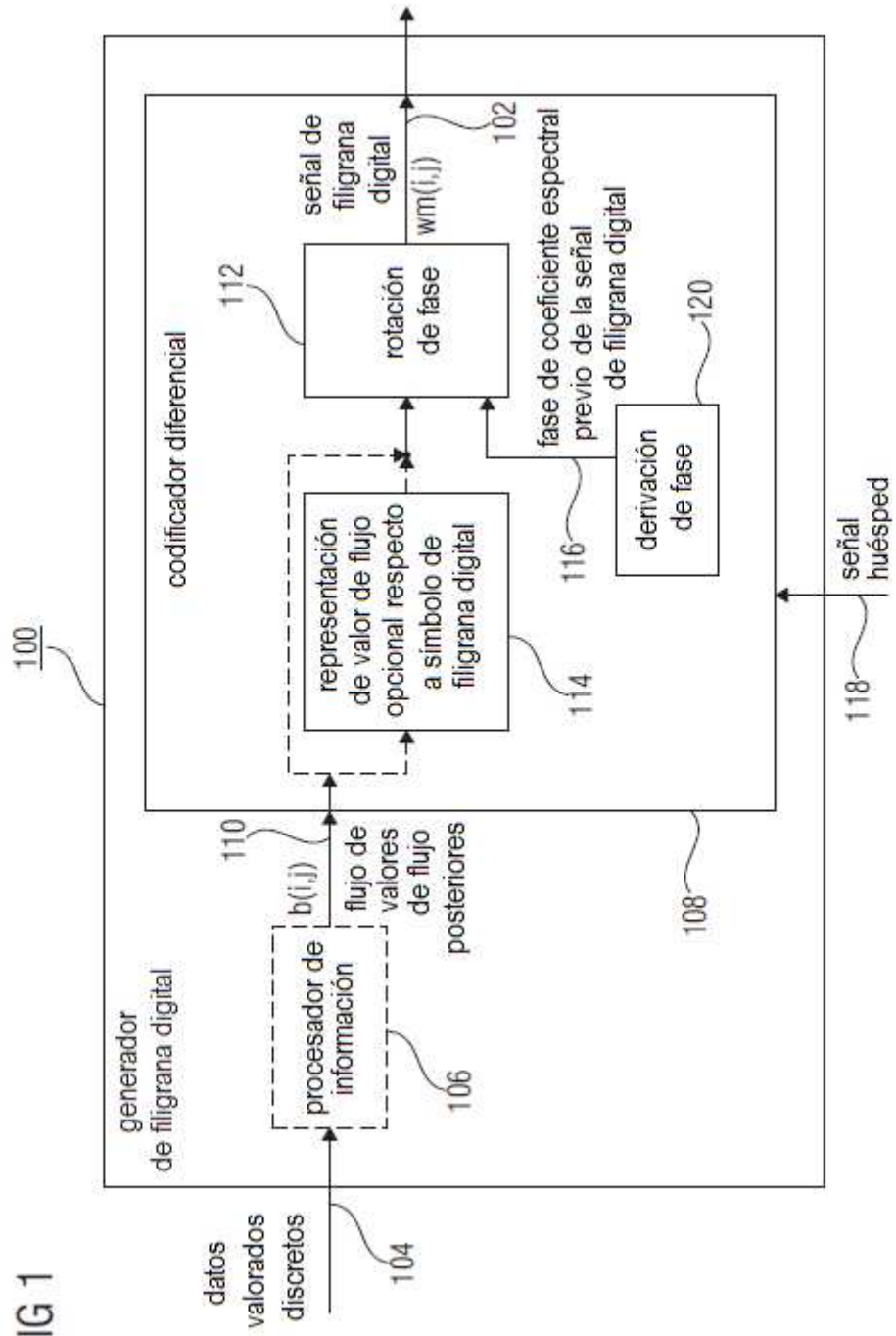
- 5 derivar (1006) una fase de un coeficiente espectral previo de una señal de filigrana digital que es una combinación de una señal huésped y la señal de filigrana digital; y,
proporcionar (1008) la señal de filigrana digital de tal manera que un ángulo de fase de la rotación de fase aplicada al valor de flujo actual o al símbolo de filigrana digital actual sea dependiente de la fase del coeficiente espectral previo de la señal de filigrana digital;
10 en donde la señal huésped es una señal de audio, una señal de imagen o una señal de video, y la señal de filigrana digital es una señal de audio, una señal de imagen o una señal de video.

14. Un procedimiento para proporcionar datos valorados discretos en dependencia de una señal de filigrana digital, comprendiendo el procedimiento:

- 15 proporcionar un flujo de coeficientes espectrales valorados complejos, representando el flujo la señal de filigrana digital;
determinar una diferencia de ángulo de fase entre un coeficiente espectral, valorado, complejo, previo y un coeficiente, espectral, valorado, complejo, actual;
20 representar diferencias de ángulo de fase dentro de al menos dos rangos de ángulo de fase diferentes respecto a un primer valor discreto de los datos valorados discretos y representar diferencias de ángulo de fase dentro de al menos otros dos rangos de ángulo de fase diferentes respecto a un segundo valor discreto de los datos valorados discretos; en donde los rangos de ángulo de fase adyacentes se representan en diferentes valores discretos de los datos valorados discretos; y,
25 en donde la señal de filigrana digital es una señal de audio, una señal de imagen o una señal de video.

15. Un programa de computadora para llevar a cabo el procedimiento según la reivindicación 13 ó 14, caracterizado porque el programa de computadora se ejecuta en una computadora.

FIG 1



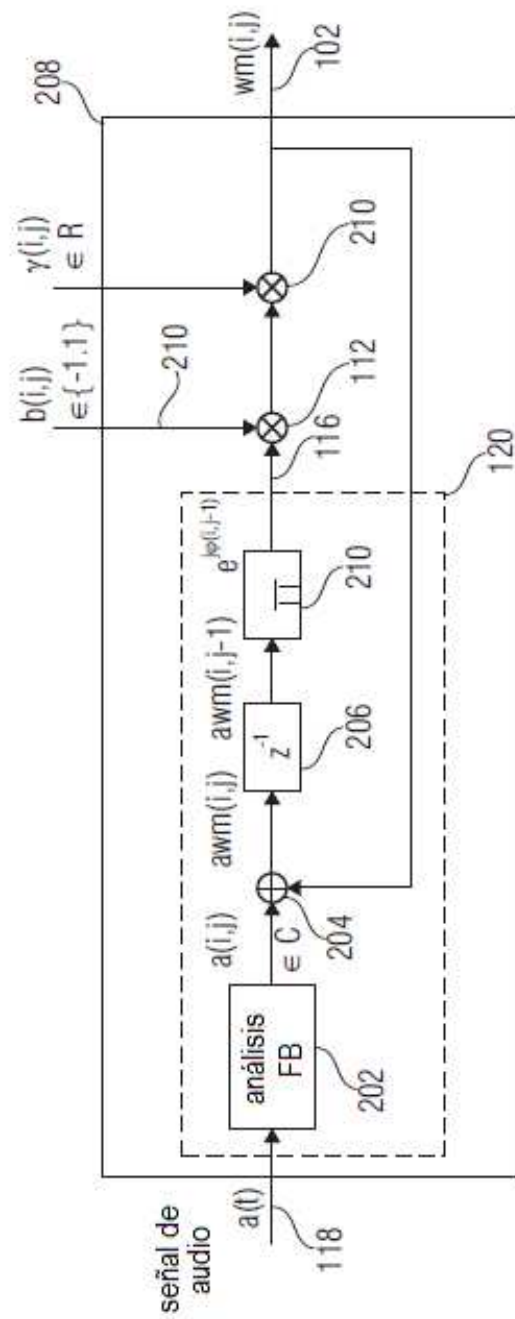


FIG 2

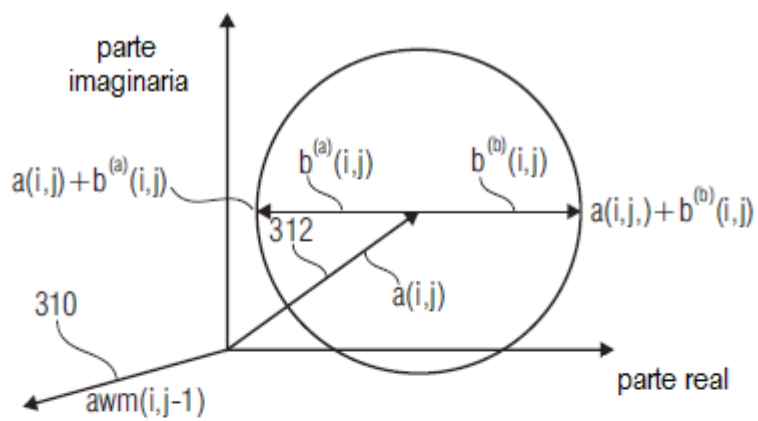


FIG 3A

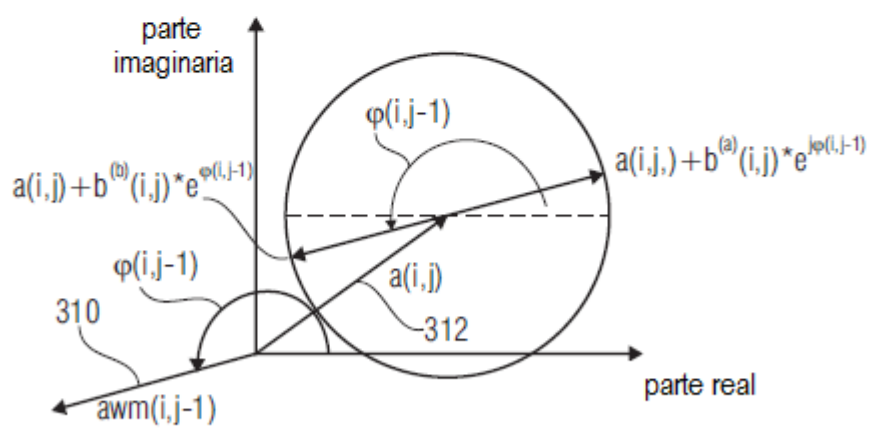


FIG 3B

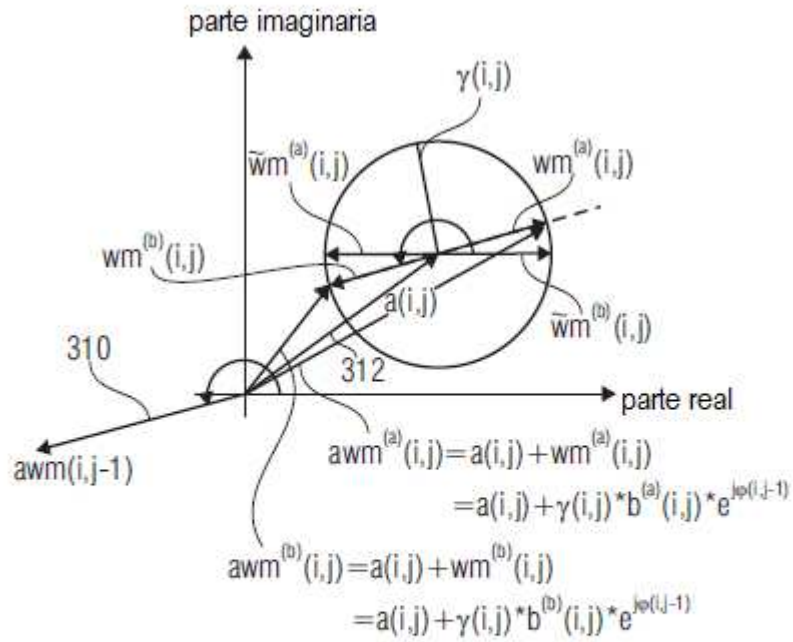
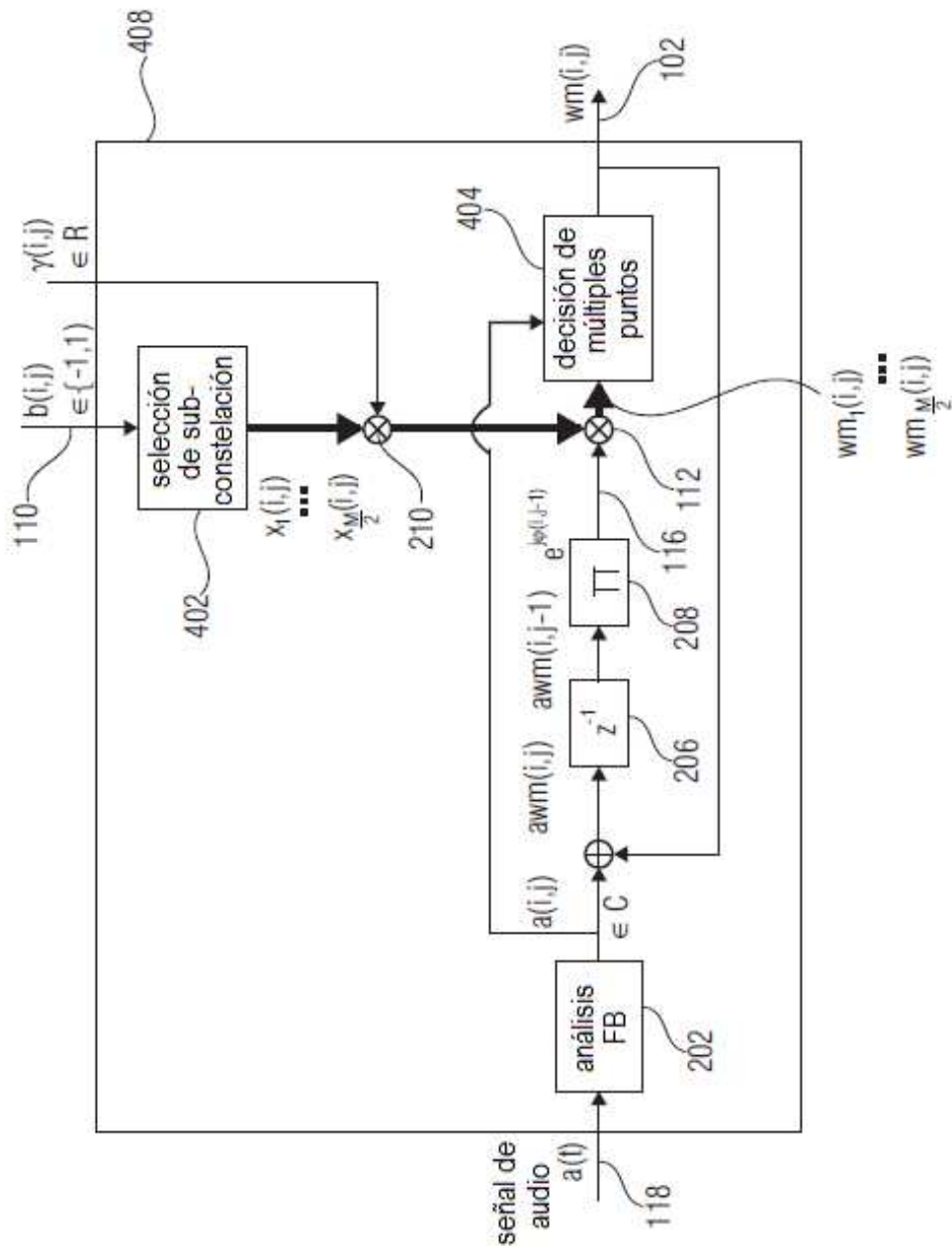


FIG 3C

FIG 4



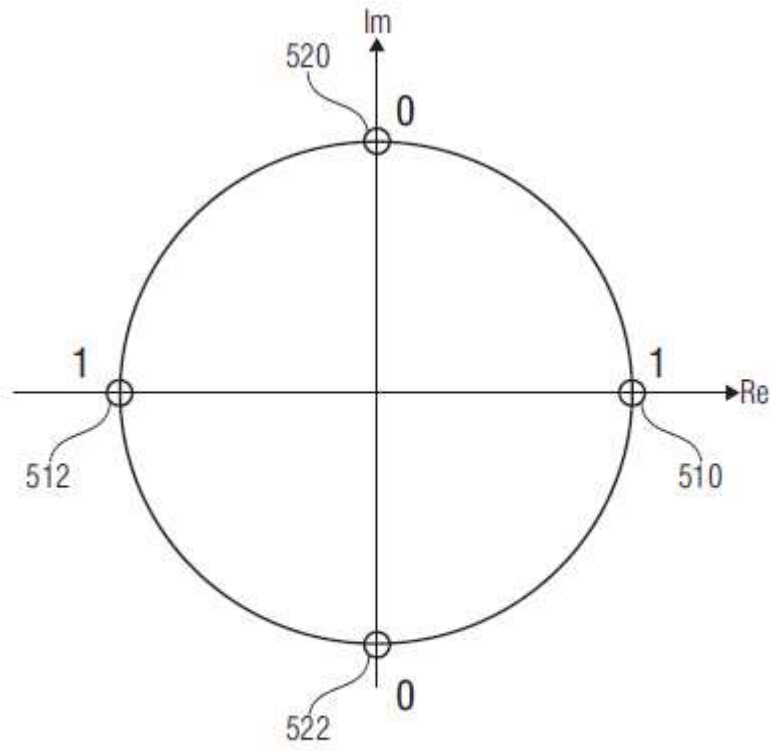
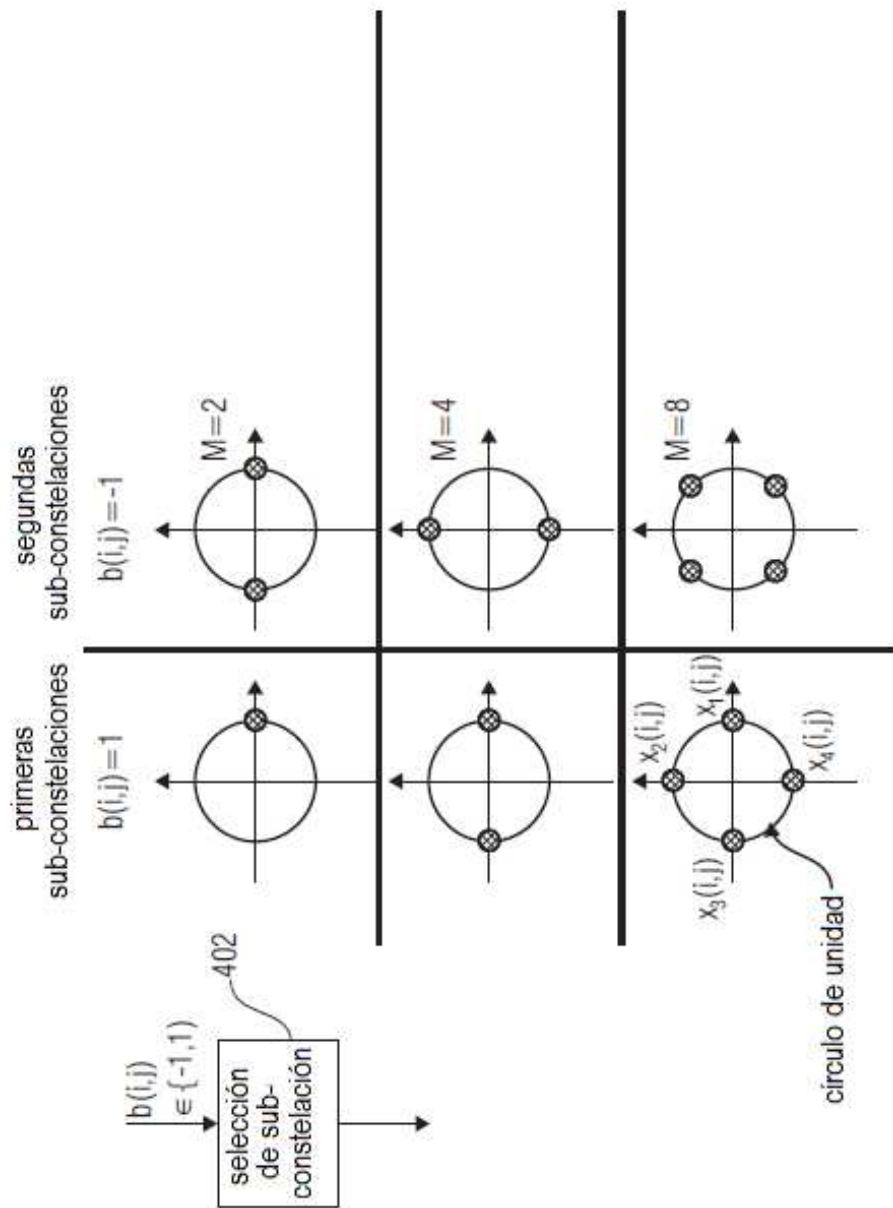


FIG 5

FIG 6A



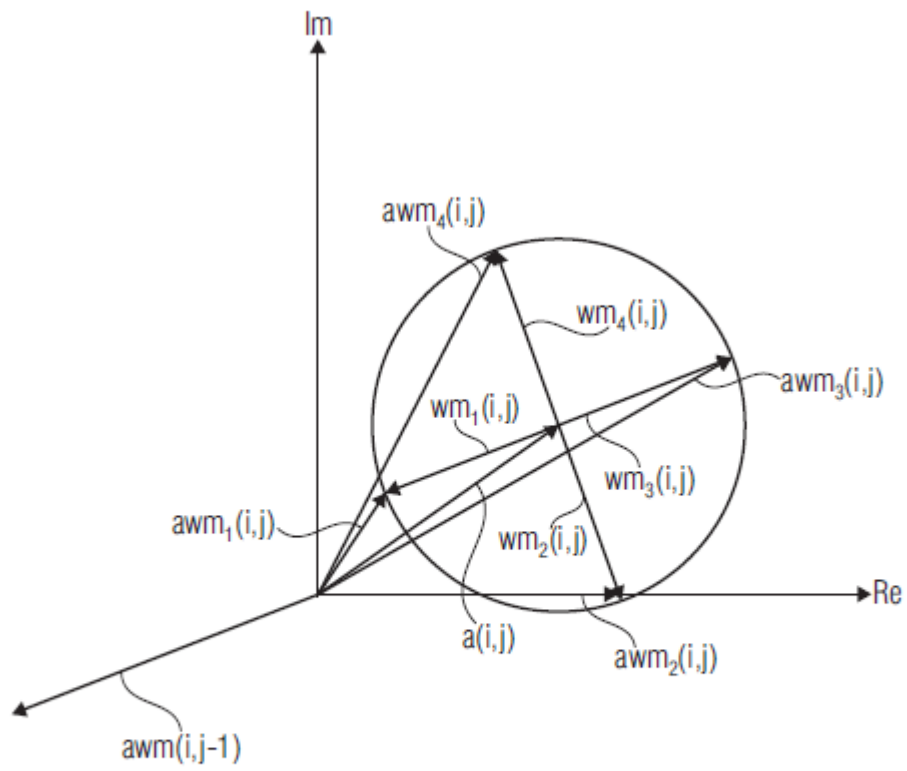


FIG 6B

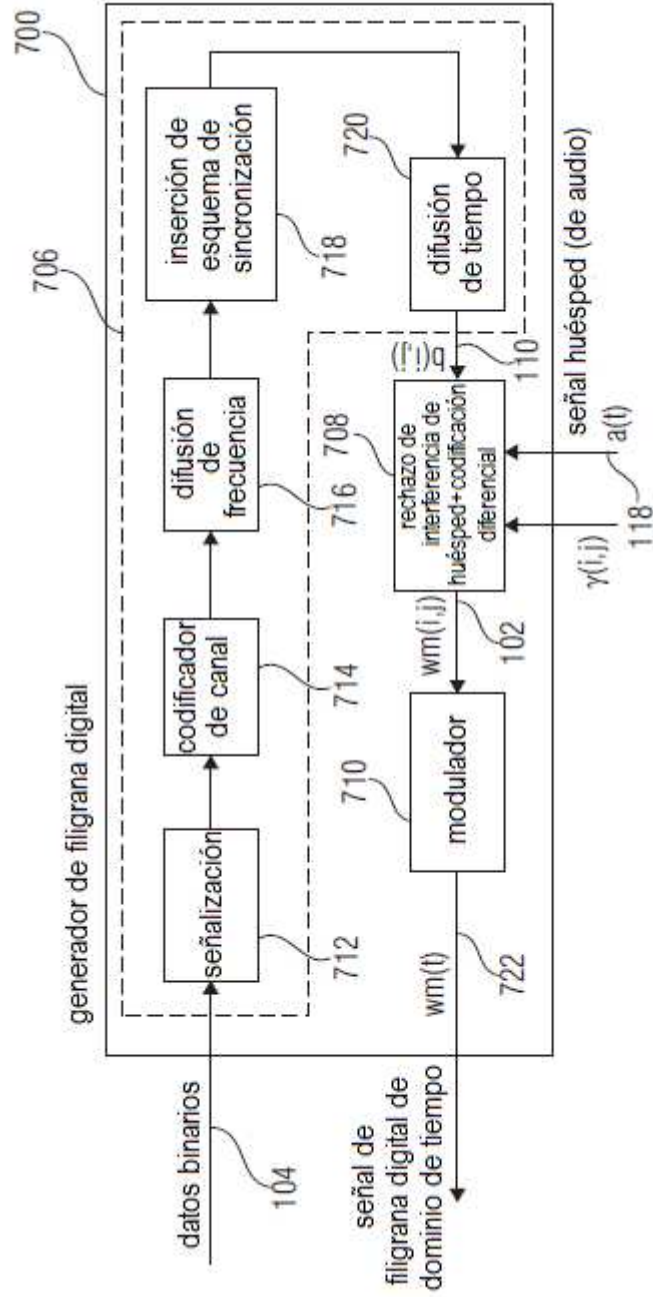


FIG 7

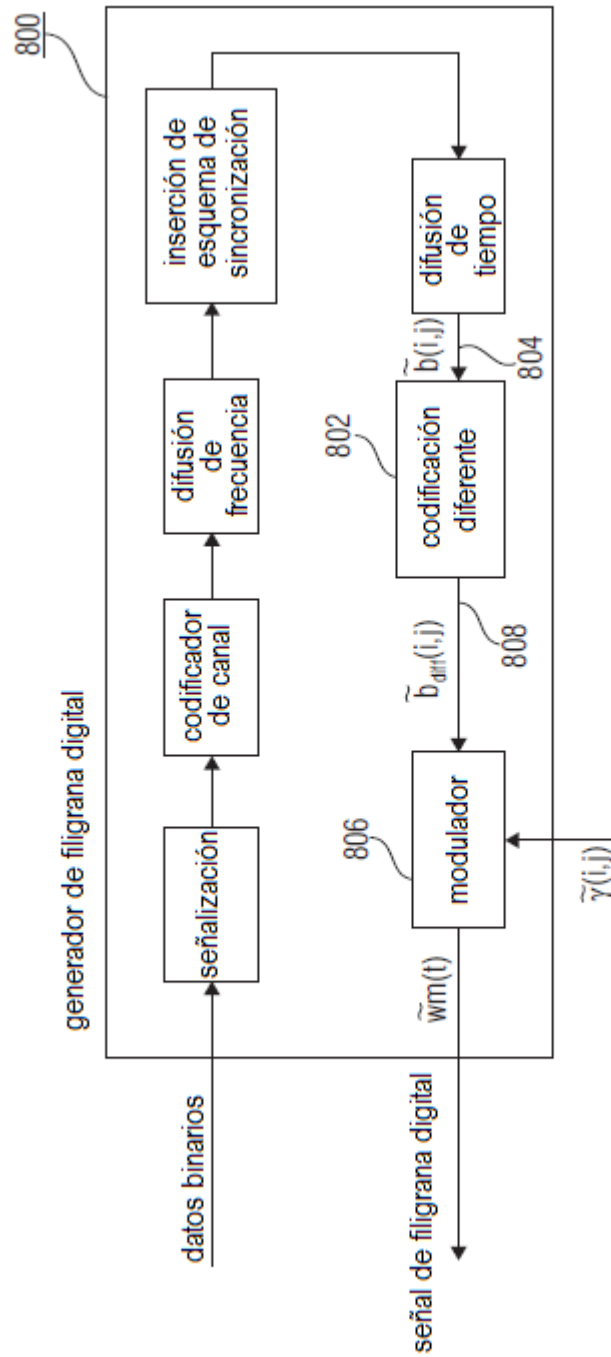


FIG 8A

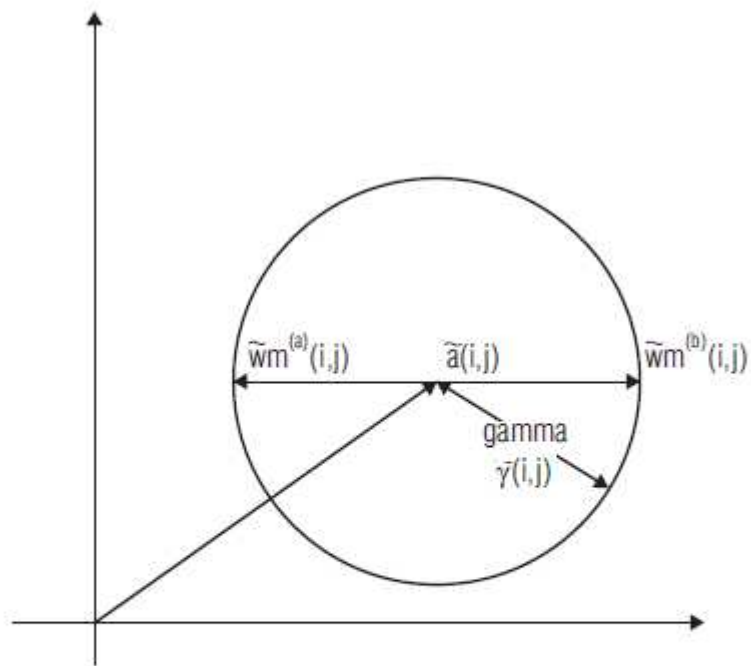


FIG 8B

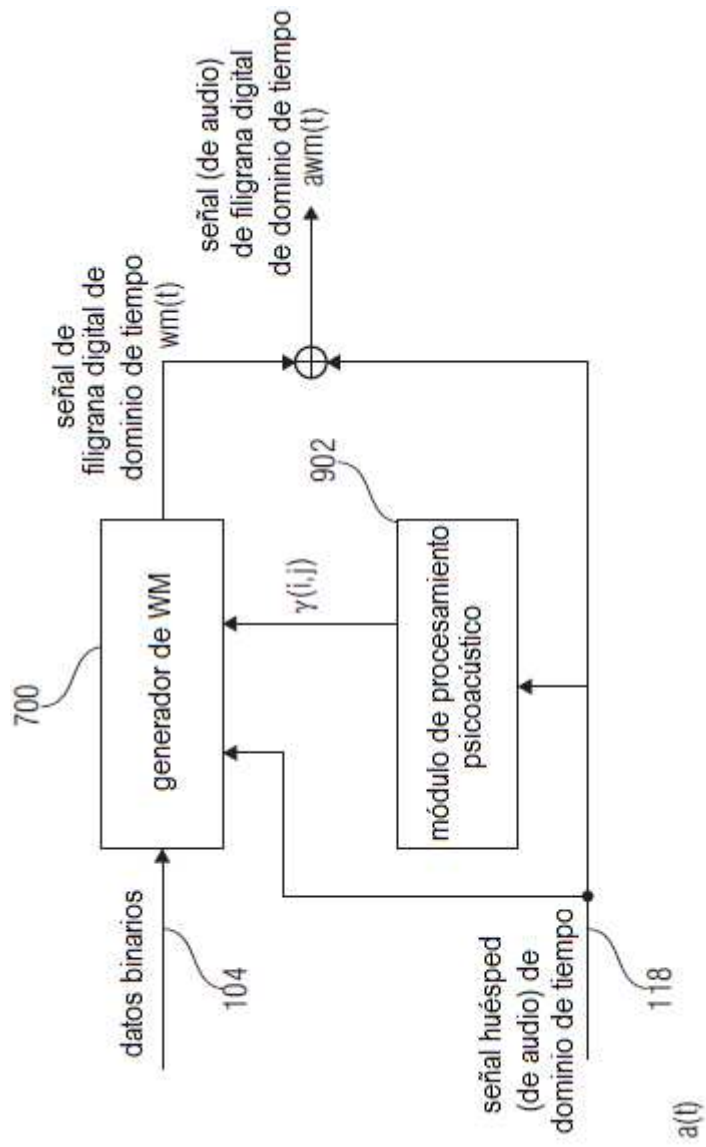


FIG 9

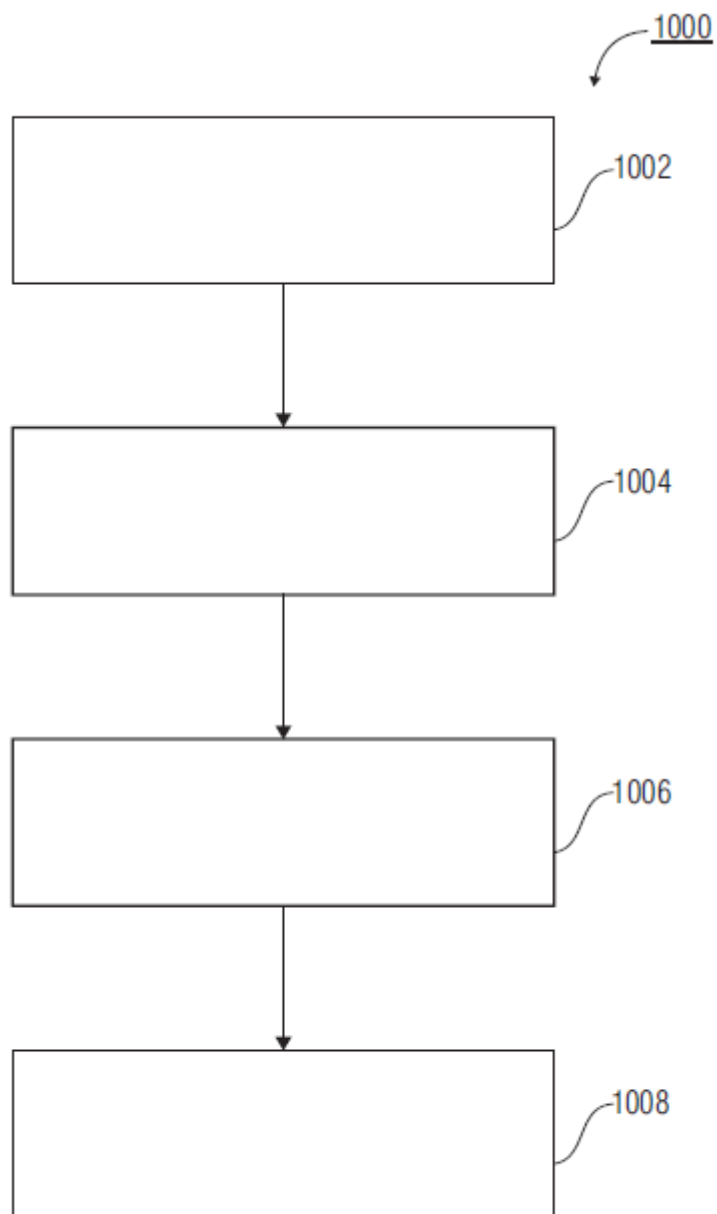


FIG 10

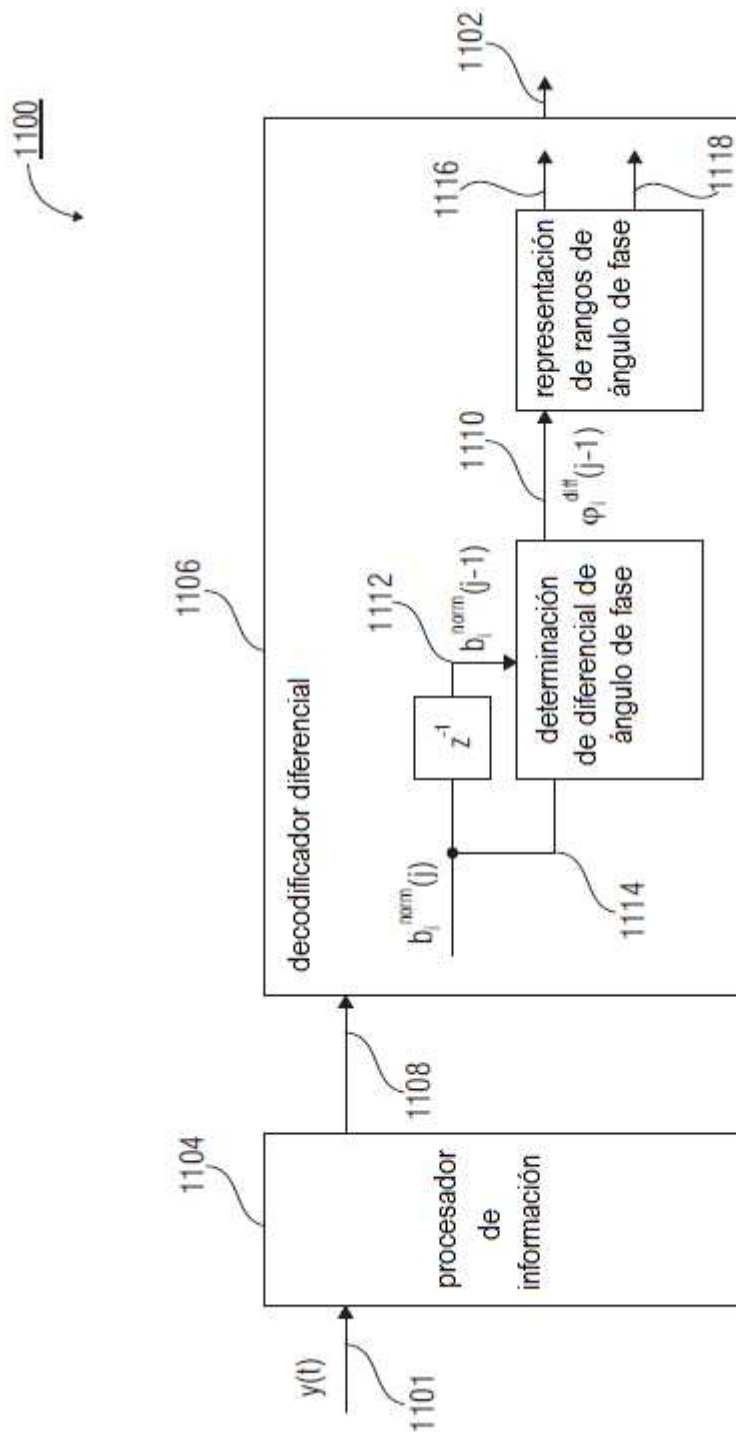


FIG 11

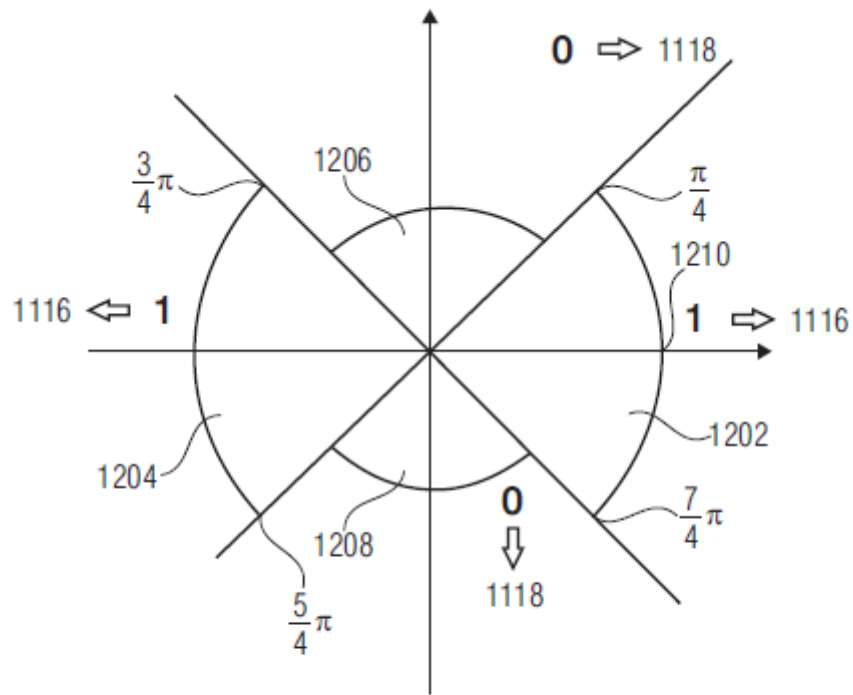


FIG 12