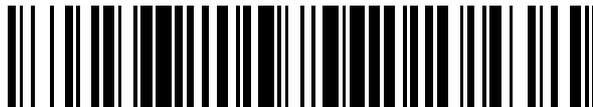


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 597 829**

51 Int. Cl.:

G10L 19/005 (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **22.01.2014 PCT/SE2014/050067**

87 Fecha y número de publicación internacional: **14.08.2014 WO14123470**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2014 E 14704704 (7)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **27.07.2016 EP 2954517**

54 Título: **Ocultación de pérdida de trama de audio**

30 Prioridad:

05.02.2013 US 201361760814 P

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

23.01.2017

73 Titular/es:

**TELEFONAKTIEBOLAGET LM ERICSSON (PUBL)
(100.0%)
164 83 Stockholm, SE**

72 Inventor/es:

BRUHN, STEFAN

74 Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

ES 2 597 829 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

Ocultación de pérdida de trama de audio

Campo técnico

5 La invención se refiere en general a un método de ocultación de una trama de audio perdida de una señal de audio recibida. La invención se refiere también a un decodificador configurado para ocultar una trama de audio perdida de una señal de audio codificada recibida. La invención se refiere además a un receptor que comprende un decodificador, y a un programa informático y a un producto de programa informático.

Antecedentes

10 Un sistema de comunicación de audio convencional transmite señales de habla y de audio en tramas, lo que significa que el lado de emisión dispone en primer lugar la señal de audio en segmentos cortos, es decir, en tramas de señal de audio, de por ejemplo 20-40 ms, las cuales son codificadas a continuación y transmitidas como una unidad lógica, por ejemplo, en un paquete de transmisión. Un decodificador en el lado de recepción descodifica cada una de esas unidades y reconstruye las tramas de señal de audio correspondientes, las cuales a su vez son finalmente presentadas a la salida a modo de una secuencia continua de muestras de señal de audio reconstruida.

15 Con anterioridad a la codificación, una conversión de analógico a digital (A/D) puede convertir la señal analógica de habla o de audio procedente de un micrófono en una secuencia de muestras de señal de audio digital. A la inversa, en el extremo de recepción, una etapa final de conversión D/A convierte típicamente la secuencia de muestras de señal de audio digital reconstruida en una señal analógica continua en el tiempo para su reproducción con altavoz.

20 Sin embargo, un sistema de transmisión convencional para señales de habla y de audio puede adolecer de errores de transmisión, lo que podría conducir a una situación en la que una o varias de las tramas transmitidas no estén disponibles en el lado de recepción para la reconstrucción. En ese caso, el decodificador tiene que generar una señal de sustitución para cada trama no disponible. Esto puede ser realizado mediante lo que se conoce como unidad de ocultación de pérdida de trama de audio en el decodificador en el lado de recepción. El propósito de la ocultación de pérdida de trama es el de hacer que la pérdida de trama sea tan inaudible como sea posible, y con ello mitigar el impacto de la pérdida de trama sobre la calidad de la señal reconstruida.

25 Los métodos convencionales de ocultación de pérdida de trama pueden depender de la estructura o de la arquitectura del códec, por ejemplo repitiendo parámetros de códec recibidos previamente. Tales técnicas de repetición de parámetro son claramente dependientes de los parámetros específicos del códec usado, y puede que no sean fácilmente aplicables a otros codecs de estructura diferente. Los métodos actuales de ocultación de pérdida de trama pueden, por ejemplo, congelar y extrapolar parámetros de una trama previamente recibida con el fin de generar una trama de sustitución para la trama perdida. Los codecs predictivos lineales estandarizados AMR y AMR-WB son codecs para métricos de habla que congelan los parámetros recibidos con anterioridad o usan alguna extrapolación de los mismos para la descodificación. En esencia, el principio consiste en tener un modelo dado para codificación/descodificación, y aplicar el mismo modelo con parámetros congelados o extrapolados.

35 Muchos codecs de audio aplican una técnica de codificación en el dominio de la frecuencia, lo que incluye aplicar un modelo de codificación sobre un parámetro espectral tras una transformación en el dominio de la frecuencia. El decodificador reconstruye el espectro de la señal a partir de los parámetros recibidos y transforma el espectro de nuevo en una señal de tiempo. Típicamente, la señal de tiempo está reconstruida trama a trama, y las tramas se combinan mediante técnicas de solapamiento-adición y el procesamiento potencial adicional para formar la señal final reconstruida. La ocultación de pérdida de trama de audio correspondiente aplica el mismo modelo de descodificación, o al menos uno similar, para las tramas perdidas, en donde los parámetros en el dominio de la frecuencia procedentes de una trama previamente recibida se congelan o se extrapolan adecuadamente, y después se usan en la conversión del dominio de frecuencia al de tiempo.

45 Sin embargo, los métodos convencionales de ocultación de pérdida de trama de audio pueden adolecer de deficiencias de calidad, por ejemplo debido a la técnica de congelación y extrapolación de parámetro, y la re-aplicación del mismo modelo de decodificador para las tramas perdidas no puede siempre garantizar una evolución suave y fiel de la señal desde las tramas de señal previamente descodificadas a la trama perdida. Esto puede conducir a discontinuidades audibles de la señal con un impacto de calidad correspondiente. Así, resulta deseable y necesaria la ocultación de pérdida de trama de audio con un deterioro de calidad reducido.

50 Sumario

El objeto de las realizaciones de la presente invención consiste en direccionar al menos algunos de los problemas puestos de relieve con anterioridad, y este y otros objetos se han alcanzado mediante el método y las disposiciones según las reivindicaciones independientes anexas, y mediante las realizaciones conforme a las reivindicaciones dependientes.

55 Según un aspecto, las realizaciones proporcionan un método para ocultación de una trama de audio perdida,

comprendiendo el método un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio. Además, se aplica un modelo sinusoidal sobre un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo con el fin de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida. La creación de la trama de sustitución incluye evolución en el tiempo de componentes sinusoidales de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las correspondientes frecuencias identificadas.

Según un segundo aspecto, las realizaciones proporcionan un descodificador configurado para ocultar una trama de audio perdida de una señal de audio recibida, comprendiendo el descodificador un procesador y una memoria, conteniendo la memoria instrucciones ejecutables por medio del procesador, con lo que el descodificador está configurado para llevar a cabo un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio. El descodificador está configurado para aplicar un modelo sinusoidal sobre un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo con el fin de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida, y para crear la trama de sustitución mediante componentes sinusoidales de evolución en el tiempo de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

Según un tercer aspecto, las realizaciones proporcionan un descodificador configurado para ocultar una trama de audio perdida de una señal de audio recibida, comprendiendo el descodificador una unidad de entrada configurada para recibir una señal de audio codificada, y una unidad de ocultación de pérdida de trama. La unidad de ocultación de pérdida de trama comprende medios para realizar un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio. La unidad de ocultación de pérdida de trama comprende también medios para aplicar un modelo sinusoidal sobre un segmento de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo a efectos de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida. La unidad de ocultación de pérdida de trama comprende además medios para crear la trama de sustitución para la trama de audio perdida mediante componentes sinusoidales de evolución en el tiempo de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

El descodificador puede estar implementado en un dispositivo, tal como, por ejemplo, un teléfono móvil.

Según un cuarto aspecto, las realizaciones proporcionan un receptor que comprende un descodificador según cualquiera de los aspectos segundo y tercero descritos con anterioridad.

Según un quinto aspecto, las realizaciones proporcionan un programa informático que ha sido definido para ocultación de una trama de audio perdida, en donde el programa informático comprende instrucciones que cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador oculte una trama de audio perdida, de acuerdo con el primer aspecto descrito con anterioridad.

Según un sexto aspecto, las realizaciones proporcionan un producto de programa informático que comprende un medio legible con ordenador que almacena un programa informático según el quinto aspecto descrito con anterioridad.

Las ventajas de las realizaciones descritas en la presente memoria están destinadas a proporcionar un método de ocultación de pérdida de trama que permita mitigar el impacto audible de la pérdida de trama en la transmisión de señales de audio, por ejemplo de habla codificada. Una ventaja general consiste en proporcionar una evolución suave y fiel de la señal reconstruida para una trama perdida, en donde el impacto audible de las pérdidas de trama se reduzca en gran medida en comparación con técnicas convencionales.

Otras características y ventajas de las enseñanzas de las realizaciones de la presente solicitud se pondrán de relieve de manera clara mediante la lectura de la descripción que sigue y de los dibujos que se acompañan.

Breve descripción de los dibujos

Las realizaciones van a ser descritas con mayor detalle y con referencia a los dibujos que se acompañan, en los que:

La Figura 1 ilustra una función de ventana típica;

La Figura 2 ilustra una función de ventana específica;

La Figura 3 muestra un ejemplo de un espectro de magnitud de una función de ventana;

La Figura 4 ilustra un espectro de línea de un ejemplo de señal sinusoidal de frecuencia f_k ;

La Figura 5 muestra un espectro de una señal sinusoidal de ventana de frecuencia f_k ;

La Figura 6 ilustra barras correspondientes a la magnitud de puntos de retícula de una DFT, en base a una trama de análisis;

La Figura 7 ilustra una parábola ajustada mediante puntos de retícula de DFT;

La Figura 8 es un diagrama de flujo de un método acorde con las realizaciones;

5 Las Figuras 9 y 10 ilustran un decodificador acorde con las realizaciones, y

La Figura 11 ilustra un programa informático y un producto de programa informático acordes con las realizaciones.

Descripción detallada

10 En lo que sigue, se van a describir las realizaciones de la invención con mayor detalle. A efectos de explicación y no de limitación, se divulgan detalles específicos, tal como escenarios y técnicas particulares, con el fin de proporcionar una comprensión completa.

Además, resulta evidente que el ejemplo de método y los dispositivos descritos en lo que sigue pueden ser implementados, al menos parcialmente, mediante el uso de software que funciona junto con un microprocesador programado o con un ordenador de propósito general, y/o con el uso de un circuito integrado específico de la aplicación (ASIC). Además, las realizaciones pueden ser implementadas también, al menos parcialmente, como producto de programa informático o en un sistema que comprenda un procesador de ordenador y una memoria acoplada al procesador, en donde la memoria está codificada con uno o más programas que pueden llevar a cabo las funciones divulgadas en la presente memoria.

Un concepto de las realizaciones descritas en lo que sigue, comprende una ocultación de una trama de audio perdida mediante:

- 20 - realización de un análisis sinusoidal de al menos parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio;
- aplicación de un modelo sinusoidal sobre un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo a efectos de crear una trama de sustitución para una trama perdida, y
- 25 - creación de la trama de sustitución que incluye evolución en el tiempo de componentes sinusoidales de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

Análisis sinusoidal

30 La ocultación de pérdida de trama conforme a las realizaciones, incluye un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida. El objetivo de este análisis sinusoidal es el de encontrar las frecuencias de las componentes sinusoidales principales, es decir las sinusoides, de esa señal. Con ello, la suposición subyacente es que la señal de audio fue generada mediante un modelo sinusoidal, y que está compuesta por un número limitado de sinusoides individuales, es decir, es una señal multiseno del tipo siguiente:

$$s(n) = \sum_{k=1}^K a_k \cdot \cos\left(2\pi \frac{f_k}{f_s} \cdot n + \phi_k\right) . \quad (6.1)$$

35 En esta ecuación, K es el número de sinusoides que se supone que comprende la señal. Para cada una de las sinusoides con índice k = 1, ..., K, a_k es la amplitud, f_k es la frecuencia, y φ_k es la fase. La frecuencia de muestreo se indica como f_s y el índice de tiempo de las muestras s(n) de señal discreta de tiempo mediante n.

40 Es importante encontrar las frecuencias de las sinusoides tan exactas como sea posible. Mientras que una señal sinusoidal ideal podría tener un espectro lineal con frecuencias de línea f_k, encontrar sus verdaderos valores podría requerir en principio un tiempo de medición infinito. Por ello, en la práctica resulta difícil encontrar esas frecuencias, puesto que las mismas solamente pueden ser estimadas en base a un corto período de medición, que corresponde al segmento de señal usado para el análisis sinusoidal conforme a las realizaciones descritas en la presente memoria; este segmento de señal se va a mencionar en lo que sigue como trama de análisis. Otra dificultad consiste

45 en que la señal puede ser, en la práctica, variable en el tiempo, lo que significa que los parámetros de la ecuación anterior varían a través del tiempo. Por ello, por una parte resulta deseable usar una trama de análisis larga que haga que la medición sea más precisa; por otra parte, se podría necesitar un período de medición corto con el fin de hacer frente mejor a posibles variaciones de la señal. Un buen compromiso consiste en usar una longitud de trama de análisis del orden de, por ejemplo, 20-40 ms.

Según una realización preferida, las frecuencias de las sinusoides f_k son identificadas por medio de un análisis en el dominio de la frecuencia de la trama de análisis. A este fin, la trama de análisis se transforma al dominio de la frecuencia, por ejemplo por medio de DFT (Transformada Discreta de Fourier) o de DCT (Transformada Coseno Discreta), o una transformada similar en el dominio de la frecuencia. En caso de que se use una DFT de la trama de análisis, el espectro viene dado por:

$$X(m) = DFT(w(n) \cdot x(n)) = \sum_{n=0}^{L-1} e^{-j\frac{2\pi}{L}mn} \cdot w(n) \cdot x(n) . \quad (6.2)$$

En esta ecuación, $w(n)$ indica la función ventana con la que se extrae y se pondera la trama de análisis de longitud L .

La Figura 1 ilustra una función ventana típica, es decir, una ventana rectangular que es igual a 1 para $n \in [0 \dots L-1]$, y en otro caso es 0. Se supone que los índices de tiempo de la señal de audio previamente recibida se establecen de tal modo que la trama prototipo está referenciada por los índices de tiempo $n=0, \dots, L-1$. Otras funciones ventana que pueden ser más adecuadas para análisis espectral son, por ejemplo, Hamming, Hanning, Kaiser o Blackman.

La Figura 2 ilustra una función ventana más usual, la cual es una combinación de una ventana de Hamming y de la ventana rectangular. La ventana ilustrada en la Figura 2 tiene forma de borde creciente como la mitad izquierda de la ventana de Hamming de longitud $L/2$, y una forma de borde descendente como la mitad derecha de una ventana de Hamming de longitud $L/2$, y entre los bordes creciente y descendente la ventana es igual a 1 para la longitud de $L/2$.

Los picos del espectro de magnitud de la trama de análisis de ventana $|X(m)|$ constituyen una aproximación de las frecuencias sinusoidales f_k requeridas. La precisión de esta aproximación está no obstante limitada por la separación

de frecuencia de la DFT. Con una DFT con longitud de bloque L , la precisión se limita a $\frac{f_s}{2L}$. Sin embargo, este nivel de precisión puede ser demasiado bajo en el ámbito del método conforme a las realizaciones descritas en la presente memoria, y se puede obtener una precisión mejorada en base a los resultados de la siguiente consideración:

El espectro de la trama de análisis de ventana viene dado por la circunvolución del espectro de la función ventana con el espectro de línea de una señal sinusoidal modelo $S(\Omega)$, muestreada sucesivamente en los puntos de retícula de la DFT:

$$X(m) = \int_{-\pi}^{\pi} \delta(\Omega - m \cdot \frac{2\pi}{L}) \cdot (W(\Omega) * S(\Omega)) \cdot d\Omega . \quad (6.3)$$

Usando la expresión espectral de la señal modelo sinusoidal, esto puede escribirse como:

$$X(m) = \frac{1}{2} \int_{-\pi}^{\pi} \delta(\Omega - m \cdot \frac{2\pi}{L}) \cdot \sum_{k=1}^K a_k \cdot \left(W(\Omega + 2\pi \frac{f_k}{f_s}) \cdot e^{-j\varphi_k} + W(\Omega - 2\pi \frac{f_k}{f_s}) \cdot e^{j\varphi_k} \right) \cdot d\Omega \quad (6.4)$$

Por tanto, el espectro muestreado viene dado por:

$$X(m) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K a_k \cdot \left(W(2\pi(\frac{m}{L} + \frac{f_k}{f_s})) \cdot e^{-j\varphi_k} + W(2\pi(\frac{m}{L} - \frac{f_k}{f_s})) \cdot e^{j\varphi_k} \right) , \quad (6.5)$$

con $m=0, \dots, L-1$.

En base a todo esto, los picos observados en el espectro de magnitud de la trama de análisis provienen de un señal sinusoidal de ventana con K sinusoides, donde las frecuencias verdaderas de senoide se encuentran en las proximidades de los picos. De ese modo, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales puede incluir además identificar frecuencias en las proximidades de los picos del espectro en relación con la transformada del dominio de frecuencia usada.

Si se supone que m_k es un índice de DFT (punto de retícula) del $k^{\text{ésimo}}$ pico observado, entonces la frecuencia correspondiente es:

$$\hat{f}_k = \frac{m_k}{L} \cdot f_s$$

la cual puede ser considerada como una aproximación de la verdadera frecuencia sinusoidal f_k . Se puede estimar que la frecuencia sinusoidal verdadera f_k cae dentro del intervalo:

$$\left[\left(m_k - \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{f_s}{L}, \left(m_k + \frac{1}{2}\right) \cdot \frac{f_s}{L} \right].$$

5 Por motivos de claridad, se aprecia que la circunvolución del espectro de la función ventana con el espectro del espectro de línea de la señal modelo sinusoidal, puede ser entendida como una superposición de versiones desplazadas en frecuencia del espectro de la función ventana, con lo que las frecuencias de desplazamiento son las frecuencias de las sinusoides. Esta superposición se muestra a continuación en los puntos de retícula de la DFT. La circunvolución del espectro de la función ventana con el espectro de línea de la señal modelo sinusoidal, ha sido ilustrada en las Figuras 3 – 7, de las cuales, la Figura 3 presenta un ejemplo del espectro de magnitud de una función ventana, y la Figura 4 el espectro de magnitud (espectro de línea) de un ejemplo de señal sinusoidal con una única senoide con una frecuencia f_k . La Figura 5 muestra el espectro de magnitud de la señal sinusoidal de ventana que replica y superpone los espectros de ventana desplazados en frecuencia a las frecuencias de la senoide, y las barras de la Figura 6 corresponden a la magnitud de los puntos de retícula de la DFT de la senoide de ventana que han sido obtenidos calculando la DFT de la trama de análisis. Obsérvese que todos los espectros son periódicos con el parámetro Ω de frecuencia normalizado, donde $\Omega = 2\pi$ que corresponde a la frecuencia de muestreo f_s .

En base a la discusión anterior, y en base a la ilustración de la Figura 6, se puede encontrar una mejor aproximación de las frecuencias sinusoidales verdaderas incrementando la resolución de la búsqueda, de tal modo que sea mayor que la resolución de frecuencia de la transformada del dominio de frecuencia usada.

20 De ese modo, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales se realiza preferiblemente con una resolución más alta que la resolución de frecuencia de la transformada del dominio de frecuencia usada, y la identificación puede incluir además interpolación.

Un ejemplo de forma preferida de encontrar una aproximación mejor de las frecuencias f_k de las sinusoides consiste en aplicar interpolación parabólica. Un enfoque consiste en adaptar parábolas a través de los puntos de retícula del espectro de magnitud de DFT que circunden los picos, y calcular las frecuencias respectivas pertenecientes a la parábola máxima, y un ejemplo de elección adecuada del orden de las parábolas es 2. De manera más detallada, se puede aplicar el procedimiento siguiente:

1) Identificar los picos de la DFT de la trama de análisis de ventana. La búsqueda del pico proporcionará el número de picos K y los índices de DFT correspondientes de los picos. La búsqueda de picos puede hacerse típicamente sobre el espectro de magnitud de DFT o sobre el espectro de magnitud de DFT logarítmico.

2) Para cada pico k (siendo $k=1, \dots, K$) con un índice m_k de DFT correspondiente, adaptar una parábola a través de los tres puntos $\{P_1; P_2; P_3\} = \{(m_{k-1}, \log(|X(m_{k-1})|)); (m_k, \log(|X(m_k)|)); (m_{k+1}, \log(|X(m_{k+1})|))\}$. Esto da como resultado coeficientes de parábola $b_k(0), b_k(1), b_k(2)$ de la parábola definida por:

$$p_k(q) = \sum_{i=0}^2 b_k(i) \cdot q^i .$$

35 La Figura 7 ilustra la adaptación de la parábola a través de los puntos P_1, P_2 y P_3 de retícula de DFT.

3) Para cada una de las K parábolas, calcular el índice \hat{m}_k de frecuencia interpolada correspondiente al valor de q para el que la parábola tiene su máximo, en donde $\hat{f}_k = \hat{m}_k / L$. Se usa f_s/L como aproximación para la frecuencia de senoide f_k .

Aplicación de un modelo sinusoidal

40 La aplicación de un modelo sinusoidal con el fin de realizar una operación de ocultación de pérdida de trama según las realizaciones, puede ser descrita como sigue:

En el caso de que un segmento dado de la señal codificada no pueda ser reconstruido por el decodificador debido a que la información codificada correspondiente no esté disponible, es decir, debido a que se haya perdido una trama, se puede usar una parte disponible de la señal anterior a este segmento como trama prototipo. Si $y(n)$ con $n=0, \dots, N-1$ es el segmento no disponible para el que debe generarse una trama de sustitución $z(n)$, e $y(n)$ con $n < 0$ es la señal previamente decodificada disponible, se extrae una trama prototipo de la señal disponible de longitud L .

y se extrae el índice de inicio n_{-1} con una función ventana $w(n)$, y se transforma en el dominio de la frecuencia, por ejemplo mediante una DFT:

$$Y_{-1}(m) = \sum_{n=0}^{L-1} y(n - n_{-1}) \cdot w(n) \cdot e^{-j\frac{2\pi}{L}nm}$$

5 La función ventana puede ser una de las funciones ventana descritas con anterioridad en el análisis sinusoidal. Con preferencia, con el fin de ahorrar complejidad numérica, la trama transformada en el dominio de la frecuencia debe ser idéntica a la usada durante el análisis sinusoidal.

En una etapa siguiente, se aplica la suposición de modelo sinusoidal. Según la suposición de modelo sinusoidal, la DFT de la trama prototipo puede ser escrita como sigue:

$$Y_{-1}(m) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K a_k \cdot \left(W\left(2\pi\left(\frac{m}{L} + \frac{f_k}{f_s}\right)\right) \cdot e^{-j\varphi_k} + W\left(2\pi\left(\frac{m}{L} - \frac{f_k}{f_s}\right)\right) \cdot e^{j\varphi_k} \right)$$

10 Esta expresión fue usada también en la parte de análisis y se ha descrito con detalle en lo que antecede.

A continuación, se entiende que el espectro de la función ventana usada tiene solamente una contribución significativa en un rango de frecuencia próxima a cero. Según se ha ilustrado en la Figura 3, el espectro de magnitud de la función ventana es grande para frecuencias cercanas a cero y pequeño en otro caso (dentro del rango de frecuencia normalizado desde $-\pi$ a π , correspondiente a la mitad de la frecuencia de muestreo. Por lo tanto, como aproximación, se supone que el espectro de ventana $W(m)$ no es cero solamente para un intervalo $M = [-m_{\min}, m_{\max}]$, siendo m_{\min} y m_{\max} números positivos pequeños. En particular, se usa una aproximación del espectro de la función ventana de tal modo que para cada k las contribuciones de los espectros de ventana desplazados en la expresión anterior son estrictamente no solapantes. De ahí que en la ecuación anterior, para cada índice de frecuencia existe siempre solamente el máximo de contribución a partir de un sumando, es decir, a partir de un espectro de ventana desplazado. Esto significa que la expresión anterior se reduce a la expresión aproximada siguiente:

$$Y_{-1}(m) = \frac{a_k}{2} \cdot W\left(2\pi\left(\frac{m}{L} - \frac{f_k}{f_s}\right)\right) \cdot e^{j\varphi_k}$$

para $m \in M_k$ no negativo y para cada k . Así, M_k indica el intervalo

íntegro $M_k = [\text{round}\left(\frac{f_k}{f_s} \cdot L\right) - m_{\min,k}, \text{round}\left(\frac{f_k}{f_s} \cdot L\right) + m_{\max,k}]$, donde $m_{\min,k}$ y $m_{\max,k}$ cumplen la limitación explicada anteriormente de tal modo que los intervalos no son solapantes. Una opción adecuada para $m_{\min,k}$ y $m_{\max,k}$ consiste en establecerlos en un valor entero pequeño, por ejemplo $\delta=3$. Si, no obstante, los índices de DFT relacionados con dos frecuencias sinusoidales adyacentes f_k y f_{k+1} son menores de 2δ , entonces δ se establece en:

$$\text{floor}\left(\frac{\text{round}\left(\frac{f_{k+1}}{f_s} \cdot L\right) - \text{round}\left(\frac{f_k}{f_s} \cdot L\right)}{2}\right)$$

de tal modo que se asegura que los intervalos no son solapantes.

La función floor(\cdot) es el número entero más próximo al argumento de función que es más pequeño o igual al mismo.

30 La siguiente etapa, según las realizaciones, consiste en aplicar el modelo sinusoidal conforme a la expresión anterior, y evolucionar sus K sinusoides en el tiempo. La suposición de que los índices de tiempo del segmento borrado en comparación con los índices de tiempo de la trama prototipo difiere en n_{-1} muestras, significa que las fases de las sinusoides avanzan en:

$$\theta_k = 2\pi \cdot \frac{f_k}{f_s} n_{-1}$$

Por ello, el espectro de DFT del modelo sinusoidal evolucionado viene dado por:

$$Y_0(m) = \frac{1}{2} \sum_{k=1}^K a_k \cdot \left(W\left(2\pi\left(\frac{m}{L} + \frac{f_k}{f_s}\right)\right) \cdot e^{-j(\varphi_k + \theta_k)} + W\left(2\pi\left(\frac{m}{L} - \frac{f_k}{f_s}\right)\right) \cdot e^{j(\varphi_k + \theta_k)} \right)$$

35 Aplicando de nuevo la aproximación según la cual no se solapan los espectros de función ventana desplazados, se

$$Y_0(m) = \frac{a_k}{2} \cdot W \left(2\pi \left(\frac{m}{L} - \frac{f_k}{f_s} \right) \right) \cdot e^{j(\varphi_k + \delta_k)}$$

obtiene: para $m \in M_k$ no negativo y para cada k .

Comparando la DFT de la trama prototipo $Y_{-1}(m)$ con la DFT del modelo sinusoidal evolucionado $Y_0(m)$ usando la aproximación, se halla que el espectro de magnitud ha permanecido sin cambio mientras la fase se ha desplazado

$$\vartheta_k = 2\pi \cdot \frac{f_k}{f_s} N_{-1}$$

en: , para cada $m \in M_k$. De ahí que la trama de sustitución puede ser calculada mediante la siguiente expresión: $z(n) = IDFT(Z(m))$ siendo $Z(m) = Y(m) \cdot e^{j\vartheta_k}$ para $m \in M_k$ no negativo y para cada k .

Una realización específica direcciona una aleatorización de fase para índices de DFT no pertenecientes a ningún intervalo M_k . Según se ha descrito con anterioridad, los intervalos M_k , $k=1, \dots, K$, han de ser establecidos de tal modo que sean estrictamente no solapantes, lo que se hace usando algún parámetro δ que controle el tamaño de los intervalos. Puede ocurrir que δ sea pequeño en relación con la distancia de frecuencia de dos sinusoides adyacentes. De ahí que, en ese caso ocurre que existe un espacio de separación entre dos intervalos. En consecuencia, para los índices m de DFT correspondientes, no se define ningún desplazamiento de fase conforme a la expresión anterior $Z(m) = Y(m) \cdot e^{j\vartheta_k}$. Una opción adecuada conforme a la presente realización consiste en aleatorizar la fase para esos índices, obteniendo $Z(m) = Y(m) \cdot e^{j2\pi \cdot \text{rand}(\cdot)}$, donde la función $\text{rand}(\cdot)$ retorna a algún número aleatorio.

En base a lo anterior, la Figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un ejemplo de método de ocultación de pérdida de trama de audio conforme a las realizaciones:

En la etapa 81, se realiza un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales, es decir sinusoides, de la señal de audio. A continuación, en la etapa 82, se aplica un modelo sinusoidal sobre un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo con el fin de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida, y en la etapa 83 se crea la trama de sustitución para la trama de audio perdida, incluyendo evolución en el tiempo de componentes sinusoidales, es decir sinusoides, de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

Según una realización adicional, se supone que la señal de audio está compuesta por un número limitado de componentes sinusoidales individuales, y que el análisis sinusoidal se realiza en el dominio de la frecuencia. Además, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales puede incluir identificar frecuencias en las proximidades de los picos de un espectro relacionados con la transformada del dominio de la frecuencia usada.

Según un ejemplo de realización, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales se realiza con una resolución más alta que la resolución de la transformada del dominio de la frecuencia usada, y la identificación puede incluir además interpolación, por ejemplo de tipo parabólico.

Según un ejemplo de realización, el método comprende extraer una trama prototipo a partir de una señal disponible previamente recibida o reconstruida usando una función ventana, y en donde la trama de prototipo extraída puede ser transformada en un dominio de frecuencia.

Una realización adicional incluye una aproximación de un espectro de la función ventana, de tal modo que el espectro de la trama de sustitución está compuesto por porciones estrictamente no solapantes del espectro de función ventana aproximado.

Según un ejemplo de realización adicional, el método comprende la evolución en el tiempo de componentes sinusoidales de un espectro de frecuencia de una trama prototipo, haciendo avanzar la fase de las componentes sinusoidales, en respuesta a la frecuencia de cada componente sinusoidal y en respuesta a la diferencia de tiempo entre la trama de audio perdida y la trama prototipo, y cambiar un coeficiente espectral de la trama prototipo incluida en el intervalo M_k en las proximidades de una senoide k por un desplazamiento de fase proporcional a la frecuencia sinusoidal f_k y a la diferencia de tiempo entre la trama de audio perdida y la trama prototipo.

Una realización adicional comprende cambiar la fase de un coeficiente espectral de la trama prototipo no perteneciente a una senoide identificada por una fase aleatoria, o cambiar la fase de un coeficiente espectral de la trama prototipo no incluido en ninguno de los intervalos relacionados con las proximidades de la senoide identificada por un valor aleatorio.

Una realización incluye además una transformada inversa en el dominio de la frecuencia del espectro de frecuencia de la trama prototipo.

Más específicamente, el método de ocultación de pérdida de trama de audio conforme a una realización adicional, puede incluir las siguientes etapas:

- 1) Analizar un segmento de la señal disponible, previamente sintetizada, para obtener las frecuencias f_k sinusoidales constituyentes de un modelo sinusoidal.
- 2) Extraer una trama prototipo y_{-1} a partir de la señal disponible previamente sintetizada y calcular la DFT de esa trama.
- 5 3) Calcular el desplazamiento de fase θ_k para cada senoide k en respuesta a la frecuencia sinusoidal f_k y al avance de tiempo entre la trama de prototipo y la trama de sustitución.
- 4) Para cada senoide k , hacer avanzar la fase de la DFT de trama prototipo en θ_k , selectivamente para los índices de DFT relacionados con una cercanía en torno a la frecuencia sinusoidal f_k .
- 5) Calcular la DFT inversa del espectro 4) obtenido.

10 Las realizaciones descritas en lo que antecede pueden ser mejor explicadas mediante las siguientes suposiciones:

- a) La suposición de que la señal puede ser representada por un número limitado de sinusoides.
- b) La suposición de que la trama de sustitución está suficientemente bien representada por esas sinusoides evolucionadas en el tiempo, en comparación con algún instante de tiempo anterior.
- 15 c) La suposición de una aproximación del espectro de una función ventana de tal modo que el espectro de la trama de sustitución puede construirse mediante porciones de no solapamiento del espectro de función ventana desplazado en frecuencia, donde las frecuencias de desplazamiento son las frecuencias de senoide.

La Figura 9 es un diagrama esquemático de bloques que ilustra un ejemplo de descodificador 1 configurado para ejecutar un método de ocultación de pérdida de trama de audio conforme a las realizaciones. El descodificador ilustrado comprende uno o más procesadores 11 y software adecuado con un medio de almacenaje o memoria 12 adecuado. La señal de audio codificada entrante se recibe a través de una entrada (Entrada), a la que están conectados el procesador 11 y la memoria 12. La señal de audio descodificada y reconstruida obtenida a partir del software, se emite desde la salida (Salida). Un ejemplo de descodificador ha sido configurado para ocultar una trama de audio perdida de una señal de audio recibida, y comprende un procesador 11 y una memoria 12, en donde la memoria contiene instrucciones ejecutables por el procesador 11, y con lo que el descodificador 1 está configurado para:

- realizar un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio;
- aplicar un modelo sinusoidal sobre un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo con el fin de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida, y
- 30 - crear la trama de sustitución para la trama de audio perdida mediante evolución en el tiempo de componentes sinusoidales de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

Según una realización adicional del descodificador, el modelo sinusoidal aplicado asume que la señal de audio está compuesta por un número limitado de componentes sinusoidales individuales, y la identificación de frecuencias de las componentes sinusoidales de la señal de audio puede comprender además una interpolación parabólica.

Según una realización adicional, el descodificador está configurado para extraer una trama prototipo desde una señal previamente recibida o reconstruida disponible, usando una función ventana, y para transformar la trama prototipo extraída en un dominio de frecuencia.

40 Según otra realización más, el descodificador está configurado para evolucionar en el tiempo componentes sinusoidales de un espectro de frecuencia de una trama prototipo, haciendo avanzar la fase de las componentes sinusoidales, en respuesta a la frecuencia de cada componente sinusoidal y en respuesta a la diferencia de tiempo entre la trama de audio perdida y la trama prototipo, y para crear la trama de sustitución llevando a cabo una transformada de frecuencia inversa del espectro de frecuencia.

45 Un descodificador según una realización alternativa, ha sido ilustrado en la Figura 10a, comprendiendo una unidad de entrada configurada para recibir una señal de audio codificada. La Figura ilustra la ocultación de pérdida de trama mediante una unidad lógica 13 de ocultación de pérdida de trama, en donde el descodificador 1 está configurado para implementar una ocultación de una trama de audio perdida conforme a las realizaciones descritas con anterioridad. La unidad lógica 13 de ocultación de pérdida de trama ha sido ilustrada además en la Figura 10b, y comprende medios adecuados para ocultar una trama de audio perdida, es decir, medios 14 para realizar un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio, medios 15 para aplicar un modelo sinusoidal sobre un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento

se usa como trama prototipo a efectos de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida, y medios 16 para crear la trama de sustitución para la trama de audio perdida mediante componentes sinusoidales de evolución en el tiempo de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

5 Las unidades y los medios incluidos en el descodificador ilustrado en la Figura, pueden ser implementados al menos parcialmente con hardware, y existen numerosas variantes de elementos de circuitería que pueden ser usados y combinados para conseguir las funciones de las unidades del descodificador. Tales variantes están abarcadas por las realizaciones. Un ejemplo particular de implementación de hardware del descodificador es la implementación en hardware de procesador de señal digital (DSP) y en tecnología de circuitos integrados, incluyendo tanto circuitería 10 electrónica de propósito general como circuitería específica de la aplicación.

Un programa informático conforme a las realizaciones de la presente invención comprende instrucciones que, cuando se ejecutan mediante un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo un método conforme a un método descrito en relación con la Figura 8. La Figura 11 ilustra un producto 9 de programa informático conforme a las realizaciones, en forma de memoria no volátil, por ejemplo una EEPROM (Memoria de Solo Lectura Programable y Borrable Eléctricamente), una memoria flash o una unidad de disco. El producto de programa informático 15 comprende un medio legible con ordenador que almacena un programa informático 91, que comprende módulos 91a,b,c,d de programa informático, los cuales, cuando se ejecutan en un descodificador 1, hacen que un procesador del descodificador lleve a cabo las etapas conforme a la Figura 8.

20 Se puede usar un descodificador conforme a las realizaciones de la presente invención, por ejemplo en un receptor para un dispositivo móvil, por ejemplo un teléfono móvil o un ordenador portátil, o en un receptor para un dispositivo estacionario, por ejemplo un ordenador personal.

Las ventajas de las realizaciones descritas en la presente memoria consisten en proporcionar un método de ocultación de pérdida de trama que permita mitigar el impacto audible de la pérdida de trama en la transmisión de 25 señales de audio, por ejemplo de habla codificada. Una ventaja general consiste en proporcionar una evolución suave y fiel de la señal reconstruida para una trama perdida, en donde el impacto audible de las pérdidas de trama se reduce considerablemente en comparación con las técnicas convencionales.

30 Debe entenderse que la elección de unidades o módulos que interactúan, así como la denominación de las unidades, son solamente a título de ejemplo, y pueden ser configurados según una pluralidad de formas alternativas con el fin de que estén capacitados para ejecutar las acciones procesales divulgadas. Debe apreciarse también que las unidades o módulos descritos en la presente divulgación han de ser consideradas como entidades lógicas y no necesariamente como unidades físicas separadas. Se apreciará que el alcance de la tecnología divulgada en la presente memoria abarca por completo otras realizaciones que pueden resultar obvias para los expertos en la materia.

REIVINDICACIONES

- 1.- Un método de ocultación de una trama de audio perdida de una señal de audio recibida, comprendiendo el método:
- 5 - extraer un segmento de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo a efectos de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida;
 - transformar la trama prototipo extraída en una representación en el dominio de la frecuencia;
 - realizar un análisis sinusoidal (81) de la trama prototipo, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio;
 - 10 - cambiar todos los coeficientes espectrales de la trama prototipo incluidos en un intervalo M_k en torno a una senoide k por un desplazamiento de fase proporcional a la frecuencia sinusoidal f_k y a la diferencia de tiempo entre la trama de audio perdida y la trama prototipo, incluyendo así la evolución en el tiempo de componentes sinusoidales de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, y conservando la magnitud de esos coeficientes espectrales;
 - 15 - cambiar la fase de un coeficiente espectral de la trama prototipo no incluido en ninguno de los intervalos con relación a una región en torno a las sinusoides identificadas por un valor aleatorio, y conservando la magnitud de ese coeficiente espectral, y
 - realizar una transformada inversa en el dominio del espectro de frecuencia ajustado en fase de la trama prototipo, creando con ello la trama de sustitución (83) para la trama de audio perdida.
- 2.- El método según la reivindicación 1, en donde la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales incluye además identificar frecuencias en las proximidades de los picos del espectro con relación a una transformada en el dominio de la frecuencia usada.
- 3.- El método según la reivindicación 2, en donde la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales se realiza con una resolución más alta que la resolución de frecuencia de la transformada en el dominio de la frecuencia usada.
- 25 4.- El método según la reivindicación 3, en donde la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales incluye además interpolación.
- 5.- El método según la reivindicación 4, en donde la interpolación es de tipo parabólica.
- 6.- El método según cualquiera de las reivindicaciones 1-5, que comprende además extraer una trama prototipo a partir de una señal previamente recibida o reconstruida disponible, usando una función ventana.
- 30 7.- El método según la reivindicación 6, que incluye además una aproximación del espectro de la función ventana de tal modo que un espectro de trama de sustitución esté compuesto de porciones estrictamente no solapantes del espectro de la función ventana aproximado.
- 8.- Un descodificador (1) configurado para ocultar una trama de audio perdida de una señal de audio recibida, comprendiendo el descodificador un procesador (11) y una memoria (12), conteniendo la memoria instrucciones ejecutables mediante el procesador (11), por lo que el descodificador (1) está configurado para:
- 35 - extraer un segmento desde una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como trama prototipo a efectos de crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida;
 - transformar la trama prototipo extraída en una representación en el dominio de la frecuencia;
 - 40 - realizar un análisis sinusoidal de la trama prototipo, en donde el análisis sinusoidal incluye identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio;
 - cambiar todos los coeficientes espectrales de la trama prototipo incluidos en un intervalo M_k en torno a una senoide k por un desplazamiento de fase proporcional a la frecuencia sinusoidal f_k y a la diferencia de tiempo entre la trama perdida y la trama prototipo, de modo que evolucionen en el tiempo las componentes sinusoidales de la trama prototipo, hasta el instante de tiempo de la trama de audio perdida, y conservando la magnitud de esos coeficientes espectrales;
 - 45 - cambiar la fase de un coeficiente espectral de la trama prototipo no incluido en ninguno de los intervalos en relación con una región en torno a las sinusoides identificadas por un valor aleatorio, y conservar la magnitud de ese coeficiente espectral, y
 - realizar una transformada inversa en el dominio de la frecuencia del espectro de frecuencia ajustado en fase de la trama prototipo, creando con ello la trama de sustitución para la trama de audio perdida.
- 50

- 9.- El descodificador según la reivindicación 8, en donde la identificación de frecuencias de las componentes sinusoidales incluye además identificar frecuencias en las proximidades de los picos del espectro con relación a una transformada en el dominio de la frecuencia usada.
- 5 10.- El descodificador según la reivindicación 8, en donde la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio comprende además una interpolación parabólica.
- 11.- El descodificador según cualquiera de las reivindicaciones 8-10, configurado además para extraer una trama prototipo a partir de una señal previamente recibida o reconstruida disponible, usando una función ventana.
- 10 12.- El descodificador según la reivindicación 11, configurado además para aproximar el espectro de la función ventana de tal modo que un espectro de trama de sustitución esté compuesto por porciones estrictamente no solapantes del espectro de función ventana aproximado.
- 13.- Un receptor que comprende un descodificador según cualquiera de las reivindicaciones 8-12.
- 14.- Programa informático (91) que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan mediante un procesador, hacen que el procesador lleve a cabo un método según cualquiera de las reivindicaciones 1-7.
- 15 15.- Un producto (9) de programa informático que comprende un medio legible con ordenador que almacena un programa informático (91) según la reivindicación 14.

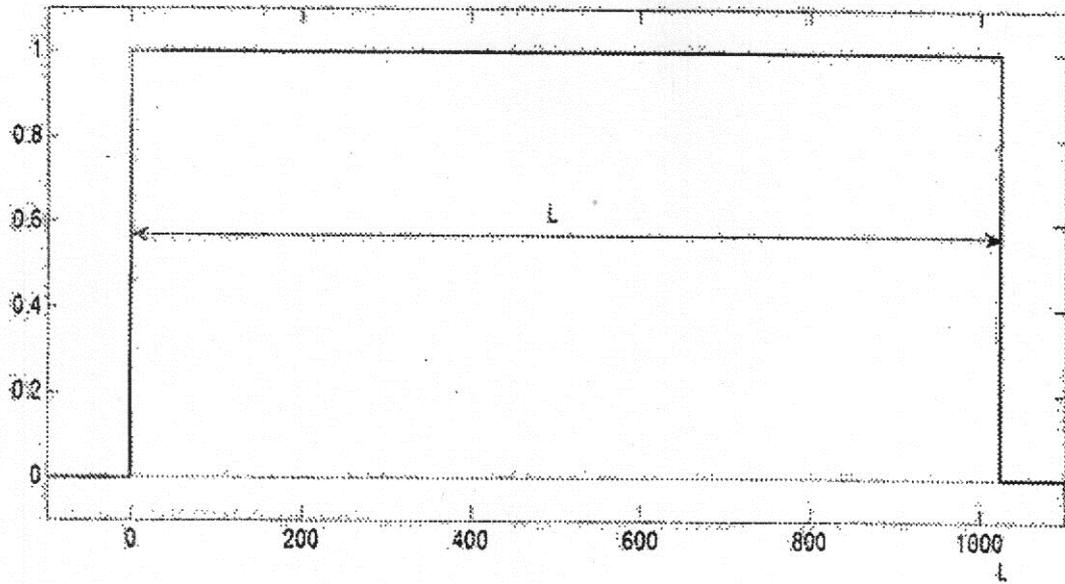


Fig. 1

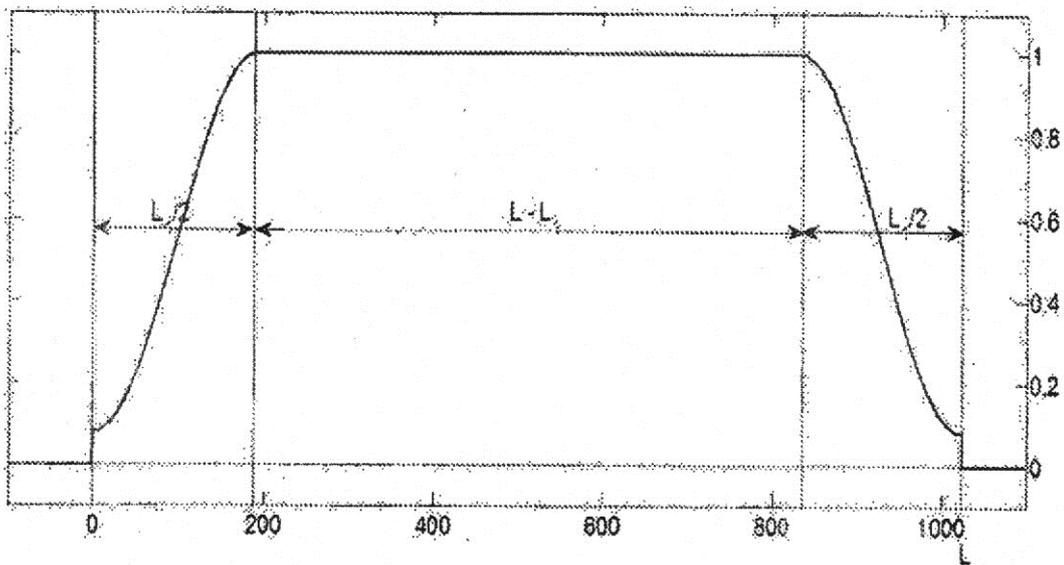


Fig. 2

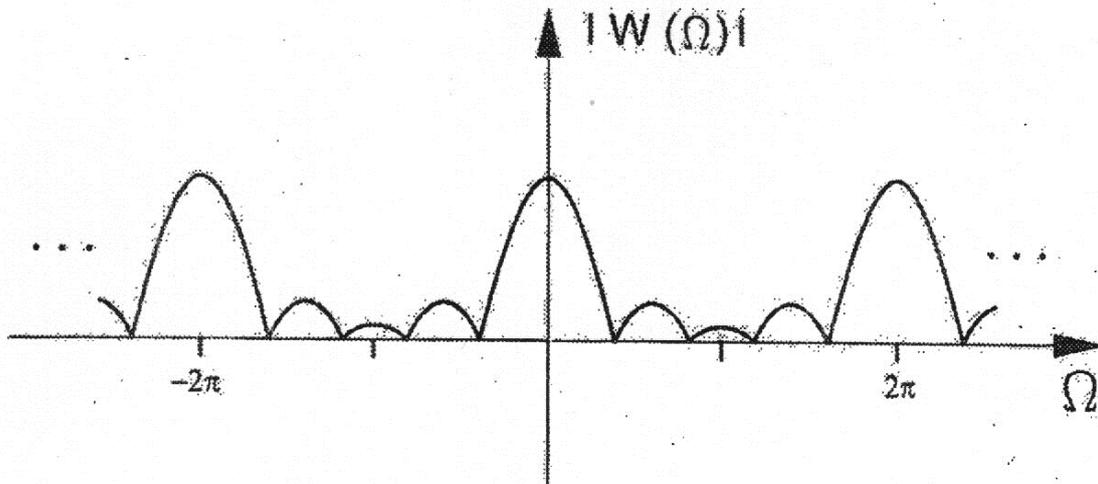


FIG. 3

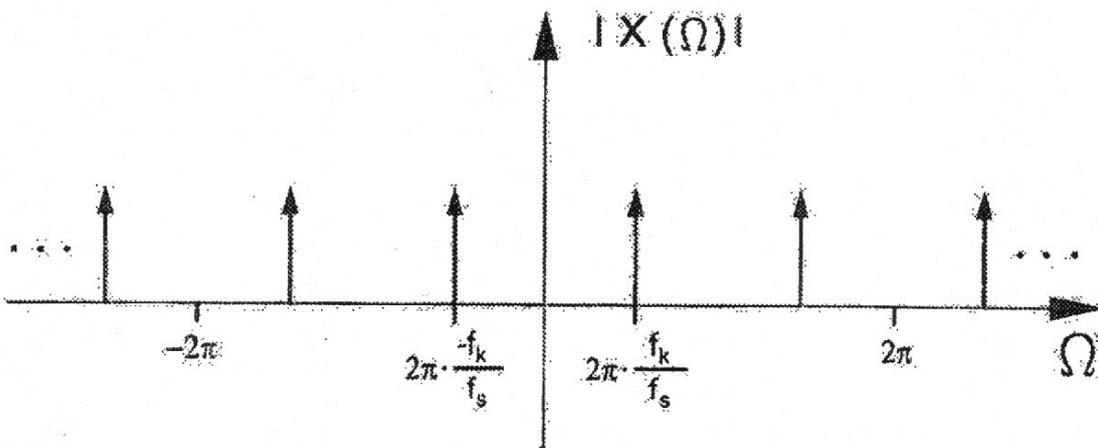


FIG. 4

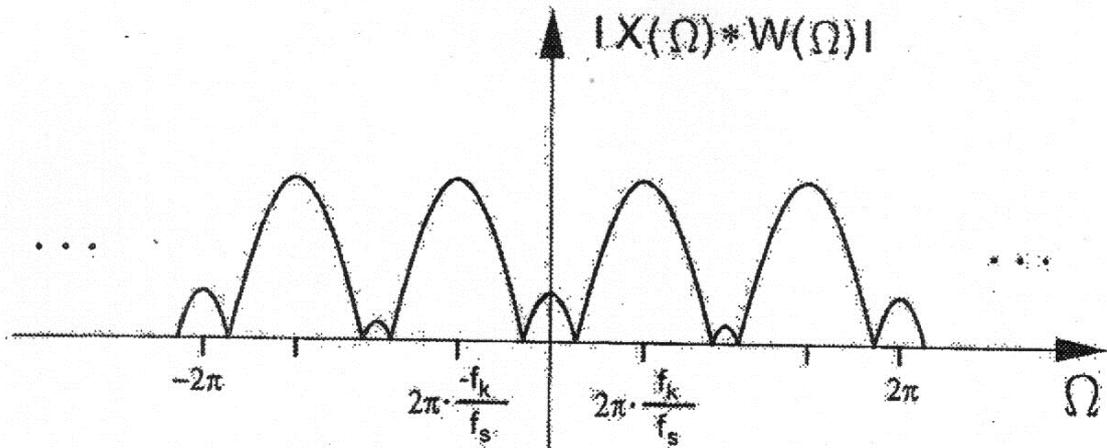


FIG. 5

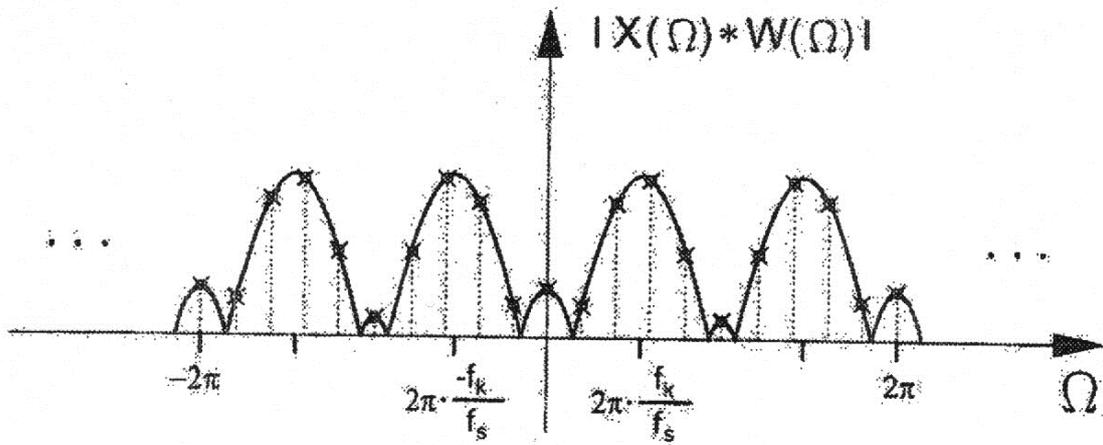


FIG. 6

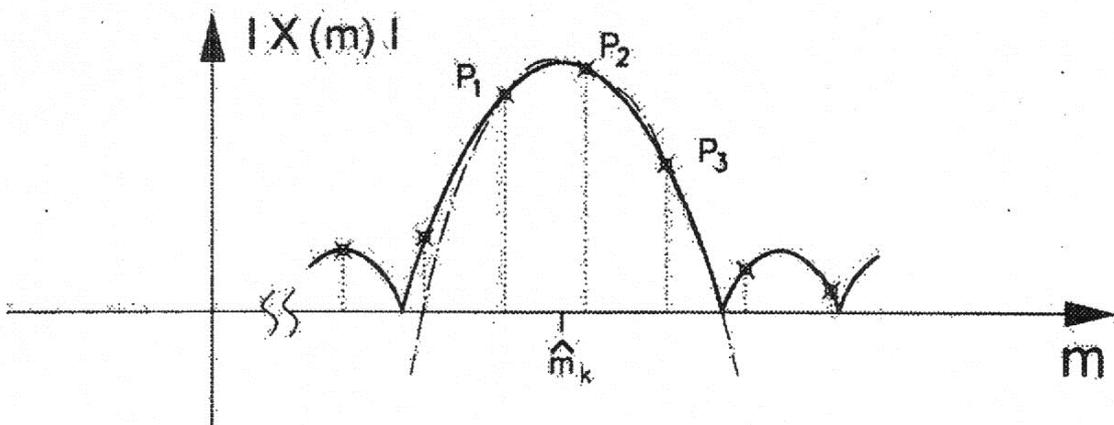


FIG. 7

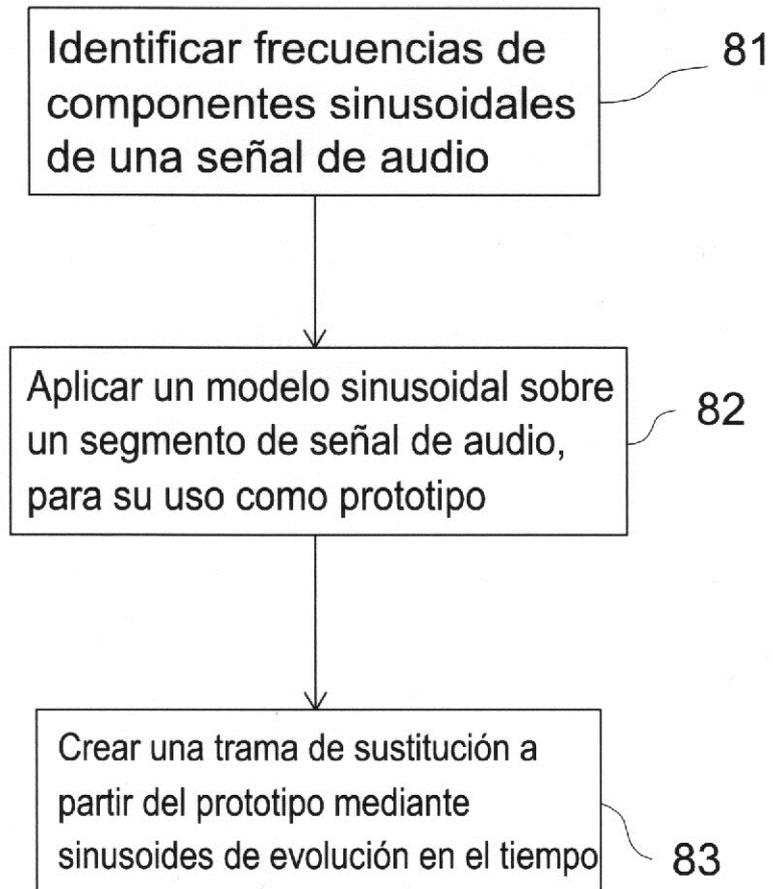


Fig. 8

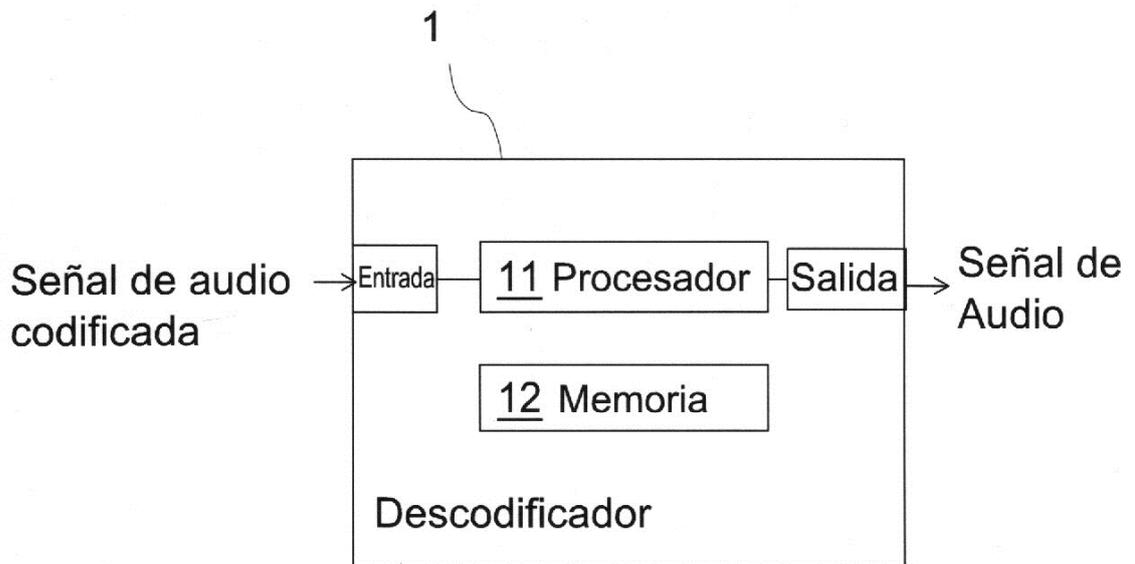


Fig. 9

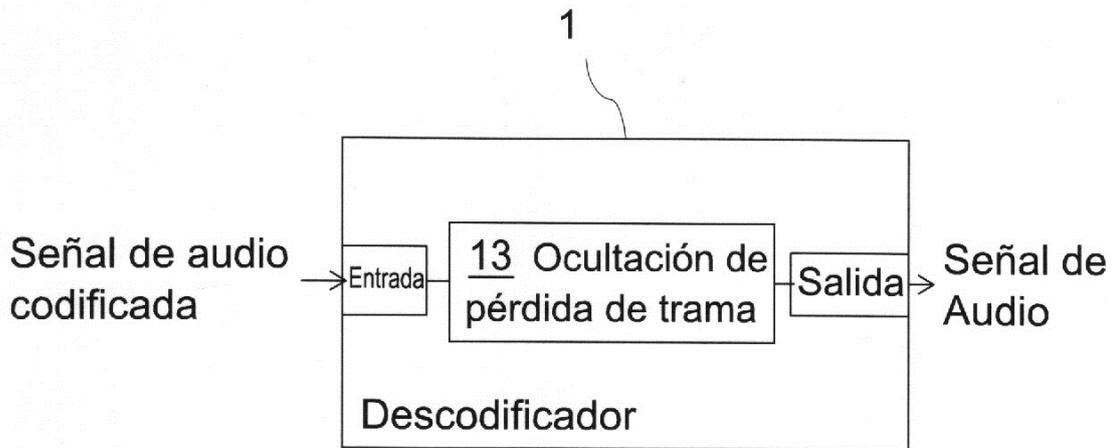


Fig. 10a

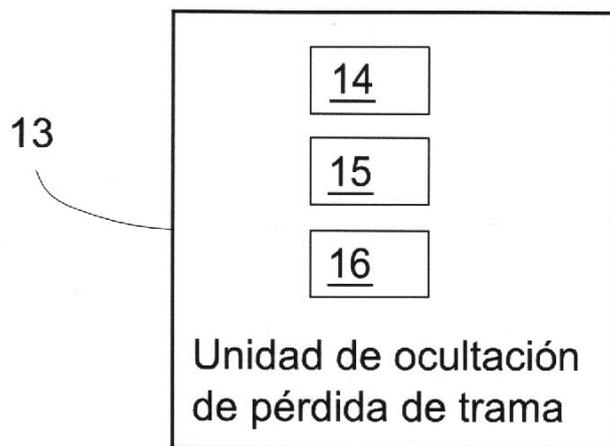


Fig. 10b

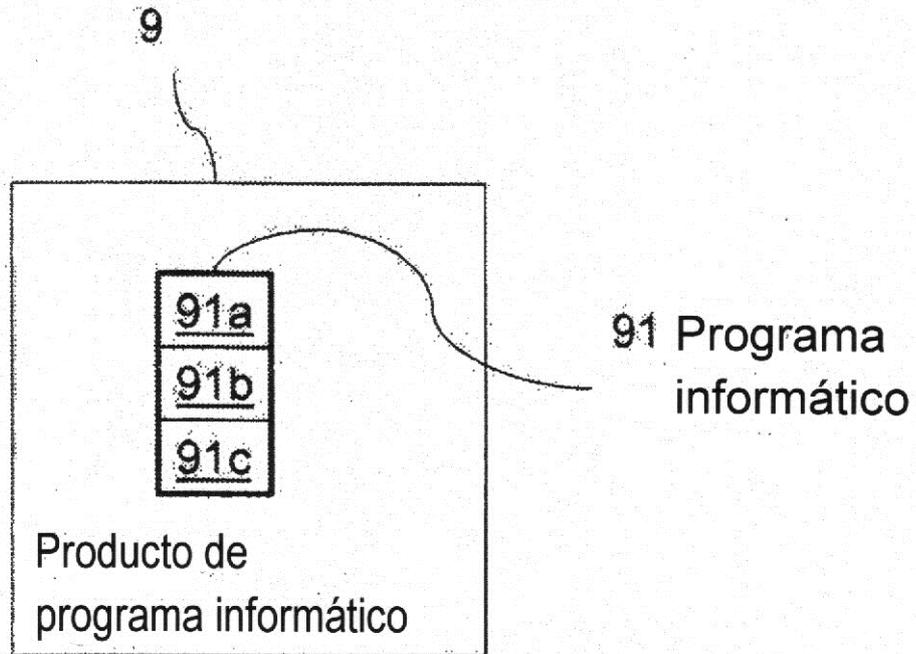


Fig. 11