

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 877 213**

51 Int. Cl.:

**G10L 19/005** (2013.01)

**G10L 19/02** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **22.01.2014** **E 19185955 (2)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **07.04.2021** **EP 3576087**

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:

**16.11.2021**

73 Titular/es:

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

72 Inventor/es:

**BRUHN, STEFAN**

74 Agente/Representante:

**LINAGE GONZÁLEZ, Rafael**

**ES 2 877 213 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

5 **Campo técnico**

La invención se refiere en general a un método para ocultar una trama de audio perdida de una señal de audio recibida. La invención también se refiere 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 un producto de programa informático.

**Antecedentes**

Un sistema de comunicación de audio convencional transmite señales de voz y audio en tramas, lo que significa que el lado emisor organiza primero la señal de audio en segmentos cortos, es decir, tramas de señal de audio, por ejemplo, 20-40 ms, que posteriormente se codifican y transmiten como una unidad lógica en, por ejemplo, un paquete de transmisión. Un decodificador en el lado de recepción decodifica cada una de estas unidades y reconstruye las tramas de señal de audio correspondientes, que a su vez se emiten finalmente como una secuencia continua de muestras reconstruidas de señal de audio.

Antes de la codificación, una conversión de analógico a digital (A/D) puede convertir la señal analógica de audio o voz de un micrófono en una secuencia de muestras digitales de señales de audio. A la inversa, en el extremo de recepción, un paso de conversión D/A final típicamente convierte la secuencia de muestras digitales de señal de audio reconstruidas en una señal analógica continua en el tiempo para la reproducción por altavoz.

Sin embargo, un sistema de transmisión convencional para señales de voz y audio puede sufrir 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 su reconstrucción. En ese caso, el decodificador tiene que generar una señal de sustitución para cada trama no disponible. Esto puede realizarse mediante una denominada 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 hacer que la pérdida de trama sea lo más inaudible posible y, por lo tanto, mitigar el impacto de la pérdida de trama en la calidad de la señal reconstruida.

Los métodos convencionales de ocultación de pérdida de trama pueden depender de la estructura o arquitectura del códec, por ejemplo, repitiendo los parámetros de códec recibidos previamente. Estas técnicas de repetición de parámetros dependen claramente de los parámetros específicos del códec usado y pueden no ser fácilmente aplicables a otros códecs con una estructura diferente. Los métodos actuales de ocultación de pérdida de trama pueden, por ejemplo, congelar y extrapolar parámetros de una trama recibida previamente para generar una trama de sustitución para la trama perdida. Los códecs predictivos lineales estandarizados AMR y AMR-WB son códecs de voz paramétricos que congelan los parámetros recibidos anteriormente o usan alguna extrapolación de los mismos para la decodificación. En esencia, el principio es tener un modelo dado para codificar/decodificar y aplicar el mismo modelo con parámetros congelados o extrapolados.

Muchos códecs de audio aplican una técnica de dominio frecuencia de codificación, que implica aplicar un modelo de codificación en un parámetro espectral después de una transformada de dominio frecuencia. El decodificador reconstruye el espectro de la señal a partir de los parámetros recibidos y vuelve a transformar el espectro en una señal de tiempo. Típicamente, la señal de tiempo se reconstruye trama a trama y las tramas se combinan mediante técnicas de superposición-suma y un posible procesamiento adicional para formar la señal reconstruida final. La ocultación de pérdida de trama de audio correspondiente aplica el mismo modelo de decodificación, o al menos similar, para tramas perdidas, en el que los parámetros de dominio frecuencia de una trama recibida previamente se congelan o extrapolan adecuadamente y luego se usan en la conversión de dominio frecuencia a tiempo.

"Ocultación de borrado de trama mediante análisis-síntesis sinusoidal y su aplicación a códigos basados en MDCT", de Parikh et al., ICASSP 2000, presenta un algoritmo de ocultación de borrado de trama basado en análisis-síntesis sinusoidal. Cuando se pierde una trama, se realiza un análisis sinusoidal de la señal previamente decodificada y almacenada en búfer. El análisis da un conjunto de sinusoides, que se usan para sintetizar la forma de onda correspondiente a la trama perdida.

Sin embargo, los métodos convencionales de ocultación de pérdida de trama de audio pueden sufrir daños en la calidad, por ejemplo, dado que la técnica de congelación y extrapolación de parámetros y la reaplicación del mismo modelo de decodificador para tramas perdidas pueden no siempre garantizar una evolución suave y fiel de la señal desde las tramas de señal previamente decodificadas hasta la trama perdida. Esto puede provocar discontinuidades en la señal audible con el correspondiente impacto en la calidad. Por lo tanto, es deseable y necesaria la ocultación de pérdida de trama de audio con un deterioro de la calidad reducido.

65

**Sumario**

El objeto de las realizaciones de la presente invención es abordar al menos algunos de los problemas descritos anteriormente, y este objeto y otros se logran mediante el método y las disposiciones de acuerdo con las reivindicaciones independientes adjuntas, y mediante las realizaciones de acuerdo con las reivindicaciones dependientes. De acuerdo con un primer aspecto, se divulga un método de ocultación de pérdida de trama de acuerdo con la reivindicación 1.

De acuerdo con un segundo aspecto, un aparato está configurado para implementar un método de ocultación de pérdida de trama como se describe en la reivindicación 5.

El aparato puede estar incluido en un decodificador de audio.

El decodificador puede implementarse en un dispositivo, como por ejemplo un celular.

De acuerdo con un tercer aspecto, las realizaciones proporcionan un programa informático que se define para ocultar una trama de audio perdida, en el que 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.

De acuerdo con un cuarto aspecto, las realizaciones proporcionan un producto de programa informático que comprende un medio legible por computadora que almacena un programa informático de acuerdo con el tercer aspecto descrito anteriormente.

Las ventajas de las realizaciones descritas en el presente documento son proporcionar un método de ocultación de pérdida de trama que permite mitigar el impacto audible de la pérdida de trama en la transmisión de señales de audio, por ejemplo, de la voz codificada. Una ventaja general es proporcionar una evolución suave y fiel de la señal reconstruida para una trama perdida, en la que el impacto audible de las pérdidas de trama se reduce en gran medida en comparación con las técnicas convencionales.

Otras características y ventajas de las enseñanzas de las realizaciones de la presente solicitud quedarán claras al leer la siguiente descripción y los dibujos adjuntos.

**Breve descripción de los dibujos**

Las realizaciones se describirán con más detalle y con referencia a los dibujos adjuntos, 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 una señal sinusoidal de ejemplo con la frecuencia  $f_k$ ;

la figura 5 muestra un espectro de una señal sinusoidal en ventana con la frecuencia  $f_k$ ;

la figura 6 ilustra barras correspondientes a la magnitud de los puntos de la cuadrícula de una DFT, basándose en una trama de análisis;

la figura 7 ilustra un ajuste de parábola a través de los puntos de la cuadrícula de DFT;

la figura 8 es un diagrama de flujo de un método de acuerdo con las realizaciones;

las figuras 9 y 10 ilustran un decodificador de acuerdo con las realizaciones, y

la figura 11 ilustra un programa informático y un producto de programa informático, de acuerdo con las realizaciones.

**Descripción detallada**

A continuación, se describirán con más detalle realizaciones de la invención. Con fines explicativos y no limitativos, se divulgan detalles específicos, como escenarios y técnicas particulares, con el fin de proporcionar una comprensión completa.

Además, es evidente que el método y los dispositivos de ejemplo descritos a continuación pueden implementarse, al menos en parte, mediante el uso de software que funcione junto con un microprocesador programado o una computadora de propósito general, y/o usando un circuito integrado de aplicación específica (ASIC). Además, las

realizaciones también pueden implementarse, al menos en parte, como un producto de programa informático o en un sistema que comprende un procesador informático y una memoria acoplada al procesador, en el que la memoria está codificada con uno o más programas que pueden realizar las funciones divulgadas en el presente documento.

5 Un concepto de las realizaciones que se describen a continuación comprende una ocultación de trama de audio perdida mediante:

10 - la realización de un análisis sinusoidal de al menos parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en el que el análisis sinusoidal implica identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio;

15 - la aplicación de un modelo sinusoidal en un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en donde dicho segmento se usa como una trama prototipo para crear una trama de sustitución para una trama perdida, y

20 - la creación de la trama de sustitución que implica la evolución en el tiempo de los componentes sinusoidales de la trama prototipo, hasta la instancia de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

20 Análisis sinusoidal

25 La ocultación de pérdida de trama de acuerdo con las realizaciones implica un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida. El propósito de este análisis sinusoidal es encontrar las frecuencias de los componentes sinusoidales principales, es decir, sinusoides, de esa señal. Por lo tanto, la suposición subyacente es que la señal de audio fue generada por un modelo sinusoidal y que está compuesta por un número limitado de sinusoides individuales, es decir, que es una señal multisine del siguiente tipo:

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

30 En esta ecuación, K es el número de sinusoides de las que se supone que consta la señal. Para cada una de las sinusoides con índice  $k = 1 \dots K$ ,  $a_k$  es la amplitud,  $f_k$  es la frecuencia y  $\varphi_k$  es la fase. La frecuencia de muestreo se denomina  $f_s$  y el índice de tiempo de las muestras de señales discretas de tiempo  $s(n)$  por  $n$ .

35 Es importante encontrar frecuencias de las sinusoides lo más exactas posible. Mientras que una señal sinusoidal ideal tendría un espectro de línea con frecuencias de línea  $f_k$ , encontrar sus valores verdaderos requeriría en principio un tiempo de medición infinito. Por lo tanto, en la práctica es difícil encontrar estas frecuencias, ya que solo pueden estimarse basándose en un período de medición corto, que corresponde al segmento de señal usado para el análisis sinusoidal de acuerdo con las realizaciones descritas en el presente documento; este segmento de señal se denomina en lo sucesivo una trama de análisis. Otra dificultad es que, en la práctica, la señal puede variar en el tiempo, lo que significa que los parámetros de la ecuación anterior varían con el tiempo. Por lo tanto, por un lado, es deseable usar una trama de análisis larga que haga que la medición sea más precisa; por otro lado, se necesitaría un período de medición corto para afrontar mejor las posibles variaciones de señal. Una buena compensación es usar una longitud de trama de análisis en el orden de, por ejemplo, 20-40 ms.

45 De acuerdo con una realización preferida, las frecuencias de las sinusoides  $f_k$  se identifican mediante un análisis de dominio frecuencia de la trama de análisis. Con este fin, la trama de análisis se transforma en el dominio frecuencia, por ejemplo, por medio de DFT (transformada discreta de Fourier) o DCT (transformada discreta del coseno), o una transformada de dominio frecuencia similar. En caso de que se use una DFT de la trama de análisis, el espectro viene dado por:

50

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

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

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

60

La figura 2 ilustra una función de ventana más útil, que es una combinación de la ventana de Hamming y la ventana rectangular. La ventana ilustrada en la figura 2 tiene una forma de borde ascendente como la mitad izquierda de una ventana de Hamming de longitud L1 y una forma de borde descendente como la mitad derecha de una ventana de Hamming de longitud L1 y entre los bordes ascendente y descendente la ventana es igual a 1 para la longitud de L-L1.

Los picos del espectro de magnitud de la trama de análisis en ventana  $|X(m)|$  constituyen una aproximación de las frecuencias sinusoidales requeridas  $f_k$ . Sin embargo, la precisión de esta aproximación está limitada por el espaciado

$$\frac{f_s}{2L}$$

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

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

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

Al usar la expresión del espectro de la señal del modelo sinusoidal, esto se puede escribir como

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

Por lo tanto, el espectro muestreado está dado por

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

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

Basándose en esto, los picos observados en el espectro de magnitud de la trama de análisis provienen de una señal sinusoidal en ventana con K sinusoides, donde las verdaderas frecuencias sinusoides se encuentran en las proximidades de los picos. Por tanto, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales puede implicar además la identificación de frecuencias en las proximidades de los picos del espectro relacionados con la transformada de dominio frecuencia usada.

Si  $m_k$  se supone que es un índice de DFT (punto de cuadrícula) del k-ésimo pico observado, entonces la frecuencia

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

correspondiente es que puede considerarse una aproximación de la frecuencia sinusoidal verdadera  $f_k$ . La verdadera frecuencia sinusoidal  $f_k$  se puede suponer que se encuentra dentro del intervalo

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

Para mayor claridad, se observa que la convolución del espectro de la función de ventana con el espectro del espectro de línea de la señal del modelo sinusoidal puede entenderse como una superposición de versiones con desplazamiento de frecuencia del espectro de función de ventana, por lo que las frecuencias de desplazamiento son las frecuencias de las sinusoides. A continuación, se muestrea esta superposición en los puntos de la cuadrícula de DFT. La convolución del espectro de la función de ventana con el espectro del espectro de línea de la señal del modelo sinusoidal se ilustra en las figuras 3-figura 7, de la cual la figura 3 muestra un ejemplo del espectro de magnitud de una función de ventana, y la figura 4 el espectro de magnitud (espectro de línea) de un ejemplo de señal sinusoidal con una sola senoide con una frecuencia  $f_k$ . La figura 5 muestra el espectro de magnitud de la señal sinusoidal en ventana que replica y superpone los espectros de ventana con desplazamiento de frecuencia a

las frecuencias de la senoide, y las barras en la figura 6 corresponden a la magnitud de los puntos de la cuadrícula de la DFT de la senoide en ventana que se obtienen calculando la DFT de la trama de análisis. Téngase en cuenta que todos los espectros son periódicos con el parámetro de frecuencia normalizado  $\Omega$  donde  $\Omega = 2\pi$  que corresponde a la frecuencia de muestreo  $f_s$ .

5 Basándose en la explicación anterior, y basándose en la ilustración de la figura 6, se puede encontrar una mejor aproximación de las verdaderas frecuencias sinusoidales aumentando la resolución de la búsqueda, de modo que sea mayor que la resolución de frecuencia de la transformada de dominio frecuencia usada.

10 Por tanto, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales se realiza preferiblemente con una resolución más alta que la resolución de frecuencia de la transformada de dominio frecuencia usada, y la identificación puede implicar además interpolación.

15 Una forma preferida de ejemplo de encontrar una mejor aproximación de las frecuencias  $f_k$  de las senoideas es aplicar la interpolación parabólica. Un enfoque es ajustar las parábolas a través de los puntos de la cuadrícula del espectro de magnitud de DFT que rodean los picos y calcular las frecuencias respectivas que pertenecen a los máximos de la parábola, y una elección adecuada de ejemplo para el orden de las parábolas es 2. Más detalladamente, se puede aplicar el siguiente procedimiento:

20 1) Identificar los picos de la DFT de la frecuencia de análisis en ventana. La búsqueda de picos entregará el número de picos  $K$  y los índices de DFT correspondientes de los picos. La búsqueda de picos se puede realizar típicamente en el espectro de magnitud de DFT o en el espectro de magnitud de DFT logarítmica.

25 2) Para cada pico  $k$  (con  $k = 1 \dots K$ ) con el índice de DFT correspondiente  $m_k$ , ajustando 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

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

30 La figura 7 ilustra el ajuste de la parábola a través de los puntos  $P_1, P_2$  y  $P_3$  de la cuadrícula de DFT.

3) Para cada una de las parábolas  $K$ , calcular el índice de frecuencia interpolado  $\hat{m}_k$  correspondiente al valor de  $q$  para el cual la parábola tiene su máximo, donde  $\hat{f}_k = m_k \cdot f_s / L$  se usa como una aproximación de la frecuencia sinusoidal  $f_k$ .

35 Aplicar un modelo sinusoidal

La aplicación de un modelo sinusoidal para realizar una operación de ocultación de pérdida de trama de acuerdo con las realizaciones se puede describir de la siguiente manera:

40 En caso de que un segmento dado de la señal codificada no pueda ser reconstruido por el decodificador ya que la información codificada correspondiente no está disponible, es decir, desde que se ha perdido una trama, una parte disponible de la señal anterior a este segmento se puede usar como trama prototipo. Si  $y(n)$  con  $n = 0 \dots N-1$  es el segmento no disponible para el que se debe generar una trama de sustitución  $z(n)$ , e  $y(n)$  con  $n < 0$  es la señal disponible previamente decodificada, una trama prototipo de la señal disponible de longitud  $L$  e índice de inicio  $n-1$  se extrae con una función de ventana  $w(n)$  y se transforma en el dominio frecuencia, por ejemplo, mediante DFT:

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

50 La función de ventana puede ser una de las funciones de ventana descritas anteriormente en el análisis sinusoidal. Preferiblemente, para ahorrar complejidad numérica, la trama transformada de dominio frecuencia debe ser idéntica a la usada durante el análisis sinusoidal.

55 En un paso siguiente, se aplica el supuesto del modelo sinusoidal. De acuerdo con el supuesto del modelo sinusoidal, la DFT de la trama prototipo se puede escribir de la siguiente manera:

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

Esta expresión también se usó en la parte de análisis y se describe en detalle anteriormente.

5 A continuación, se advierte que el espectro de la función de ventana usada solo tiene una contribución significativa en un rango de frecuencia cercano a cero. Como se ilustra en la figura 3, el espectro de magnitud de la función de ventana es grande para frecuencias cercanas a cero y pequeño en caso contrario (dentro del rango de frecuencia normalizado de  $-\pi$  a  $\pi$ , correspondiente a la mitad de la frecuencia de muestreo. Por tanto, como una aproximación se supone que el espectro de ventana  $W(m)$  es distinto de cero sólo para un intervalo  $M = [-m_{\min}, m_{\max}]$ , siendo  $m_{\min}$  y  $m_{\max}$  pequeños números positivos. En particular, se usa una aproximación del espectro de la función de ventana de modo que para cada  $k$  las contribuciones de los espectros de ventana desplazados en la expresión anterior no se superpongan estrictamente. Por lo tanto, en la ecuación anterior para cada índice de frecuencia siempre hay como máximo la contribución de un sumando, es decir, de un espectro de ventana desplazada. Esto significa que la expresión anterior se reduce a la siguiente expresión aproximada:

15 
$$\tilde{Y}_{-1}(m) = \frac{a_k}{2} \cdot W\left(2\pi\left(\frac{m}{L} - \frac{f_k}{f_s}\right)\right) \cdot e^{j\varphi_k}$$
 para  $m$  no negativo  $\in M_k$  y para cada  $k$ .

En el presente documento,  $M_k$  denota el intervalo entero  $M_k = [\text{round}\left(\frac{f_k}{f_s} \cdot L\right) - m_{\min,k}, \text{round}\left(\frac{f_k}{f_s} \cdot L\right) + m_{\max,k}]$  donde  $m_{\min}$  y  $m_{\max,k}$  cumple la restricción explicada anteriormente de manera que los intervalos no se superpongan. Una elección adecuada para  $m_{\min}$  y  $m_{\max,k}$  es establecerlos en un valor entero pequeño, por ejemplo,  $\delta = 3$ . Sin embargo, si los índices de DFT relacionados con dos frecuencias sinusoidales vecinas  $f_k$  y  $f_{k+1}$  son menores que  $2\delta$ , entonces

20 
$$\delta \text{ se establece } \text{floor}\left(\frac{\text{round}\left(\frac{f_{k+1}}{f_s} \cdot L\right) - \text{round}\left(\frac{f_k}{f_s} \cdot L\right)}{2}\right)$$
 de modo que se garantiza que los intervalos no se superponen. La función floor  $(\cdot)$  es el número entero más cercano al argumento de la función que es menor o igual a él.

25 El siguiente paso de acuerdo con las realizaciones es aplicar el modelo sinusoidal de acuerdo con la expresión anterior y desarrollar 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 difieren en  $n-1$  muestras significa que las fases de las sinusoides avanzan por

30 
$$\theta_k = 2\pi \cdot \frac{f_k}{f_s} n_{-1}$$

Por lo tanto, el espectro de DFT del modelo sinusoidal evolucionado está 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 nuevamente la aproximación de acuerdo con la cual los espectros de la función de ventana desplazada no

se superponen da: 
$$\tilde{Y}_0(m) = \frac{a_k}{2} \cdot W\left(2\pi\left(\frac{m}{L} - \frac{f_k}{f_s}\right)\right) \cdot e^{j(\varphi_k + \theta_k)}$$
 para  $m$  no negativo  $\in M_k$  y para cada  $k$ .

Al comparar la DFT de la trama prototipo  $Y_{-1}(m)$  con la DFT del modelo sinusoidal evolucionado  $Y_0(m)$  usando la aproximación, se encuentra que el espectro de magnitud permanece sin cambios mientras que la fase se desplaza

40 
$$\theta_k = 2\pi \cdot \frac{f_k}{f_s} n_{-1}$$
 , para cada  $m \in M_k$ .

Por tanto, la trama de sustitución se puede calcular mediante la siguiente expresión:

45 
$$z(n) = \text{IDFT}\{Z(m)\} \text{ con } Z(m) = Y(m) \cdot e^{j\theta_k}$$
 para  $m$  no negativo  $\in M_k$  y para cada  $k$ .

Una realización específica aborda la aleatorización de fase para índices de DFT que no pertenecen a ningún intervalo  $M_k$ . Como se describió anteriormente, los intervalos  $M_k$ ,  $k = 1 \dots K$  debe establecerse de manera que no se superpongan estrictamente, lo que se hace usando algún parámetro  $\delta$  que controla el tamaño de los intervalos. Puede suceder que  $\delta$  sea pequeño en relación con la distancia de frecuencia de dos sinusoides vecinos. Por lo tanto, en ese caso sucede que hay un espacio entre dos intervalos. En consecuencia, para los índices de DFT correspondientes  $m$  no se define desplazamiento de fase de acuerdo con la expresión anterior  $Z(m) = Y(m) \cdot e^{j\theta_k}$ .

Una elección adecuada de acuerdo con esta realización es aleatorizar la fase para estos índices, produciendo  $Z(m) = Y(m) \cdot e^{j2\pi \text{rand}(\cdot)}$ , donde la función  $\text{rand}(\cdot)$  devuelve un número aleatorio.

5 Basándose en lo anterior, la figura 8 es un diagrama de flujo que ilustra un método de ocultación de pérdida de trama de audio de ejemplo de acuerdo con las realizaciones:

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

15 De acuerdo con 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 frecuencia. Además, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales puede implicar la identificación de frecuencias en las proximidades de los picos de un espectro relacionado con la transformada de dominio frecuencia usada.

20 De acuerdo con una realización de ejemplo, la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales se realiza con una resolución más alta que la resolución de la transformada de dominio frecuencia usada, y la identificación puede involucrar además interpolación, por ejemplo, de tipo parabólico.

25 De acuerdo con una realización de ejemplo, el método comprende extraer una trama prototipo de una señal disponible previamente recibida o reconstruida usando una función de ventana, y en la que la trama prototipo extraída puede transformarse en un dominio frecuencia.

30 Una realización adicional implica una aproximación de un espectro de la función de ventana, de manera que el espectro de la trama de sustitución se compone de porciones estrictamente no superpuestas del espectro de función de ventana aproximado.

35 De acuerdo con otra realización de ejemplo, el método comprende componentes sinusoidales que evolucionan en el tiempo de un espectro de frecuencia de una trama prototipo al avanzar la fase de los 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 incluido en un 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.

40 Una realización adicional comprende cambiar la fase de un coeficiente espectral de la trama prototipo que no pertenece 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 la proximidad de la senoide identificada por un valor aleatorio.

45 Una realización implica además una transformada del dominio frecuencia inversa del espectro de frecuencia de la trama prototipo.

Más específicamente, el método de ocultación de pérdida de trama de audio de acuerdo con una realización adicional puede implicar los siguientes pasos:

50 1) Analizar un segmento de la señal disponible previamente sintetizada para obtener las frecuencias sinusoidales constituyentes  $f_k$  de un modelo sinusoidal.

55 2) Extraer una trama prototipo  $\gamma_{-1}$  de la señal sintetizada previamente disponible y calcular la DFT de esa trama.

3) Calcular el desplazamiento de fase  $\theta_k$  para cada senoide  $k$  en respuesta a la frecuencia sinusoidal  $f_k$  y el avance de tiempo  $n_{-1}$  entre la trama prototipo y la trama de sustitución.

60 4) Para cada senoide  $k$  avanzar la fase de la trama prototipo de DFT con  $\theta_k$  selectivamente para los índices de DFT relacionados con una proximidad alrededor de la frecuencia senoide  $f_k$ .

5) Calcular la DFT inversa del espectro obtenido 4).

Las realizaciones descritas anteriormente se pueden explicar con más detalle mediante los siguientes supuestos:

65 a) El supuesto de que la señal se puede representar mediante un número limitado de sinusoides.

b) La suposición de que la trama de sustitución está suficientemente bien representada por estas sinusoides evolucionadas en el tiempo, en comparación con algún instante de tiempo anterior.

5 c) La suposición de una aproximación del espectro de una función de ventana tal que el espectro de la trama de sustitución puede construirse mediante porciones no superpuestas de espectros de función de ventana con desplazamiento de frecuencia, siendo las frecuencias de desplazamiento las frecuencias sinusoidales.

10 La figura 9 es un diagrama de bloques esquemático que ilustra un decodificador 1 de ejemplo configurado para realizar un método de ocultación de pérdida de trama de audio de acuerdo con las realizaciones. El decodificador ilustrado comprende uno o más procesadores 11 y software adecuado con almacenamiento o memoria 12 adecuados. La señal de audio codificada entrante es recibida por una entrada (IN), a la que están conectados el procesador 11 y la memoria 12. La señal de audio decodificada y reconstruida obtenida del software se emite desde la salida (OUT). Un decodificador de ejemplo está configurado para ocultar una trama de audio perdida de una señal de audio recibida, y comprende un procesador 11 y una memoria 12, donde la memoria contiene instrucciones ejecutables por el procesador 11, y por lo que el decodificador 1 está configurado para:

20 - realizar un análisis sinusoidal de una parte de una señal de audio previamente recibida o reconstruida, en el que el análisis sinusoidal implica identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio;

- aplicar un modelo sinusoidal en un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, en el que dicho segmento se usa como una trama prototipo para crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida, y

25 - crear la trama de sustitución para la trama de audio perdida mediante componentes sinusoidales que evolucionan en el tiempo de la trama prototipo, hasta la instancia de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

30 De acuerdo con otra realización del decodificador, el modelo sinusoidal aplicado supone que la señal de audio está compuesta por un número limitado de componentes sinusoidales individuales, y la identificación de frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio puede comprender además una interpolación parabólica.

35 De acuerdo con una realización adicional, el decodificador está configurado para extraer una trama prototipo de una señal disponible previamente recibida o reconstruida usando una función de ventana, y para transformar la trama prototipo extraída en un dominio frecuencia.

40 De acuerdo con otra realización más, el decodificador está configurado para evolucionar en el tiempo componentes sinusoidales de un espectro de frecuencia de una trama prototipo al avanzar la fase de los 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 realizando una transformada de frecuencia inversa del espectro de frecuencia.

45 En la figura 10a se ilustra un decodificador de acuerdo con una realización alternativa, que comprende una unidad de entrada configurada para recibir una señal de audio codificada. La figura ilustra la ocultación de pérdida de trama mediante una unidad 13 de ocultación de pérdida de trama lógica, en la que el decodificador 1 está configurado para implementar una ocultación de una trama de audio perdida de acuerdo con las realizaciones descritas anteriormente. La unidad 13 de ocultación de pérdida de trama lógica se ilustra 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, donde el análisis sinusoidal implica identificar frecuencias de componentes sinusoidales de la señal de audio, medios 15 para aplicar un modelo sinusoidal en un segmento de la señal de audio previamente recibida o reconstruida, donde dicho segmento se usa como una trama prototipo para 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 por componentes sinusoidales que evolucionan en el tiempo de la trama prototipo, hasta la instancia de tiempo de la trama de audio perdida, en respuesta a las frecuencias identificadas correspondientes.

60 Las unidades y los medios incluidos en el decodificador ilustrado en las figuras pueden implementarse al menos parcialmente en hardware, y existen numerosas variantes de elementos de circuitería que pueden usarse y combinarse para lograr las funciones de las unidades del decodificador. Tales variantes están abarcadas por las realizaciones. Un ejemplo particular de implementación de hardware del decodificador es la implementación en hardware de procesador de señal digital (DSP) y tecnología de circuito integrado, que incluye tanto la circuitería electrónica de propósito general como la circuitería específica de aplicación.

65 Un programa informático de acuerdo con las realizaciones de la presente invención comprende instrucciones que, cuando son ejecutadas por un procesador, hacen que el procesador realice un método de acuerdo con un método descrito en relación con la figura 8. La figura 11 ilustra un producto de programa informático 9 de acuerdo con las

realizaciones, en forma de una memoria no volátil, por ejemplo, una EEPROM (memoria de sólo lectura programable y borrable eléctricamente), una memoria flash o una unidad de disco. El producto de programa informático comprende un medio legible por computadora que almacena un programa informático 91, que comprende módulos 91a, b, c, d de programa informático que cuando se ejecuta en un decodificador 1 hace que un procesador del decodificador realice los pasos de acuerdo con la figura 8.

Puede usarse un decodificador de acuerdo con las realizaciones de esta invención, por ejemplo, en un receptor para un dispositivo móvil, por ejemplo, un teléfono móvil o una computadora portátil, o en un receptor para un dispositivo estacionario, por ejemplo, una computadora personal.

Las ventajas de las realizaciones descritas en el presente documento son proporcionar un método de ocultación de pérdida de trama que permite mitigar el impacto audible de la pérdida de trama en la transmisión de señales de audio, por ejemplo, de la voz codificada. Una ventaja general es proporcionar una evolución suave y fiel de la señal reconstruida para una trama perdida, en la que el impacto audible de las pérdidas de trama se reduce en gran medida en comparación con las técnicas convencionales.

Debe entenderse que la elección de unidades o módulos interactuantes, así como la denominación de las unidades son solo para fines de ejemplo, y pueden configurarse en una pluralidad de formas alternativas para poder ejecutar las acciones del proceso divulgadas. También debe tenerse en cuenta que las unidades o módulos descritos en esta divulgación deben considerarse como entidades lógicas y no necesariamente como entidades físicas separadas. Se apreciará que el alcance de la tecnología divulgada en el presente documento abarca completamente otras realizaciones que pueden resultar obvias para los expertos en la técnica.

**REIVINDICACIONES**

- 5 1.- Un método de ocultación de pérdida de trama, en el que un segmento de una señal de audio sintetizada previamente se usa como una trama prototipo para crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida, comprendiendo el método:
- transformar la trama prototipo en un dominio frecuencia;
  - 10 - aplicar un modelo sinusoidal a la trama prototipo para identificar una frecuencia de al menos un componente sinusoidal de la señal de audio;
  - calcular un desplazamiento de fase  $\theta_k$  para al menos dicho componente sinusoidal;
  - 15 - crear la trama de sustitución realizando una transformada de frecuencia inversa de un espectro de frecuencia de la trama prototipo;
- caracterizado por
- 20 - desplazar una fase de todos los coeficientes espectrales en la trama prototipo incluida en un intervalo M alrededor de una senoide k en  $\theta_k$  mientras se retiene la magnitud de esos coeficientes espectrales; y
  - aleatorizar las fases de los coeficientes espectrales que no están desplazadas.
- 25 2.- El método de ocultación de pérdida de trama de acuerdo con la reivindicación 1, en el que el desplazamiento de fase  $\theta_k$  depende de la frecuencia sinusoidal  $f_k$  y un desplazamiento de tiempo entre la trama prototipo y la trama perdida.
- 30 3.- El método de ocultación de pérdida de trama de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la identificación de la frecuencia de al menos dicho componente sinusoidal implica además identificar frecuencias en las proximidades de un pico del espectro relacionado con una transformada de dominio frecuencia usada.
- 35 4.- El método de ocultación de pérdida de trama de acuerdo con la reivindicación 1, en el que la identificación de la frecuencia de al menos dicho componente sinusoidal se realiza con una resolución mayor que la resolución de frecuencia de la transformada de dominio frecuencia usada.
- 40 5.- Un aparato (13) para crear una trama de sustitución para una trama de audio perdida, estando configurado el aparato para:
- generar una trama prototipo a partir de un segmento de una señal de audio sintetizada previamente;
  - transformar la trama prototipo en un dominio frecuencia;
  - 45 - aplicar un modelo sinusoidal a la trama prototipo para identificar una frecuencia de al menos un componente sinusoidal de la señal de audio;
  - calcular un desplazamiento de fase  $\theta_k$  para al menos dicho componente sinusoidal;
  - crear la trama de sustitución realizando una transformada de frecuencia inversa de un espectro de frecuencia de la trama prototipo;
  - 50 caracterizado por estar configurado para
  - desplazar una fase de todos los coeficientes espectrales en la trama prototipo incluida en un intervalo  $M_k$  alrededor de una senoide k en  $\theta_k$  mientras se retiene la magnitud de esos coeficientes espectrales; y
  - 55 - aleatorizar las fases de los coeficientes espectrales que no están desplazadas.
- 60 6.- El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que el desplazamiento de fase  $\theta_k$  depende de la frecuencia sinusoidal  $f_k$  y un desplazamiento de tiempo entre la trama prototipo y la trama perdida.
- 7.- El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la identificación de la frecuencia de al menos dicho componente sinusoidal implica además identificar frecuencias en las proximidades de un pico del espectro relacionado con una transformada de dominio frecuencia usada.

8.- El aparato de acuerdo con la reivindicación 5, en el que la identificación de la frecuencia de al menos dicho componente sinusoidal se realiza con una resolución más alta que la resolución de frecuencia de la transformada de dominio frecuencia usada.

5 9.- Un decodificador (1) de audio que comprende el aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 5 a 8.

10.- Un dispositivo que comprende el decodificador de audio de acuerdo con la reivindicación 9.

10 11.- Un programa informático (91) que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan en al menos un procesador, hacen que al menos dicho procesador lleve a cabo el método de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4.

12.- Una portadora de datos legible por computadora que almacena el programa informático (91) de acuerdo con la reivindicación 11.

15

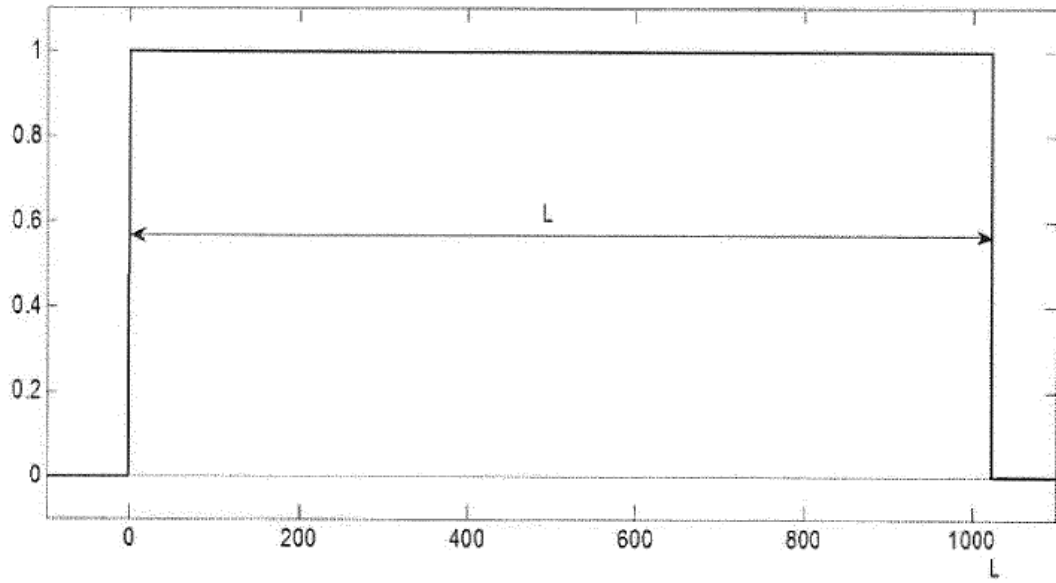


Fig. 1

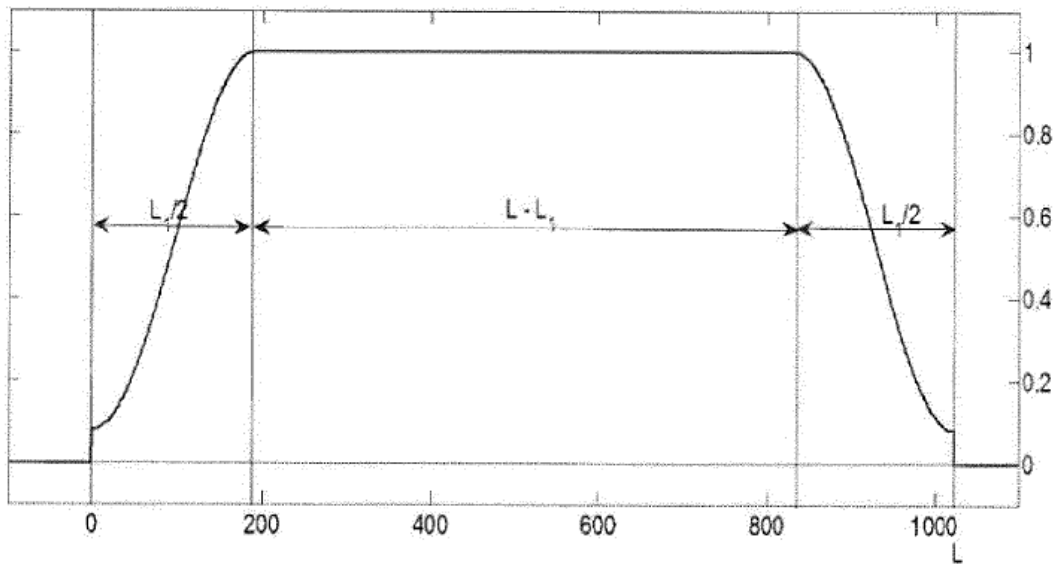


Fig. 2

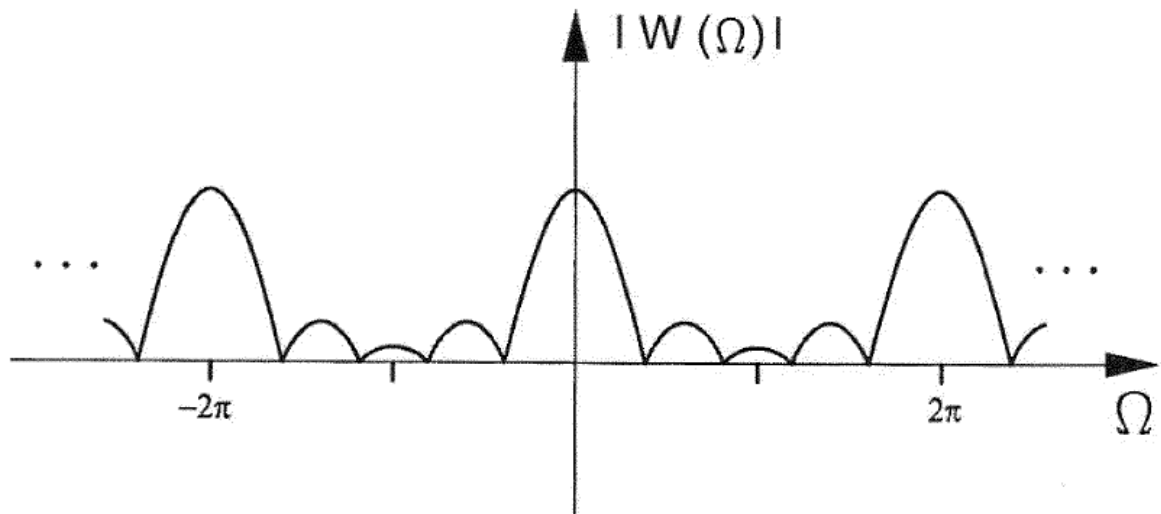


FIG. 3

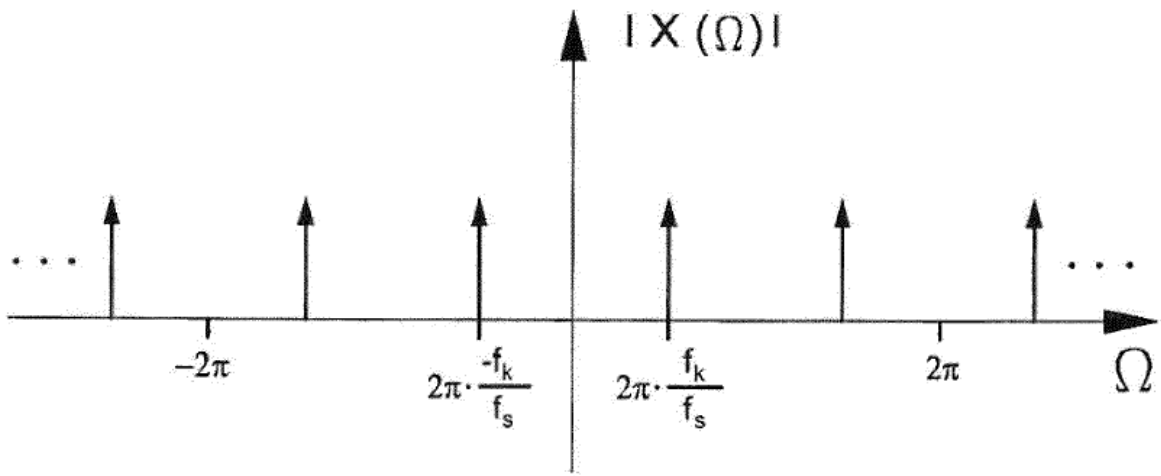


FIG. 4

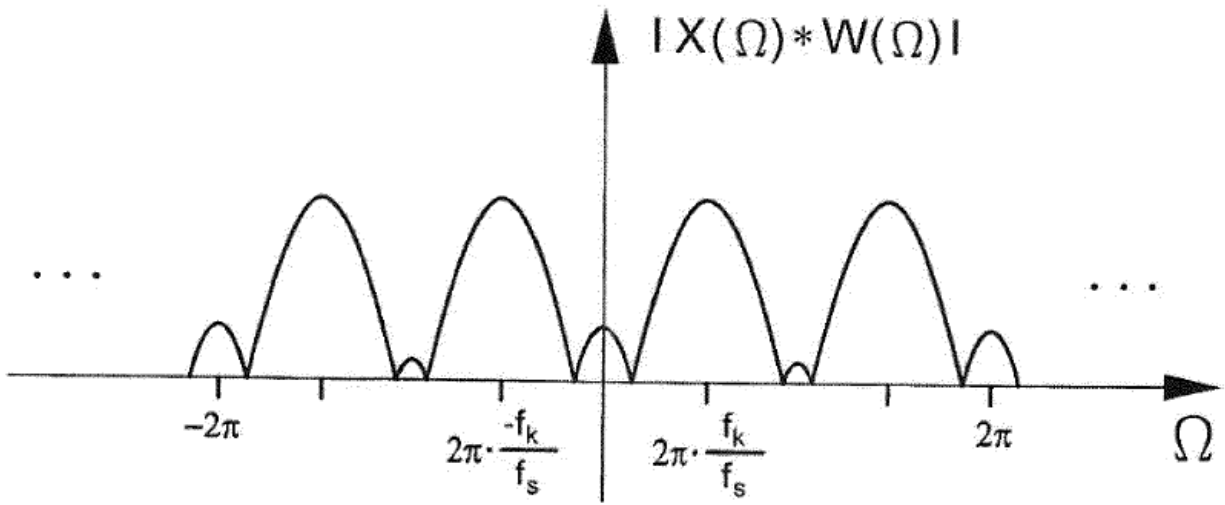


FIG. 5

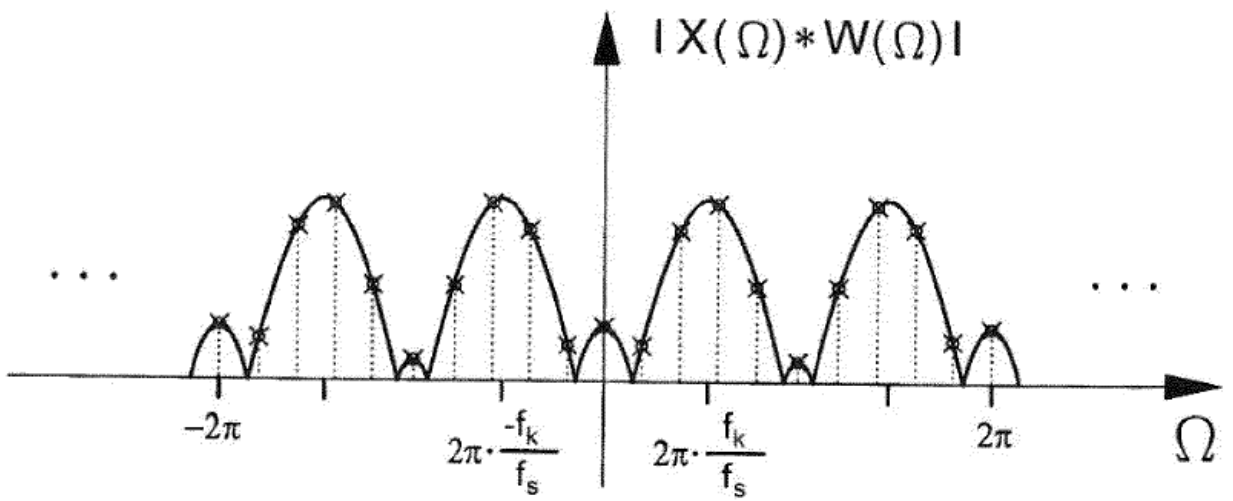


FIG. 6

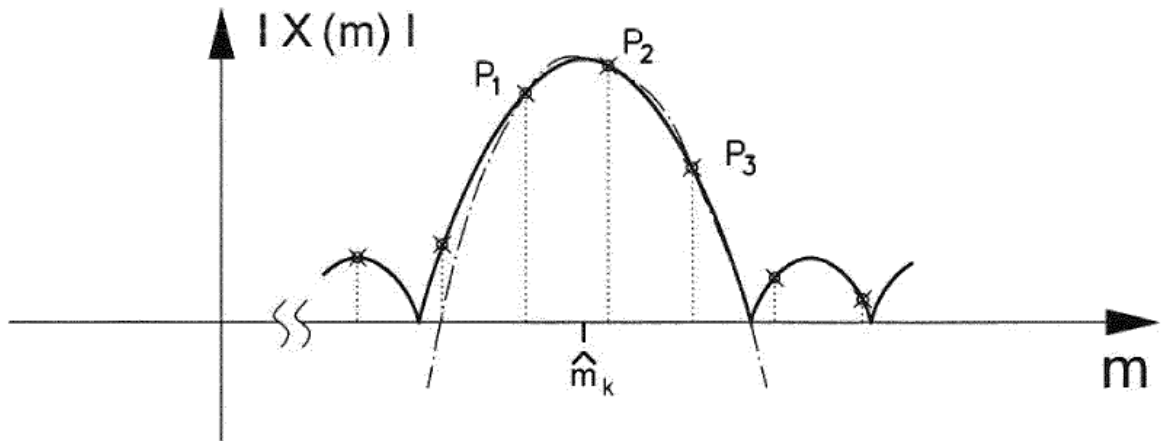


FIG. 7

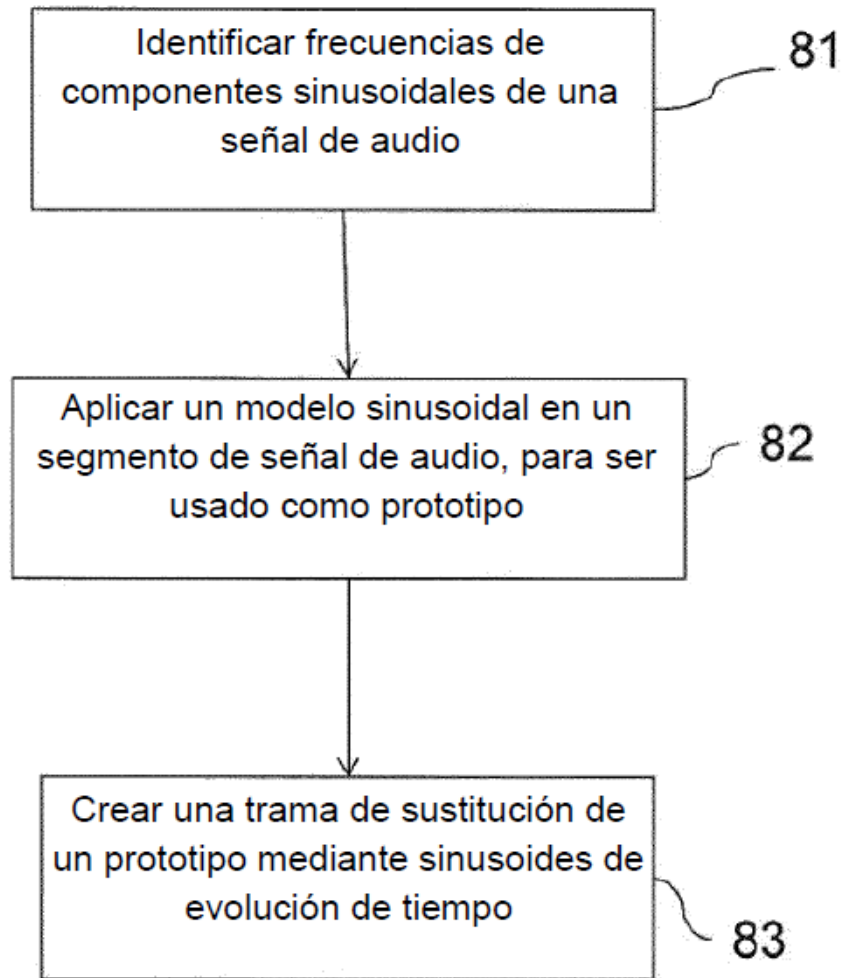


Fig. 8

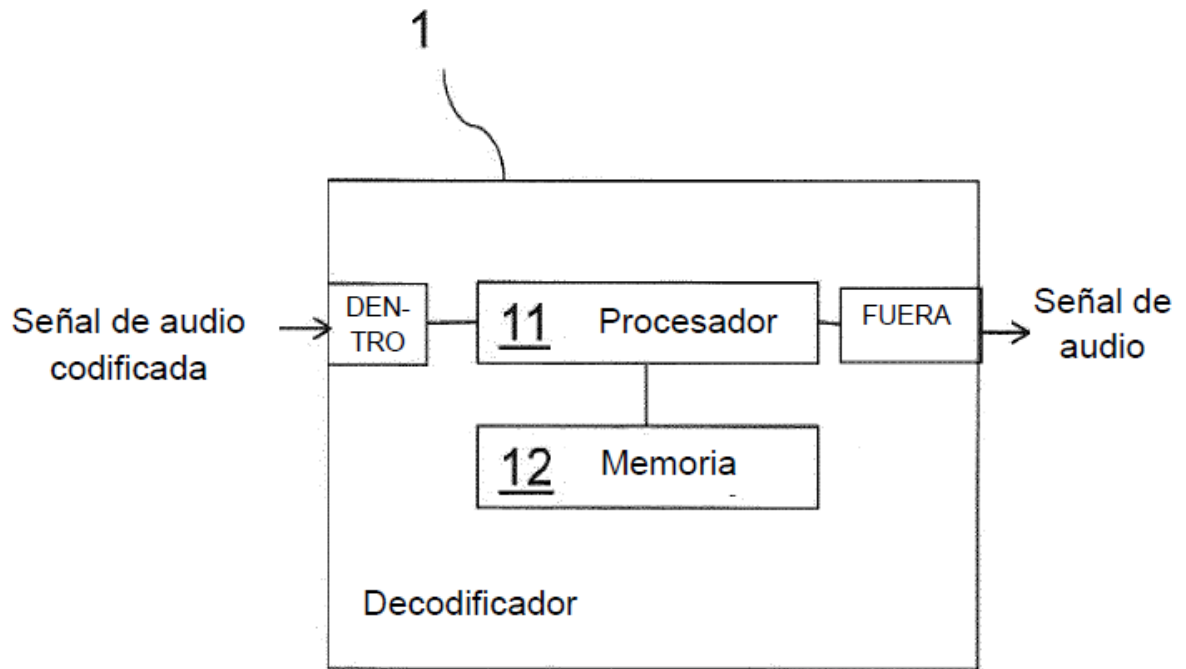


Fig. 9

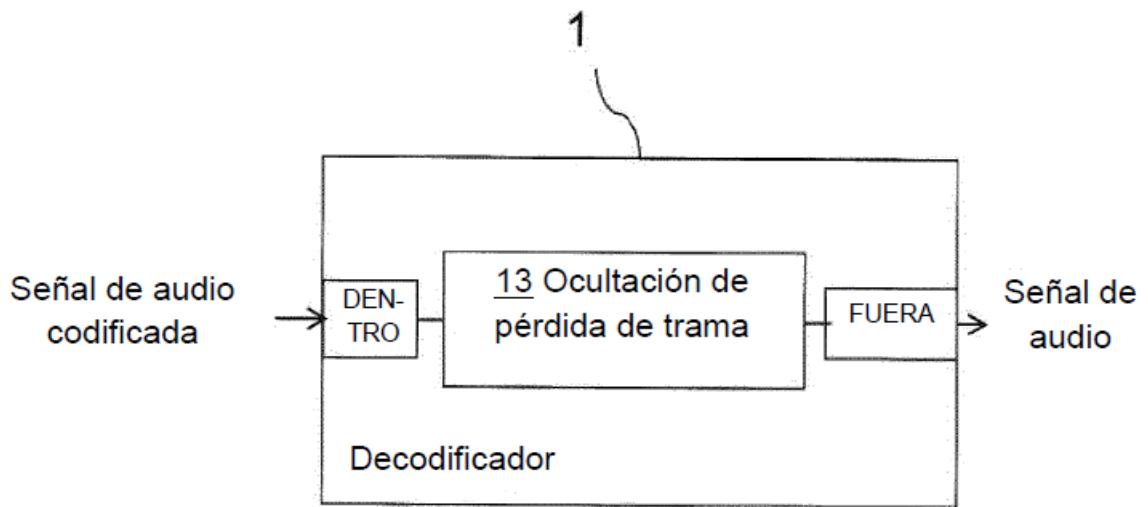


Fig. 10a

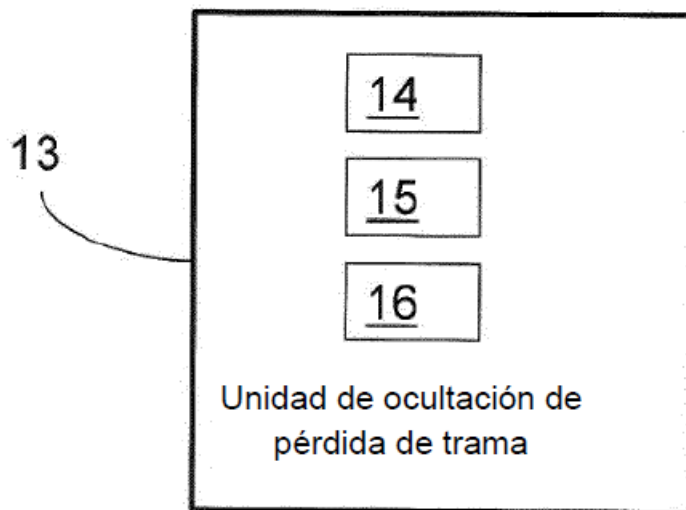


Fig. 10b

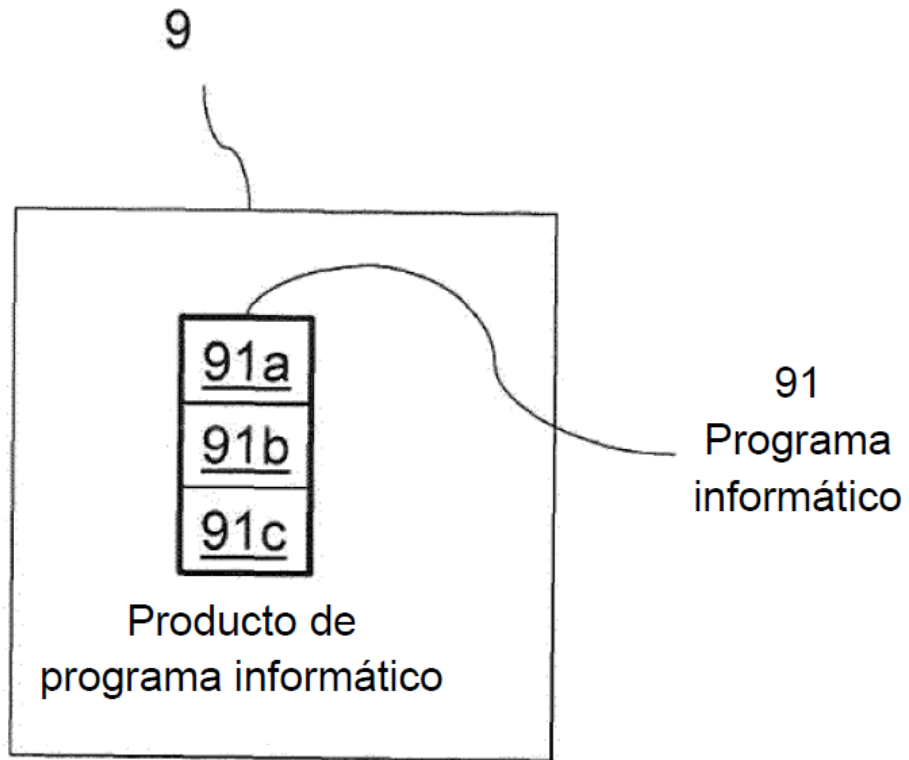


Fig. 11