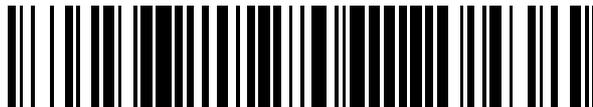


19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 627 857**

51 Int. Cl.:

**G10L 25/90** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **26.12.2012 PCT/CN2012/087512**

87 Fecha y número de publicación internacional: **21.11.2013 WO13170610**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **26.12.2012 E 12876916 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **05.04.2017 EP 2843659**

54 Título: **Método y aparato para detectar la exactitud del período de tono**

30 Prioridad:

**18.05.2012 CN 201210155298**

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

**31.07.2017**

73 Titular/es:

**HUAWEI TECHNOLOGIES CO., LTD. (100.0%)  
Huawei Administration Building, Bantian  
Longgang District, Shenzhen, Guangdong  
518129, CN**

72 Inventor/es:

**QI, FENGYAN y  
MIAO, LEI**

74 Agente/Representante:

**LEHMANN NOVO, María Isabel**

**ES 2 627 857 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

Método y aparato para detectar la exactitud del período de tono.

Campo técnico

5 La presente invención se refiere al campo de las tecnologías de audio y, más específicamente, a un método y un aparato para detectar la exactitud de un período de tono.

Antecedentes

10 En el procesamiento de señales de audio y voz, la detección de tono es una de las tecnologías clave en varias aplicaciones reales de audio y voz. Por ejemplo, la detección de tono es la tecnología clave en aplicaciones de codificación de la voz, reconocimiento de la voz, karaoke y similares. Las tecnologías de detección de tono se aplican ampliamente a varios dispositivos electrónicos como, por ejemplo, un teléfono móvil, un aparato inalámbrico, un asistente digital personal (PDA, por su sigla en inglés), un ordenador portátil o portable, un receptor/navegador GPS, una cámara, un reproductor de audio/vídeo, una cámara de vídeo, un videograbador y un dispositivo de vigilancia. Por lo tanto, la precisión y eficiencia de detección de la detección de tono afecta directamente el efecto de varias aplicaciones reales de audio y voz.

15 La detección de tono actual se lleva a cabo, básicamente, en un dominio temporal y, en general, un algoritmo de detección de tono es un método de autocorrelación de dominio temporal. Sin embargo, en las aplicaciones reales, la detección de tono que se lleva a cabo en el dominio temporal lleva, con frecuencia, a un fenómeno de multiplicación de frecuencia y es difícil resolver, de manera adecuada, el fenómeno de multiplicación de frecuencia en el dominio temporal, porque grandes coeficientes de autocorrelación se obtienen para un período de tono real y para una frecuencia multiplicada del período de tono real y, además, en un caso con ruido de fondo, un período de tono inicial obtenido por la detección en bucle abierto en el dominio temporal puede no ser exacto. Aquí, un período de tono real es un período de tono real en la voz, es decir, un período de tono correcto. Un período de tono se refiere a un intervalo de tiempo mínimo repetible en la voz.

20 Detectar un período de tono inicial en un dominio temporal se usa como un ejemplo. La mayoría de los estándares de codificación del ITU-T (Sector de Normalización de las Telecomunicaciones de la Unión Internacional de Telecomunicaciones (ITU-T, por su sigla en inglés) requieren que se lleve a cabo la detección de tono, pero casi todas las detecciones de tono se llevan a cabo en un mismo dominio (un dominio temporal o un dominio de la frecuencia). Por ejemplo, un método de detección de tono en bucle abierto que se lleva a cabo solamente en un dominio ponderado perceptual se aplica en el estándar de codificación de la voz G729.

25 En el presente método de detección de tono en bucle abierto, después de obtener un período de tono inicial por la detección en bucle abierto en el dominio temporal, la exactitud del período de tono inicial no se lleva a cabo, sino que la detección fina en bucle cerrado se lleva a cabo directamente en el período de tono inicial. La detección fina en bucle cerrado se lleva a cabo en un intervalo de período que incluye el período de tono inicial obtenido por la detección en bucle abierto, de modo que si el período de tono inicial obtenido por la detección en bucle abierto es incorrecto, un período de tono obtenido por la detección fina en bucle cerrado final también es incorrecto. En otras palabras, dado que es extremadamente difícil asegurar que el período de tono inicial obtenido por la detección en bucle abierto en el dominio temporal sea absolutamente correcto, si un período de tono inicial incorrecto se aplica al siguiente procesamiento, la calidad de audio final puede deteriorarse.

30 Además, en la técnica anterior, también se propone cambiar la detección de período de tono que se lleva a cabo en el dominio temporal por la detección fina de período de tono que se lleva a cabo en el dominio de la frecuencia, pero la detección fina de período de tono que se lleva a cabo en el dominio de la frecuencia es extremadamente compleja. En la detección fina, se puede llevar a cabo una detección de tono adicional en una señal de entrada en el dominio temporal o en el dominio de la frecuencia según el período de tono inicial, incluida la detección de tono corto, la detección de tono fraccionario o detección de tono con frecuencia multiplicada.

35 El documento US6,108,62A describe un método de análisis de la voz y un método de codificación de la voz y un aparato en el cual, incluso si los armónicos del espectro de la voz se encuentran descentrados de los múltiples enteros de la onda fundamental, las amplitudes de los armónicos se pueden evaluar correctamente para producir una salida de reproducción de claridad alta. A tal fin, el espectro de frecuencia de la voz de entrada se divide en el eje de frecuencia en bandas plurales en cada una de las cuales se lleva a cabo, de forma simultánea, una búsqueda de tono y una evaluación de amplitudes de los armónicos mediante el uso de un tono óptimo derivado de la forma espectral. Mediante el uso de la estructura de un armónico como la forma espectral, y según el tono áspero previamente detectado por una búsqueda de tono áspero en bucle abierto, se lleva a cabo una búsqueda de tono de alta precisión compuesta de una primera búsqueda de tono para el espectro de frecuencia en su totalidad y una segunda búsqueda de tono de mayor precisión que la primera búsqueda de tono. La segunda búsqueda de tono se lleva a cabo de forma independiente para cada uno del lado de rango alto y lado de rango bajo del espectro de frecuencia.

5 El documento US2004/0158462A1 describe un método mejorado para llevar a cabo la selección de canal en sistemas multicanal de detección de tono. Para cada canal, varias características se calculan usando la señal de entrada y el valor del tono candidato del canal. El vector de característica resultante se usa para evaluar una función de probabilidad multivariable que define la probabilidad de que el tono candidato represente el tono correcto. El cálculo de tono final se toma luego para que sea el tono candidato con la probabilidad más alta de ser correcto, o el promedio (o la media) de los tonos candidatos con probabilidades por encima de un umbral dado. La forma funcional de la función de probabilidad se puede definir usando varias representaciones paramétricas diferentes y los parámetros de la función de probabilidad se pueden derivar, de manera ventajosa, en una forma automatizada, usando señales que tienen etiquetas de tono que se considera que son correctas.

10 El documento US6.496.797B1 describe un aparato y un método para la compresión de la voz, los cuales incluyen dividir el espectro de la voz en múltiples tramas, asignar clasificaciones de trama a las múltiples tramas y determinar los parámetros de modelado de la voz según la clasificación de trama asignada. La parte sonora del espectro de la voz y la parte no sonora del espectro de la voz se sintetizan de forma separada usando el Análisis por Síntesis que permite una correspondencia correcta entre las partes sonora y no sonora de la señal reconstruida. En particular, una respuesta de frecuencia de una señal simulada especial basada en las tramas previa y actual se usa como una función de aproximación. La señal simulada se sintetiza en el lado de codificador en la forma en que se generará en el lado de descodificador. Asimismo, el mejor de dos métodos de codificación se selecciona para codificar las magnitudes espectrales.

#### Compendio

20 La presente invención provee un método y un aparato para detectar la exactitud de un período de tono, para resolver el problema de la técnica anterior en el que, cuando la exactitud de un período de tono inicial se detecta en un dominio temporal o dominio de la frecuencia, la precisión es baja y la complejidad es relativamente alta.

Según un aspecto, se provee un método para detectar la exactitud de un período de tono, el cual incluye:

25 determinar, según un período de tono inicial de una señal de entrada en un dominio temporal, un comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada, en donde el período de tono inicial se obtiene llevando a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada;

determinar, según un espectro de amplitud de la señal de entrada en un dominio de la frecuencia, un parámetro de decisión de exactitud de período de tono, asociado al comportamiento de frecuencia de tono, de la señal de entrada; y

30 determinar la exactitud del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono;

el parámetro de decisión de exactitud de período de tono comprende un parámetro de diferencia espectral, un parámetro de amplitud espectral promedio y un parámetro de relación diferencia/amplitud, el parámetro de diferencia espectral es una suma de diferencias espectrales de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; el parámetro de amplitud espectral promedio es un promedio de amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado del promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; y el parámetro de relación diferencia/amplitud es una relación de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono con el promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono;

45 donde las diferencias espectrales se refieren a diferencias entre amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono y una amplitud espectral del comportamiento de frecuencia de tono.

Según otro aspecto, se provee un aparato para detectar la exactitud de un período de tono, el cual incluye:

50 una unidad de determinación de comportamiento de frecuencia de tono, configurada para determinar, según un período de tono inicial de una señal de entrada en un dominio temporal, un comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada, en donde el período de tono inicial se obtiene llevando a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada;

una unidad de generación de parámetro, configurada para determinar, según un espectro de amplitud de la señal de entrada en un dominio de la frecuencia, un parámetro de decisión de exactitud de período de tono, asociado al comportamiento de frecuencia de tono, de la señal de entrada; y

una unidad de determinación de exactitud, configurada para determinar la exactitud del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono;

el aparato caracterizado por que:

5 el parámetro de decisión de exactitud de período de tono generado por la unidad de generación de parámetro comprende un parámetro de diferencia espectral, un parámetro de amplitud espectral promedio y un parámetro de relación diferencia/amplitud, el parámetro de diferencia espectral es una suma de diferencias espectrales de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; el parámetro de amplitud espectral promedio es un promedio de amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado del promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; y el parámetro de relación diferencia/amplitud es una relación de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono con el promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono;

20 donde las diferencias espectrales se refieren a diferencias entre amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono y una amplitud espectral del comportamiento de frecuencia de tono.

El método y el aparato para detectar la exactitud de un período de tono según las realizaciones de la presente invención pueden mejorar, según un algoritmo relativamente menos complejo, la precisión de la detección de exactitud de un período de tono.

Breve descripción de los dibujos

25 Con el fin de describir las soluciones técnicas en la presente invención de forma más clara, a continuación se introducen brevemente los dibujos anexos requeridos para describir la presente invención. De manera aparente, los dibujos anexos en la siguiente descripción muestran simplemente algunas realizaciones de la presente invención y una persona con experiencia normal en la técnica puede derivar otros dibujos a partir de dichos dibujos anexos sin esfuerzos creativos.

30 La Figura 1 es un diagrama de flujo de un método para detectar la exactitud de un período de tono según una realización de la presente invención;

la Figura 2 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para detectar la exactitud de un período de tono según una realización de la presente invención;

35 la Figura 3 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para detectar la exactitud de un período de tono según una realización de la presente invención;

la Figura 4 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para detectar la exactitud de un período de tono según una realización de la presente invención; y

la Figura 5 es un diagrama estructural esquemático de un aparato para detectar la exactitud de un período de tono según una realización de la presente invención.

40 Descripción de las realizaciones

A continuación se describen de forma clara y completa las soluciones técnicas en las realizaciones de la presente invención con referencia a los dibujos anexos en las realizaciones de la presente invención. De manera aparente, las realizaciones descritas son una parte de, antes que todas, las realizaciones de la presente invención. Todas las otras realizaciones que una persona con experiencia normal en la técnica obtenga según las realizaciones de la presente invención sin esfuerzos creativos caerán dentro del alcance de protección de la presente invención.

45 Según las realizaciones de la presente invención, la exactitud de un período de tono inicial obtenido por la detección en bucle abierto en un dominio temporal se detecta en un dominio de la frecuencia, para evitar la aplicación de un período de tono inicial incorrecto al siguiente procesamiento.

50 Un objetivo de las realizaciones de la presente invención es llevar a cabo una detección de exactitud adicional en un período de tono inicial, el cual se obtiene por la detección en bucle abierto en el dominio temporal, para mejorar ampliamente la precisión y estabilidad de la detección de tono extrayendo parámetros efectivos en el dominio de la frecuencia y tomando una decisión mediante la combinación de dichos parámetros.

Un método para detectar la exactitud de un período de tono según una realización de la presente invención, como se muestra en la Figura 1, incluye las siguientes etapas.

5 11. Determinar, según un período de tono inicial de una señal de entrada en un dominio temporal, un comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada, en donde el período de tono inicial se obtiene llevando a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada.

En general, el comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada es inversamente proporcional al período de tono inicial de la señal de entrada y es directamente proporcional a una cantidad de puntos de una FFT (Transformada Rápida de Fourier) llevada a cabo en la señal de entrada.

10 12. Determinar, según un espectro de amplitud de la señal de entrada en un dominio de la frecuencia, un parámetro de decisión de exactitud de período de tono, asociado al comportamiento de frecuencia de tono, de la señal de entrada.

15 El parámetro de decisión de exactitud de período de tono incluye un parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$ , un parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  y un parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$ . El parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es una suma  $Dif\_sum$  de diferencias espectrales de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado de la suma  $Dif\_sum$  de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono. El parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es un promedio  $Esp\_prom$  de amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado del promedio  $Esp\_prom$  de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono. El parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es una relación de la suma  $Dif\_sum$  de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono con el promedio  $Esp\_prom$  de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono.

20

25

13. Determinar la exactitud del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono.

30 Por ejemplo, cuando el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de exactitud, se determina que el período de tono inicial es correcto; y cuando el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de inexactitud, se determina que el período de tono inicial es incorrecto.

35 De manera específica, la condición de determinación de inexactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes: el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es menor que un primer umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es menor que un primer umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es menor que un primer umbral de parámetro de factor de relación. La condición de determinación de exactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes: el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de factor de relación.

40 Por ejemplo, si la condición de determinación de inexactitud es que el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es menor que el primer umbral de parámetro de diferencia y la condición de determinación de exactitud es que el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es mayor que el segundo umbral de parámetro de diferencia, el segundo umbral de parámetro de diferencia es mayor que el primer umbral de parámetro de diferencia. De manera alternativa, si la condición de determinación de inexactitud es que el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es menor que el primer umbral de parámetro de amplitud espectral y la condición de determinación de exactitud es que el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es mayor que el segundo umbral de parámetro de amplitud espectral, el segundo umbral de parámetro de amplitud espectral es mayor que el primer umbral de parámetro de amplitud espectral. De manera alternativa, si la condición de determinación de inexactitud es que el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es menor que el primer umbral de parámetro de factor de relación y la condición de determinación de exactitud es que el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es mayor que el segundo umbral de parámetro de factor de relación, el segundo umbral de parámetro de factor de relación es mayor que el primer umbral de parámetro de factor de relación.

45

50

55 En general, si el período de tono inicial detectado en el dominio temporal es correcto, debe haber un pico en un comportamiento de frecuencia correspondiente al período de tono inicial y la energía es grande; y si el período de tono inicial detectado en el dominio temporal es incorrecto, entonces, la detección fina se puede llevar a cabo además en el dominio de la frecuencia para determinar un período de tono correcto.

En otras palabras, cuando se detecta que el período de tono inicial es incorrecto durante la detección, según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono, de la exactitud del período de tono inicial, la detección fina se lleva a cabo en el período de tono inicial.

5 De manera alternativa, cuando se detecta que el período de tono inicial es incorrecto durante la detección, según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono, de la exactitud del período de tono inicial, la energía del período de tono inicial se detecta en un rango de baja frecuencia; y la detección de tono corto (una manera de detección fina) se lleva a cabo cuando la energía cumple con una condición de determinación de energía de baja frecuencia.

10 Por lo tanto, se puede aprender que el método para detectar la exactitud de un período de tono según la presente realización de la presente invención puede mejorar, según un algoritmo relativamente menos complejo, la precisión de detección de exactitud de un período de tono.

A continuación se describe en detalle una realización específica, la cual incluye las siguientes etapas.

15 1. Llevar a cabo una FFT de N puntos en una señal de entrada  $s(n)$  para convertir una señal de entrada en un dominio temporal en una señal de entrada en un dominio de la frecuencia para obtener un espectro de amplitud  $E(k)$  correspondiente en el dominio de la frecuencia, donde  $N=256, 512$  o similares.

De manera específica, el espectro de amplitud  $E(k)$  se puede obtener en las siguientes etapas:

20 Etapa A1. Procesar previamente la señal de entrada  $s(n)$  para obtener una señal de entrada preprocesada  $s_{pre}(n)$ , donde el preprocesamiento se puede procesar como, por ejemplo, filtrado de paso alto, remuestreo o preponderación. Solo el procesamiento de preponderación se describe en la presente memoria usando un ejemplo. La señal de entrada preprocesada  $s_{pre}(n)$  se obtiene después de que la señal de entrada  $s(n)$  pasa un filtro de paso alto de primer orden, donde el filtro de paso alto tiene un factor de filtro  $H_{pre-én}(z) = 1-0,68z^{-1}$ .

25 Etapa A2. Llevar a cabo una FFT en la señal de entrada preprocesada  $s_{pre}(n)$ . En una realización, la FFT se lleva a cabo en la señal de entrada preprocesada  $s_{pre}(n)$  dos veces, donde una es para llevar a cabo la FFT en una señal de entrada preprocesada de una trama actual y la otra es para llevar a cabo la FFT en una señal de entrada preprocesada que incluye una segunda mitad de la trama actual y una primera mitad de una trama futura. Antes de llevar a cabo la FFT, la señal de entrada preprocesada necesita procesarse mediante ventanas, donde una función de ventana es:

$$v_{FFT}(n) = \sqrt{0.5 - 0.5 \cos\left(\frac{2\pi n}{L_{FFT}}\right)} = \text{sen}\left(\frac{\pi n}{L_{FFT}}\right),$$

$n = 0, \dots, L_{FFT}-1$ .  $L_{FFT}$  es una longitud de la FFT.

30 Una señal basada en ventana, después de que una primera ventana de análisis y una segunda ventana de análisis se añaden a la señal de entrada preprocesada, es:

$$s_{ven}^{[0]}(n) = v_{FFT}(n)s_{pre}(n), \quad n = 0, \dots, L_{FFT} - 1,$$

$$s_{ven}^{[1]}(n) = v_{FFT}(n)s_{pre}(n + L_{FFT} / 2), \quad n = 0, \dots, L_{FFT} - 1,$$

35 donde la primera ventana de análisis corresponde a la trama actual y la segunda ventana de análisis corresponde a la segunda mitad de la trama actual y a la primera mitad de la trama futura.

La FFT se lleva a cabo en la señal basada en ventana para obtener un coeficiente espectral:

$$X^{[0]}(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s_{ven}^{[0]}(n) e^{j2\pi \frac{kn}{N}}, \quad k = 0, \dots, K-1, \quad N = L_{FFT}$$

$$X^{[1]}(k) = \sum_{n=0}^{N-1} s_{ven}^{[1]}(n) e^{-j2\pi \frac{kn}{N}}, \quad k = 0, \dots, K-1, \quad N = L_{FFT}$$

40 donde  $K \leq L_{FFT}/2$ .

La primera mitad de la trama futura proviene de una próxima señal de trama (de anticipación) que se codifica en el dominio temporal y la señal de entrada se puede ajustar según una cantidad de próximas señales de trama. Un propósito de llevar a cabo la FFT dos veces es obtener información de dominio de la frecuencia más precisa. En otra realización, la FFT también se puede llevar a cabo en la señal de entrada preprocesada  $s_{pre}(n)$  una vez.

5 Etapa A3. Calcular, según el coeficiente espectral, un espectro de energía.

$$E(0) = \eta \left( X_R^2(0) + X_I^2(L_{FFT} / 2) \right),$$

$$E(k) = \eta \left( X_R^2(k) + X_I^2(k) \right), \quad k = 1, \dots, K - 1,$$

donde  $X_R(k)$  y  $X_I(k)$  denotan una parte real y una parte imaginaria de un  $k^{\text{ésimo}}$  comportamiento de frecuencia, respectivamente; y  $\eta$  es una constante que puede ser, por ejemplo,  $4/(L_{FFT} * L_{FFT})$ .

10 Etapa A4. Llevar a cabo el procesamiento de ponderación en el espectro de energía.

$$\tilde{E}(k) = \alpha E^{[0]}(k) + (1 - \alpha) E^{[1]}(k), \quad k = 0, \dots, K - 1, \quad \alpha \leq 1$$

En la presente memoria,  $E^{[0]}(k)$  es un espectro de energía, calculado según la fórmula en la etapa A3, del coeficiente espectral  $X^{[0]}(k)$  y  $E^{[1]}(k)$  es un espectro de energía, calculado según la fórmula en la etapa A3, del coeficiente espectral  $X^{[1]}(k)$ .

15

Etapa A5. Calcular un espectro de amplitud de un dominio de logaritmo.

$$E(k) = \theta \log_{10} \left( \sqrt{\varepsilon + \tilde{E}(k)} \right), \quad k = 0, \dots, K - 1,$$

donde  $\theta$  es una constante que puede ser, por ejemplo, 2; y  $\varepsilon$  es un número positivo relativamente pequeño para evitar que se supere un valor de logaritmo. De manera alternativa,  $\log_{10}$  se puede reemplazar por  $\log_e$  en una implementación de proyecto.

20 2. Llevar a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada en el dominio temporal para obtener un período de tono inicial  $T_{op}$ , cuyas etapas son las siguientes:

Etapa B1. Convertir la señal de entrada  $s(n)$  en una señal ponderada perceptual:

$$sw(n) = s(n) + \sum_{i=1}^p a_i \gamma_1^i s(n-i) - \sum_{i=1}^p a_i \gamma_2^i sw(n-i) \quad n = 0, \dots, N - 1$$

25 donde  $a_i$  es un coeficiente de LP (Predicción Lineal),  $\gamma_1$  e  $\gamma_2$  son factores de ponderación perceptuales,  $p$  es un orden de un filtro perceptual y  $N$  es una longitud de trama.

Etapa B2. Buscar un valor más grande en cada uno de los tres rangos de detección candidatos (por ejemplo, en un dominio de muestra inferior, los tres rangos de detección candidatos pueden ser [62 115]; [32 61]; y [17 31]) mediante el uso de una función de correlación y usar los valores más grandes como tonos candidatos:

$$30 \quad R(k) = \sum_{n=0}^{N-1} sw(n) sw(n - k)$$

donde  $k$  es un valor en un rango de detección candidato de un período de tono, por ejemplo,  $k$  puede ser un valor en los tres rangos de detección candidatos.

Etapa B3. Calcular, de forma separada, los coeficientes de correlación normalizados de los tres tonos candidato:

$$R'(t_i) = \frac{R(t_i)}{\sqrt{\sum_n sw^2(n - t_i)}} \quad i = 1, \dots, 3$$

35 Etapa B4. Seleccionar un período de tono inicial en bucle abierto  $T_{op}$  mediante la comparación de los coeficientes de correlación normalizados de los rangos: primero, un período de un primer tono candidato se usa como un período de tono inicial. Luego, si un coeficiente de correlación normalizado de un segundo tono candidato es mayor que o igual a un producto de un coeficiente de correlación normalizado del período de tono inicial y un factor de relación fija, un período del segundo tono candidato se usa como el período de tono inicial; de lo contrario, el período de tono inicial

no cambia. Finalmente, si un coeficiente de correlación normalizado de un tercer tono candidato es mayor que o igual a un producto del coeficiente de correlación normalizado del período de tono inicial y el factor de relación fija, un período del tercer tono candidato se usa como el período de tono inicial; de lo contrario, el período de tono inicial no cambia. Es preciso remitirse a la siguiente expresión de programa:

```


$$T_{op} = t_1$$


$$R'(T_{op}) = R'(t_1)$$

if  $R'(t_2) \geq 0,85 R'(T_{op})$ 
    
$$R'(T_{op}) = R'(t_2)$$

    
$$T_{op} = t_2$$

fin
si  $R'(t_3) \geq 0,85 R'(T_{op})$ 
    
$$R'(T_{op}) = R'(t_3)$$

    
$$T_{op} = t_3$$

fin

```

5

Se puede comprender que no se impone ninguna limitación en una secuencia de las etapas anteriores para obtener el espectro de amplitud  $E(k)$  y el período de de tono inicial  $T_{op}$ . Las etapas se pueden llevar a cabo al mismo tiempo o cualquier etapa se puede llevar a cabo en primer lugar.

10 3. Obtener un comportamiento de frecuencia de tono  $F_{op}$  según una cantidad  $N$  de puntos de la FFT y el período de tono inicial  $T_{op}$ .

$$F_{op} = N/T_{op}$$

15 4. Calcular una suma  $Esp\_sum$  de amplitudes espectrales y una suma  $Dif\_sum$  de diferencias de amplitud espectral de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono  $F_{op}$ , donde la cantidad de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono  $F_{op}$  se puede preestablecer.

20 En la presente memoria, la suma  $Esp\_sum$  de las amplitudes espectrales es una suma de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono y la suma  $Dif\_sum$  de diferencias de amplitud espectral es una suma de diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono, donde las diferencias espectrales se refieren a diferencias entre amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono  $F_{op}$  y una amplitud espectral del comportamiento de frecuencia de tono. La suma  $Esp\_sum$  de amplitudes espectrales y la suma  $Dif\_sum$  de diferencias de amplitud espectral se pueden expresar en la siguiente expresión de programa:

```

25 Esp_sum[0]=0;
Dif_sum[0]=0;
para (i=1; i < 2*F_op; i++){
Esp_sum[i] = Esp_sum[i-1] + S[i];
30 Dif_sum[i] = Dif_sum[i-1] + (S[F_op] - S[i]);
},

```

donde  $i$  es un número de secuencia de un comportamiento de frecuencia. En una implementación de proyecto, un valor inicial de  $i$  se puede establecer en 2 para evitar la interferencia de baja frecuencia de un coeficiente más bajo.

5. Determinar un parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$ , un parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  y un parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$ .

5 El parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  puede ser una amplitud espectral promedio  $Esp\_prom$  de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono  $F\_op$ , es decir, la suma  $Esp\_sum$  de amplitudes espectrales dividida por la cantidad de todos los comportamientos de frecuencia de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono  $F\_op$ :

10 
$$Esp\_prom = Esp\_sum / (2 * F\_op - 1).$$

Además, el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  puede ser también un valor ponderado y suavizado de la amplitud espectral promedio  $Esp\_prom$  de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono  $F\_op$ :

15  $Esp\_sm = 0,2 * Esp\_sm\_pre + 0,8 * Esp\_prom$ , donde  $Esp\_sm\_pre$  es un parámetro que es un valor ponderado y suavizado de una amplitud espectral promedio de una trama previa. En el presente caso, 0,2 y 0,8 son coeficientes de ponderación y suavizado. Diferentes coeficientes de ponderación y suavizado se pueden seleccionar según las diferentes características de las señales de entrada.

El parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  puede ser una suma  $Dif\_sum$  de diferencias de amplitud espectral o un valor ponderado y suavizado de la suma  $Dif\_sum$  de diferencias de amplitud espectral:

20  $Dif\_sm = 0,4 * Dif\_sm\_pre + 0,6 * Dif\_sum$ , donde  $Dif\_sm\_pre$  es un parámetro que es un valor ponderado y suavizado de una diferencia espectral de una trama previa. En el presente caso, 0,4 y 0,6 son coeficientes de ponderación y suavizado. Diferentes coeficientes de ponderación y suavizado se pueden seleccionar según las diferentes características de las señales de entrada.

25 Como se puede aprender de lo anterior, en general, un valor ponderado y suavizado  $Esp\_sm$  de un parámetro de amplitud espectral promedio de una trama actual se determina según un valor ponderado y suavizado  $Esp\_sm\_pre$  de un parámetro de amplitud espectral promedio de una trama previa y un valor ponderado y suavizado  $Dif\_sm$  de un parámetro de diferencia espectral de la trama actual se determina según un valor ponderado y suavizado  $Dif\_sm\_pre$  de un parámetro de diferencia espectral de la trama previa.

30 El parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es una relación de la suma  $Dif\_sum$  de diferencias de amplitud espectral con la amplitud espectral promedio  $Esp\_prom$ .

$$Dif\_relac = Dif\_sum / Esp\_prom,$$

6. Según el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$ , el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  y el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$ , determinar si el período de tono inicial  $T\_op$  es correcto y determinar si cambiar un indicador de determinación  $T\_ind$ .

35 Por ejemplo, cuando el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es menor que un primer umbral de parámetro de diferencia  $Dif\_umb1$ , el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es menor que un primer umbral de parámetro de amplitud espectral  $Esp\_umb1$  y el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es menor que un primer umbral de parámetro de factor de relación  $relac\_umb1$ , se determina que el indicador de exactitud  $T\_ind$  es 1 y se determina que el período de tono inicial es incorrecto según el indicador de exactitud. A modo de otro ejemplo, cuando el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de diferencia  $Dif\_umb2$ , el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de amplitud espectral  $Esp\_umb2$  y el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de factor de relación  $relac\_umb2$ , se determina que el indicador de exactitud  $T\_ind$  es 0 y se determina que el período de tono inicial es correcto según el indicador de exactitud. Si no se cumple con todas las condiciones de determinación de exactitud ni con todas las condiciones de determinación de inexactitud, un indicador original  $T\_ind$  permanece sin cambios.

Se debe comprender que el primer umbral de parámetro de diferencia  $Dif\_umb1$ , el primer umbral de parámetro de amplitud espectral  $Esp\_umb1$ , el primer umbral de parámetro de factor de relación  $relac\_umb1$ , el segundo umbral de parámetro de diferencia  $Dif\_umb2$ , el segundo umbral de parámetro de amplitud espectral  $Esp\_umb2$  y el segundo umbral de parámetro de factor de relación  $relac\_umb2$  se pueden seleccionar según un requisito.

Para un período de tono inicial incorrecto detectado según el método anterior, la detección fina se puede llevar a cabo en el resultado de detección anterior para evitar un error de detección del método anterior.

Además, la energía en un rango de baja frecuencia se puede detectar además para detectar la exactitud del período de tono inicial. La detección de tono corto se puede llevar a cabo además en un período de tono incorrecto detectado.

7.1. Si la energía del período de tono inicial es muy pequeña en un rango de baja frecuencia, esta se puede detectar además para el período de tono inicial. Cuando la energía detectada cumple con una condición de determinación de energía de baja frecuencia, se lleva a cabo la detección de tono corto. De manera específica, la condición de determinación de energía de baja frecuencia especifica dos valores relativos de energía de baja frecuencia que representan que la energía de baja frecuencia es relativamente muy pequeña y que la energía de baja frecuencia es relativamente grande. Por lo tanto, cuando la energía detectada cumple con el hecho de que la energía de baja frecuencia es relativamente muy pequeña, el indicador de exactitud  $T_{ind}$  se establece en 1; y cuando la energía detectada cumple con el hecho de que la energía de baja frecuencia es relativamente grande, el indicador de exactitud  $T_{ind}$  se establece en 0. Si la energía detectada no cumple con la condición de determinación de energía de baja frecuencia, el indicador original  $T_{ind}$  permanece sin cambios. Cuando el indicador de exactitud  $T_{ind}$  se establece en 1, la detección de tono corto se lleva a cabo. Además de especificar los valores relativos de energía de baja frecuencia, la condición de determinación de energía de baja frecuencia puede también especificar otra combinación de condiciones para aumentar la robustez de la condición de determinación de energía de baja frecuencia.

Por ejemplo, dos comportamientos de frecuencia  $f_{baja1}$  y  $f_{baja2}$  se establecen primero, la energía que es la energía 1 y la energía 2 de los períodos de tono inicial en rangos entre 0 y  $f_{baja1}$  y entre  $f_{baja1}$  y  $f_{baja2}$  se calculan de forma separada y luego se calcula una diferencia de energía entre la energía1 y la energía2:  $energía_{dif}=energía2-energía1$ . Además, la diferencia de energía se puede ponderar y un factor de ponderación puede ser un factor de grado de voz  $voz\_factor$ , es decir,  $energía_{dif\_p}=energía_{dif}*voz\_factor$ . En general, una diferencia de energía ponderada se puede además suavizar y un resultado del suavizado se compara con un umbral preestablecido para determinar si falta la energía del período de tono inicial en el rango de baja frecuencia.

De manera alternativa, el algoritmo anterior se simplifica, de modo que la energía de baja frecuencia del período de tono inicial en un rango se obtiene directamente, entonces, la energía de baja frecuencia se pondera y suaviza y un resultado del suavizado se compara con un umbral preestablecido.

7.2. Llevar a cabo la detección de tono corto y determinar, según el indicador de exactitud  $T_{ind}$  o según el indicador de exactitud  $T_{ind}$  en combinación con otra condición, si reemplazar el período de tono inicial  $T_{op}$  con un resultado de la detección de tono corto. De manera alternativa, antes de llevar a cabo el período de tono corto, se puede determinar primero si es necesario llevar a cabo la detección de tono corto según el indicador de exactitud  $T_{ind}$  o según el indicador de exactitud  $T_{ind}$  en combinación con otra condición.

La detección de tono corto se puede llevar a cabo en el dominio de la frecuencia o se puede llevar a cabo en el dominio temporal.

Por ejemplo, en el dominio temporal, un rango de detección del período de tono es, en general, de 34 a 231, para llevar a cabo la detección de tono corto y buscar un período de tono con un rango inferior a 34, y un método usado puede ser un método de función de autocorrelación de dominio temporal:

$$R(T) = MAX\{R'(t), t < 34\};$$

si  $R(T)$  es mayor que un umbral preestablecido o un valor de autocorrelación que corresponde al período de tono inicial y, cuando  $T_{ind}$  es 1 (aquí también se puede añadir otra condición),  $T$  se puede considerar un período de tono corto detectado.

Además de la detección de tono corto, también se puede llevar a cabo la detección de frecuencia multiplicada. Si el indicador de exactitud  $T_{ind}$  es 1, se indica que el período de tono inicial  $T_{op}$  es incorrecto y, por lo tanto, la detección de tono de frecuencia multiplicada se puede llevar a cabo en un lugar de frecuencia multiplicada del período de tono inicial  $T_{op}$ , donde un período de tono de frecuencia multiplicada puede ser una integral múltiple del período de tono inicial  $T_{op}$  o puede ser un múltiplo fraccionario del período de tono inicial  $T_{op}$ .

Para la etapa 7.1 y la etapa 7.2, solamente la etapa 7.2 se puede llevar a cabo para simplificar el proceso de la detección fina.

8. Todas las etapas 1 a 7.2 se llevan a cabo para una trama actual. Después de procesar la trama actual, se necesita procesar una trama siguiente. Por lo tanto, para la próxima trama, se usan un parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  y un parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  de la trama actual, un parámetro  $Esp\_sm\_pre$  que es un valor ponderado y suavizado de una amplitud espectral promedio de una trama previa y un

parámetro Dif\_sm\_pre que es un valor ponderado y suavizado de una diferencia espectral de la trama previa y se almacenan de forma temporal para implementar el suavizado de parámetro de la próxima trama.

- 5 Por lo tanto, se puede aprender que en la presente realización de la presente invención, después de obtener un período de tono inicial durante la detección en bucle abierto, la exactitud del período de tono inicial se detecta en un dominio de la frecuencia, y si se detecta que el período de tono inicial es incorrecto, el período de tono inicial se corrige usando la detección fina, para asegurar la exactitud del período de tono inicial. En el método para detectar la exactitud de un período de tono inicial, un parámetro de diferencia espectral, un parámetro de amplitud espectral promedio (o energía espectral) y un parámetro de relación diferencia/amplitud de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados de un comportamiento de frecuencia de tono necesitan extraerse.
- 10 Dado que la complejidad de extraer dichos parámetros es baja, la presente realización de la presente invención puede asegurar que un período de tono con exactitud relativamente alta se produce según un algoritmo menos complejo. En conclusión, el método para detectar la exactitud de un período de tono según la presente realización de la presente invención puede mejorar, según un algoritmo relativamente menos complejo, la precisión de detección de exactitud de un período de tono.
- 15 A continuación se describen aparatos para detectar la exactitud de un período de tono según las realizaciones de la presente invención en detalle con referencia a la Figura 2 a la Figura 4.

En la Figura 2, un aparato 20 para detectar la exactitud de un período de tono incluye una unidad de determinación de comportamiento de frecuencia de tono 21, una unidad de generación de parámetro 22 y una unidad de determinación de exactitud 23.

- 20 La unidad de determinación de comportamiento de frecuencia de tono 21 se configura para determinar, según un período de tono inicial de una señal de entrada en un dominio temporal, un comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada, donde el período de tono inicial se obtiene llevando a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada. De manera específica, la unidad de determinación de comportamiento de frecuencia de tono 21 determina el comportamiento de frecuencia de tono basado en la siguiente manera: el comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada es inversamente proporcional al período de tono inicial y es directamente proporcional a una cantidad de puntos de una FFT llevada a cabo en la señal de entrada.
- 25

- La unidad de generación de parámetro 22 se configura para determinar, según un espectro de amplitud de la señal de entrada en un dominio de la frecuencia, un parámetro de decisión de exactitud de período de tono, asociado al comportamiento de frecuencia de tono, de la señal de entrada. El parámetro de decisión de exactitud de período de tono generado por la unidad de generación de parámetro 22 incluye un parámetro de diferencia espectral Dif\_sm, un parámetro de amplitud espectral promedio Esp\_sm y un parámetro de relación diferencia/amplitud Dif\_relac. El parámetro de diferencia espectral Dif\_sm es una suma Dif\_sum de diferencias espectrales de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado de la suma Dif\_sum de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono. El parámetro de amplitud espectral promedio Esp\_sm es un promedio Esp\_prom de amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado del promedio Esp\_prom de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono. El parámetro de relación diferencia/amplitud Dif\_relac es una relación de la suma Dif\_sum de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono con el promedio Esp\_prom de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono.
- 30
- 35
- 40

- 45 La unidad de determinación de exactitud 23 se configura para determinar la exactitud del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono.

- De manera específica, cuando la unidad de determinación de exactitud 23 determina que el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de exactitud, la unidad de determinación de exactitud 23 determina que el período de tono inicial es correcto; o, cuando la unidad de determinación de exactitud 23 determina que el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de inexactitud, la unidad de determinación de exactitud 23 determina que el período de tono inicial es incorrecto.
- 50

- En la presente memoria, la condición de determinación de inexactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes: el parámetro de diferencia espectral Dif\_sm es menor que un primer umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio Esp\_sm es menor que un primer umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud Dif\_relac es menor que un primer umbral de parámetro de factor de relación.
- 55

La condición de determinación de exactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes: el parámetro de diferencia espectral  $Dif\_sm$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio  $Esp\_sm$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud  $Dif\_relac$  es mayor que un segundo umbral de parámetro de factor de relación.

5 De manera opcional, como se muestra en la Figura 3, en comparación con el aparato 20, un aparato 30 para detectar la exactitud de un período de tono además incluye una unidad de detección fina 24, configurada para, cuando se detecta que el período de tono inicial es incorrecto durante la detección, según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono, de la exactitud del período de tono inicial, llevar a cabo la detección fina en la señal de entrada.

10 De manera opcional, como se muestra en la Figura 4, en comparación con el aparato 30, un aparato 40 para detectar la exactitud de un período de tono puede además incluir una unidad de detección de energía 25, configurada para, cuando se detecta un período de tono inicial incorrecto durante la detección, según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono, de la exactitud del período de tono inicial, detectar energía del período de tono inicial en un rango de baja frecuencia. Luego, la unidad de detección fina 24 lleva a cabo una detección de tono corto en la señal de entrada cuando la unidad de detección de energía 25 detecta que la energía cumple con una condición de determinación de energía de baja frecuencia.

Por lo tanto, se puede aprender que el aparato para detectar la exactitud de un período de tono según la presente realización de la presente invención puede mejorar, según un algoritmo relativamente menos complejo, la precisión de detección de exactitud de un período de tono.

20 Con referencia a la Figura 5, en otra realización, un aparato para detectar la exactitud de un período de tono incluye: un receptor, configurado para recibir una señal de entrada; y

un procesador, configurado para determinar un comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada según un período de tono inicial de la señal de entrada en un dominio temporal, donde el período de tono inicial se obtiene llevando a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada; determinar, según un espectro de amplitud de la señal de entrada en un dominio de la frecuencia, un parámetro de decisión de exactitud de período de tono, asociado al comportamiento de frecuencia de tono, de la señal de entrada; y determinar la exactitud del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono.

Se debe comprender que el procesador puede implementar cada etapa en las realizaciones anteriores del método.

30 Una persona con experiencia normal en la técnica puede darse cuenta de que, en combinación con los ejemplos descritos en las realizaciones descritas en la presente memoria, las unidades y etapas del algoritmo se pueden implementar por hardware electrónico o una combinación de software de ordenador y hardware electrónico. Si las funciones se llevan a cabo mediante hardware o software depende de las aplicaciones particulares y de las condiciones de limitación de diseño de las soluciones técnicas. Una persona experta en la técnica puede utilizar diferentes métodos para implementar las funciones descritas para cada aplicación particular, pero no se debe considerar que la implementación excede el alcance de la presente invención.

Una persona con experiencia en la técnica podrá comprender de forma clara que, a los fines de una descripción conveniente y breve, para un proceso de trabajo detallado del sistema, aparato y unidad anteriores, se puede hacer referencia a un proceso correspondiente en las realizaciones anteriores del método y los detalles no se describen nuevamente en la presente memoria.

40 En las diversas realizaciones provistas en la presente solicitud, se debe comprender que el sistema, aparato y método descritos pueden implementarse de otras maneras. Por ejemplo, la realización del aparato descrita es meramente a modo de ejemplo. Por ejemplo, la división de unidad es meramente una división de función lógica y en la implementación real la división puede ser otra. Por ejemplo, se pueden combinar o integrar en otro sistema múltiples unidades o componentes. Además, los acoplamientos mutuos representados o descritos o los acoplamientos directos o conexiones de comunicaciones se pueden implementar a través de algunas interfaces. Los acoplamientos indirectos o conexiones de comunicación entre los aparatos o unidades se pueden implementar de forma electrónica, mecánica u otras.

45 Las unidades descritas como partes separadas pueden o pueden no estar físicamente separadas y las partes que se muestran como unidades pueden o pueden no ser unidades físicas, pueden estar ubicadas en una posición o pueden distribuirse en múltiples unidades de red. Una parte de o todas las unidades pueden seleccionarse según las necesidades reales para alcanzar los objetivos de las soluciones de las realizaciones.

Además, las unidades funcionales en las realizaciones de la presente invención se pueden integrar en una unidad de procesamiento, o cada una de las unidades puede existir sola físicamente, o dos o más unidades se integran en una unidad.

5 Cuando las funciones se implementan en una forma de una unidad funcional de software y se venden o usan como un producto independiente, las funciones se pueden almacenar en un medio de almacenamiento legible por ordenador. Según dicho entendimiento, las soluciones técnicas de la presente invención esencialmente, o la parte que contribuye a la técnica anterior, o una parte de las soluciones técnicas, se pueden implementar en forma de un producto de software. El producto de software se almacena en un medio de almacenamiento e incluye varias instrucciones para ordenar a un dispositivo informático (que puede ser un ordenador personal, un servidor o un dispositivo de red) que lleve a cabo todas o una parte de las etapas de los métodos descritos en las realizaciones de la presente invención. Los medios de almacenamiento anteriores incluyen: cualquier medio que pueda almacenar un código de programa como, por ejemplo, una memoria USB; un disco duro removible, una memoria de solo lectura (ROM, por su sigla en inglés), una memoria de acceso aleatorio (RAM, por su sigla en inglés), un disco magnético o un disco óptico.

10 Las anteriores descripciones son meramente maneras específicas de implementación de la presente invención, pero no pretenden limitar el alcance de protección de la presente invención.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para determinar la exactitud de un período de tono, que comprende:

determinar (11), según un período de tono inicial de una señal de entrada en un dominio temporal, un comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada, en donde el período de tono inicial se obtiene llevando a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada;

determinar (12), según un espectro de amplitud de la señal de entrada en un dominio de la frecuencia, un parámetro de decisión de exactitud de período de tono, asociado al comportamiento de frecuencia de tono, de la señal de entrada; y

determinar (13) la exactitud del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono;

el método caracterizado por que:

el parámetro de decisión de exactitud de período de tono comprende un parámetro de diferencia espectral, un parámetro de amplitud espectral promedio y un parámetro de relación diferencia/amplitud, el parámetro de diferencia espectral es una suma de diferencias espectrales de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; el parámetro de amplitud espectral promedio es un promedio de amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado del promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; y el parámetro de relación diferencia/amplitud es una relación de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono con el promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono;

donde las diferencias espectrales se refieren a diferencias entre amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono y una amplitud espectral del comportamiento de frecuencia de tono.

2. El método según la reivindicación 1, en donde la exactitud de determinación del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono comprende:

cuando el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de exactitud, determinar que el período de tono inicial es correcto; y

cuando el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de inexactitud, determinar que el período de tono inicial es incorrecto.

3. El método según la reivindicación 2, en donde:

la condición de determinación de exactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes:

el parámetro de diferencia espectral es mayor que un segundo umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio es mayor que un segundo umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud es mayor que un segundo umbral de parámetro de factor de relación; y

la condición de determinación de inexactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes:

el parámetro de diferencia espectral es menor que un primer umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio es menor que un primer umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud es menor que un primer umbral de parámetro de factor de relación.

4. El método según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en donde:

el comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada es inversamente proporcional al período de tono inicial y es directamente proporcional a la cantidad de puntos de una transformada rápida de Fourier llevada a cabo en la señal de entrada.

5. Un aparato para determinar la exactitud de un período de tono, que comprende:

una unidad de determinación de comportamiento de frecuencia de tono (21), configurada para determinar, según un período de tono inicial de una señal de entrada en un dominio temporal, un comportamiento de frecuencia de tono

de la señal de entrada, en donde el período de tono inicial se obtiene llevando a cabo una detección en bucle abierto en la señal de entrada;

5 una unidad de generación de parámetro (22), configurada para determinar, según un espectro de amplitud de la señal de entrada en un dominio de la frecuencia, un parámetro de decisión de exactitud de período de tono, asociado al comportamiento de frecuencia de tono, de la señal de entrada; y

una unidad de determinación de exactitud (23), configurada para determinar la exactitud del período de tono inicial según el parámetro de decisión de exactitud de período de tono;

el aparato caracterizado por que:

10 el parámetro de decisión de exactitud de período de tono generado por la unidad de generación de parámetro comprende un parámetro de diferencia espectral, un parámetro de amplitud espectral promedio y un parámetro de relación diferencia/amplitud, el parámetro de diferencia espectral es una suma de diferencias espectrales de una cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; el parámetro de amplitud espectral promedio es un promedio de amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono o un valor ponderado y suavizado del promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono; y el parámetro de relación diferencia/amplitud es una relación de la suma de las diferencias espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono con el promedio de las amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono;

25 donde las diferencias espectrales se refieren a diferencias entre amplitudes espectrales de la cantidad predeterminada de comportamientos de frecuencia en los dos lados del comportamiento de frecuencia de tono y una amplitud espectral del comportamiento de frecuencia de tono.

6. El aparato según la reivindicación 5, en donde la unidad de determinación de exactitud (23) se configura específicamente para:

cuando se determina que el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de exactitud, determinar que el período de tono inicial es correcto; y

30 cuando se determina que el parámetro de decisión de exactitud de período de tono cumple con una condición de determinación de inexactitud, determinar que el período de tono inicial es incorrecto.

7. El aparato según la reivindicación 6, en donde:

la condición de determinación de exactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes:

35 el parámetro de diferencia espectral es mayor que un segundo umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio es mayor que un segundo umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud es mayor que un segundo umbral de parámetro de factor de relación; y

la condición de determinación de inexactitud cumple, al menos, con uno de los siguientes:

40 el parámetro de diferencia espectral es menor que un primer umbral de parámetro de diferencia, el parámetro de amplitud espectral promedio es menor que un primer umbral de parámetro de amplitud espectral y el parámetro de relación diferencia/amplitud es menor que un primer umbral de parámetro de factor de relación.

8. El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 5 a 7, en donde:

el comportamiento de frecuencia de tono de la señal de entrada es inversamente proporcional al período de tono inicial y es directamente proporcional a una cantidad de puntos de una transformada rápida de Fourier llevada a cabo en la señal de entrada.

45

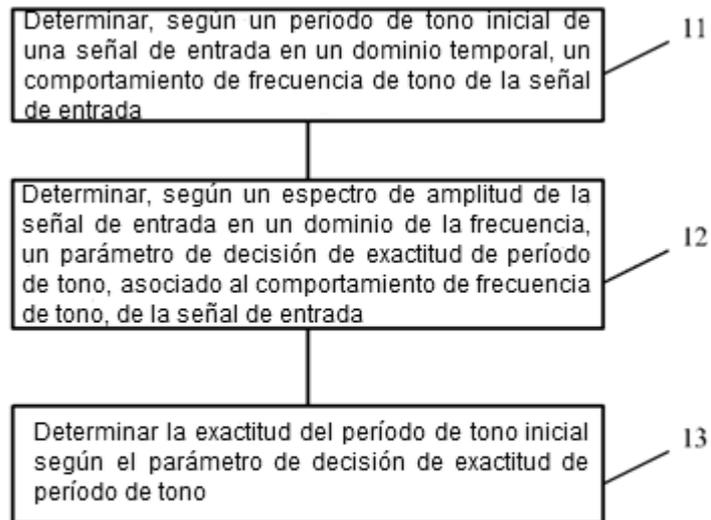


FIG. 1

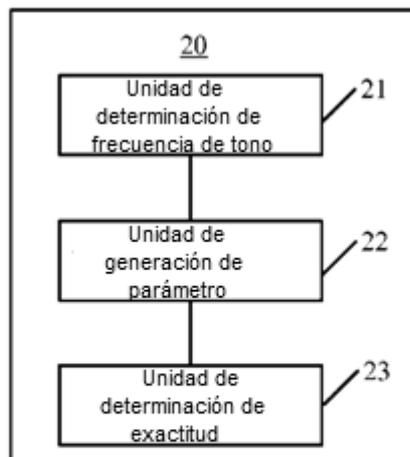


FIG. 2

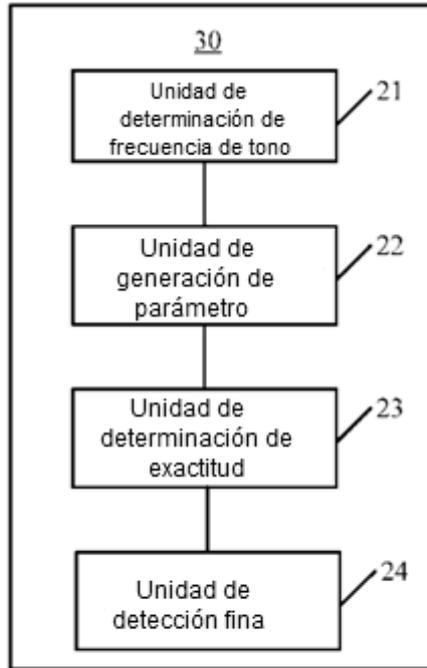


FIG. 3

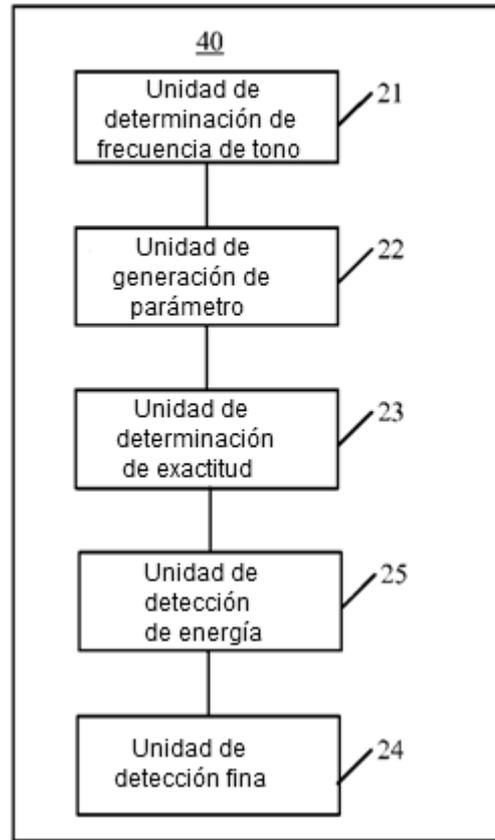


FIG. 4

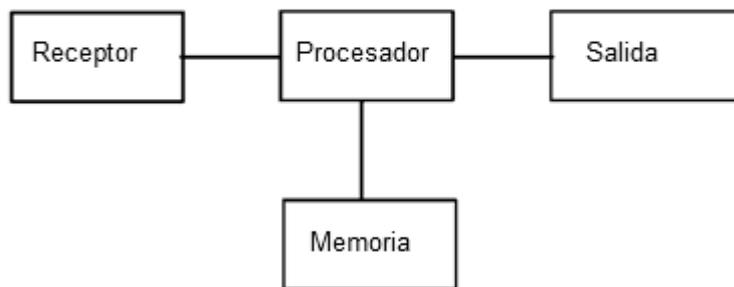


FIG. 5