

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 715 476**

51 Int. Cl.:

**G10L 21/038** (2013.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.08.2013 E 17150969 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **12.12.2018 EP 3174051**

54 Título: **Sistemas y procedimientos para realizar la modulación de ruido y el ajuste de ganancia**

30 Prioridad:

**08.02.2013 US 201361762810 P**  
**28.08.2013 US 201314012749**

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:  
**04.06.2019**

73 Titular/es:

**QUALCOMM INCORPORATED (100.0%)**  
**5775 Morehouse Drive**  
**San Diego, CA 92121-1714, US**

72 Inventor/es:

**ATTI, VENKATRAMAN SRINIVASA y**  
**KRISHNAN, VENKATESH**

74 Agente/Representante:

**FORTEA LAGUNA, Juan José**

**ES 2 715 476 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**

Sistemas y procedimientos para realizar la modulación de ruido y el ajuste de ganancia

5 **CAMPO**

[0001] La presente divulgación se refiere generalmente al procesamiento de señales.

**DESCRIPCIÓN DE LA TÉCNICA RELACIONADA**

10 [0002] Los avances en la tecnología han dado como resultado dispositivos informáticos más pequeños y más potentes. Por ejemplo, existe actualmente una variedad de dispositivos informáticos personales portátiles, que incluyen dispositivos informáticos inalámbricos, tales como teléfonos inalámbricos portátiles, asistentes digitales personales (PDA) y dispositivos de localización que son pequeños, ligeros y fácilmente llevados por los usuarios. Más  
15 específicamente, los teléfonos inalámbricos portátiles, tales como los teléfonos móviles y los teléfonos de protocolo de Internet (IP), pueden comunicar paquetes de voz y datos a través de redes inalámbricas. Además, muchos de dichos teléfonos inalámbricos incluyen otros tipos de dispositivos que se incorporan en los mismos. Por ejemplo, un teléfono inalámbrico puede incluir también una cámara fotográfica digital, una cámara de video digital, un grabador digital y un reproductor de archivos de audio.

20 [0003] En los sistemas telefónicos tradicionales (por ejemplo, las redes telefónicas públicas conmutadas (PSTN)), el ancho de banda de la señal se limita a la gama de frecuencias de 300 hercios (Hz) a 3,4 kilohercios (kHz). En las aplicaciones de banda ancha (WB), tales como la telefonía móvil y el protocolo de voz por Internet (VoIP), el ancho de banda de la señal puede abarcar la gama de frecuencias de 50 Hz a 7 kHz. Las técnicas de codificación de superbanda  
25 ancha (SWB) soportan un ancho de banda que se extiende hasta alrededor de 16 kHz. La extensión del ancho de banda de la señal desde la telefonía de banda estrecha a 3,4 kHz hasta la telefonía SWB de 16 kHz puede mejorar la calidad de la reconstrucción, de la inteligibilidad y de la naturalidad de las señales.

30 [0004] Las técnicas de codificación SWB implican típicamente la codificación y la transmisión de la porción de frecuencia inferior de la señal (por ejemplo, 50 Hz a 7 kHz, llamada también "banda baja"). Por ejemplo, la banda baja puede representarse usando parámetros de filtro y/o una señal de excitación de banda baja. Sin embargo, con el fin de mejorar la eficiencia de codificación, la porción de frecuencia más alta de la señal (por ejemplo, 7 kHz a 16 kHz, llamada también "banda alta") no puede codificarse ni transmitirse por completo. En su lugar, un receptor puede utilizar el modelado de señales para predecir la banda alta. En algunas implementaciones, datos asociados con la banda alta  
35 pueden proporcionarse al receptor para asistir en la predicción. Dichos datos pueden denominarse "información suplementaria" y pueden incluir información de ganancia, frecuencias espectrales de línea (LSF, denominadas también pares espectrales de línea (LSP)), etc. La predicción de banda alta que usa un modelo de señal puede ser precisa de forma aceptable cuando la señal de banda baja esté suficientemente correlacionada con la señal de banda alta. Sin embargo, en presencia de ruido, la correlación entre la banda baja y la banda alta puede ser débil y el modelo de señal  
40 puede no ser capaz ya de representar de forma precisa la banda alta. Esto puede dar como resultado artefactos (por ejemplo, voz distorsionada) en el receptor.

45 [0005] En el documento US 2007/0282599 A1 de Choo et al, se informa de que un procedimiento y un aparato para llevar a cabo la codificación y la descodificación de la extensión del ancho de banda codifican y/o descodifican una señal de alta frecuencia usando una señal de excitación para una señal de baja frecuencia codificada en un dominio de tiempo o en un dominio de frecuencia o usando un espectro de excitación para la señal de baja frecuencia, y por consiguiente, aunque una señal de audio se codifica o descodifica usando un número pequeño de bits, la calidad del sonido correspondiente a una señal en una banda de alta frecuencia no se degrada, y así se puede maximizar la eficiencia de codificación de la señal de audio.

50 [0006] En el documento EP 1.808.684 A1 de Ehara et al, se indica que un aparato descodificador escalable es capaz de proporcionar señales de audio descodificadas de alta calidad que tengan una degradación menor de un espectro de alta frecuencia incluso cuando se descodifiquen señales de audio generando el espectro de alta frecuencia mediante el uso de un espectro de baja frecuencia. En el aparato, una parte de ajuste de amplitud usa coeficientes de  
55 ajuste diferentes de acuerdo con la característica de la información espectral de la primera capa para ajustar la amplitud de un espectro de señal descodificada de la primera capa y luego emite el espectro de señal descodificada de la primera capa ajustada a la amplitud a una parte de generación de pseudoespectro. Usando un espectro de señal descodificada de la primera capa ajustado a la amplitud recibido desde la parte de ajuste de amplitud, la parte de generación de pseudoespectro genera y emite un pseudoespectro de frecuencias altas a una parte de escala. La parte de escala escala el espectro recibido desde la parte de generación de pseudoespectro y luego lo emite a un sumador.

**RESUMEN**

65 [0007] Un procedimiento y un aparato para realizar ajuste de ganancia se divulgan de acuerdo con las reivindicaciones 1 y 9 respectivamente. Por ejemplo, la codificación de banda alta puede implicar generar una señal de excitación de banda alta en base a una señal de excitación de banda baja generada usando el análisis de banda

baja (por ejemplo, el análisis de predicción lineal (LP) de banda baja). La señal de excitación de banda alta puede generarse mezclando una señal de excitación de banda baja transformada con ruido modulado (por ejemplo, ruido blanco). La relación en la cual la señal de excitación de banda baja transformada y el ruido modulado se mezclan puede afectar a la calidad de la reconstrucción de la señal. En presencia de ruido que disminuya la correlación entre la banda baja y la banda alta, la señal de excitación de banda baja transformada puede ser inadecuada para la síntesis de banda alta. Por ejemplo, la señal de excitación de banda alta sintetizada puede introducir artefactos audibles. De acuerdo con las técnicas descritas, la modulación de ruido y/o el ajuste de ganancia pueden realizarse para reducir dichos artefactos. La realización de la modulación de ruido puede incluir suavizar de forma adaptativa la relación de excitación de banda baja con el ruido modulado usado para la síntesis de banda alta. La realización del ajuste de ganancia puede incluir determinar el(los) parámetro(s) de ganancia para incluir en la información suplementaria de banda alta en base a la distorsión de cuantificación.

**[0008]** Aspectos de la invención se definen en las reivindicaciones independientes.

**[0009]** De acuerdo con un primer aspecto, se proporciona un procedimiento de control de ganancia para la codificación o la decodificación de audio de acuerdo con la reivindicación 1, comprendiendo el procedimiento: determinar un primer conjunto de valores de frecuencia espectral correspondiente a una porción de banda alta de una señal de audio; determinar, mediante la cuantificación del primer conjunto de valores de frecuencia espectral, un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxime al primer conjunto de valores de frecuencia espectral; estimar una distorsión espectral correspondiente a la diferencia entre el primer conjunto de valores de frecuencia espectral y el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral; determinar un factor de ganancia de acuerdo con un mapeo de la distorsión espectral al factor de ganancia; y ajustar una ganancia de trama correspondiente a al menos una porción de la señal de audio en base al factor de ganancia, en el que la ganancia de trama se determina en base a una señal de banda alta sintetizada y en base a la porción de banda alta de la señal de audio.

**[0010]** De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona un aparato de acuerdo con la reivindicación 9 que comprende: un filtro de análisis configurado para determinar un primer conjunto de valores de frecuencia espectral correspondiente a una porción de banda alta de una señal de audio; un cuantificador configurado para generar, mediante la cuantificación del primer conjunto de valores de frecuencia espectral, un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxime al primer conjunto de valores de frecuencia espectral; una calculadora de distorsión espectral configurada para estimar una distorsión espectral correspondiente a la diferencia entre el primer conjunto de valores de frecuencia espectral y el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral; un módulo configurado para determinar un factor de ganancia de acuerdo con un mapeo de la distorsión espectral al factor de ganancia; y un circuito de ganancia configurado para ajustar una ganancia de trama correspondiente a al menos una porción de la señal de audio en base al factor de ganancia, en el que la ganancia de trama se determina en base a una señal de banda alta sintetizada y en base a la porción de banda alta de señal de audio.

**[0011]** De acuerdo con un aspecto adicional, se proporciona un medio legible por ordenador no transitorio de acuerdo con la reivindicación 15 que incluye instrucciones que, cuando se ejecutan por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo el procedimiento descrito más arriba.

**[0012]** Ventajas particulares proporcionadas por al menos uno de los modos de realización divulgados incluyen una capacidad para realizar la modulación de ruido y/o el ajuste de ganancia para compensar condiciones ruidosas. Por ejemplo, la modulación de ruido puede contrarrestar grandes fluctuaciones en un parámetro de mezcla usado durante la síntesis de banda alta. A modo de otro ejemplo, el ajuste de ganancia puede compensar la distorsión espectral debido a un error de cuantificación. Otros aspectos, ventajas y características de la presente divulgación se volverán evidentes después de la revisión de toda la solicitud, incluyendo las secciones siguientes: Breve Descripción de los Dibujos, Descripción Detallada y Reivindicaciones.

### **BREVE DESCRIPCIÓN DE LOS DIBUJOS**

**[0013]**

La FIG. 1 es un diagrama para ilustrar un modo de realización particular de un sistema que puede hacerse funcionar para realizar la modulación de ruido y el ajuste de ganancia;

la FIG. 2 es un diagrama para ilustrar un modo de realización particular de los componentes del sistema de la FIG. 1;

la FIG. 3 es un gráfico para ilustrar un modo de realización particular de un mapeo entre el factor de ganancia y la distorsión espectral;

la FIG. 4 es un diagrama para ilustrar un modo de realización particular del generador de excitación de banda alta de la FIG. 1;

la FIG. 5 es un diagrama de flujo para ilustrar un primer modo de realización de un procedimiento para realizar la modulación de ruido;

5 la FIG. 6 es un diagrama de flujo para ilustrar un segundo modo de realización de un procedimiento para realizar el ajuste de ganancia; y

la FIG. 7 es un diagrama de bloques de un dispositivo inalámbrico que puede hacerse funcionar para realizar operaciones de procesamiento de señales de acuerdo con los sistemas y los procedimientos de las FIG. 1-6.

## 10 **DESCRIPCIÓN DETALLADA**

**[0014]** Con referencia a la FIG. 1, se muestra un modo de realización particular de un sistema que puede hacerse funcionar para realizar la modulación de ruido y el ajuste de ganancia y se designa generalmente con 100. En un modo de realización particular, el sistema 100 puede estar integrado en un sistema o aparato de codificación (por ejemplo, en un teléfono inalámbrico o codificador/descodificador (CODEC)).

**[0015]** Cabría destacar que, en la descripción siguiente, las diversas funciones realizadas por el sistema 100 de la FIG. 1 se describen realizándose por ciertos componentes o módulos. Sin embargo, esta división de los componentes y módulos es solamente para ilustración. En un modo de realización alternativo, una función realizada por un componente o módulo particular puede dividirse en su lugar entre múltiples componentes o módulos. Además, en un modo de realización alternativo, dos o más componentes o módulos de la FIG. 1 pueden estar integrados en un solo componente o módulo. Cada componente o módulo ilustrado en la FIG. 1 puede implementarse usando hardware (por ejemplo, un dispositivo de matriz de puertas programable in situ (FPGA), un circuito integrado de aplicaciones específicas (ASIC), un procesador de señales digitales (DSP), un controlador, etc.), software (por ejemplo, instrucciones ejecutables por un procesador) o cualquier combinación de los mismos.

**[0016]** El sistema 100 incluye un banco de filtros de análisis 110 que está configurado para recibir una señal de audio de entrada 102. Por ejemplo, la señal de audio de entrada 102 puede proporcionarse por un micrófono u otro dispositivo de entrada. En un modo de realización particular, la señal de audio de entrada 102 puede incluir voz. La señal de audio de entrada puede ser una señal de superbanda ancha (SWB) que incluya datos en la gama de frecuencias desde aproximadamente 50 hercios (Hz) hasta aproximadamente 16 kilohercios (kHz). El banco de filtros de análisis 110 puede filtrar la señal de audio de entrada 102 en múltiples porciones en base a la frecuencia. Por ejemplo, el banco de filtros de análisis 110 puede generar una señal de banda baja 122 y una señal de banda alta 124. La señal de banda baja 122 y la señal de banda alta 124 pueden tener anchos de banda iguales o desiguales y pueden solapar o no solapar. En un modo de realización alternativo, el banco de filtros de análisis 110 puede generar más de dos salidas.

**[0017]** En el ejemplo de la FIG. 1, la señal de banda baja 122 y la señal de banda alta 124 ocupan bandas de frecuencia sin solapamiento. Por ejemplo, la señal de banda baja 122 y la señal de banda alta 124 pueden ocupar bandas de frecuencia sin solapamiento de 50 Hz - 7 kHz y 7 kHz - 16 kHz. En un modo de realización alternativo, la señal de banda baja 122 y la señal de banda alta 124 pueden ocupar bandas de frecuencia sin solapamiento de 50 Hz - 8 kHz y 8 kHz - 16 kHz. En otro modo de realización alternativo, la señal de banda baja 122 y la señal de banda alta 124 se solapan (por ejemplo, 50 Hz - 8 kHz y 7 kHz - 16 kHz), lo que puede permitir que un filtro de paso bajo y un filtro de paso alto del banco de filtros de análisis 110 tengan una atenuación progresiva suave, lo que puede simplificar el diseño y reducir el coste del filtro de paso bajo y del filtro de paso alto. El solapamiento de la señal de banda baja 122 y de la señal de banda alta 124 puede permitir también la mezcla suave de las señales de banda baja y de banda alta en un receptor, lo que puede dar como resultado menos artefactos audibles.

**[0018]** Cabría destacar que, aunque el ejemplo de la FIG. 1 ilustra el procesamiento de una señal SWB, esto es solamente para ilustración. En un modo de realización alternativo, la señal de audio de entrada 102 puede ser una señal de banda ancha (WB) que tenga una gama de frecuencias de aproximadamente 50 Hz hasta aproximadamente 8 kHz. En dicho modo de realización, la señal de banda baja 122 puede corresponder a una gama de frecuencias de aproximadamente 50 Hz hasta aproximadamente 6,4 kHz y la señal de banda alta 124 puede corresponder a una gama de frecuencias de aproximadamente 6,4 kHz hasta aproximadamente 8 kHz. Cabría destacar también que los diversos sistemas y procedimientos en el presente documento se describen detectando ruido de banda alta y realizando diversas operaciones en respuesta al ruido de banda alta. Sin embargo, esto es solamente un ejemplo. Las técnicas ilustradas con referencia a las FIG. 1-7 pueden realizarse también en el contexto del ruido de banda baja.

**[0019]** El sistema 100 puede incluir un módulo de análisis de banda baja 130 configurado para recibir la señal de banda baja 122. En un modo de realización particular, el módulo de análisis de banda baja 130 puede representar un modo de realización de un codificador de predicción lineal con excitación por código (CELP). El módulo de análisis de banda baja 130 puede incluir un módulo de análisis de predicción lineal (LP) y de codificación 132, un módulo de transformación de coeficiente de predicción lineal (LPC) a par espectral de línea (LSP) 134 y un cuantificador 136. Los LSP puede denominarse también frecuencias espectrales de línea (LSF) y los dos términos pueden usarse indistintamente en el presente documento. El módulo de análisis LP y de codificación 132 puede codificar una envolvente espectral de la señal de banda baja 122 como un conjunto de LPCs. Los LPCs pueden generarse para

5 cada trama de audio (por ejemplo, 20 milisegundos (ms) de audio, correspondientes a 320 muestras a una frecuencia de muestreo de 16 kHz), para cada subtrama de audio (por ejemplo, 5 ms de audio) o para cualquier combinación de las mismas. El número de LPCs generados para cada trama o subtrama puede determinarse por el "orden" del análisis LP realizado. En un modo de realización particular, el módulo de análisis LP y de codificación 132 puede generar un conjunto de once LPCs correspondientes a un análisis LP de décimo orden.

10 **[0020]** El módulo de transformación de LPC en LSP 134 puede transformar el conjunto de LPC generados por el módulo de análisis LP y de codificación 132 en un conjunto correspondiente de LSP (por ejemplo, usando una transformación de uno a uno). Como alternativa, el conjunto de LPC puede transformarse uno a uno en un conjunto correspondiente de coeficientes parcor, valores LAR (*log-area-ratio*), pares espectrales de inmitancia (ISP) o frecuencias espectrales de inmitancia (ISF). La transformada entre el conjunto de LPC y el conjunto de LSP puede ser reversible sin error.

15 **[0021]** El cuantificador 136 puede cuantificar el conjunto de LSP generados por el módulo de transformación 134. Por ejemplo, el cuantificador 136 puede incluir o estar acoplado a múltiples libros de códigos que incluyan múltiples entradas (por ejemplo, vectores). Para cuantificar el conjunto de LSP, el cuantificador 136 puede identificar entradas de libros de códigos que estén "lo más cerca del" (por ejemplo, en base a una medición de distorsión, tal como al menos mínimos cuadrados o error cuadrático medio) conjunto de LSP. El cuantificador 136 puede emitir un valor de índice o una serie de valores de índice correspondientes a la ubicación de las entradas identificadas en el libro de  
20 códigos. La salida del cuantificador 136 puede representar por lo tanto parámetros de filtros de banda baja que se incluyan en un flujo de bits de banda baja 142.

25 **[0022]** El módulo de análisis de banda baja 130 puede generar también una señal de excitación de banda baja 144. Por ejemplo, la señal de excitación de banda baja 144 puede ser una señal codificada que se genere cuantificando una señal residual LP que se genere durante el proceso LP realizado por el módulo de análisis de banda baja 130. La señal residual LP puede representar un error de predicción.

30 **[0023]** El sistema 100 puede incluir además un módulo de análisis de banda alta 150 configurado para recibir la señal de banda alta 124 desde el banco de filtros de análisis 110 y la señal de excitación de banda baja 144 del módulo de análisis de banda baja 130. El módulo de análisis de banda alta 150 puede generar información suplementaria de banda alta 172 en base a la señal de banda alta 124 y a la señal de excitación de banda baja 144. Por ejemplo, la información suplementaria de banda alta 172 puede incluir información de LSP de banda alta y/o de ganancia (por ejemplo, en base al menos a una relación de la energía de banda alta con la energía de banda baja), como se describe  
35 adicionalmente en el presente documento.

40 **[0024]** El módulo de análisis de banda alta 150 puede incluir un generador de excitación de banda alta 160. El generador de excitación de banda alta 160 puede generar una señal de excitación de banda alta 161 extendiendo un espectro de la señal de excitación de banda baja 144 en la gama de frecuencias de banda alta (por ejemplo, 7 kHz - 16 kHz). Para ilustrar, el generador de excitación de banda alta 160 puede aplicar una transformada a la señal de excitación de banda baja (por ejemplo, una transformada no lineal tal como un valor absoluto o una operación al cuadrado) y puede mezclar la señal de excitación de banda baja transformada con una señal de ruido (por ejemplo, ruido blanco modulado de acuerdo con una envolvente correspondiente a la señal de excitación de banda baja 144 que imite las características temporales de variación lenta de la señal de banda baja 122) para generar la señal de excitación de banda alta 161. Por ejemplo, la mezcla puede realizarse de acuerdo con la ecuación siguiente:

45 
$$\text{Excitación de banda alta} = (\alpha * \text{excitación de banda baja transformada}) + ((1-\alpha) * \text{ruido modulado})$$

50 **[0025]** La relación en la cual se mezclen la señal de excitación de banda baja transformada y el ruido modulado puede afectar a la calidad de la reconstrucción de la banda alta en un receptor. Para las señales de voz sonoras, la mezcla puede inclinarse hacia la excitación de banda baja transformada (por ejemplo, el factor de mezcla  $\alpha$  puede estar en el intervalo de 0,5 a 1,0). Para las señales sin voz, la mezcla puede inclinarse hacia el ruido modulado (por ejemplo, el factor de mezcla  $\alpha$  puede estar en el intervalo de 0,0 a 0,5). Un modo de realización ilustrativo del generador de excitación de banda alta 160 se describe con más detalle con respecto a la FIG. 4.

55 **[0026]** La señal de excitación de banda alta 161 puede usarse para determinar uno o más parámetros de ganancia de banda alta que se incluyan en la información suplementaria de banda alta 172. Como se ilustra, el módulo de análisis de banda alta 150 puede incluir también un módulo de análisis LP y de codificación 152, un módulo de transformación de LPC en LSP 154 y un cuantificador 156. Cada uno del módulo de análisis LP y de codificación 152, del módulo de transformación 154 y del cuantificador 156 puede funcionar como se ha descrito anteriormente con referencia a los componentes correspondientes del módulo de análisis de banda baja 130 correspondiente, pero en una resolución comparativamente reducida (por ejemplo, usando menos bits para cada coeficiente, LSP, etc.). El módulo de análisis LP y de codificación 152 puede generar un conjunto de LPCs que se transformen en LSP mediante el módulo de transformación 154 y se cuantifiquen por el cuantificador 156 en base a un libro de códigos 163. Por ejemplo, el módulo de análisis LP y de codificación 152, el módulo de transformación 154 y el cuantificador 156 pueden  
60 usar la señal de banda alta 124 para determinar información de filtro de banda alta (por ejemplo, LSP de banda alta) que se incluyan en la información suplementaria de banda alta 172. En un modo de realización particular, la

información suplementaria de banda alta 172 puede incluir LSP de banda alta, así como parámetros de ganancia de banda alta. En presencia de ciertos tipos de ruido, los parámetros de ganancia de banda alta pueden generarse como resultado del ajuste de ganancia realizado por un módulo de ajuste de ganancia 162, como se describe adicionalmente en el presente documento.

5 **[0027]** El flujo de bits de banda baja 142 y la información suplementaria de banda alta 172 pueden multiplexarse por un multiplexor (MUX) 180 para generar un flujo de bits de salida 192. El flujo de bits de salida 192 puede representar una señal de audio codificada correspondiente a la señal de audio de entrada 102. Por ejemplo, el flujo de bits de salida 192 puede transmitirse (por ejemplo, por un cable, de modo inalámbrico o por un canal óptico) y/o almacenarse. 10 En un receptor, las operaciones inversas pueden realizarse por un demultiplexor (DEMUX), un descodificador de banda baja, un descodificador de banda alta y un banco de filtros para generar una señal de audio (por ejemplo, una versión reconstruida de la señal de audio de entrada 102 que se proporcione a un altavoz o a otro dispositivo de salida). El número de bits usados para representar el flujo de bits de banda baja 142 puede ser sustancialmente mayor que el número de bits usados para representar la información suplementaria de banda alta 172. Por lo tanto, la mayor 15 parte de los bits en el flujo de bits de salida 192 puede representar datos de banda baja. La información suplementaria de banda alta 172 puede usarse en un receptor para regenerar la señal de excitación de banda alta a partir de los datos de banda baja de acuerdo con un modelo de señal. Por ejemplo, el modelo de señal puede representar un conjunto esperado de relaciones o correlaciones entre los datos de banda baja (por ejemplo, la señal de banda baja 122) y datos de banda alta (por ejemplo, la señal de banda alta 124). Por consiguiente, pueden usarse modelos de 20 señal diferentes para tipos diferentes de datos de audio (por ejemplo, voz, música, etc.) y el modelo de señal particular que esté en uso puede negociarse por un transmisor y un receptor (o definirse por un estándar industrial) antes de la comunicación de datos de audio codificados. Usando el modelo de señal, el módulo de análisis de banda alta 150 en un transmisor puede ser capaz de generar la información suplementaria de banda alta 172 de tal manera que un módulo de análisis de banda alta correspondiente en un receptor es capaz de usar el modelo de señal para reconstruir 25 la señal de banda alta 124 a partir del flujo de bits de salida 192.

**[0028]** La excitación de banda baja transformada puede ser inadecuada para su uso en la síntesis de banda alta debido a la correlación insuficiente entre la señal de banda alta 124 ruidosa y la señal de banda baja 122 ruidosa. Por ejemplo, cuando la señal de audio de entrada 102 incluya voz, la señal de banda alta 124 puede procesarse en tramas 30 de 20 milisegundos (ms) y los parámetros LSF y de ganancia puede estimarse y cuantificarse por trama. Cuatro parámetros temporales de pendiente de ganancia pueden estimarse por subtrama (por ejemplo, a cada 5 ms) y pueden transmitirse junto con el LSF y los parámetros de ganancia total. Por lo tanto, la excitación de banda alta puede estimarse (por ejemplo, generarse) para cada subtrama. Típicamente, el parámetro de mezcla  $\alpha$  puede determinarse en base a parámetros de voz de banda baja. Sin embargo, en la presencia de ruido, la determinación del parámetro 35 de mezcla  $\alpha$  de dicha manera puede dar como resultado fluctuaciones por subtrama. Por ejemplo, debido al ruido, el parámetro de mezcla  $\alpha$  para cuatro subtramas consecutivas puede ser 0,9, 0,25, 0,8, y 0,15, dando como resultado artefactos de zumbidos o de modulación. Además, puede estar presente una gran cantidad de distorsión de cuantificación.

40 **[0029]** El módulo de análisis LP y de codificación 152 puede generar un conjunto de LPC que se transformen en LSP mediante el módulo de transformación 154 y se cuantifiquen por el cuantificador 156 en base al libro de códigos 163. En presencia de ruido, puede ser grande la distorsión de cuantificación en los LSP de banda alta.

**[0030]** Por ejemplo, el cuantificador 156 puede estar configurado para cuantificar un conjunto de valores de frecuencia espectral, tales como LSP proporcionados por el módulo de transformación 154. En otros modos de realización, el cuantificador 156 puede recibir y cuantificar conjuntos de uno o más de otros tipos de valores de frecuencia espectral, además de, o en lugar de, LSF o LSP. Por ejemplo, el cuantificador 156 puede recibir y cuantificar un conjunto de coeficientes de predicción lineal (LPC) generados por el módulo de análisis LP y de codificación 152. Otros ejemplos incluyen conjuntos de coeficientes PARCOR, valores LAR y frecuencias espectrales de inmitancia 50 (ISF) que pueden recibirse y cuantificarse en el cuantificador 156. El cuantificador 156 puede incluir un cuantificador de vector que codifique un vector de entrada (por ejemplo, un conjunto de valores de frecuencia espectral en un formato de vector) como un índice a una entrada correspondiente en una tabla o libro de códigos, tal como el libro de códigos 163. A modo de otro ejemplo, el cuantificador 156 puede estar configurado para determinar uno o más parámetros a partir de los cuales el vector de entrada pueda generarse de forma dinámica en un descodificador, tal como en un modo de realización de libro de códigos disperso, en lugar de recuperarse del almacenamiento. Para 55 ilustrar, los ejemplos de libros de códigos dispersos pueden aplicarse en sistemas de codificación tales como CELP y códecs tales como 3GPP2 (Asociación de Tercera Generación 2) EVRC (Codificación de Velocidad Variable Reforzada). En otro modo de realización, el módulo de análisis de banda alta 150 puede incluir el cuantificador 156 y puede estar configurado para usar un número de vectores de libros de códigos para generar señales sintetizadas (por ejemplo, de acuerdo con un conjunto de parámetros de filtro) y para seleccionar uno de los vectores de libros de 60 códigos asociados con la señal sintetizada que mejor coincida con la señal de banda alta 124, tal como en un dominio ponderado de forma perceptual.

**[0031]** Los valores atípicos de cuantificación de banda alta pueden afectar negativamente a la síntesis de banda alta y a la estimación de ganancia temporal. Por ejemplo, la sobreestimación de parámetros temporales y de ganancia puede dar como resultado artefactos. Para reducir dichos artefactos, el módulo de análisis de banda alta 150 puede 65

incluir un ajustador de ganancia 162.

**[0032]** El ajustador de ganancia 162 estima la distorsión espectral entre un primer conjunto de valores espectrales (por ejemplo, los LSF no cuantificados producidos por el módulo de transformación 154) y un segundo conjunto de valores espectrales (por ejemplo, los LSF cuantificados producidos por el cuantificador 156). El ajustador de ganancia 162 puede estimar un factor de ganancia en base a un mapeo del factor de ganancia a una distorsión espectral. La FIG. 3 ilustra un ejemplo de un gráfico 300 que mapea el factor de ganancia a la distorsión espectral. En la FIG. 3, "SD1" y "SD2" representan valores atípicos del 8 % y del 2 %, respectivamente, que pueden calcularse a partir de una función de distribución de probabilidad. Por ejemplo, durante el entrenamiento del libro de códigos 163, puede procesarse una gran cantidad de datos de voz (por ejemplo, 10 horas de datos de voz). Durante el procesamiento, puede generarse una distribución de probabilidad de la distorsión espectral y pueden determinarse SD1 y SD2.

**[0033]** SD1 y SD2 pueden usarse para determinar los valores del factor de ganancia. En el ejemplo del mapeo 300 de la FIG. 3, cuando se determina que la distorsión espectral es menor que SD1 (por ejemplo, una distorsión menor que un valor atípico del 8 %), no se realiza ningún ajuste de ganancia (por ejemplo, el factor de ganancia se establece en 1). Cuando se determine que la distorsión espectral es mayor que SD2 (por ejemplo, más distorsión que un valor atípico del 2 %), la atenuación puede realizarse estableciendo el factor de ganancia en un valor G2 que sea menor que 1, tales como  $G2 = 0.5$ . Cuando la distorsión espectral esté en el intervalo de SD1 a SD2, una relación lineal puede usarse para determinar el factor de ganancia. Por ejemplo, una línea que tenga una pendiente de  $(G2-1)/(SD2-SD1)$  y una intersección K pueden usarse para mapear un valor de distorsión espectral SD a un factor de ganancia de acuerdo con  $\text{Factor de Ganancia} = \text{pendiente} * SD + \text{intersección} = SD * (G2-1)/(SD2-SD1) + K$ .

**[0034]** En un modo de realización a modo de ejemplo, el ajustador de ganancia 162 puede determinar un factor de ganancia (por ejemplo, para ajustar una trama de ganancia que vaya a incluirse en la información suplementaria de banda alta 172) de acuerdo con el pseudocódigo siguiente.

```

/* Iniciar la medición de distorsión espectral entre el LSF no cuantificado original, es decir,
lsp_shb_orig, y los LSF cuantificados, es decir, lsp_shb */
sd_uq_q = 0;
30 LPC ORDER = 10; /* Iniciar el orden LPC */
para (i = 0; i < LPC ORDER; i++)
{
  /* Estimar la distorsión espectral entre los LSF no cuantificados y cuantificados */
  } sd_uq_q += (lsp_shb[i] - lsp_shb_orig[i]) * (lsp_shb[i] - lsp_shb_orig[i]);
35 /* Estimar el factor de ganancia usando el mapeo de la FIG. 3 */
GainFactor = sd_uq_q * (G2 - 1)/(SD2-SD1) + K;
/* El factor de ganancia está limitado entre G2 y 1,0. */
GainFactor = min(max(GainFactor, G2), 1.0);
/* Frame gain adjustment */
40 GainFrame = GainFrame * GainFactor;

```

**[0035]** Como se ilustra en el pseudocódigo anterior, usando el mapeo de la FIG. 3, el ajustador de ganancia 162 puede limitar los artefactos debido a la distorsión espectral (por ejemplo, los valores atípicos de LSF) cuando se determine el factor de ganancia.

**[0036]** En el pseudocódigo anterior, la distorsión espectral se determina como una suma de cuadrados de los errores debidos a la cuantificación. Los errores debidos a la cuantificación se identifican como una diferencia, para cada valor de frecuencia espectral de un conjunto de valores de frecuencia espectral, entre una versión cuantificada del valor de frecuencia espectral y una versión no cuantificada del valor de frecuencia espectral. Cada error (por ejemplo, cada diferencia entre los valores cuantificados y no cuantificados) se eleva al cuadrado y la distorsión espectral se estima como la suma de los errores cuadráticos. En otros modos de realización, las estimaciones de distorsión espectrales pueden determinarse de acuerdo con una u otras técnicas más. Por ejemplo, la distorsión espectral puede determinarse de acuerdo con una técnica de error cuadrático medio (MSE). A modo de otro ejemplo, la distorsión espectral puede determinarse usando valores absolutos (por ejemplo, magnitudes) de diferencias entre los valores de un primer conjunto de valores de frecuencia espectral no cuantificados y un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral cuantificados.

**[0037]** Aunque el pseudocódigo anterior y el mapeo de la FIG. 3 determinen un valor de un factor de ganancia de acuerdo con un mapeo lineal parcial de las estimaciones de distorsión espectral a los valores de factores de ganancia, pueden usarse otros mapeos en otros modos de realización. Por ejemplo, otros mapeos pueden mapear estimaciones de distorsión espectral relativamente inferiores a factores de ganancia mayores (por ejemplo, 1) para una atenuación reducida y pueden mapear estimadores de distorsión espectral relativamente más altos a factores de ganancia más pequeños para una atenuación aumentada de acuerdo con la cantidad de error de cuantificación. Aunque, en algunos modos de realización, SD1 y SD2 puedan determinarse de acuerdo con valores atípicos del 8 % y del 2 %, respectivamente, en otros modos de realización, SD1 y/o SD2 pueden determinarse en base a uno o más de otros valores atípicos o pueden determinarse de forma independiente de los valores atípicos.

- 5 [0038] La FIG. 2 ilustra un modo de realización particular de los componentes del sistema 100 de la FIG. 1 configurado para ajustar la modulación de ruido y también para ajustar la ganancia de trama en base a la distorsión espectral. El módulo de análisis LP y de codificación 152 está configurado para recibir la señal de banda alta 124 de la FIG. 1 y para generar valores de frecuencia espectral, tales como información de LSP. El cuantificador 156 está configurado para recibir los valores de frecuencia espectral y para generar valores de frecuencia espectral cuantificados, tales como la información de LSP cuantificada (LSP\_Q).
- 10 [0039] Una calculadora de distorsión espectral 201 está configurada para recibir un conjunto de los valores de frecuencia espectral y un conjunto de los valores de frecuencia espectral cuantificados y para determinar una distorsión espectral 202. Por ejemplo, la calculadora de distorsión espectral 201 puede estar configurada para estimar la distorsión espectral 202 de una manera similar a la descrita con respecto al ajustador de ganancia 162 de la FIG. 1. La distorsión espectral 202 determinada puede proporcionarse a un módulo de mapeo 206.
- 15 [0040] El módulo de mapeo 206 puede estar configurado para recibir la distorsión espectral 202 y para determinar un factor de ganancia ( $g$ ) 204 en base a un mapeo de valores de distorsión espectral a valores de factor de ganancia. Por ejemplo, el módulo de correlación 206 puede estar configurado para determinar el factor de ganancia 204 de una manera similar a la descrita con respecto al ajustador de ganancia 162 de la FIG. 1. Para ilustrar, el módulo de mapeo 206 puede aplicar el mapeo 300 de la FIG. 3 para determinar un valor del factor de ganancia 204 en base a un valor recibido de la distorsión espectral 202. El factor de ganancia 204 puede proporcionarse al ajustador de ganancia 162.
- 20 [0041] Un módulo de síntesis de banda alta 207 puede estar configurado para recibir los valores de frecuencia espectral cuantificados y para recibir la señal de excitación de banda alta 161 desde el generador de excitación de banda alta 160 para generar una señal de banda alta sintetizada. Por ejemplo, el módulo de síntesis de banda alta 207 puede estar configurado para aplicar una transformación de valores LSP en valores LPC y usando los valores LPC para configurar el filtro de síntesis de banda alta LP. El módulo de síntesis de banda alta 207 puede aplicar la señal de excitación de banda alta 161 al filtro de síntesis para generar la señal de banda alta sintetizada.
- 25 [0042] En un modo de realización particular, el generador de excitación de banda alta 160 incluye un módulo de mezcla 411 que está configurado para recibir una excitación de banda baja transformada 408, ruido modulado 420 y factores de mezcla de salida 410 y para generar la señal de excitación de banda alta 161 aplicando los factores de mezcla de salida 410 para calcular una suma ponderada de la excitación de banda baja transformada 408 y del ruido modulado 420. Como se describe con más detalle con respecto a la FIG. 4, los factores de mezcla de salida 410 pueden exhibir la suavización de los factores de mezcla entre las subtramas sucesivas de la señal de audio 102 de la FIG. 1 en base a las sumas ponderadas de los factores de mezcla que se computan para las subtramas.
- 30 [0043] Una calculadora de ganancia de trama 208 puede estar configurada para determinar una ganancia de trama en base a la señal de banda alta 124 de la FIG. 1 y a la señal de banda alta sintetizada que se genera por el módulo de banda alta sintetizada 207. Por ejemplo, la calculadora de ganancia de trama 208 puede determinar un valor de ganancia de trama para una trama en particular de la señal de audio en base a una comparación de la señal de banda alta 124 con la señal de banda alta sintetizada. El valor de ganancia de trama puede ajustarse por el ajustador de ganancia 162 en base al factor de ganancia 204 para generar una ganancia de trama ajustada.
- 35 [0044] Un ejemplo del generador de excitación de banda alta 160 se describe además con referencia a la FIG. 4. El generador de excitación de banda alta 160 incluye un combinador 406 que tiene entradas acopladas a una calculadora de envolvente 402 y a un generador de ruido blanco 404. Un módulo de mezcla 411 está acoplado a una salida del combinador 406 y a una salida de un módulo de transformación no lineal 407. Un ajustador de factor de mezcla 409 se acopla a un generador de factor de mezcla 412 y está acoplado también al módulo de mezcla 411. El ajustador de factor de mezcla 409 está configurado para generar los factores de mezcla de salida 410 en base a los factores de mezcla recibidos 413. Los factores de mezcla de salida 410 se aplican por el módulo de mezcla 411 para permitir la suavización de la mezcla.
- 45 [0045] La calculadora de envolvente 402 puede recibir la señal de excitación de banda baja 144 y puede calcular una envolvente de dominio temporal de banda baja 403 correspondiente a la señal de excitación de banda baja 144. Por ejemplo, la calculadora de envolvente 402 puede estar configurada para calcular el cuadrado de cada muestra de una trama de la señal de excitación de banda baja 144 (o una versión filtrada de la señal de excitación de banda baja 144) para producir una secuencia de valores al cuadrado. La calculadora de envolvente 402 puede estar configurada para realizar una operación de suavización en la secuencia de valores al cuadrado, tal como aplicando un filtro de paso bajo de primer orden IIR a la secuencia de valores al cuadrado. La calculadora de envolvente 402 puede estar configurada para aplicar una función de raíz cuadrada a cada muestra de la secuencia suavizada para producir la envolvente de dominio temporal de banda baja 403.
- 50 [0046] El combinador 406 puede estar configurado para combinar la envolvente de dominio temporal de banda baja 403 con ruido blanco 405 generado por un generador de ruido blanco 404 para producir una señal de ruido modulada 420. Por ejemplo, el combinador 406 puede estar configurado para modular la amplitud del ruido blanco 405 de acuerdo con la envolvente de dominio temporal de banda baja 403. Por ejemplo, el combinador 406 puede
- 55
- 60
- 65

implementarse como un multiplicador que esté configurado para escalar la salida del generador de ruido 404 de acuerdo con la envolvente de dominio temporal calculado por la calculadora de envolvente 402 para producir la señal de ruido modulada 420 que se proporcione al módulo de mezcla 411.

5 **[0047]** El módulo de mezcla 411 puede estar configurado para mezclar la señal de ruido modulado 420 a partir del combinador 406 con una señal de excitación de banda baja transformada 408. Por ejemplo, la señal de excitación de banda baja transformada 408 puede generarse por el módulo de transformación no lineal 407 en base a la señal de excitación de banda baja 144. En un modo de realización particular, la transformación no lineal puede ser una transformación de valor absoluto ("|x|") o una transformación de x al cuadrado ("x<sup>2</sup>").

10 **[0048]** El módulo de mezcla 411 puede estar configurado para generar la señal de excitación de banda alta 161 mezclando la señal de ruido modulada 420 a partir del combinador 406 y la señal de excitación de banda baja transformada 408 en base a un valor de un factor de mezcla  $\alpha$  410 recibido desde el ajustador de factor de mezcla 409. Por ejemplo, el módulo de mezcla 411 puede estar configurado para calcular la señal de excitación de banda alta 161 como una suma ponderada aplicando un factor de mezcla  $\alpha$  410 a la señal de excitación de banda baja transformada 408 y ampliando un factor de  $(1 - \alpha)$  al ruido modulado 420 recibido desde el combinador 406 antes de sumar la señal de excitación de banda baja transformada 408 ponderada y el ruido modulado ponderado.

15 **[0049]** El generador de factor de mezcla 412 puede estar configurado para generar los factores de mezcla 413 como múltiples factores de mezcla para cada trama de la señal de audio. Por ejemplo, cuatro factores de mezcla  $\alpha_1, \alpha_2, \alpha_3, \alpha_4$  pueden generarse para una trama de una señal de audio y cada factor de mezcla puede corresponder a una subtrama respectiva de la trama. Por ejemplo, el generador de factor de mezcla 412 puede estar configurado para calcular los factores de mezcla de acuerdo con uno o más parámetros relacionados con una periodicidad de la señal de banda baja 122 de la FIG. 1 o de la señal de excitación de banda baja 144, tal como una ganancia de paso y/o un modo de voz (por ejemplo, con voz o sin voz). A modo de otro ejemplo, el generador de factor de mezcla 412 puede estar configurado para calcular los factores de mezcla de acuerdo con una medición de periodicidad de la señal de banda alta 124 de la FIG. 1, tal como un valor determinado más grande de un coeficiente de autocorrelación de la señal de banda alta 124 para una trama o subtrama de la señal de audio.

20 **[0050]** El ajustador de factor de mezcla 409 puede generar los factores de mezcla de salida 410, tales como cuatro factores de mezcla de salida  $\alpha_{1s}, \alpha_{2s}, \alpha_{3s}, \alpha_{4s}$ . Cada factor de mezcla puede corresponder a una subtrama de una trama de una señal de audio. El ajustador de factor de mezcla 409 puede generar los factores de mezcla de salida 410 de diversas formas para suavizar de forma adaptativa los factores de mezcla dentro de una única trama o a través de múltiples tramas para reducir una ocurrencia y/o el alcance de las fluctuaciones de los factores de mezcla de salida 410. Para ilustrar, el ajustador de factor de mezcla 409 puede incluir un filtro configurado para recibir un primer valor del factor de mezcla  $\alpha$  (por ejemplo,  $\alpha_1$ ) que corresponda a una primera subtrama de una trama particular y para recibir un segundo valor del factor de mezcla  $\alpha$  (por ejemplo,  $\alpha_2$ ) que corresponda a una segunda subtrama de la trama particular. El ajustador de factor de mezcla 409 puede estar configurado para generar un tercer valor de un factor de mezcla (por ejemplo,  $\alpha_{2s}$ ) al menos parcialmente en base al primer valor del factor de mezcla  $\alpha$  (por ejemplo,  $\alpha_1$ ) y al segundo valor del factor de mezcla (por ejemplo,  $\alpha_{2s}$ ).

25 **[0051]** Por ejemplo, un primer enfoque puede incluir generar un valor del factor de mezcla  $\alpha$  en base a los valores de factor de mezcla correspondientes a porciones (por ejemplo, subtramas) de una única trama. El pseudocódigo siguiente corresponde al primer enfoque.

30 `/* Enfoque 1: Factor de mezcla en base a valores dentro de una trama */  
mix_factor_new[0] = mix_factor[0]; /* Iniciar el primer factor de mezcla de subtrama */  
NB_SUBFR = 4; /* cuatro subtramas por trama */  
K1 = 0.8;  
50 para (i = 1; i < NB_SUBFR; i++)  
{  
} mix_factor_new[i] = K1 * mix_factor[i] + (1-K1) * mix_factor[i-1];`

35 **[0052]** En el pseudocódigo anterior para el primer enfoque, `mix_factor[i]` corresponde a un i-ésimo factor de mezcla 413 generado por el generador de factor de mezcla 412 para una trama particular (por ejemplo, `mix_factor [0]` puede corresponder a  $\alpha_1$ ) y `mix_factor_new[i]` corresponde a un i-ésimo factor de mezcla emitido 410 (por ejemplo, `mix_factor_new[0]` puede corresponder a  $\alpha_{1s}$ ). K1 determina una cantidad de suavización entre subtramas y se ilustra teniendo un valor de 0,8. Sin embargo, en otros modos de realización, K1 puede establecerse en otros valores de acuerdo con una cantidad de suavización que vaya a aplicarse. Por ejemplo, no se aplica ninguna suavización cuando K1 = 1 y la suavización aumenta con la disminución del valor de K1.

40 **[0053]** Otros factores, tal como el tipo de codificación (por ejemplo, si una trama corresponde o no a una trama con voz o a una trama sin voz), pueden usarse también para determinar si generar valores suavizados de factores de mezcla. Por ejemplo, el ajustador de factor de mezcla 409 puede ser sensible a una indicación de un tipo de codificación (`coder_type`) 422 para generar los factores de mezcla. Para ilustrar, puede activarse la suavización del

factor de mezcla cuando la indicación del tipo de codificación corresponda a una trama con voz y puede desactivarse cuando la indicación del tipo de codificación corresponda a una trama sin voz. A modo de otro ejemplo, el ajustador de factor de mezcla 409 puede ser sensible a la información de la distorsión espectral (SD) 202 de la FIG. 2 para variar los factores de mezcla. A modo de ejemplo, cuando la distorsión espectral sea relativamente alta (por ejemplo, mayor que una cantidad umbral, por ejemplo, de acuerdo con un valor atípico del 8 % o del 2 % como se describe con respecto a la distorsión espectral de la FIG. 3), un valor del factor de mezcla  $\alpha$  puede limitarse a un intervalo de 0 a 0,5, con más inclinación hacia el ruido modulado. Por otro lado, cuando la distorsión espectral 202 sea relativamente baja (por ejemplo, menos de una cantidad umbral correspondiente al valor atípico del 8 % como se ha descrito con respecto al SD1 de la FIG. 3), la mezcla puede inclinarse hacia la excitación de banda baja transformada.

**[0054]** Un segundo enfoque puede incluir generar un valor del factor de mezcla  $\alpha$  en base a los valores de factor de mezcla correspondientes a porciones (por ejemplo, subtramas) de tramas diferentes. El pseudocódigo siguiente corresponde al segundo enfoque.

```

15 /* Enfoque 2: Factor de mezcla en base a valores a través de tramas */
   NB SUBFR = 4;
   K1 = 0.8;
   mix_factor_new[0] = K1 * mix_factor[0] + (1-K1) * mix_factor_old; //primera subtrama
   para (i = 1; i < NB_SUBFR; i++)
20 {
   } mix_factor_new[i] = K1 * mix_factor[i] + (1-K1) * mix_factor[i-1];
   mix_factor_old = mix_factor_new[i];

```

**[0055]** En el pseudocódigo anterior para el segundo enfoque,  $\text{mix\_factor}[i]$  corresponde a un  $i$ -ésimo factor de mezcla 413 generado por el generador de factor de mezcla 412 para una trama particular (por ejemplo,  $\text{mix\_factor}[0]$  puede corresponder a  $\alpha_1$ ) y  $\text{mix\_factor\_new}[i]$  corresponde a un  $i$ -ésimo factor de mezcla emitido 410 para la trama particular (por ejemplo,  $\text{mix\_factor\_new}[0]$  puede corresponder a  $\alpha_{1s}$ ). La suavización se realiza a través de tramas a través de  $\text{mix\_factor\_old}$ , que activa la suavización de una primera subtrama de una trama actual en base a un factor de mezcla determinado para una última subtrama de una trama anterior.

**[0056]** Un tercer enfoque puede incluir generar el factor de mezcla  $\alpha$  usando un valor de adaptación. El pseudocódigo siguiente corresponde al tercer enfoque.

**[0057]**

```

35 /* Enfoque 3: Generación del factor de mezcla usando el K1 adaptativo */
   NB SUBFR = 4;
   /* Estimar la energía de banda alta actual; si varía rápidamente úsese un factor de suavización
   más lento */
40 si (hb_energy_prev > 2 * hb_energy_curr || hb_energy_curr > 2 * hb_energy_prev)
   K1 = 0.8;
   si no
   K1 = 0.3;
   mix_factor_new[0] = K1 * mix_factor[0] + (1-K1) * mix_factor_old; //primera subtrama
45 para (i = 1; i < NB_SUBFR; i++)
   {
   } mix_factor_new[i] = K1 * mix_factor[i] + (1-K1) * mix_factor[i-1];
   mix_factor_old = mix_factor_new[i];

```

**[0058]** En el pseudocódigo anterior para el tercer enfoque, la suavización se activa a través de las tramas de una manera similar al segundo enfoque. Además, un valor de  $K1$  se determina en base a la fluctuación de la energía de banda alta de la señal de audio. Por ejemplo, una primera ponderación (por ejemplo,  $K1$ ) aplicada al primer valor y una segunda ponderación (por ejemplo,  $1-K1$ ) aplicada al segundo valor se determinan en base a la fluctuación de la energía de la señal de banda alta 124 de la FIG. 1. Un primer valor de energía de banda alta  $\text{hb\_energy\_prev}$  corresponde a una energía de la señal de banda alta durante una primera porción de la señal de audio (por ejemplo, una trama anterior) y un segundo valor de energía de banda alta  $\text{hb\_energy\_curr}$  corresponde a una energía de la señal de banda alta durante una segunda porción de la señal de audio (por ejemplo, una trama actual).

**[0059]** Cuando se determina que una fluctuación en la energía de banda alta entre las tramas es relativamente grande, se determina que la primera ponderación (por ejemplo,  $K1$ ) y la segunda ponderación (por ejemplo,  $1-K1$ ) tienen valores que permiten un índice mayor de cambio y menos suavización entre los factores de mezcla de subtramas sucesivas. Por ejemplo, en el pseudocódigo para el tercer enfoque, la primera ponderación (por ejemplo,  $K1 = 0,8$ ) se selecciona para ser mayor que la segunda ponderación (por ejemplo,  $(1-K1) = 0,2$ ) en respuesta al primer valor de energía de banda alta que excede un primer umbral (por ejemplo, cuando  $\text{hb\_energy\_prev}$  es mayor que  $2 * \text{hb\_energy\_curr}$ ) o en respuesta al segundo valor de energía de banda alta que excede un segundo umbral (por

ejemplo, cuando  $hb\_energy\_curr$  es mayor que  $2 * hb\_energy\_prev$ ). El primer umbral corresponde al segundo valor de energía de banda alta ( $hb\_energy\_curr$ ) escalado por un factor de escala (por ejemplo, 2 en el pseudocódigo anterior). El segundo umbral corresponde al primer valor de energía de banda alta ( $hb\_energy\_prev$ ) escalado por el factor de escala.

5 **[0060]** Cuando se determina que una fluctuación en la energía de banda alta entre las tramas es relativamente pequeña, se determina que la primera ponderación (por ejemplo,  $K1$ ) y la segunda ponderación (por ejemplo,  $1-K1$ ) tienen valores que permiten un índice menor de cambio y una suavización mayor entre los factores de mezcla de subtramas sucesivas. Por ejemplo, en el pseudocódigo para el tercer enfoque, la primera ponderación (por ejemplo,  $K1 = 0,3$ ) se selecciona para ser menor que la segunda ponderación (por ejemplo,  $(1-K1) = 0,7$ ) en respuesta al primer valor de energía de banda alta que no excede el primer umbral (por ejemplo, cuando  $hb\_energy\_prev$  sea menor que o igual a  $2 * hb\_energy\_curr$ ) y al segundo valor de energía de banda alta que no excede el segundo umbral (por ejemplo, cuando  $hb\_energy\_curr$  es menor que o igual a  $2 * hb\_energy\_prev$ ).

15 **[0061]** Aunque el pseudocódigo para el tercer enfoque proporcione un ejemplo ilustrativo de determinar las primera y segunda ponderaciones en base a la fluctuación de la energía de banda alta, en otros modos de realización pueden hacerse comparaciones alternativas y/o adicionales de los valores de energía de banda alta entre múltiples tramas para determinar los valores de las primera y segunda ponderaciones y para controlar la suavización del factor de mezcla.

20 **[0062]** Por lo tanto, como se muestra en la FIG. 4, el generador de excitación de banda alta 160 puede generar factores de mezcla suavizados 410 y puede determinar de forma adaptativa uno o más parámetros de suavización (por ejemplo,  $K1$ ) en base a una cantidad de fluctuación de la energía de banda alta de trama a trama.

25 **[0063]** Con referencia a la FIG. 5, se muestra un diagrama de flujo de un modo de realización particular de un procedimiento para realizar el control de ganancia y generalmente se designa con 500. En un modo de realización ilustrativo, el procedimiento 500 puede realizarse mediante el sistema 100 de la FIG. 1, tal como mediante el generador de excitación de banda alta 160.

30 **[0064]** Se recibe un primer valor de un factor de mezcla, en 502. El primer valor corresponde a una primera porción de una señal de audio recibida en un codificador de audio. Se recibe un segundo valor del factor de mezcla, en 504. El segundo valor corresponde a una segunda porción de la señal de audio. El primer valor puede generarse en base a una porción de banda baja de una primera subtrama de la señal de audio y el segundo valor puede generarse a partir de una porción de banda baja de una segunda subtrama de la señal de audio. Por ejemplo, el ajustador de factor de mezcla 409 de la FIG. 4 recibe valores de los factores de mezcla 413 desde el generador de factor de mezcla 412. Para ilustrar, el primer valor puede corresponder a uno de  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  o  $\alpha_4$  y el segundo valor puede corresponder a otro de  $\alpha_1$ ,  $\alpha_2$ ,  $\alpha_3$  o  $\alpha_4$ .

40 **[0065]** Un tercer valor del factor de mezcla se genera al menos parcialmente en base al primer valor y al segundo valor, en 506. Por ejemplo, el ajustador de factor de mezcla 409 genera valores de los factores de mezcla de salida 410 en base a cantidades ponderadas de múltiples valores recibidos de los factores de mezcla 413.

45 **[0066]** La generación del tercer valor puede incluir determinar una suma ponderada del primer valor y del segundo valor. Por ejemplo, en el tercer enfoque descrito con respecto al ajustador de factor de mezcla 409 de la FIG. 4, una primera ponderación aplicada al primer valor (por ejemplo,  $K1$ ) y una segunda ponderación aplicada al segundo valor (por ejemplo,  $1-K1$ ) pueden determinarse en base a la fluctuación de la energía de banda alta de la señal de audio. La primera ponderación y la segunda ponderación pueden determinarse en base a un primer valor de energía de banda alta correspondiente a la primera porción y además en base a un segundo valor de energía de banda alta correspondiente a la segunda porción (por ejemplo, como se describe en el pseudocódigo correspondiente al tercer enfoque como  $hb\_energy\_prev$  y  $hb\_energy\_curr$ , respectivamente). La primera ponderación puede seleccionarse para ser mayor que la segunda ponderación en respuesta a que el primer valor de energía de banda alta exceda un primer umbral (por ejemplo,  $hb\_energy\_prev > primer\ umbral$ ) o en respuesta a que el segundo valor de energía de banda alta exceda un segundo umbral (por ejemplo,  $hb\_energy\_curr > segundo\ umbral$ ). El primer umbral puede corresponder al segundo valor de energía de banda alta escalado por un factor de escala (por ejemplo, primer umbral =  $2 * hb\_energy\_curr$ ) y el segundo umbral puede corresponder al primer valor de energía de banda alta escalado por el factor de escala (por ejemplo, segundo umbral =  $2 * hb\_energy\_prev$ ).

60 **[0067]** La primera porción puede incluir una primera subtrama de la señal de audio y la segunda porción puede incluir una segunda subtrama de la señal de audio. Por ejemplo, la primera subtrama y la segunda subtrama pueden estar en una única subtrama de la señal de audio. Para ilustrar, cada uno del primer enfoque, del segundo enfoque y del tercer enfoque descritos con respecto al ajustador de factor de mezcla 409 de la FIG. 4 puede generar un tercer valor del factor de mezcla en base a un primer valor del factor de mezcla correspondiente a una subtrama de una trama particular y en base a un segundo valor del factor de mezcla correspondiente a otra subtrama de la trama particular.

65 **[0068]** A modo de otro ejemplo, la primera subtrama y la segunda subtrama pueden estar en tramas diferentes de

la señal de audio. Por ejemplo, el segundo enfoque y el tercer enfoque descritos con respecto al ajustador de factor de mezcla 409 de la FIG. 4 pueden generar un tercer valor del factor de mezcla (por ejemplo, para una primera subtrama de una trama particular) en base a un primer valor del factor de mezcla correspondiente a una última subtrama de una trama anterior y en base a un segundo valor del factor de mezcla correspondiente a la primera subtrama de la trama particular.

**[0069]** Una señal de excitación se mezcla con el ruido modulado en base al tercer valor del factor de mezcla, en 508. Por ejemplo, puede generarse una señal de excitación de banda alta correspondiente a una porción de banda alta de la señal de audio. La señal de excitación de banda alta puede generarse en base a la combinación del ruido modulado y de la señal de excitación, donde la señal de excitación corresponde a una versión transformada de una señal de excitación de banda baja. Por ejemplo, el módulo de mezcla 411 de la FIG. 4 puede generar la señal de excitación de banda alta 161 en base a la combinación del ruido modulado 420 a partir del combinador 406 y la versión transformada de la señal de excitación de banda baja 144 (correspondiente a una porción de banda baja de la señal de audio 102 de la FIG. 1). El factor de mezcla puede indicar una relación del ruido modulado con la versión transformada de la señal de excitación de banda baja. Por ejemplo, la señal de excitación de banda alta puede generarse como una suma ponderada del ruido modulado y de la versión transformada de la señal de excitación de banda baja.

**[0070]** En modos de realización particulares, el procedimiento 500 de la FIG. 5 puede implementarse a través de hardware (por ejemplo, un dispositivo de matriz de puertas programable in situ (FPGA), un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC) de una unidad de procesamiento tal como una unidad de procesamiento central (CPU), un procesador de señales digitales (DSP) o un controlador, a través de otro dispositivo de firmware o de cualquier combinación de los mismos. A modo de ejemplo, el procedimiento 500 de la FIG. 5 puede realizarse por un procesador que ejecute instrucciones, tal como se describe con respecto a la FIG. 7.

**[0071]** En referencia a la FIG. 6, se muestra un diagrama de flujo de un modo de realización particular de un procedimiento para realizar el control de ganancia y se designa generalmente con 600. En un modo de realización ilustrativo, el procedimiento 600 puede realizarse mediante el sistema 100 de la FIG. 1, tal como mediante el módulo de análisis de banda alta 160.

**[0072]** Se determina un primer conjunto de valores de frecuencia espectral correspondientes a una señal de audio, en 602. Por ejemplo, el primer conjunto de valores de frecuencia espectral puede generarse por el módulo de análisis LP y de codificación 152 de la FIG. 1. Para ilustrar, el primer conjunto de valores de frecuencia espectral puede determinarse realizando el análisis LPC para producir un conjunto de coeficientes de filtro LP para cada trama de una porción de banda alta de una señal de audio y puede incluir una transformación de los coeficientes de filtro LP.

**[0073]** Se determina un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxima al primer conjunto de valores de frecuencia espectral, en 604. El segundo conjunto de valores espectrales se generarse por el cuantificador 156 de la FIG. 1. El segundo conjunto de valores de frecuencia espectral puede determinarse buscando un libro de códigos, tales como el libro de códigos 163 de la FIG. 1, en base al primer conjunto de valores de frecuencia espectral. En un modo de realización particular, el primer conjunto de valores de frecuencia espectral incluye valores de frecuencia espectral de línea (LSF) y el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral incluye los valores LSF cuantificados. En otros modos de realización, el primer conjunto de valores de frecuencia espectral puede ser valores distintos de los valores LSF. Por ejemplo, el primer conjunto de valores de frecuencia espectral puede incluir valores de coeficiente de predicción lineal (LPC) y el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral puede incluir valores LPC cuantificados.

**[0074]** Un valor de ganancia correspondiente a al menos una porción de la señal de audio se ajusta en base a la diferencia entre el primer conjunto y el segundo conjunto, en 606. El valor de ganancia puede corresponder a una ganancia de trama de una trama de la señal de audio. Por ejemplo, el valor de ganancia de trama puede generarse en base a la porción de banda alta de la señal de audio 102 de la FIG. 1 y de una señal de banda alta sintetizada generada aplicando la señal de excitación de banda alta 161 a un filtro de síntesis, tales como el filtro de síntesis 207 de la FIG. 2. En un modo de realización particular, el filtro de síntesis puede estar configurado de acuerdo con el primer conjunto de valores de frecuencia espectral o de acuerdo con el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral (después de transformar el segundo conjunto para generar valores no cuantificados).

**[0075]** El ajuste del valor de ganancia incluye determinar una distorsión espectral entre el primer conjunto de valores de frecuencia espectral y el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral, en 608. Por ejemplo, la distorsión espectral puede ser la SD 202 generada por el módulo de distorsión espectral 201 de la FIG. 2. Una distorsión espectral correspondiente a la diferencia entre el primer conjunto y el segundo conjunto puede estimarse de acuerdo con diversas técnicas. Por ejemplo, la distorsión espectral puede determinarse de acuerdo con un error cuadrático medio de valores en el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral en comparación con los valores en el primer conjunto de valores de frecuencia espectral. A modo de otro ejemplo, la distorsión espectral puede determinarse de acuerdo con una diferencia absoluta entre los valores en el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral en comparación con los valores en el primer conjunto de valores de frecuencia espectral.

- 5 **[0076]** El ajuste del valor de ganancia también incluye determinar un factor de ganancia en base a la distorsión espectral, en 610. El factor de ganancia puede determinarse de acuerdo con un mapeo de valores de distorsión espectral a los valores de factor de ganancia, tales como los descritos con respecto al factor de ganancia 204 generado por el módulo de correlación 206 de la FIG. 2 de acuerdo con el mapeo 300 de la FIG. 3. Para ilustrar, una porción del mapeo puede definir que un aumento de la distorsión espectral corresponde a una disminución del valor de factor de ganancia, tal como se ilustra por la porción inclinada del mapeo 300 entre SD1 y SD2. El mapeo puede ser al menos parcialmente en base a los valores de distorsión espectral correspondientes a los valores atípicos de una función de distribución de probabilidad, tal como se describe con respecto a SD1 y a SD2 de la FIG. 3.
- 10 **[0077]** El ajuste del valor de ganancia también incluye el ajuste de la ganancia de trama aplicando el factor de ganancia a la ganancia de trama, en 612. Para ilustrar, el valor de ganancia puede multiplicarse por el factor de ganancia para atenuar las porciones de la señal de banda alta en base a una cantidad de error de cuantificación. Aunque el procedimiento 600 se describa con respecto a los componentes de banda alta de las FIG. 1 y 4, el procedimiento 600 puede aplicarse con respecto a la señal de banda baja 122 de la FIG. 1 o a cualquier otra porción de una señal de audio 102 recibida en un codificador.
- 15 **[0078]** En modos de realización particulares, el procedimiento 600 de la FIG. 6 puede implementarse a través de hardware (por ejemplo, un dispositivo de matriz de puertas programable in situ (FPGA), un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC), etc.) de una unidad de procesamiento, tal como una unidad de procesamiento central (CPU), un procesador de señales digitales (DSP) o un controlador, a través de un dispositivo de firmware o de cualquier combinación de los mismos. A modo de ejemplo, el procedimiento 600 de la FIG. 6 puede realizarse por un procesador que ejecute instrucciones, tal como se describe adicionalmente con referencia a la FIG. 7.
- 20 **[0079]** Las FIG. 1-6 ilustran por consiguiente ejemplos que incluyen sistemas y procedimientos que realizan el ajuste de ganancia en base a la distorsión espectral estimada y/o realizan la suavización del factor de mezcla para reducir los artefactos debidos al ruido.
- 25 **[0080]** Con referencia a la FIG. 7, un diagrama de bloques de un modo de realización ilustrativo particular de un dispositivo de comunicación inalámbrica se representa y se designa generalmente con 700. El dispositivo 700 incluye un procesador 710 (por ejemplo, una unidad de procesamiento central (CPU), un procesador de señales digitales (DSP) etc.), acoplado a una memoria 732. La memoria 732 puede incluir instrucciones 760 ejecutables por el procesador 710 y/o un codificador/descodificador (CODEC) 734 para realizar los procedimientos y procesos divulgados en el presente documento, tales como los procedimientos de las FIG. 5-6.
- 30 **[0081]** El CODEC 734 puede incluir un sistema de modulación de ruido 776. En un modo de realización particular, el sistema de modulación de ruido 776 incluye uno o más componentes del sistema 400 de la FIG. 4. El sistema de modulación de ruido 776 puede implementarse a través de hardware dedicado (por ejemplo, conjunto de circuitos), por un procesador que ejecute las instrucciones para realizar una o más tareas o por una combinación de los mismos. A modo de ejemplo, la memoria 732 o una memoria en el CODEC 734 puede ser un dispositivo de memoria, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de acceso aleatorio magnetorresistiva (MRAM), una transferencia de torsión de spin MRAM (STT-MRAM), una memoria flash, una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura programable (PROM), una memoria de sólo lectura programable borrrable (EPROM), una memoria de sólo lectura programable borrrable eléctricamente (EEPROM), registros, un disco duro, un disco extraíble o un disco compacto de memoria de sólo lectura (CD-ROM). El dispositivo de memoria puede incluir instrucciones (por ejemplo, las instrucciones 760) que, cuando se ejecuten por un ordenador (por ejemplo, un procesador en el CODEC 734 y/o el procesador 710), puedan causar que el equipo reciba un primer valor de un factor de mezcla correspondiente a una primera porción de una señal de audio, que reciba un segundo valor del factor de mezcla correspondiente a una segunda porción de la señal de audio y que genere un tercer valor del factor de mezcla, al menos parcialmente en base al primer valor y al segundo valor. A modo de ejemplo, la memoria 732 o una memoria en el CODEC 734 puede ser un medio legible por ordenador no transitorio que incluya instrucciones (por ejemplo, las instrucciones 760) que, cuando se ejecuten por un ordenador (por ejemplo, un procesador en el CODEC 734 y/o el procesador 710), causen que el ordenador realice al menos una porción del procedimiento 500 de la FIG. 5.
- 35 **[0082]** El CODEC 734 puede incluir un sistema de ajuste de ganancia 778. En un modo de realización particular, el sistema de ajuste de ganancia 778 incluye el ajustador de ganancia 162 de la FIG. 1. El sistema de ajuste de ganancia 778 puede implementarse a través de hardware dedicado (por ejemplo, conjunto de circuitos), por un procesador que ejecute las instrucciones para realizar una o más tareas o una combinación de los mismos. A modo de ejemplo, la memoria 732 puede ser un dispositivo de memoria que incluya instrucciones (por ejemplo, las instrucciones 760) que, cuando se ejecuten por un ordenador (por ejemplo, un procesador en el CODEC 734 y/o el procesador 710), causen que el ordenador determine un primer conjunto de valores de frecuencia espectral correspondientes a una señal de audio, que determine un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxime al primer conjunto de valores de frecuencia espectral y que ajuste un valor de ganancia correspondiente a al menos una porción de la señal de audio en base a una diferencia entre el primer conjunto y el segundo conjunto. A modo de ejemplo, la memoria 732 o una memoria en el CODEC 734 puede ser un medio legible por ordenador no transitorio que incluya instrucciones (por ejemplo, las instrucciones 760) que, cuando se ejecuten por un ordenador (por ejemplo, un procesador en el CODEC 734 y/o el procesador 710), causen que el ordenador realice al menos una porción del procedimiento 600 de
- 40
- 45
- 50
- 55
- 60
- 65

la FIG. 6.

**[0083]** La FIG. 7 muestra también un controlador de pantalla 726 que está acoplado al procesador 710 y a una pantalla 728. El CODEC 734 puede estar acoplado al procesador 710, como se muestra. Un altavoz 736 y un micrófono 738 pueden estar acoplados al CODEC 734. Por ejemplo, el micrófono 738 puede generar la señal de audio de entrada 102 de la FIG. 1, y el CODEC 734 puede generar el flujo de bits de salida 192 para su transmisión a un receptor en base a la señal de audio de entrada 102. A modo de otro ejemplo, el altavoz 736 puede usarse para emitir una señal reconstruida por el CODEC 734 desde el flujo de bits de salida 192 de la FIG. 1, donde se recibe el flujo de bits de salida 192 desde un transmisor. La FIG. 7 indica también que un controlador inalámbrico 740 puede estar acoplado al procesador 710 y a una antena inalámbrica 742.

**[0084]** En un modo de realización particular, el procesador 710, el controlador de pantalla 726, la memoria 732, el CODEC 734 y el controlador inalámbrico 740 se incluyen en un dispositivo de sistema en paquete o de sistema en chip (por ejemplo, un módem de estación móvil (MSM)) 722. En un modo de realización particular, un dispositivo de entrada 730, tal como una pantalla táctil y/o un teclado, y un suministro de energía 744 están acoplados al dispositivo de sistema en chip 722. Además, en un modo de realización particular, como se ilustra en la FIG. 7, la pantalla 728, el dispositivo de entrada 730, el altavoz 736, el micrófono 738, la antena inalámbrica 742 y el suministro de alimentación 744 son externos al dispositivo de sistema en chip 722. Sin embargo, cada uno de la pantalla 728, del dispositivo de entrada 730, del altavoz 736, del micrófono 738, de la antena inalámbrica 742 y del suministro de alimentación 744 pueden estar acoplados a un componente del dispositivo de sistema en chip 722, tal como una interfaz o un controlador.

**[0085]** En conjunción con los modos de realización descritos, se divulga un aparato que incluye medios para generar un tercer valor de un factor de mezcla al menos parcialmente en base a un primer valor del factor de mezcla y a un segundo valor del factor de mezcla, donde el primer valor corresponde a una primera porción de una señal de audio recibida en un codificador de audio y el segundo valor corresponde a una segunda porción de la señal de audio. Por ejemplo, los medios para generar pueden incluir el generador de excitación de banda alta 160 de la FIG. 1, el ajustador de factor de mezcla 409 de la FIG. 4, el sistema de modulación de ruido 776 de la FIG. 7 o un componente del mismo, uno o más dispositivos, tales como un filtro, configurados para generar un tercer valor en base al primer valor y al segundo valor (por ejemplo, un procesador que ejecute instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio) o cualquier combinación de los mismos.

**[0086]** El aparato puede incluir también medios para generar una señal de excitación de banda alta correspondiente a una porción de banda alta de la señal de audio combinando ruido modulado y una versión transformada de una señal de excitación de banda baja. La señal de excitación de banda baja corresponde a una porción de banda baja de la señal de audio. Los medios para generar pueden estar configurados para combinar el ruido modulado y la versión transformada de la señal de excitación de banda baja en base al tercer valor. Por ejemplo, los medios para generar la señal de excitación de banda alta pueden incluir el generador de excitación de banda alta 160 de la FIG. 1, el mezclador 411 de la FIG. 4, el sistema de modulación de ruido 776 de la FIG. 7 o un componente del mismo, uno o más dispositivos configurados para generar una señal de excitación (por ejemplo, un procesador que ejecute instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio) o cualquier combinación de los mismos.

**[0087]** En conjunción con los modos de realización descritos, se divulga un aparato que incluye medios para determinar un primer conjunto de valores de frecuencia espectral correspondientes a una señal de audio. Por ejemplo, los medios para determinar el primer conjunto pueden incluir el módulo de análisis LP y de modulación 152 de la FIG. 1, el sistema de ajuste de ganancia 778 de la FIG. 7 o un componente del mismo, uno o más dispositivos configurados para generar valores de frecuencia espectral correspondientes a una señal de audio (por ejemplo, un procesador que ejecute instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio) o cualquier combinación de los mismos.

**[0088]** El aparato también incluye medios para generar un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxime al primer conjunto de valores de frecuencia espectral. Por ejemplo, los medios para generar el segundo conjunto pueden incluir el cuantificador 156 de la FIG. 1, el sistema de ajuste de ganancia 778 de la FIG. 7 o un componente del mismo, uno o más dispositivos configurados para generar un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxime a un primer conjunto de valores de frecuencia espectral (por ejemplo, un procesador que ejecute instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio) o cualquier combinación de los mismos.

**[0089]** El aparato también incluye medios para ajustar un valor de ganancia correspondiente a al menos una porción de la señal de audio en base a la diferencia entre el primer conjunto y el segundo conjunto. Por ejemplo, los medios para ajustar pueden incluir el ajustador de ganancia 162 de la FIG. 1, el sistema de ajuste de ganancia 778 de la FIG. 7 o un componente del mismo, uno o más dispositivos configurados para ajustar un valor de ganancia (por ejemplo, un procesador que ejecute instrucciones en un medio de almacenamiento legible por ordenador no transitorio) o cualquier combinación de los mismos.

**[0090]** Los expertos en la técnica apreciarán además que los diversos bloques, configuraciones, módulos, circuitos

y etapas de algoritmos lógicos ilustrativos descritos en conexión con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden implementarse como hardware electrónico, como software informático ejecutado por un dispositivo de procesamiento o como combinaciones de ambos. Diversos componentes, bloques, configuraciones, módulos, circuitos y etapas ilustrativos se han descrito anteriormente generalmente en términos de su funcionalidad.

- 5 Que dicha funcionalidad se implemente como hardware o software ejecutable dependerá de la aplicación particular y de las limitaciones de diseño impuestas sobre todo el sistema. Los expertos en la técnica pueden implementar la funcionalidad descrita de diversas formas para cada solicitud particular, pero dichas decisiones de implementación no deberían interpretarse como causantes de una salida del alcance de la presente divulgación.
- 10 **[0091]** Las etapas de un procedimiento o algoritmo descrito en conexión con los modos de realización divulgados en el presente documento pueden realizarse directamente en hardware, en un módulo de software ejecutado por un procesador o en una combinación de los dos. Un módulo de software puede residir en un dispositivo de memoria, tal como una memoria de acceso aleatorio (RAM), una memoria de acceso aleatorio magnetorresistiva (MRAM), una transferencia de torsión de spin MRAM (STT-MRAM), una memoria flash, una memoria de sólo lectura (ROM), una memoria de sólo lectura programable (PROM), una memoria de sólo lectura programable borrrable (EPROM), una memoria de sólo lectura programable borrrable eléctricamente (EEPROM), registros, un disco duro, un disco extraíble o un disco compacto de memoria de sólo lectura (CD-ROM). Un medio de almacenamiento a modo de ejemplo está acoplado al procesador de tal manera que el procesador puede leer la información del y escribir la información al, dispositivo de memoria. En la alternativa, el dispositivo de memoria puede ser parte integrante del procesador. El procesador y el medio de almacenamiento pueden residir en un circuito integrado para aplicaciones específicas (ASIC). El ASIC puede residir en un dispositivo informático o en un terminal de usuario. En la alternativa, el procesador y el medio de almacenamiento pueden residir como componentes discretos en un dispositivo informático o en un terminal de usuario.
- 15
- 20
- 25 **[0092]** La descripción anterior de los modos de realización divulgados se proporciona para permitir que cualquier experto en la técnica haga o use los modos de realización divulgados. Diversas modificaciones a estos modos de realización resultarán fácilmente evidentes para los expertos en la técnica y los principios definidos en el presente documento pueden aplicarse a otros modos de realización sin salirse del alcance de la divulgación. Por consiguiente, la presente divulgación no pretende limitarse a los modos de realización mostrados en el presente documento, sino que se le ha de acordar el alcance más amplio posible dentro del alcance definido por las siguientes reivindicaciones.
- 30

**REIVINDICACIONES**

- 5 1. Un procedimiento (600) de control de ganancia para la codificación o la decodificación de audio, comprendiendo el procedimiento:
  - determinar (602) un primer conjunto de valores de frecuencia espectral correspondiente a una porción de banda alta de una señal de audio, siendo el primer conjunto de valores de frecuencia espectral valores de frecuencia espectral de línea, LSF, o valores de coeficiente de predicción lineal, LPC;
  - 10 determinar (604), mediante la cuantificación del primer conjunto de valores de frecuencia espectral, un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxime al primer conjunto de valores de frecuencia espectral;
  - estimar (608) una distorsión espectral correspondiente a la diferencia entre el primer conjunto de valores de frecuencia espectral y el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral;
  - 15 determinar (610) un factor de ganancia de acuerdo con un mapeo de la distorsión espectral al factor de ganancia; y
  - ajustar (612) una ganancia de trama correspondiente a al menos una porción de la señal de audio en base al factor de ganancia, en el que la ganancia de trama se determina en base a una señal de banda alta sintetizada y en base a la porción de banda alta de la señal de audio, sintetizándose la señal de banda alta sintetizada en base al primer o al segundo conjunto de valores de frecuencia espectral.
- 25 2. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la distorsión espectral se estima (608) de acuerdo con un error cuadrático medio de valores en el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral en comparación con valores en el primer conjunto de valores de frecuencia espectral.
- 30 3. El procedimiento de la reivindicación 1, en el que la distorsión espectral se estima (608) de acuerdo con una diferencia absoluta entre valores en el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral en comparación con valores en el primer conjunto de valores de frecuencia espectral.
- 35 4. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el primer conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores de frecuencia espectral de línea, LSF, y en el que el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores LSF cuantificados.
- 40 5. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 3, en el que el primer conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores de coeficiente de predicción lineal, LPC, y en el que el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores LPC cuantificados.
- 45 6. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 5, que comprende además determinar el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral mediante la búsqueda de un libro de códigos (163) en base al primer conjunto de valores de frecuencia espectral.
- 50 7. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 6, en el que una porción del mapeo define que un aumento en el valor de distorsión espectral corresponde a una disminución en el valor del factor de ganancia.
- 55 8. El procedimiento de cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que el mapeo se basa al menos parcialmente en valores de distorsión espectral correspondientes a valores atípicos de una función de distribución de probabilidad.
- 60 9. Un aparato (100, 700), que comprende:
  - un filtro de análisis (152) configurado para determinar (602) un primer conjunto de valores de frecuencia espectral correspondiente a una porción de banda alta de una señal de audio, siendo el primer conjunto de valores de frecuencia espectral valores de frecuencia espectral de línea, LSF, o valores de coeficiente de predicción lineal, LPC;
  - un cuantificador (156) configurado para generar (604), mediante la cuantificación del primer conjunto de valores de frecuencia espectral, un segundo conjunto de valores de frecuencia espectral que se aproxime al primer conjunto de valores de frecuencia espectral;
  - una calculadora de distorsión espectral (201) configurada para estimar (608) una distorsión espectral correspondiente a la diferencia entre el primer conjunto de valores de frecuencia espectral y el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral;
  - un módulo (206) configurado para determinar (610) un factor de ganancia de acuerdo con un mapeo de la distorsión espectral al factor de ganancia; y
  - un circuito de ganancia (162) configurado para ajustar (612) una ganancia de trama correspondiente a al menos una porción de la señal de audio en base al factor de ganancia, en el que la ganancia de trama se determina en base a una señal de banda alta sintetizada y en base a la porción de banda alta de la señal de

audio, sintetizándose la señal de banda alta sintetizada en base al primer o al segundo conjunto de valores de frecuencia espectral.

- 5
10. El aparato de la reivindicación 9, en el que la calculadora de distorsión espectral (201) está configurada para estimar la distorsión espectral de acuerdo con un error cuadrático medio de valores en el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral en comparación con valores en el primer conjunto de valores de frecuencia espectral.
- 10
11. El aparato de la reivindicación 9, en el que la calculadora de distorsión espectral (201) está configurada para estimar la distorsión espectral de acuerdo con una diferencia absoluta entre valores en el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral en comparación con valores en el primer conjunto de valores de frecuencia espectral.
- 15
12. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el primer conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores de frecuencia espectral de línea, LSF, y en el que el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores LSF cuantificados.
- 20
13. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 11, en el que el primer conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores de coeficiente de predicción lineal, LPC, y en el que el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral comprende valores LPC cuantificados.
- 25
14. El aparato de cualquiera de las reivindicaciones 9 a 13, en el que el cuantificador (156) está configurado para generar (604) el segundo conjunto de valores de frecuencia espectral mediante la búsqueda de un libro de códigos (163) en base al primer conjunto de valores de frecuencia espectral.
15. Un medio legible por ordenador no transitorio que comprende instrucciones que, cuando se ejecutan por un ordenador, hacen que el ordenador lleve a cabo un procedimiento de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 1 a 8.

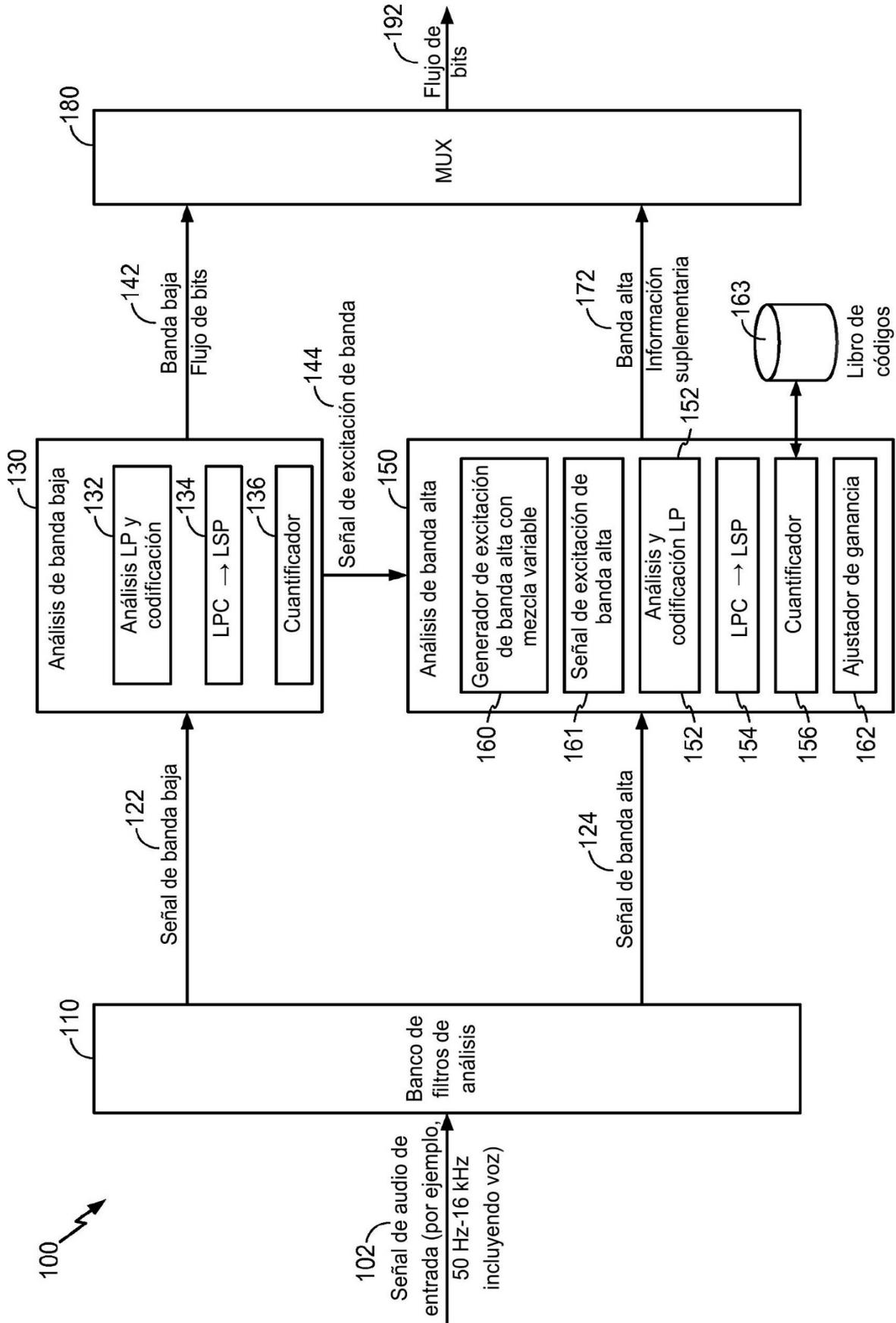


FIG. 1

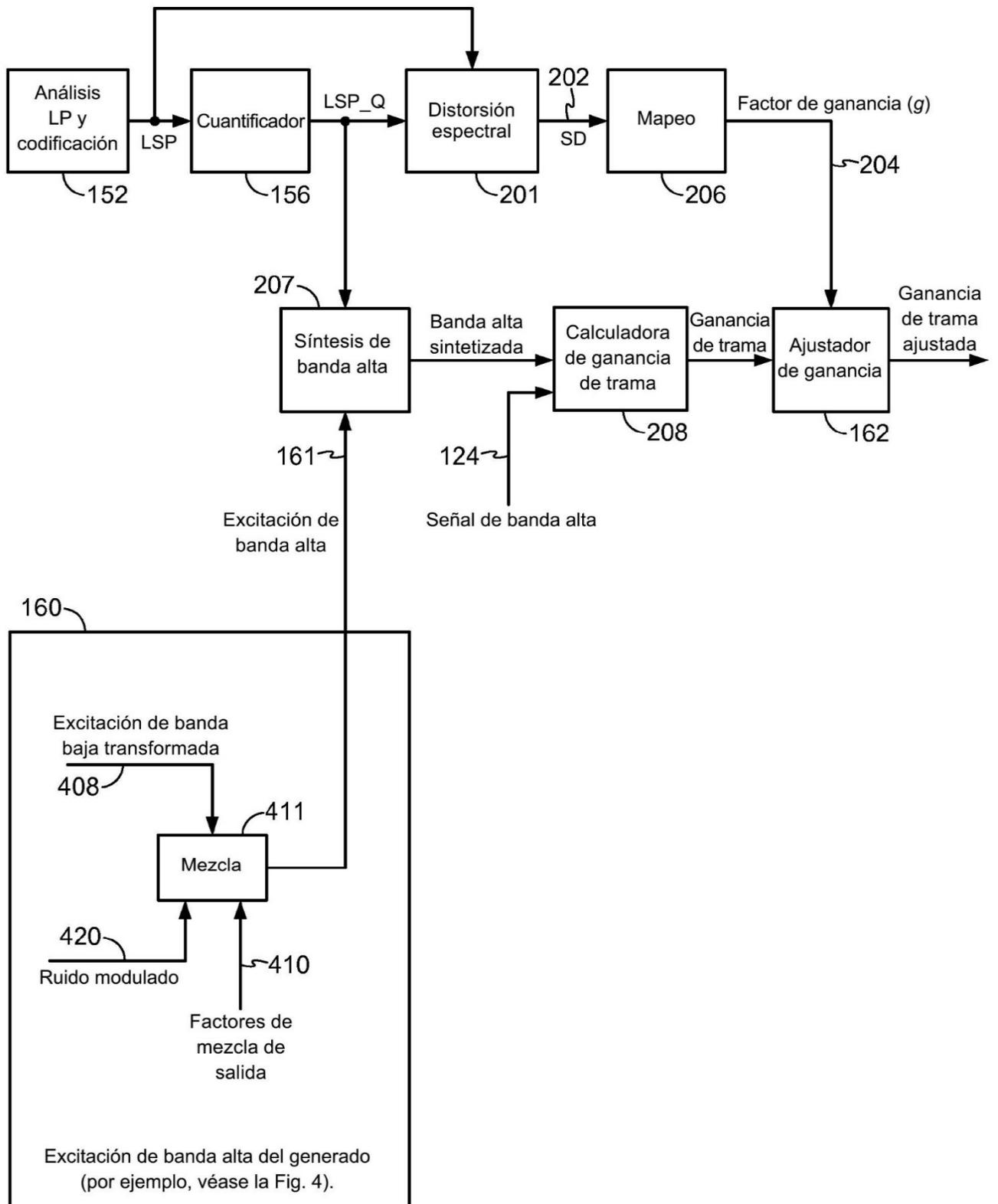
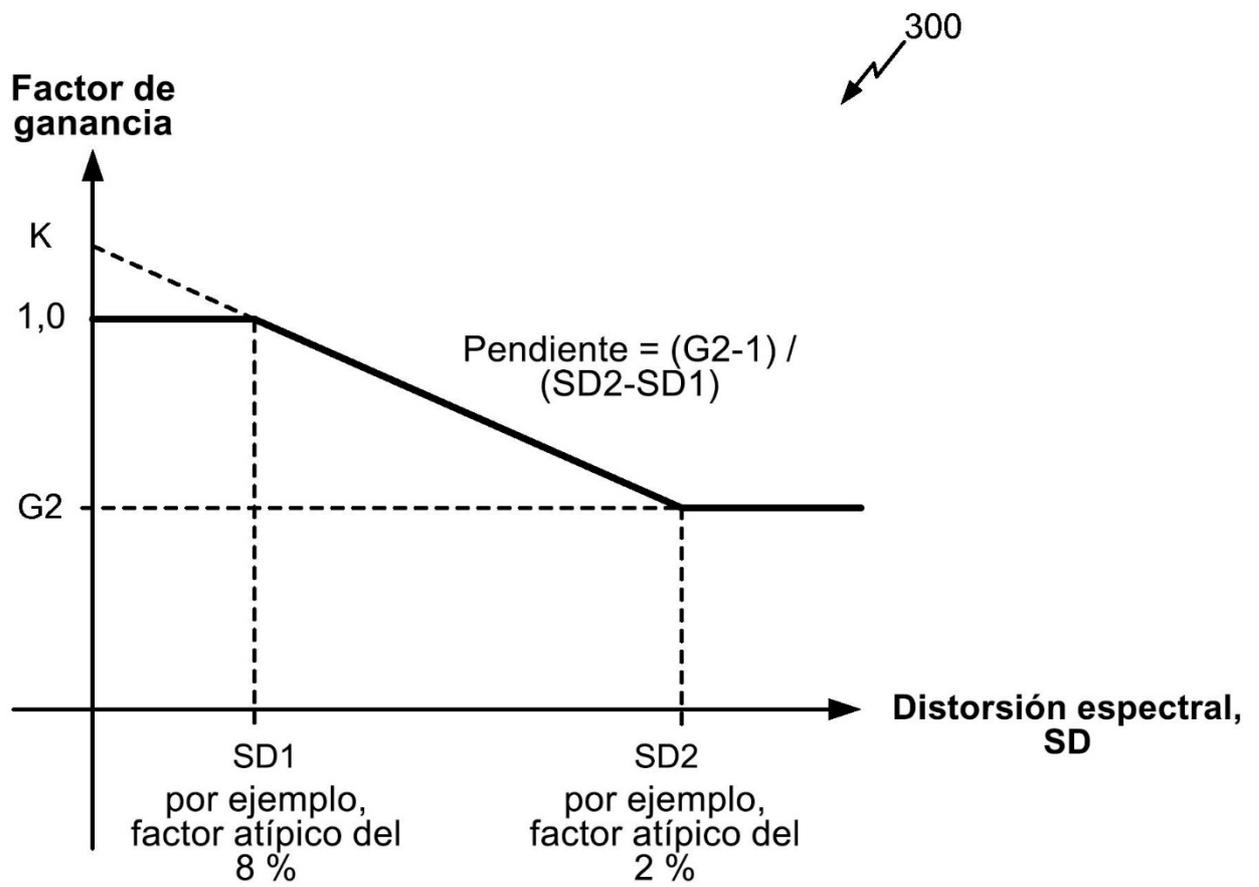


FIG. 2



**FIG. 3**

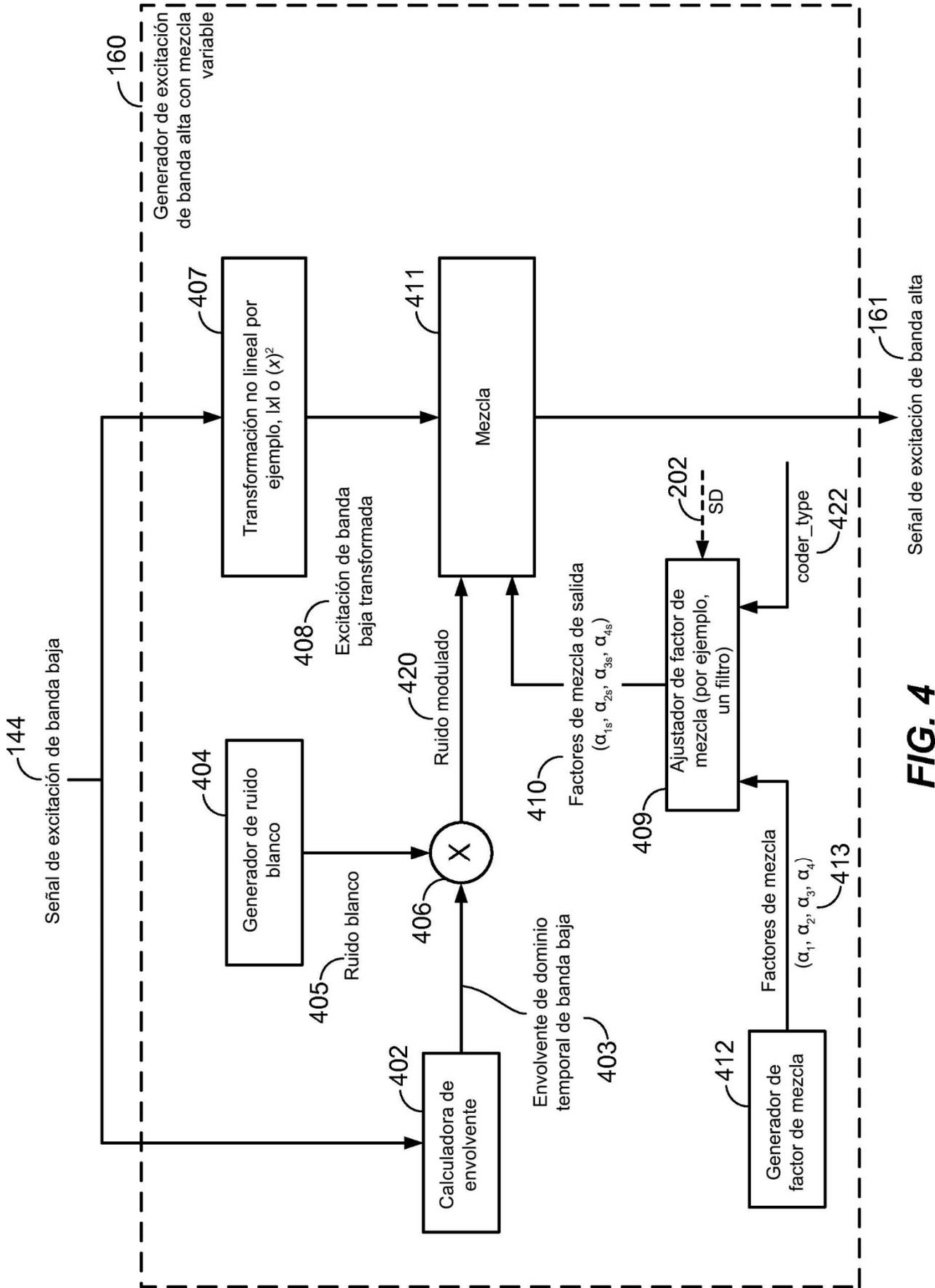
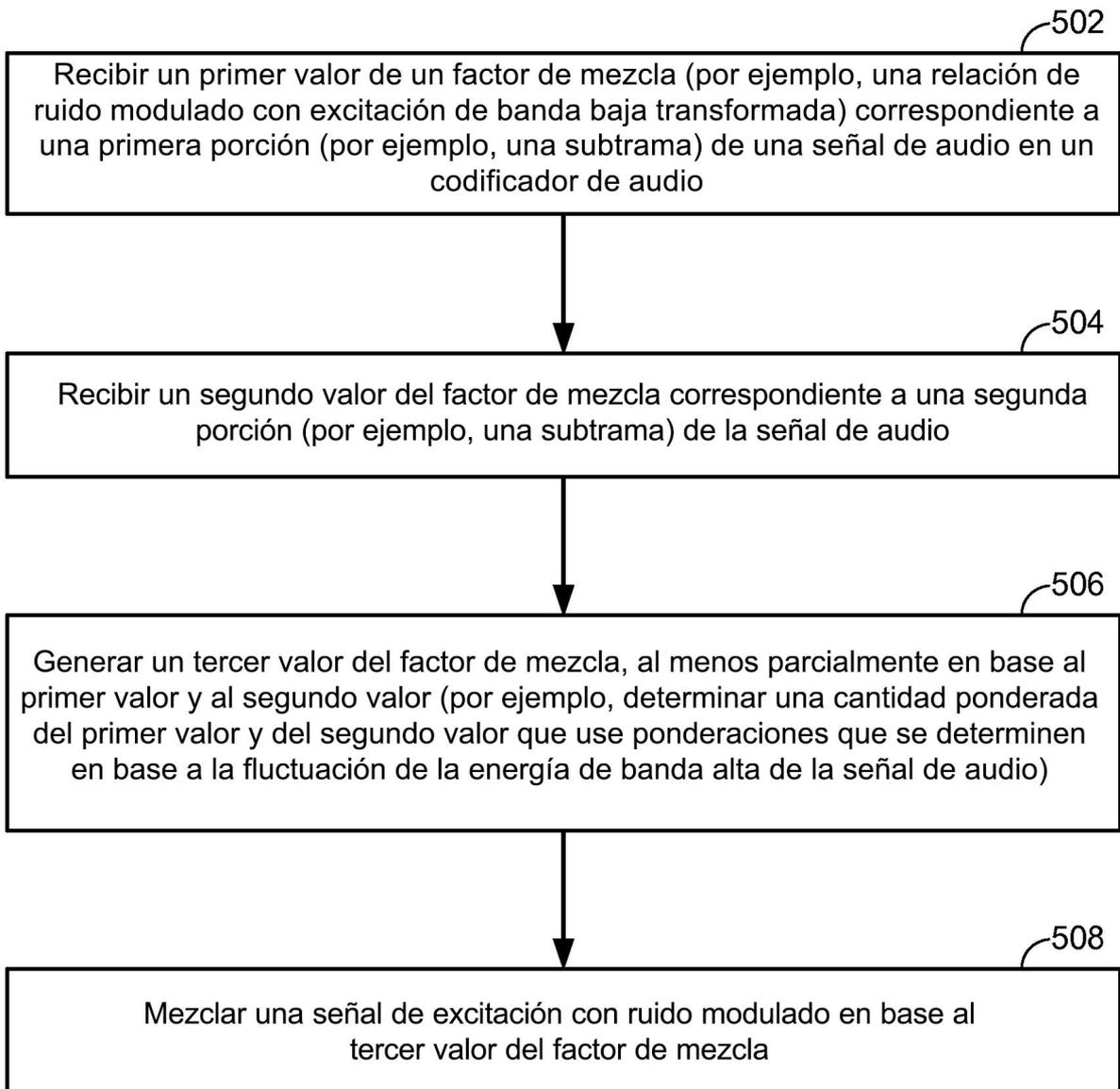
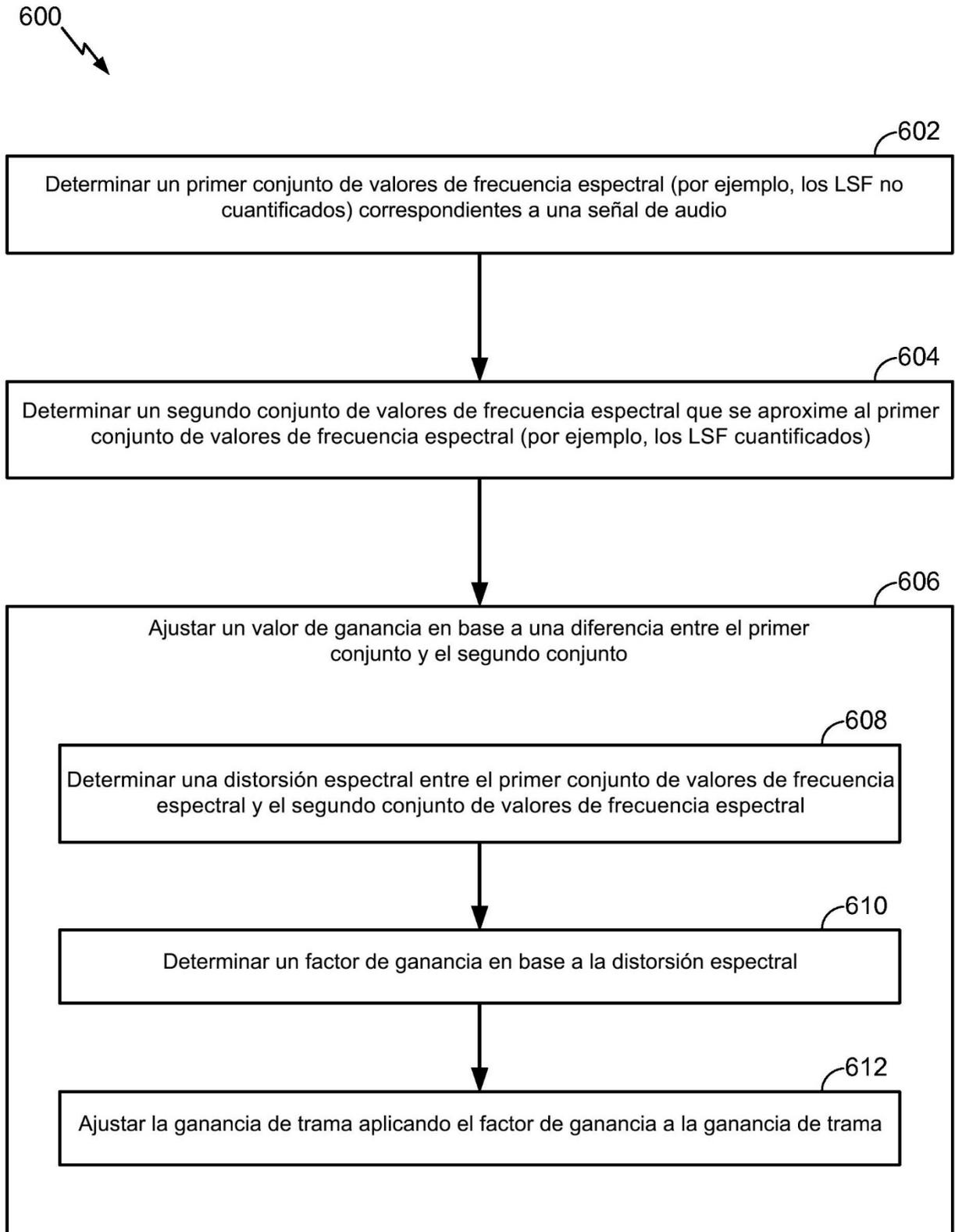


FIG. 4

500 ↘



**FIG. 5**



**FIG. 6**

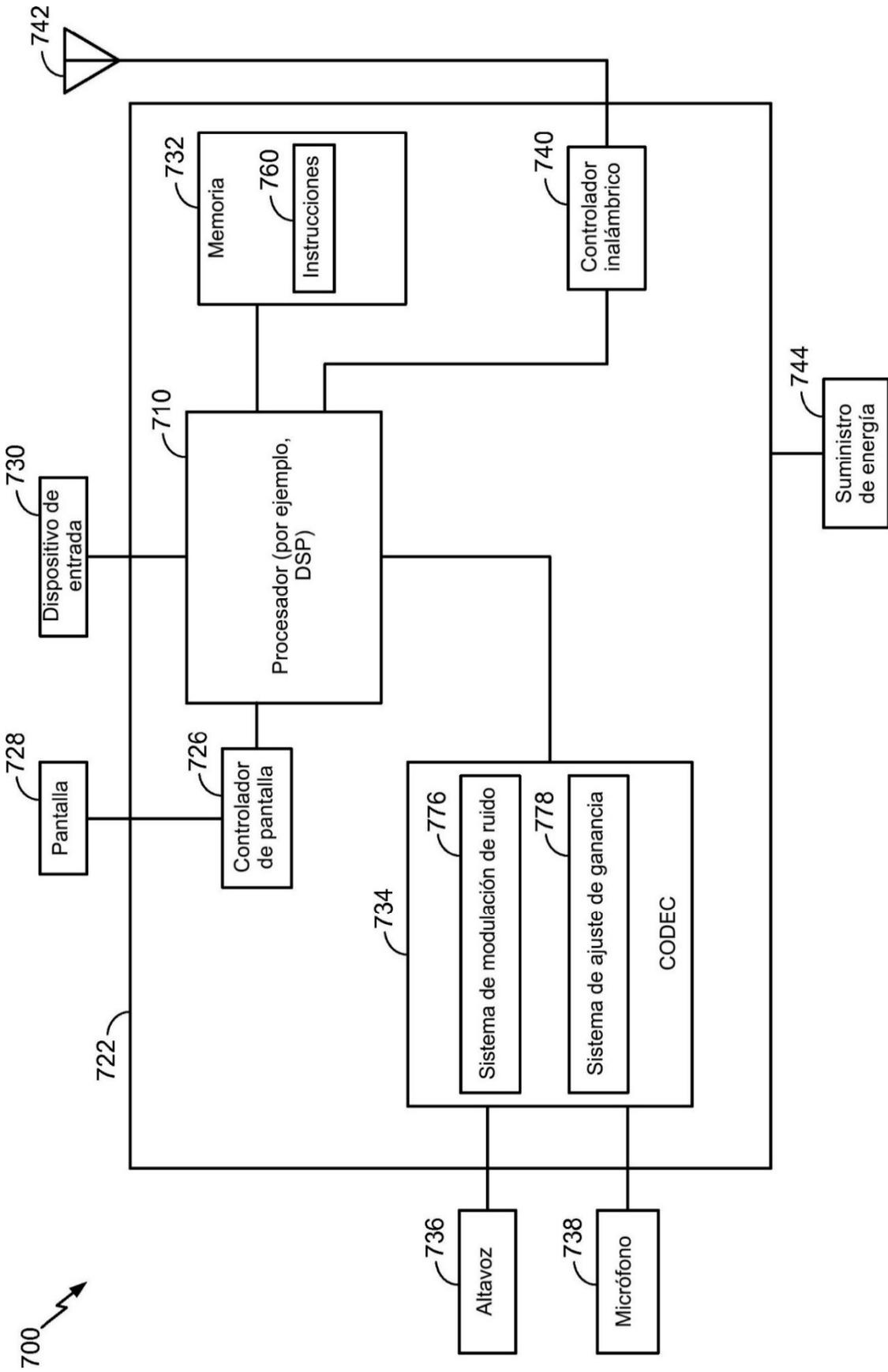


FIG. 7