(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 571 707**

(51) Int. Cl.:

H04S 1/00	(2006.01)
H04S 3/00	(2006.01)
H04S 5/00	(2006.01)
H04H 40/45	(2008.01)
H04H 40/72	(2008.01)
H04H 40/81	(2008.01)
G10L 19/008	(2013.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **07.09.2010** **E 10751815 (1)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **16.03.2016** **EP 2476269**

(54) Título: **Mejora de una señal de audio de un receptor de radio estéreo FM mediante el uso de estéreo paramétrico**

(30) Prioridad:

10.09.2009 US 241113 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
26.05.2016

(73) Titular/es:

DOLBY INTERNATIONAL AB (100.0%)
Apollo Building, 3E, Herikerbergweg 1-35
1101 CN Amsterdam Zuidoost, NL

(72) Inventor/es:

ENGDEGARD, JONAS;
PURNHAGEN, HEIKO y
ROEDEN, KARL JONAS

(74) Agente/Representante:

LEHMANN NOVO, María Isabel

ES 2 571 707 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

Mejora de una señal de audio de un receptor de radio estéreo FM mediante el uso de estéreo paramétrico

Campo técnico

El presente documento se refiere a un procesamiento de señales de audio, en particular a un aparato y un procedimiento correspondiente para mejorar una señal de audio de un receptor de radio estéreo FM.

Antecedentes

En un sistema de radio estéreo FM (modulación de frecuencia) analógico, el canal izquierdo (L) y el canal derecho (R) de la señal de audio se transmiten en una representación central-lateral (M/S), es decir, como un canal central (M) y un canal lateral (S). El canal central M corresponde a una señal suma de L y R, por ejemplo M=(L+R)/2, y el canal lateral S corresponde a una señal diferencia de L y R, por ejemplo S=(L-R)/2. Para la transmisión, el canal lateral S se modula en una portadora suprimida de 38 kHz y se añade a la señal central de banda base M para formar una señal múltiplex estéreo retrocompatible. Esta señal múltiplex se usa después para modular la portadora HF (alta frecuencia) del transmisor FM, que funciona normalmente en el intervalo comprendido entre 87,5 y 108 MHz.

Cuando la calidad de la recepción se degrada (es decir, la relación de señal a ruido a través del canal de radio disminuye), el canal S sufre normalmente más que el canal M. En muchas implementaciones del receptor FM, el canal S se silencia cuando las condiciones de recepción se vuelven muy ruidosas. Esto significa que el receptor pasa de estéreo a mono en caso de una mala señal de radio HF.

La codificación de estéreo paramétrico (PS) es una técnica asociada a la codificación de audio con una velocidad binaria muy baja. PS permite codificar una señal de audio estéreo de 2 canales, tal como una señal de mezcla descendente mono, en combinación con información lateral PS adicional, es decir, los parámetros PS. La señal de mezcla descendente mono se obtiene como una combinación de ambos canales de la señal estéreo. Los parámetros PS permiten que el descodificador PS reconstruya una señal estéreo a partir de la señal de mezcla descendente mono y la información lateral PS. Normalmente, los parámetros PS varían en el tiempo y en frecuencia, y el procesamiento PS en el descodificador PS se lleva a cabo habitualmente en un dominio de banco de filtros híbrido que incluye un banco QMF. El documento "*Low Complexity Parametric Stereo Coding in MPEG-4*", de Heiko Purnhagen, *Proc. Digital Audio Effects Workshop (DAFx),* páginas 163 a 168, Nápoles, Italia, octubre de 2004, describe un sistema de codificación PS a modo de ejemplo para MPEG-4. El estéreo paramétrico está respaldado, por ejemplo, por el audio MPEG-4. El estéreo paramétrico se describe en la sección 8.6.4 y en los anexos 8.A y 8.C del documento de normalización ISO/IEC 14496-3:2005 (MPEG-4 Audio, tercera edición) de MPEG-4. El estéreo paramétrico también se usa en la norma MPEG Surround (véase el documento ISO/IEC 23003-1:2007, MPEG Surround). Ejemplos adicionales de sistemas de codificación de estéreo paramétrico se describen en el documento "*Binaural Cue Coding - Part I: Psychoacoustic Fundamentals and Design Principles*", de Frank Baumgarte y Christof Faller, IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, vol. 11, n.º 6, páginas 509 a 519, noviembre de 2003, y en el documento "*Binaural Cue Coding - Part II: Schemes and Applications*", de Christof Faller y Frank Baumgarte, *IEEE Transactions on Speech and Audio Processing*, vol. 11, n.º 6, páginas 520 a 531, noviembre de 2003. En los dos últimos documentos se usa el término "*binaural cue coding*", que es un ejemplo de codificación de estéreo paramétrico.

Incluso en caso de que la señal central M tenga una calidad aceptable, la señal lateral S puede ser ruidosa y, por tanto, puede degradar considerablemente la calidad de audio global cuando se mezcla en los canales izquierdo y derecho de la señal de salida (que se obtienen, por ejemplo, conforme a L=M+S y R=M-S). Cuando una señal lateral S solo tiene una calidad entre mala e intermedia, hay dos opciones: o bien que el receptor elija aceptar el ruido asociado a la señal lateral S y proporcione estéreo real o bien que el receptor descarte la señal lateral S y pase a mono.

El documento WO2008/032255 describe un descodificador que está dispuesto para modificar el punto óptimo de una señal de audio espacial de M canales modificando parámetros espaciales. Específicamente, un receptor recibe una señal de audio de N canales, donde N<M. La señal de M canales puede ser una señal de sonido envolvente MPEG y la señal de N canales puede ser una señal estéreo. Una unidad de parámetros determina parámetros espaciales que relacionan la señal de audio de N canales con la señal de audio espacial de M canales, y una unidad de modificación modifica el punto óptimo de la señal de audio espacial de M canales modificando al menos uno de los parámetros espaciales. Después, una unidad de generación genera la señal de audio espacial de M canales mezclando de manera ascendente la señal de audio de N canales usando el al menos un parámetro espacial modificado.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un aparato para mejorar una señal de audio izquierda/derecha o central/lateral, como el definido por la reivindicación 1, y un procedimiento respectivo como el definido por la reivindicación 16. Además, la presente invención proporciona un receptor de radio estéreo FM según la reivindicación 14 y un dispositivo de comunicaciones móviles según la reivindicación 15. Formas de realización adicionales se definen en las reivindicaciones dependientes.

Un primer aspecto de la invención se refiere a un aparato para mejorar una señal de audio de un receptor de radio estéreo FM. El aparato genera una señal de audio estéreo. La señal de audio a mejorar puede ser una señal de audio en la representación L/R, es decir, una señal de audio L/R o, en una forma de realización alternativa, una señal de audio en la representación M/S, es decir, una señal de audio M/S. Normalmente, la señal de audio a mejorar es una señal de audio en la representación L/R, ya que los receptores de radio FM convencionales usan una salida L/R.

Como una forma de realización a modo de ejemplo de la presente invención, el aparato es para un receptor de radio estéreo FM configurado para recibir una señal de radio FM que comprende una señal central y una señal lateral.

El aparato comprende una fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico (PS). La fase de estimación de parámetros está configurada para determinar uno o más parámetros PS en función de la señal de audio L/R o M/S de manera variable en frecuencia o de manera invariable en frecuencia. El uno o más parámetros pueden incluir un parámetro que indica diferencias de intensidad entre canales (IID o también denominadas CLD, diferencias de nivel de canal) y/o un parámetro que indica una correlación cruzada entre canales (ICC). Preferiblemente, estos parámetros PS varían en el tiempo y en frecuencia.

Además, el aparato comprende una fase de mezcla ascendente. La fase de mezcla ascendente está configurada para generar la señal estéreo en función de una primera señal de audio y del uno o más parámetros PS.

La primera señal de audio se obtiene a partir de la señal de audio L/R o M/S, por ejemplo mediante una operación de mezcla descendente en una fase de mezcla descendente. La primera señal de audio puede obtenerse a partir de la señal de audio, en caso de una representación L/R, mediante una operación de mezcla descendente según la siguiente fórmula: DM=(L+R)/a, donde DM corresponde a la primera señal de audio. Por ejemplo, el parámetro ‘a’ se fija con valor 2. En caso de que DM=(L+R)/a, la primera señal de audio corresponde esencialmente a la señal central recibida M. En esquemas de mezcla descendente adaptativos más avanzados, los dos parámetros a_1, a_2 para combinar los dos canales según la fórmula $DM=L/a_1+R/a_2$ pueden ser diferentes y/o pueden depender de los parámetros PS y/o de otras propiedades de señal.

En caso de una representación M/S en la salida del receptor de radio estéreo FM, la primera señal de audio puede corresponder simplemente a la señal M de la señal de audio M/S en la salida.

La fase de estimación de parámetros PS puede ser parte de un codificador PS. La fase de mezcla ascendente puede ser parte de un descodificador PS.

El aparato está basado en la idea de que debido a su ruido, la señal lateral recibida puede no ser lo bastante buena para reconstruir la señal estéreo combinando simplemente las señales central y lateral recibidas; sin embargo, en este caso, la señal lateral o la componente de la señal lateral de la señal L/R puede seguir siendo lo bastante buena para un análisis de parámetros estéreo en la fase de estimación de parámetros PS. Después, estos parámetros PS pueden usarse para reconstruir la señal estéreo.

Por tanto, el aparato permite una recepción estéreo mejorada en situaciones de ruido intermedio o incluso elevado en la señal lateral. Debe observarse que el término "ruido" se usa normalmente en esta memoria descriptiva para hacer referencia al ruido introducido por las limitaciones del canal de transmisión de radio (a diferencia de la componente de señal similar al ruido que se origina en la señal de audio real que está difundiéndose).

En lugar de usar una señal lateral ruidosa recibida para crear la señal de audio estéreo, puede usarse una señal lateral mejorada generada en el receptor. La señal lateral mejorada puede generarse con ayuda de técnicas de la codificación PS. Estas incluyen, por ejemplo, la generación de componentes de la señal lateral mejorada por medio de un descorrelador que actúa sobre la primera señal de audio como entrada. Los datos acerca de las condiciones de recepción y/o de un análisis de la señal estéreo recibida pueden usarse para controlar de manera adaptativa la generación de la señal lateral mejorada, así como la generación de las señales de salida de audio.

Según otra forma de realización, el aparato comprende además un descorrelador configurado para generar una señal descorrelacionada en función de la primera señal de audio. La fase de mezcla ascendente puede generar la señal estéreo en función de la primera señal de audio, del uno o más parámetros PS y de la señal descorrelacionada o de, al menos, la banda de frecuencia de la señal descorrelacionada.

En lugar de usar la señal descorrelacionada, la fase de mezcla ascendente puede usar la señal lateral recibida para la mezcla ascendente, por ejemplo en caso de buenas condiciones de recepción cuando el ruido de la señal lateral recibida es bajo. Por lo tanto, según una forma de realización, para la mezcla ascendente se usa, de manera selectiva, la señal lateral recibida o la señal descorrelacionada. De manera más preferible, la selección varía en frecuencia. Por ejemplo, la fase de mezcla ascendente puede usar la señal lateral recibida para frecuencias más bajas y puede usar la señal descorrelacionada como una señal seudolateral para frecuencias más altas, ya que cuanto más alta sea la frecuencia, mayor es la densidad de ruido. Esto es una propiedad típica de la desmodulación FM en caso de ruido aditivo (blanco) en el canal de radio. Esto se explicará en detalle más adelante en la memoria descriptiva.

La señal lateral recibida o al menos una o más componentes de frecuencia de la misma pueden usarse para la mezcla ascendente si la primera señal corresponde a la señal central. En caso de un esquema de mezcla descendente diferente (que es diferente de (L+R)/a para generar la primera señal de audio), una señal residual puede usarse para la mezcla ascendente en lugar de usar la señal lateral recibida. Tal señal residual indica el error asociado con representar canales originales mediante sus parámetros de mezcla descendente y PS, y se usa habitualmente en esquemas de codificación PS. Las observaciones anteriores relacionadas con el uso de la señal lateral recibida también se aplican a una señal residual.

La selección entre la señal lateral recibida y la señal descorrelacionada para la mezcla ascendente puede depender de la señal o, dicho de otro modo, puede adaptarse a la señal.

Según otra forma de realización adicional, la selección depende de las condiciones de recepción indicadas por un indicador de recepción de radio, tal como la intensidad de señal y/o un indicador que indica la calidad de la señal lateral recibida. En caso de buenas condiciones de recepción (es decir, alta intensidad), la señal lateral recibida puede usarse preferiblemente para la mezcla ascendente (en algunos casos, no para las frecuencias más altas), mientras que en caso de condiciones de recepción intermedias (es decir, intensidad más baja), la señal descorrelacionada puede usarse para la mezcla ascendente.

En condiciones de recepción muy malas con altos niveles de ruido en la señal lateral, el receptor FM puede conmutar a un modo de salida mono para reducir el ruido de la señal de audio. En caso de una señal de audio estéreo L/R en la salida del receptor FM, ambos canales en la salida tienen la misma señal en una reproducción mono. En caso de una señal estéreo M/S en la salida del receptor FM, se silencia el canal S en la salida. En el modo de salida mono, la información estéreo no está presente en la señal de audio del receptor FM. Por tanto, la fase de estimación de parámetros PS no puede determinar parámetros PS adecuados para crear una señal estéreo real en la fase de mezcla ascendente. Incluso si el receptor FM no conmuta al modo de salida mono en condiciones de recepción muy malas, la señal de audio en la salida del receptor FM puede ser muy mala para estimar parámetros PS útiles.

El aparato puede configurarse para detectar si el receptor FM ha seleccionado una salida mono de la señal de radio estéreo y/o puede configurarse para detectar tales condiciones de mala recepción (que son muy malas para la estimación de parámetros PS útiles). En caso de detectar una salida mono o en caso de detectar tales condiciones de mala recepción, la fase de mezcla ascendente puede generar una señal seudoestéreo. La fase de mezcla ascendente usa uno o más parámetros de mezcla ascendente para una mezcla ascendente ciega en lugar de los parámetros estimados descritos anteriormente. Este modo se denomina funcionamiento seudoestéreo o funcionamiento de mezcla ascendente ciega.

En este caso, el funcionamiento de mezcla ascendente ciega especifica que, tras detectar malas condiciones de recepción o tras detectar una salida mono y, por tanto, al iniciarse el funcionamiento de mezcla ascendente ciega, la información acústica espacial, si la hubiera, de la señal de salida del receptor FM no se usa para determinar los parámetros de mezcla ascendente y, por tanto, no se tiene en cuenta para la mezcla ascendente (si ya hay una salida mono en la salida del receptor FM no hay información acústica espacial y, por tanto, no puede tenerse en cuenta). A diferencia del modo de funcionamiento PS descrito anteriormente en el que los parámetros PS se determinan para reconstruir la señal lateral en la señal de salida de la fase de mezcla ascendente, en la operación de mezcla ascendente ciega el aparato no trata de reconstruir la señal lateral en la señal de salida de la fase de mezcla ascendente.

Sin embargo, la mezcla ascendente ciega no quiere decir que el aparato sea "ciego" en cuanto a que los parámetros de mezcla ascendente son necesariamente independientes de la señal de salida del receptor FM. Por ejemplo, la señal de salida del receptor FM puede supervisarse para determinar si es música o voz y, en función de esto, pueden seleccionarse parámetros de mezcla ascendente apropiados.

Una forma de realización para la mezcla ascendente ciega consiste en usar parámetros de mezcla ascendente prefijados. Los parámetros de mezcla ascendente prefijados pueden ser parámetros de mezcla ascendente por defecto o almacenados.

Sin embargo, los parámetros de mezcla ascendente usados pueden depender de la señal, por ejemplo pueden ser parámetros de mezcla ascendente para la voz y parámetros de mezcla ascendente para la música. En este caso, el aparato tiene además un detector de voz (por ejemplo, un discriminador de voz/música) que detecta si la señal de audio es predominantemente voz o música. Por ejemplo, en caso de que se trate solamente de música, los parámetros de mezcla ascendente pueden seleccionarse de modo que la señal de mezcla descendente y la versión descorrelacionada de la misma estén mezcladas, mientras que en caso de que se trate solamente de voz, los parámetros de mezcla ascendente pueden seleccionarse de modo que no se use la versión descorrelacionada de la señal de mezcla descendente y solo se use la señal de mezcla descendente para la mezcla ascendente para obtener una señal izquierda/derecha "mono". En caso de que una señal de audio sea una mezcla de voz y música pueden usarse parámetros de mezcla ascendente ciega de entre los parámetros de mezcla ascendente para solo voz y los parámetros de mezcla ascendente para solo música. Puede usarse además parámetros de mezcla ascendente interpolados para todos los estados intermedios.

Pueden concebirse esquemas de mezcla ascendente ciega avanzados, donde se lleva a cabo un análisis incluso más avanzado de la señal mono y ésta se usa como base para obtener parámetros PS "generados de manera artificial" o "sintéticos".

En lo que respecta a una señal lateral con prácticamente solo ruido, el aparato conmuta preferiblemente al modo seudoestéreo, como se ha descrito anteriormente. Como se ha indicado anteriormente, el término "ruido" hace referencia en este caso al ruido introducido por la mala recepción de radio (es decir, una baja relación de señal a ruido en el canal de radio), no a ruido presente en la señal original enviada al transmisor de radiodifusión FM.

Sin embargo, en lo que respecta a una señal lateral sin apenas ruido, es decir, casi sin ruido procedente de la transmisión de radio FM, el aparato conmuta preferiblemente a un modo estéreo normal en lugar de a un modo estéreo paramétrico. En el modo estéreo normal, la funcionalidad de mejora de señal del aparato está básicamente desactivada. Para la desactivación, la señal de audio izquierda/derecha en la entrada del aparato puede transferirse básicamente a la salida del aparato.

Como alternativa, para la desactivación solo se mezcla la señal lateral recibida (y no la señal descorrelacionada) con la primera señal de audio en la fase de mezcla ascendente. Cuando se seleccionan de manera apropiada los parámetros de mezcla ascendente en la fase de mezcla ascendente, la señal de salida de la fase de mezcla ascendente corresponde a la señal de salida del transmisor FM: por ejemplo, cuando se mezcla la primera señal de audio DM y la señal lateral recibida S_0 según:

$$L'=DM+S_0 \text{ y } R'=DM-S_0, \text{ en caso de que } DM=(L+R)/2 \text{ y } S_0=(L-R)/2.$$

Más preferiblemente, en algunos casos, el modo estéreo normal o el modo estéreo paramétrico puede seleccionarse de manera variable en frecuencia, es decir, la selección puede ser diferente para las diferentes bandas de frecuencia. Esto es útil ya que la relación de señal a ruido para la señal lateral recibida empeora normalmente para frecuencias más altas. Como se ha descrito anteriormente, esto es una propiedad típica de la desmodulación FM.

Formas de realización adicionales del aparato se definen en las reivindicaciones dependientes.

Un segundo aspecto de la invención se refiere a un aparato para generar una señal estéreo en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de un receptor de radio estéreo FM. El aparato está configurado para detectar que el receptor estéreo FM ha seleccionado una salida mono de la señal de radio estéreo, o el aparato está configurado para detectar una mala recepción de radio. El aparato comprende una fase de mezcla ascendente estéreo. La fase de mezcla ascendente está configurada para generar la señal estéreo en función de una primera señal de audio y de uno o más parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega en caso de que el aparato determine que el receptor estéreo FM ha seleccionado una salida mono de la señal de radio estéreo o de que el aparato detecte una mala recepción. La primera señal de audio se obtiene a partir de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral.

Los parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega pueden ser parámetros prefijados, tales como parámetros por defecto o almacenados.

El aparato permite la generación de una señal seudoestéreo que presenta un bajo nivel de ruido en caso de condiciones de recepción muy malas con altos niveles de ruido en la señal lateral. En tales condiciones de recepción, el receptor FM puede conmutar al modo mono para reducir el ruido de la señal de audio, o la señal de audio L/R o M/S puede ser muy mala para estimar parámetros PS útiles. Esto se detecta y, posteriormente, se usan parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega con el fin de generar una señal seudoestéreo. Esto se ya se ha descrito en relación con el primer aspecto de la invención.

Como también se ha descrito en relación con el primer aspecto de la invención, el aparato puede comprender una fase de detección para detectar si el receptor estéreo FM ha seleccionado una salida mono de la señal de radio estéreo.

Según una forma de realización a modo de ejemplo, el aparato comprende además un detector de tipo audio, tal como un detector de voz que indica si la señal de audio en la salida del transmisor FM es predominantemente voz o no. En este caso, los parámetros de mezcla ascendente dependen de la indicación del detector de voz. Por ejemplo, el aparato usa parámetros de mezcla ascendente en caso de voz y parámetros de mezcla ascendente diferentes en caso de música, como se describe en detalle en relación con el primer aspecto de la invención.

El aparato según el segundo aspecto de la invención puede incluir además las características del aparato según el primer aspecto de la invención y viceversa.

Un tercer aspecto de la invención se refiere a un receptor de radio estéreo FM configurado para recibir una señal de radio FM que comprende una señal central y una señal lateral. El receptor de radio estéreo FM incluye un aparato para mejorar la señal de audio según el primer y el segundo aspecto de la invención.

Un cuarto aspecto de la invención se refiere a un dispositivo de comunicaciones móviles, tal como un teléfono celular. El dispositivo de comunicaciones móviles comprende un receptor estéreo FM configurado para recibir una señal de radio FM. Además, el dispositivo de comunicaciones móviles comprende un aparato para mejorar la señal de audio según el primer y el segundo aspecto de la invención.

Un quinto aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para mejorar una señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de un receptor de radio estéreo FM. Las características del procedimiento según el quinto aspecto corresponden a las características del aparato según el primer aspecto. Uno o más parámetros PS se determinan en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de manera variable en frecuencia o de manera invariable en frecuencia. La señal estéreo se genera en función de dicha primera señal de audio y del uno o más parámetros PS mediante una operación de mezcla ascendente.

Las observaciones relacionadas con el primer aspecto de la invención también se aplican al quinto aspecto de la invención.

Un sexto aspecto de la invención se refiere a un procedimiento para generar una señal estéreo en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de un receptor de radio estéreo FM. Las características del procedimiento según el sexto aspecto corresponden a las características del aparato según el segundo aspecto. Debe observarse que el receptor estéreo FM ha seleccionado la salida mono de la señal de radio estéreo o, en una forma de realización alternativa, se detecta una mala recepción de radio. En caso de que el receptor estéreo FM haya seleccionado la salida mono de la señal de radio estéreo o en caso de una mala recepción de radio, la señal estéreo se genera en función de una primera señal de audio y de uno o más parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega, tales como parámetros de mezcla ascendente prefijados.

Las observaciones relacionadas con el segundo aspecto de la invención también se aplican al sexto aspecto de la invención.

Descripción de los dibujos

La invención se explica a continuación por medio de ejemplos ilustrativos con referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

la Fig. 1 ilustra una forma de realización esquemática para mejorar la salida estéreo de un receptor de radio estéreo FM;
la Fig. 2 ilustra una forma de realización del aparato de procesamiento de audio según el concepto de estéreo paramétrico;
la Fig. 3 ilustra otra forma de realización del aparato de procesamiento de audio basado en PS que presenta un codificador PS y un descodificador PS;
la Fig. 4 ilustra una versión ampliada del aparato de procesamiento de audio de la Fig. 3;
la Fig. 5 ilustra una forma de realización del codificador PS y del descodificador PS de la Fig. 4;
la Fig. 6 ilustra una estructura a modo de ejemplo de la señal S usada para la mezcla ascendente;
la Fig. 7 ilustra una versión ampliada del aparato de procesamiento de audio de la Fig. 3, donde se añade un algoritmo de reducción de ruido;
la Fig. 8 ilustra una forma de realización adicional del aparato de procesamiento de audio con reducción de ruido para la estimación de parámetros PS;
la Fig. 9 ilustra otra forma de realización del aparato de procesamiento de audio para la generación seudoestéreo en caso de una salida solamente mono del receptor FM;
la Fig. 10 ilustra la aparición de breves pérdidas de señal en la reproducción estéreo en la salida del receptor FM;
la Fig. 11 ilustra una fase de estimación de parámetros PS avanzada con compensación de errores; y
la Fig. 12 ilustra una forma de realización adicional del aparato de procesamiento de audio basada en un codificador HE-AAC v2.

Descripción detallada

La Fig. 1 muestra una forma de realización esquemática simplificada para mejorar la salida estéreo de un receptor de radio estéreo FM 1. Como se ha descrito en la sección de los antecedentes, en la radio FM la señal estéreo se transmite, por su diseño, como una señal central y una señal lateral. En el receptor FM 1, la señal lateral se usa para crear la diferencia estéreo entre el canal izquierdo L y el canal derecho R en la salida del receptor FM 1 (al menos cuando la recepción es lo bastante buena y la información de señal lateral no está silenciada). Los canales izquierdo y derecho L, R pueden ser señales digitales o analógicas. Para mejorar las señales de audio L, R del receptor FM, se usa un aparato de procesamiento de audio 2, que genera una señal de audio estéreo L' y R' en su salida. El aparato de procesamiento de audio 2 corresponde a un sistema que puede llevar a cabo una reducción de ruido de una señal de radio FM recibida usando estéreo paramétrico. El procesamiento de audio en el aparato 2 se lleva a cabo preferiblemente en el dominio digital; por tanto, en caso de una interfaz analógica entre el receptor FM 1 y el aparato de procesamiento de audio 2, se usa un convertidor de analógico a digital antes del procesamiento de audio digital en el aparato 2. El receptor FM 1 y el aparato de procesamiento de audio 2 pueden estar integrados en el mismo chip semiconductor o pueden formar parte de dos chips semiconductores. El receptor FM 1 y el aparato de procesamiento de audio 2 pueden formar parte de un dispositivo de comunicaciones inalámbricas tal como un teléfono celular, un asistente digital personal (PDA) o un teléfono inteligente. En este caso, el receptor FM 1 puede formar parte del chip de banda base que presenta funcionalidad de receptor de radio FM adicional.

En lugar de usar una representación izquierda/derecha en la salida del receptor FM 1 y en la entrada del aparato 2, puede usarse una representación central/lateral en la interfaz entre el receptor FM 1 y el aparato 2 (véanse M, S en la Fig. 1 para la representación central/lateral y L, R para la representación izquierda/derecha). Tal representación central/lateral en la interfaz entre el receptor FM 1 y el aparato 2 puede dar como resultado un menor esfuerzo ya que el receptor FM 1 ya recibe una señal central/lateral y el aparato de procesamiento de audio 2 puede procesar directamente la señal central/lateral sin mezcla descendente. La representación central/lateral puede ser ventajosa si el receptor FM 1 está sumamente integrado en el aparato de procesamiento de audio 2, en particular si el receptor FM 1 y el aparato de procesamiento de audio 2 están integrados en el mismo chip semiconductor.

Opcionalmente, una señal de intensidad de señal 6 que indica la condición de recepción de radio puede usarse para adaptar el procesamiento de audio en el aparato de procesamiento de audio 2. Esto se explicará posteriormente en esta memoria descriptiva.

La combinación del receptor de radio FM 1 y del aparato de procesamiento de audio 2 corresponde a un receptor de radio FM que presenta un sistema de reducción de ruido integrado.

La Fig. 2 muestra una forma de realización del aparato de procesamiento de audio 2 según el concepto de estéreo paramétrico. El aparato 2 comprende una fase de estimación de parámetros PS 3. La fase de estimación de parámetros 3 está configurada para determinar parámetros PS 5 en función de la señal de audio de entrada que va a mejorarse (que puede estar en la representación izquierda/derecha o en la representación central/lateral). Los parámetros PS 5 pueden incluir, entre otros, un parámetro que indica diferencias de intensidad entre canales (IID o también denominadas CLD, diferencias de nivel de canal) y/o un parámetro que indica una correlación cruzada entre canales (ICC). Preferiblemente, los parámetros PS 5 varían en el tiempo y en frecuencia. En caso de una representación M/S en la entrada de la fase de estimación de parámetros 3, la fase de estimación de parámetros 3 puede determinar parámetros PS 5 que estén relacionados con los canales L/R.

Una señal de audio DM se obtiene a partir de la señal de entrada. En caso de que la señal de audio de entrada ya use una representación central/lateral, la señal de audio DM puede corresponder directamente a la señal central. En caso de que la señal de audio de entrada tenga una representación izquierda/derecha, la señal de audio se genera mezclando de manera descendente la señal de audio. Preferiblemente, la señal DM resultante tras la mezcla descendente corresponde a la señal central M y puede generarse mediante la siguiente ecuación:

$$DM=(L+R)/a, \text{ donde, por ejemplo, } a = 2,$$

es decir, la señal de mezcla descendente DM puede corresponder al promedio de las señales L y R. Para diferentes valores de ‘a’, el promedio de las señales L y R aumenta o disminuye.

El aparato comprende además una fase de mezcla ascendente 4, denominada también módulo de mezcla estéreo o mezclador ascendente estéreo. La fase de mezcla ascendente 4 está configurada para generar una señal estéreo L', R' en función de la señal de audio DM y los parámetros PS 5. Preferiblemente, la fase de mezcla ascendente 4 no solo usa la señal DM, sino que también usa una señal lateral o algún tipo de señal seudolateral (no mostrada). Esto se explicará posteriormente en la memoria descriptiva en relación con las formas de realización ampliadas de las Fig. 4 y 5.

El aparato 2 está basado en la idea de que debido a su ruido, la señal lateral recibida puede ser muy ruidosa para reconstruir la señal estéreo combinando simplemente las señales central y lateral recibidas; sin embargo, en este caso, la señal lateral o la componente de la señal lateral en la señal L/R puede seguir siendo lo bastante buena para

un análisis de parámetros estéreo en la fase de estimación de parámetros PS 3. Los parámetros PS 5 resultantes pueden usarse después para generar una señal estéreo L', R' que presenta un nivel reducido de ruido en comparación con la señal de audio directamente en la salida del receptor FM 1.

Por tanto, una mala señal de radio FM puede "limpiarse" usando el concepto de estéreo paramétrico. La mayor parte de la distorsión y del ruido de una señal de radio FM está ubicada en el canal lateral, que puede no usarse en la mezcla descendente PS. Sin embargo, incluso en caso de una mala recepción, el canal lateral tiene normalmente una calidad suficiente para la extracción de parámetros PS.

En todos los dibujos siguientes, la señal de entrada al aparato de procesamiento de audio 2 es una señal estéreo izquierda/derecha. Con pequeñas modificaciones en algunos módulos del aparato de procesamiento de audio 2, el aparato de procesamiento de audio 2 también puede procesar una señal de entrada en una representación central/lateral. Por lo tanto, los conceptos descritos en el presente documento pueden usarse en relación con una señal de entrada en una representación central/lateral.

La Fig. 3 muestra una forma de realización del aparato de procesamiento de audio 2 basado en PS, que usa un codificador PS 7 y un descodificador PS 8. En este ejemplo, la fase de estimación de parámetros 3 forma parte del codificador PS 7, y la fase de mezcla ascendente 4 forma parte del descodificador PS 8. Los términos "codificador PS" y "descodificador PS" se usan como nombres que describen la función de los bloques de procesamiento de audio del aparato 2. Debe observarse que el procesamiento de audio se produce enteramente en el mismo dispositivo receptor FM. Estos procesos de codificación PS y de descodificación PS pueden estar estrechamente relacionados, y los términos "codificación PS" y "descodificación PS" se usan solamente para describir lo heredado de las funciones de procesamiento de audio.

El codificador PS 7 genera, basándose en la señal de entrada de audio estéreo L, R, la señal de audio DM y los parámetros PS 5. Opcionalmente, el codificador PS 7 usa además una señal de intensidad de señal 6. La señal de audio DM es una mezcla descendente mono y, preferiblemente, corresponde a la señal central recibida. Cuando se suman los canales L/R para formar la señal DM, la información del canal lateral recibido puede excluirse completamente en la señal DM. Por tanto, en este caso, solo hay información central en la mezcla descendente mono DM. Por tanto, cualquier ruido del canal lateral puede excluirse en la señal DM. Sin embargo, el canal lateral forma parte del análisis de parámetros estéreo en el descodificador 7, ya que el codificador 7 toma normalmente L=M+S y R=M-S como entrada (por consiguiente, DM=(L+R)/2=M).

Resultados experimentales indican que una señal lateral recibida que contiene niveles intermedios de ruido puede no ser lo bastante buena para reconstruir el propio estéreo, pero puede ser lo bastante buena para un análisis de parámetros estéreo en un codificador PS 7.

La señal mono DM y los parámetros PS 5 se usan posteriormente en el descodificador PS 8 para reconstruir la señal estéreo L', R'.

La Fig. 4 muestra una versión ampliada del aparato de procesamiento de audio 2 de la Fig. 3. En este caso, además de la señal de mezcla descendente mono DM y de los parámetros PS, también se transfiere al descodificador PS 8 la señal lateral S_0 recibida originalmente. Este enfoque es similar a las técnicas de "codificación residual" de la codificación PS y permite usar al menos partes (por ejemplo, determinadas bandas de frecuencia) de la señal lateral recibida S_0 en caso de buenas, pero no óptimas, condiciones de recepción. La señal lateral recibida S_0 se usa preferiblemente en caso de que la señal de mezcla descendente mono corresponda a la señal central. Sin embargo, en caso de que la señal de mezcla descendente mono no corresponda a la señal central, puede usarse una señal residual más genérica en lugar de la señal lateral recibida S_0. Tal señal residual indica el error asociado con representar canales originales mediante sus parámetros de mezcla descendente y PS, y se usa habitualmente en esquemas de codificación PS. En lo que sigue, las observaciones relacionadas con el uso de la señal lateral recibida S_0 también se aplican a una señal residual.

El uso de una señal residual en un codificador/descodificador PS se describe, por ejemplo, en la norma MPEG Surround (véase el documento ISO/IEC 23003-1:2007, MPEG Surround) y en el documento "*MPEG Surround - The ISO/MPEG Standard for Efficient and Compatible Multi-Channel Audio Coding*", de J. Herre et al., *Audio Engineering Convention Paper 7084*, 122ª convención, del 5 al 8 de mayo de 2007.

La Fig. 5 muestra una forma de realización del codificador PS 7 y del descodificador PS 8 de la Fig. 4. El módulo codificador PS 7 comprende un generador de mezcla descendente 9 y una fase de estimación de parámetros PS 3. Por ejemplo, el generador de mezcla descendente 9 puede crear una mezcla descendente mono DM que corresponde preferiblemente a una señal central M (por ejemplo, DM=M=(L+R)/a) y también puede generar opcionalmente una segunda señal que corresponde a la señal lateral recibida S_0=(L-R)/a.

La fase de estimación de parámetros PS 3 puede estimar como parámetros PS 5 la correlación y la diferencia de nivel entre las entradas L y R. Opcionalmente, la fase de estimación de parámetros recibe la intensidad de señal 6, que puede ser la potencia de señal en el receptor FM. Esta información puede usarse para determinar la fiabilidad,

por ejemplo en caso de una baja intensidad de señal 6, de los parámetros PS 5. En caso de una baja fiabilidad, los parámetros PS 5 pueden fijarse de modo que la señal de salida L', R' sea una señal de salida mono o una señal de salida seudoestéreo. En caso de una señal de salida mono, la señal de salida L' es igual a la señal de salida R'. En caso de una señal de salida seudoestéreo, pueden usarse parámetros PS por defecto para generar una señal de salida estéreo por defecto o seudoestéreo L', R'.

El módulo descodificador PS 8 comprende una matriz de mezcla estéreo 4a y un descorrelador 10. El descorrelador recibe la mezcla descendente mono DM y genera una señal descorrelacionada S' que se usa como señal seudolateral. El descorrelador 10 puede implementarse por medio de un filtro de todo paso apropiado, como se describe en la sección 4 del citado documento "*Low Complexity Parametric Stereo Coding in MPEG-4*". En esta forma de realización, la matriz de mezcla estéreo 4a es una matriz de mezcla ascendente 2x2.

Dependiendo de los parámetros estimados 5, la matriz 4a mezcla la señal DM con la señal lateral recibida S_0 o con la señal descorrelacionada S' para crear las señales de salida estéreo L' y R'. La selección entre la señal S_0 y la señal S' puede depender de un indicador de recepción de radio que indica las condiciones de recepción, tal como la intensidad de señal 6. Como alternativa, o adicionalmente, puede usarse un indicador de calidad que indica la calidad de la señal lateral recibida. Un ejemplo de tal indicador de calidad puede ser el ruido estimado (potencia) de la señal lateral recibida. En caso de una señal lateral que comprenda un alto grado de ruido, la señal descorrelacionada S' puede usarse para crear la señal de salida estéreo L' y R', mientras que en situaciones de bajo ruido puede usarse la señal lateral S_0. Varias formas de realización para estimar el ruido de la señal lateral recibida se describirán posteriormente en esta memoria descriptiva.

Como un ejemplo, en caso de buenas condiciones de recepción (es decir, la intensidad de señal es alta), la señal S_0 se usa para la mezcla ascendente, mientras que en caso de malas condiciones, la mezcla ascendente se basa en la señal descorrelacionada S'. Preferiblemente, la decisión de si el módulo de mezcla estéreo 4 usa la señal lateral recibida S_0 o S' depende de la frecuencia; por ejemplo, para frecuencias más bajas se usa la señal lateral recibida S_0 y para frecuencias más altas se usa la señal descorrelacionada S'. Esto se describirá en mayor detalle en relación con la Fig. 6.

La selección de variación en frecuencia o no variación en frecuencia entre la señal S_0 y la señal S' puede realizarse en la fase de mezcla ascendente 4 (por ejemplo, a través de medios de selección en la fase de mezcla ascendente 6 que se controlan, por ejemplo, en función de la intensidad de señal 6). Como alternativa, la selección de variación en frecuencia o de no variación en frecuencia entre la señal S_0 y la señal S' puede llevarse a cabo en la fase de estimación de parámetros 3 (por ejemplo, en función de la intensidad de señal 6) y, después, la fase de estimación de parámetros 3 envía parámetros de mezcla ascendente a la fase de mezcla ascendente 6 que hacen que la señal seleccionada de manera respectiva (S_0 o S') se use para la mezcla ascendente; por ejemplo, los parámetros de mezcla ascendente relacionados con la señal S_0 se fijan a cero y los parámetros relacionados con S' no se fijan a cero en caso de seleccionar S'. Como alternativa, una señal de selección (no mostrada) puede enviarse a la fase de mezcla ascendente 6.

La operación de mezcla ascendente se lleva a cabo preferiblemente según la siguiente ecuación matricial:

$$\begin{pmatrix} L' \\ R' \end{pmatrix} = \begin{pmatrix} \alpha & \beta \\ \gamma & \delta \end{pmatrix} \begin{pmatrix} DM \\ S \end{pmatrix}$$

En este caso, los factores de ponderación α, β, γ, δ determinan la ponderación de las señales DM y S. La mezcla descendente mono DM corresponde preferiblemente a la señal central recibida. La señal S en la fórmula corresponde a la señal descorrelacionada S' o a la señal lateral recibida S_0. Los elementos de la matriz de mezcla ascendente, es decir, los factores de ponderación α, β, γ, δ, pueden obtenerse, por ejemplo, como se muestra en el citado documento "*Low Complexity Parametric Stereo Coding in MPEG-4*" (véase la sección 2.2), como se muestra en el citado documento de normalización ISO/IEC 14496-3:2005 (véase la sección 8.6.4.6.2) de MPEG-4 o como se muestra en el documento de la especificación MPEG Surround ISO/IEC 23003-1 (véase la sección 6.5.3.2).

Preferiblemente, la selección entre S' y S_0 depende de la frecuencia. Esto se muestra en la Fig. 6, que indica una estructura a modo de ejemplo de la señal S usada para la mezcla ascendente. Como se indica en la Fig. 6, para frecuencias más bajas se usa la señal lateral recibida S_0 para la mezcla ascendente, y para frecuencias más altas se usa la señal descorrelacionada S' para la mezcla ascendente.

Si la señal lateral recibida S_0 corresponde a $S_0=(L-R)/2$ y $L'=M+S_0$ y $R'=M-S_0$, la mezcla descendente mono DM debería corresponder preferiblemente a (L+R)/2; esto permite una reconstrucción perfecta, es decir, L'=L y R'=R.

En lugar de usar un mezclador ascendente PS que usa la señal lateral recibida S_0, puede usarse un mezclador ascendente PS generalizado que usa una señal residual. Las señales resultantes L', R' dependen de los parámetros PS, de la señal residual y de la mezcla descendente mono.

La Fig. 7 muestra una forma de realización a modo de ejemplo que usa reducción de ruido. Al igual que en la Fig. 5, en la Fig. 7 la señal S_0 es opcional. En caso de disponer de una señal S_0, puede usarse un algoritmo de reducción de ruido común que reduce el ruido de las señales DM y S_0. Como alternativa, pueden usarse dos módulos de reducción de ruido configurados de manera diferente, uno para la reducción de ruido de la señal DM y otro para la reducción de ruido de la señal S_0. También es posible que solamente una señal pueda someterse a la reducción de ruido (por ejemplo, la señal DM o la señal S_0). En la Fig. 7, la fase de reducción de ruido 11 reduce el ruido de la señal DM, y la señal DM' de ruido reducido tras la reducción de ruido se introduce en el descodificador PS 8 y en su fase de mezcla ascendente interna 4. La fase de reducción de ruido 11 reduce el ruido de la señal S_0, y la señal S_0' de ruido reducido tras la reducción de ruido se introduce en el descodificador PS 8.

La Fig. 8 muestra una forma de realización adicional del aparato 2. En este caso, un procedimiento de reducción de ruido 12 se aplica en la señal de entrada estéreo, donde la señal resultante de ruido reducido R', L' es analizada posteriormente por la fase de estimación de parámetros PS 3 del codificador PS 8. La reducción de ruido puede ser muy agresiva y estar optimizada para la extracción de parámetros PS cuando la señal de mezcla descendente DM toma otra ruta que no incluye la fase de reducción de ruido 12.

La señal de mezcla descendente mono DM puede generarse añadiendo los canales L, R con los mismos factores de ponderación (por ejemplo, usando factores de ponderación de 1 o usando factores de ponderación de ½). La señal DM corresponde entonces a la señal central recibida. Cuando se usan factores de ponderación de ½, la amplitud de la señal DM es la mitad de la amplitud de la señal DM que se obtiene cuando se usan factores de ponderación de 1.

Opcionalmente, también puede aplicarse alguna forma de reducción de ruido a la señal L/R o a la señal DM (y/o a la señal S_0 si se usa). Por ejemplo, puede aplicarse cierto grado de reducción de ruido a la señal DM (véase la fase de reducción de ruido opcional 11 en la Fig. 8). Preferiblemente, esta fase de reducción de ruido es más suave que la agresiva fase de reducción de ruido 12. Como alternativa, la fase de reducción de ruido 11 puede estar situada aguas arriba de la fase de mezcla descendente 9 (por ejemplo, en la entrada del aparato 2 o directamente antes de la fase de mezcla descendente 9).

En determinadas condiciones de recepción, el receptor FM 1 solo proporciona una señal mono, donde la señal lateral transmitida está silenciada. Esto sucede normalmente cuando las condiciones de recepción son muy malas y la señal lateral es muy ruidosa. En caso de que el receptor estéreo FM 1 haya conmutado a la reproducción mono de la señal de radio estéreo, la fase de mezcla ascendente usa preferiblemente parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega, tal como parámetros de mezcla ascendente prefijados, y genera una señal seudoestéreo, es decir, la fase de mezcla ascendente genera una señal estéreo usando los parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega.

También hay formas de realización del receptor estéreo FM 1 que conmutan a la reproducción mono en condiciones de recepción muy malas. Si las condiciones de recepción son muy malas para la estimación de parámetros PS 5 fiables, la fase de mezcla ascendente usa preferiblemente parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega y genera una señal seudoestéreo basándose en los mismos.

La Fig. 9 muestra una forma de realización para la generación seudoestéreo en caso de una salida solamente mono del receptor FM 1. En este caso, un detector mono/estéreo 13 se usa para detectar si la señal de entrada al aparato 2 es mono, es decir, si las señales de los canales L y R son idénticas. En caso de reproducción mono del receptor FM 1, el detector mono/estéreo 13 indica que hay que mezclar de manera ascendente a estéreo usando, por ejemplo, un descodificador PS con parámetros de mezcla ascendente fijos. Dicho de otro modo: en este caso, la fase de mezcla ascendente 4 no usa parámetros PS de la fase de estimación de parámetros PS 3 (no mostrada en la Fig. 9), sino que usa parámetros de mezcla ascendente fijos (no mostrados en la Fig. 9).

Opcionalmente, un detector de voz 14 puede añadirse para indicar si la señal recibida es predominantemente voz o música. Tal detector de voz 14 permite una mezcla ascendente ciega que depende de la señal. Por ejemplo, tal detector de voz 14 permite permitir parámetros de mezcla ascendente que dependen de la señal. Preferiblemente, uno o más parámetros de mezcla ascendente pueden usarse para la voz y uno o más parámetros de mezcla ascendente diferentes pueden usarse para la música. Tal detector de voz 14 puede implementarse mediante un detector de actividad de voz (VAD) En sentido estricto, la fase de mezcla ascendente 4 de la Fig. 9 comprende un descorrelador 10, una matriz de mezcla ascendente 2x2 4a y medios para convertir la salida del detector mono/estéreo 13 y del detector de voz 14 en alguna forma de parámetros PS usados como entrada en la mezcla ascendente estéreo real.

La Fig. 10 ilustra un problema común cuando la señal de audio proporcionada por el receptor FM 1 conmuta entre estéreo y mono debido a malas condiciones de recepción variables en el tiempo (por ejemplo, desvanecimiento de la señal). Para mantener una imagen de sonido estéreo durante la conmutación mono/estéreo, pueden usarse técnicas de ocultación de errores. Los intervalos de tiempo en los que se aplicará la ocultación se indican como "C" en la Fig. 10. Un enfoque relacionado con la ocultación en la codificación PS es usar parámetros de mezcla ascendente que estén basados en los parámetros PS previamente estimados en caso de que no puedan calcularse nuevos parámetros PS debido a que la salida de audio del receptor FM 1 haya pasado a mono. Por ejemplo, la fase de

mezcla ascendente 4 puede seguir usando los parámetros PS previamente estimados en caso de que no puedan calcularse nuevos parámetros PS debido a que la salida de audio del receptor FM 1 haya pasado a mono. Por tanto, cuando el receptor estéreo FM 1 conmuta a una salida de audio mono, la fase de mezcla ascendente estéreo 4 sigue usando los parámetros PS previamente estimados de la fase de estimación de parámetros PS 3. Si los periodos de pérdida de señal en la salida estéreo son lo suficientemente cortos para que la imagen de sonido estéreo de la señal de radio FM siga siendo similar durante un periodo de pérdida de señal, la pérdida de señal no se percibe o apenas se percibe en la salida de audio del aparato 2. Otro enfoque puede ser interpolar y/o extrapolar parámetros de mezcla ascendente a partir de parámetros previamente estimados. Con respecto a la determinación de parámetros de mezcla ascendente basados en los parámetros PS previamente estimados, también puede usarse, en vista de las enseñanzas del presente documento, otras técnicas conocidas, por ejemplo, de mecanismos de ocultación de errores que pueden usarse en descodificadores de audio para mitigar el efecto de los errores de transmisión (por ejemplo, datos corruptos o ausentes).

El mismo enfoque de usar parámetros de mezcla ascendente basados en los parámetros PS previamente estimados también puede aplicarse si el receptor FM 1 proporciona una señal estéreo ruidosa durante un breve periodo de tiempo, donde la señal estéreo ruidosa es muy mala para estimar parámetros PS fiables basados en la misma.

A continuación, con referencia a la Fig. 11 se describe una fase de estimación avanzada de parámetros PS 3' que proporciona compensación de errores. En caso de estimar parámetros PS basados en una señal estéreo que contiene una componente lateral ruidosa, habrá un error en el cálculo de los parámetros PS si se usan fórmulas convencionales para determinar los parámetros PS, tal como para determinar el parámetro CLD (diferencias de nivel de canal) y el parámetro ICC (correlación cruzada entre canales).

Si se supone que el ruido en la señal lateral no depende de la señal central:

- los valores ICC se aproximan a 0 en comparación con los valores ICC estimados en función de una señal estéreo sin ruido, y
- los valores CLD en decibelios se aproximan a 0 dB en comparación con los valores CLD estimados en función de una señal estéreo sin ruido.

Para compensar el error de los parámetros PS, el aparato 2 tiene preferiblemente una fase de estimación de ruido que está configurada para determinar una característica de parámetro de ruido para la potencia del ruido de la señal lateral recibida que se ha generado por la (mala) transmisión de radio. El parámetro de ruido se tiene en cuenta cuando se estiman los parámetros PS. Esto puede implementarse como se muestra en la Fig. 11.

Según la Fig. 11, los datos de intensidad de señal 6 pueden usarse para compensar, al menos en parte, el error. La intensidad de señal 6 está normalmente disponible en los receptores de radio FM. La intensidad de señal 6 se introduce en la fase de análisis de parámetros 3 en el codificador PS 7. En una fase de estimación de potencia de ruido de señal lateral 15, el valor de intensidad de señal 6 puede convertirse en una estimación de potencia de ruido de señal lateral N^2, siendo $N^2=E(n^2)$, donde "E()" es el operador de expectación. Como una alternativa a la intensidad de señal 6 o además de la intensidad de señal 6, la señal de audio L, R puede usarse para estimar la potencia de ruido de señal, como se describirá más adelante.

Los valores de señal de entrada estéreo ruidosa real l_{con_ruido} y r_{con_ruido}, que se introducen en la fase de estimación de parámetros PS interna 3' mostrada en la Fig. 11 pueden expresarse en función de los respectivos valores l_{sin_ruido} y r_{sin_ruido} y de los valores de ruido n de los valores de señal lateral recibidos:

$$l_{con_ruido} = m+(s+n) = l_{sin_ruido}+n$$
$$r_{con_ruido} = m-(s+n) = r_{sin_ruido}-n$$

Debe observarse que, en este caso, la señal lateral recibida se modela como s+n, donde "s" es la señal lateral original (no distorsionada), y "n" es el ruido (señal de distorsión) generado por el canal de transmisión de radio. Además, en este caso se supone que la señal m no está distorsionada por el ruido del canal de transmisión de radio.

Por tanto, las potencias de entrada correspondientes $L_{con_ruido}^2$, $R_{con_ruido}^2$ y la correlación cruzada $L_{con_ruido}\ R_{con_ruido}$ pueden escribirse como:

$$L_{con_ruido}{}^2 = E(l_{con_ruido}{}^2) = E((m+s)^2) + E(n^2) = L_{sin_ruido}{}^2 + N^2$$
$$R_{con_ruido}{}^2 = E(r_{con_ruido}{}^2) = E((m-s)^2) + E(n^2) = R_{sin_ruido}{}^2 + N^2$$
$$L_{con_ruido} R_{con_ruido} = E(l_{con_ruido} \cdot r_{con_ruido}) = E((l_{sin_ruido} + n) \cdot (r_{sin_ruido} - n)) = L_{sin_ruido}\ R_{sin_ruido} - N^2$$

con la estimación de potencia de ruido de señal lateral N^2, siendo $N^2=E(n^2)$, donde "E()" es el operador de expectación.

Reorganizando las ecuaciones anteriores, las potencias compensadas correspondientes y la correlación cruzada sin ruido pueden determinarse como:

$$L_{sin_ruido}{}^2 = L_{con_ruido}{}^2 - N^2$$
$$R_{sin_ruido}{}^2 = R_{con_ruido}{}^2 - N^2$$

$$L_{sin_ruido}\ R_{sin_ruido} = L_{con_ruido} R_{con_ruido} + N^2$$

Una extracción de parámetros PS de error compensado basada en las potencias compensadas y en la relación cruzada puede llevarse a cabo como se indica mediante las siguientes fórmulas:

$$CLD = 10 \cdot \log_{10}(L_{sin_ruido}{}^2 / R_{sin_ruido}{}^2)$$
$$ICC = (L_{sin_ruido}\ R_{sin_ruido}) / (L_{sin_ruido}{}^2 + R_{sin_ruido}{}^2)$$

Tal extracción de parámetros compensa el término N^2 estimado en el cálculo de los parámetros PS.

En la Fig. 11, la fase de estimación de potencia de ruido de señal lateral 15 está configurada para obtener la estimación de potencia de ruido N^2 en función de la intensidad de señal 6 y/o de las señales de entrada de audio (L y R). La estimación de potencia de ruido N^2 puede variar en frecuencia o variar en el tiempo.

Pueden usarse varios procedimientos para determinar la potencia de ruido de señal lateral N^2, por ejemplo:

- Cuando se detecta un mínimo de potencia de la señal central (por ejemplo, pausas en la voz), puede suponerse que la potencia de la señal lateral es solamente ruido (es decir, la potencia de la señal lateral corresponde a N^2 en estas situaciones).
- La estimación N^2 puede definirse en función de los datos de intensidad de señal 6. La función (o tabla de consulta) puede diseñarse por medio de mediciones experimentales (físicas).
- La estimación N^2 puede definirse en función de los datos de intensidad de señal 6 y/o de las señales de entrada de audio (L y R). La función puede diseñarse mediante reglas heurísticas.
- La estimación N^2 puede basarse en el estudio de la coherencia del tipo de señal de las señales central y lateral. Puede suponerse que las señales central y lateral originales tienen, por ejemplo, una relación de tonalidad a ruido, un factor de cresta u otras características de envolvente de potencia con un valor similar. Desviaciones de estas propiedades pueden usarse para indicar un nivel alto de N^2.

A continuación se describen formas de realización preferidas adicionales del aparato de procesamiento de audio 2.

Preferiblemente, el aparato 2 está configurado de tal manera que para señales laterales recibidas con prácticamente solo ruido, el aparato 2 conmutará gradualmente al funcionamiento seudoestéreo (mezcla ascendente ciega), como se ilustra en las Fig. 9 y 10. Esto permite proporcionar una señal seudoestéreo en la salida del aparato 2 en caso de que el receptor FM 1 haya conmutado al funcionamiento mono (debido al alto nivel de ruido generado por las malas condiciones de recepción) o en caso de que la parte de señal lateral en la señal estéreo en la entrada del aparato 2 sea tan ruidosa que no puedan estimarse parámetros PS fiables.

En lo que respecta a señales laterales sin apenas ruido, el aparato 2 conmuta preferiblemente de manera gradual al funcionamiento estéreo normal en lugar de al funcionamiento estéreo paramétrico. En el funcionamiento estéreo normal, la funcionalidad de mejora de señal del aparato 2 está básicamente desactivada. Para la desactivación, la señal de audio en la entrada del aparato puede transferirse básicamente a la salida del aparato 2.

Como alternativa, el funcionamiento estéreo normal puede conseguirse usando la señal lateral recibida S_0, como se ilustra en la Fig. 4 y en la Fig. 6. Para un funcionamiento estéreo normal, la señal lateral recibida S_0 se usa para la mezcla en la fase de mezcla ascendente 4. Cuando se seleccionan de manera apropiada los parámetros de mezcla ascendente en la fase de mezcla ascendente 4, la señal de salida L', R' de la fase de mezcla ascendente 4 corresponde a la señal de salida L, R del transmisor FM 1: por ejemplo, cuando se mezcla la mezcla descendente mono DM y la señal recibida S_0 según:

$L'=DM+S_0$, $R'=DM-S_0$,
en caso de que $DM=M=(L+R)/2$ y $S_0=(L-R)/2$.

Más preferiblemente, el modo estéreo normal o el modo estéreo paramétrico puede seleccionarse de manera variable en frecuencia, es decir, la selección puede ser diferente para las diferentes bandas de frecuencia. Esto es útil ya que la relación de señal a ruido para la señal lateral recibida empeora para frecuencias más altas.

La conmutación gradual entre los diferentes modos de funcionamiento puede adaptarse dinámicamente a las condiciones de recepción actuales con el fin de proporcionar siempre la mejor señal estéreo posible en la salida del aparato 2. En caso de una alta relación de señal a ruido se prefiere el funcionamiento estéreo FM normal (sin reducción de ruido basada en el procesamiento PS), mientras que en caso de una baja relación de señal a ruido, el procesamiento PS mejora considerablemente la señal estéreo.

Preferiblemente, la generación de la mezcla descendente mono DM en el codificador PS 7 debe realizarse de modo que se transfiera el menor ruido posible de la señal lateral a la mezcla descendente mono DM. Esto puede requerir técnicas de mezcla descendente diferentes a las usadas normalmente en un codificador PS (tal como un codificador PS MPEG-4 para MPEG-4) que se utiliza habitualmente en el contexto de un sistema de codificación con una velocidad binaria muy baja. Esto puede ser tan simple como una mezcla descendente fija (no adaptativa) DM=M=(L+R)/2, donde la mezcla descendente simplemente corresponde a la señal central. Además, la mezcla ascendente en el descodificador PS 8 está normalmente adaptada a la técnica de mezcla descendente real usada en el codificador PS 7.

Debe observarse que aunque en varios dibujos el codificador PS 7 y el descodificador PS 8 se muestran como módulos diferentes, en el contexto de una implementación eficiente resulta ventajoso, evidentemente, fusionar el codificador PS 7 y el descodificador PS 8 tanto como sea posible.

Los conceptos descritos en el presente documento pueden implementarse en relación con cualquier codificador que use técnicas PS, por ejemplo un codificador HE-AAC v2 (codificación de audio avanzada de alta eficiencia, versión 2) como el definido en la norma ISO/IEC 14496-3 (MPEG-4 Audio), un codificador basado en la norma MPEG Surround o un codificador basado en MPEG USAC (codificador de voz y audio unificado), así como codificadores que no estén respaldados por las normas MPEG.

A continuación se considera, a modo de ejemplo, un codificador HE-AAC v2; sin embargo, los conceptos pueden usarse en relación con cualquier codificador de audio que use técnicas PS.

HE-AAC es un esquema de compresión de audio con pérdidas. El HE-AAC v1 (HE-AAC, versión 1) usa replicación de banda espectral (SBR) para aumentar la eficacia de compresión. El HE-AAC v2 incluye además estéreo paramétrico para mejorar la eficacia de compresión de señales estéreo a velocidades binarias muy bajas. Un codificador HE-AAC v2 incluye intrínsecamente un codificador PS para permitir el funcionamiento a velocidades binarias muy bajas. El codificador PS de tal codificador HE-AAC v2 puede usarse como el codificador PS 7 del aparato de procesamiento de audio 2. En particular, la fase de estimación de parámetros PS en un codificador PS de un codificador HE-AAC v2 puede usarse como la fase de estimación de parámetros PS 3 del aparato de procesamiento de audio 2. Además, la fase de mezcla descendente en un codificador PS de un codificador HE-AAC v2 puede usarse como la fase de mezcla descendente 9 del aparato 2.

En este caso, el concepto descrito en esta memoria descriptiva puede combinarse de manera eficiente con un codificador HE-AAC v2 para implementar un receptor de radio estéreo FM mejorado. Tal receptor de radio estéreo FM mejorado puede tener una característica de grabación HE-AAC v2 ya que el codificador HE-AAC v2 proporciona un flujo de bits HE-AAC v2 que puede almacenarse con fines de grabación. Esto se muestra en la Fig. 12. En esta forma de realización, el aparato 2 comprende un codificador HE-AAC v2 16 y el descodificador PS 8. El codificador HE-AAC v2 proporciona el codificador PS 7 usado para generar la mezcla descendente mono DM y los parámetros PS 5 como se ha descrito en relación con los dibujos anteriores.

Opcionalmente, el codificador PS 7 puede modificarse con el fin de reducir el ruido de radio FM para soportar un esquema de mezcla descendente fijo, tal como un esquema de mezcla descendente según DM=(L+R)/a.

La mezcla descendente mono DM y los parámetros PS 8 pueden introducirse en el descodificador PS 8 para generar la señal estéreo L', R', como se ha descrito anteriormente. La mezcla descendente mono DM se introduce en un codificador HE-AAC v1 para la codificación perceptual de la mezcla descendente mono DM. La señal de audio codificada perceptual resultante y la información PS se multiplexan en un flujo de bits HE-AAC v2 18. Con fines de grabación, el flujo de bits HE-AAC v2 18 puede almacenarse en una memoria, tal como una memoria flash o un disco duro.

El codificador HE-AAC v1 17 comprende un codificador SBR y un codificador AAC (no mostrado). El codificador SBR lleva a cabo normalmente un procesamiento de señal en el dominio QMF (banco de filtros espejo en cuadratura) y, por tanto, necesita muestras QMF. Por el contrario, el codificador AAC necesita normalmente muestras de dominio de tiempo (normalmente muestreadas de manera descendente en un factor de 2).

El codificador PS 7 del codificador HE-AAC v2 16 ya proporciona normalmente la señal de mezcla descendente DM en el dominio QMF.

Puesto que el codificador PS 7 puede enviar ya la señal de dominio QMF DM al codificador HE-AAC v1, la transformada del análisis QMF en el codificador HE-AAC v1 para el análisis SBR puede estar obsoleta. Por tanto, el análisis QMF que forma parte normalmente del codificador HE-AAC v1 puede evitarse proporcionando la señal de mezcla descendente DM como muestras QMF. Esto reduce el esfuerzo computacional y permite una menor complejidad.

Las muestras de dominio de tiempo para el codificador AAC pueden obtenerse en la entrada del aparato 2, por ejemplo llevando a cabo la sencilla operación DM=(L+R)/2 en el dominio de tiempo y muestreando de manera descendente la señal de dominio de tiempo DM. Este enfoque es probablemente el enfoque más económico. Como alternativa, el aparato 2 puede llevar a cabo una síntesis QMF a media velocidad de las muestras DM de dominio QMF.

Debe observarse que el codificador PS y el descodificador PS pueden fusionarse parcialmente si ambos se implementan en el mismo módulo.

REIVINDICACIONES

1.- Un aparato (2) para mejorar una señal de audio izquierda/derecha o central/lateral proporcionada por un receptor de radio estéreo FM (1), comprendiendo el aparato:

- una fase de entrada configurada para recibir la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral del receptor de radio estéreo FM;
- una fase de mezcla descendente (9), estando configurada la fase de mezcla descendente para generar una primera señal de audio en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral mediante una operación de mezcla descendente;
- una fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico (3), donde la fase de estimación de parámetros está configurada para determinar uno o más parámetros de estéreo paramétrico en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de manera variable en frecuencia o de manera invariable en frecuencia; y
- un módulo de mezcla estéreo (4), estando configurado el módulo de mezcla estéreo para generar una señal estéreo basándose en la primera señal de audio y en el uno o más parámetros de estéreo paramétrico; y
- un módulo, en el que la fase de mezcla descendente, la fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico y el módulo de mezcla estéreo están implementados en dicho módulo.

2.- El aparato según la reivindicación 1, en el que:

- el aparato comprende además un descorrelador configurado para generar una señal descorrelacionada en función de la primera señal de audio, y
- el módulo de mezcla estéreo está configurado para generar la señal estéreo basándose en;
  - la primera señal de audio,
  - el uno o más parámetros de estéreo paramétrico, y
  - la señal descorrelacionada o al menos una banda de frecuencia de la misma.

3.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 2, en el que la fase de mezcla descendente está configurada para generar la primera señal de audio según la siguiente fórmula:

donde L y R denotan los canales izquierdo y derecho de la señal de audio izquierda/derecha y ‘a’ es un número real.

4.- El aparato según la reivindicación 1, en el que el módulo de mezcla estéreo está configurado para generar la señal estéreo basándose en:

- la primera señal de audio,
- el uno o más parámetros de estéreo paramétrico, y
- una segunda señal de audio o al menos una banda de frecuencia de la misma, donde la segunda señal de audio es una señal lateral recibida o una señal residual, indicando la señal residual un error asociado con representar la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral mediante la primera señal de audio y el uno o más parámetros de estéreo paramétrico.

5.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que:

- el aparato comprende además una fase de reducción de ruido, siendo la fase de reducción de ruido para la reducción de ruido de la primera señal de audio, y
- la primera señal de audio de ruido reducido tras la reducción de ruido se introduce en el módulo de mezcla estéreo para generar la señal estéreo en función de la primera señal de audio de ruido reducido y del uno o más parámetros de estéreo paramétrico.

6.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que:

- el aparato comprende además una fase de reducción de ruido para la reducción de ruido de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral, y
- la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de ruido reducido tras la reducción de ruido se introduce en la fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico para generar el uno o más parámetros de estéreo paramétrico.

7.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 4, en el que:

- el aparato comprende además una fase de estimación de ruido, estando configurada la fase de estimación de ruido para determinar una característica de parámetro de ruido para la potencia de ruido de la señal lateral recibida; y
- la fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico está configurada para determinar el uno o más parámetros de estéreo paramétrico en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral y del parámetro de ruido de manera variable en frecuencia o de manera invariable en frecuencia.

8.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que:

- el aparato está configurado para detectar que el receptor estéreo FM selecciona una salida mono de la señal de radio estéreo, o el aparato está configurado para detectar una mala recepción de radio; y
- el módulo de mezcla estéreo usa uno o más parámetros de mezcla ascendente para la mezcla ascendente ciega en caso de que el aparato detecte que el receptor estéreo FM selecciona una salida mono de la señal de radio estéreo o de que el aparato detecte una mala recepción.

9.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que:

- el aparato está configurado para detectar que el receptor estéreo FM selecciona una salida mono de la señal de radio estéreo, o el aparato está configurado para detectar una mala recepción de radio; y
- cuando el receptor estéreo FM conmuta a una salida mono o se produce una mala recepción de radio, el módulo de mezcla estéreo usa uno o más parámetros de mezcla ascendente que están basados en uno o más parámetros de estéreo paramétrico estimados previamente en la fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico.

10.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 7, en el que:

- el aparato está configurado para detectar una buena recepción de radio en el receptor de radio estéreo FM;
- la fase de entrada está configurada para recibir la señal de audio izquierda/derecha del receptor de radio estéreo FM;
- cuando el aparato detecta una buena recepción de radio, el aparato selecciona el modo estéreo normal; y
- en el modo estéreo normal, la señal estéreo corresponde a la señal de audio izquierda/derecha.

11.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 10, en el que el aparato puede hacerse funcionar para seleccionar el modo estéreo normal de manera variable en frecuencia.

12.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde el aparato comprende:

- un codificador de estéreo paramétrico que presenta la fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico; y
- un descodificador de estéreo paramétrico que presenta el módulo de mezcla estéreo.

13.- El aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 11, donde el aparato comprende un codificador de audio que soporta estéreo paramétrico, comprendiendo el codificador de audio un codificador de estéreo paramétrico, donde la fase de estimación de parámetros de estéreo paramétrico forma parte del codificador de estéreo paramétrico.

14.- Un receptor de radio estéreo FM configurado para recibir una señal de radio FM que comprende una señal central y una señal lateral, y que presenta un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

15.- Un dispositivo de comunicaciones móviles, que comprende:

- un receptor estéreo FM configurado para recibir una señal de radio FM que comprende una señal central y una señal lateral; y
- un aparato según cualquiera de las reivindicaciones 1 a 13.

16.- Un procedimiento para mejorar una señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de un receptor de radio estéreo FM, estando configurado el receptor de radio estéreo FM para recibir una señal de radio FM, comprendiendo el procedimiento:

- recibir la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral del receptor de radio estéreo FM;
- proporcionar un módulo para un aparato;
- generar una primera señal de audio en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral mediante una operación de mezcla descendente;

- determinar uno o más parámetros de estéreo paramétrico en función de la señal de audio izquierda/derecha o central/lateral de manera variable en frecuencia o de manera invariable en frecuencia; y
- generar una señal estéreo en función de la primera señal de audio y del uno o más parámetros de estéreo paramétrico mediante una operación de mezcla ascendente, donde la generación de una primera señal de audio y la determinación y generación de una señal estéreo se llevan a cabo en dicho módulo.

17.- El procedimiento según la reivindicación 16, en el que el procedimiento comprende además:

- generar una señal descorrelacionada en función de la primera señal de audio, y la señal estéreo se genera mediante la operación de mezcla ascendente en función de la primera señal de audio, la señal descorrelacionada y el uno o más parámetros de estéreo paramétrico.

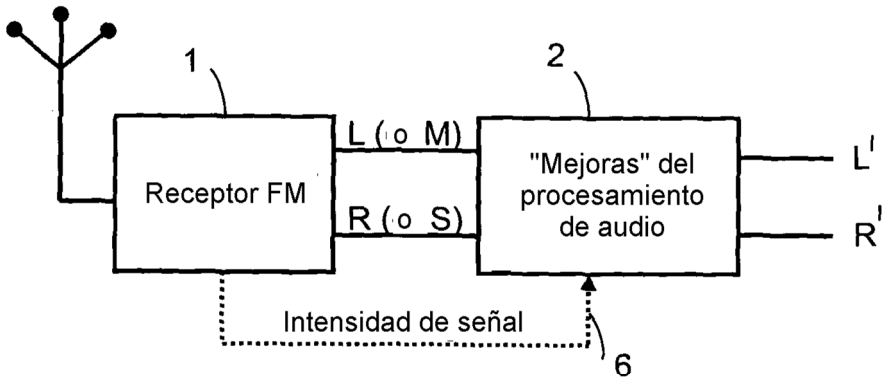

Fig. 1

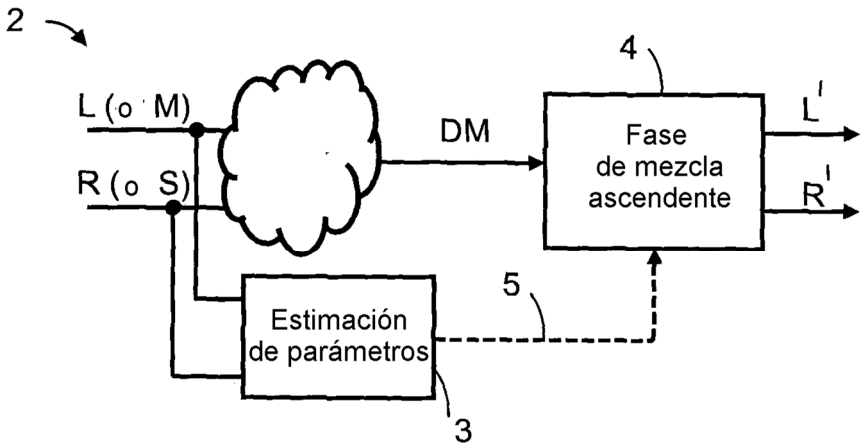

Fig. 2

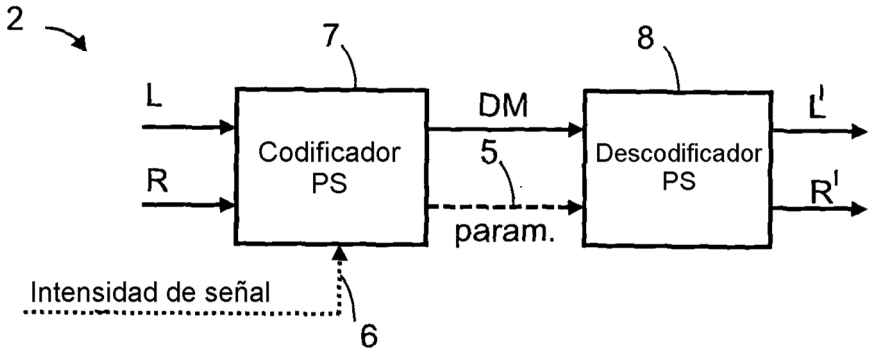

Fig. 3

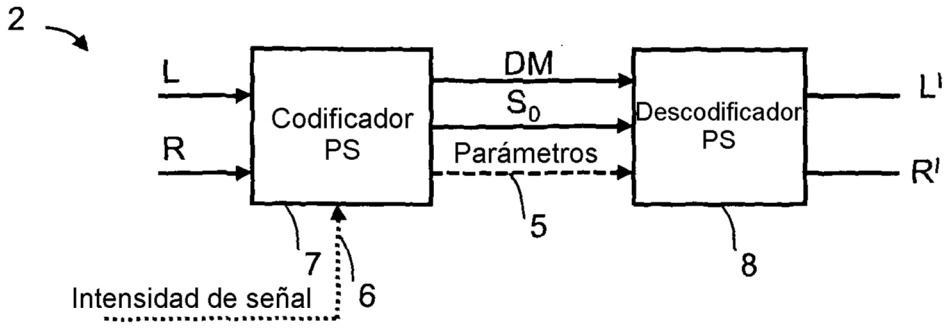

Fig. 4

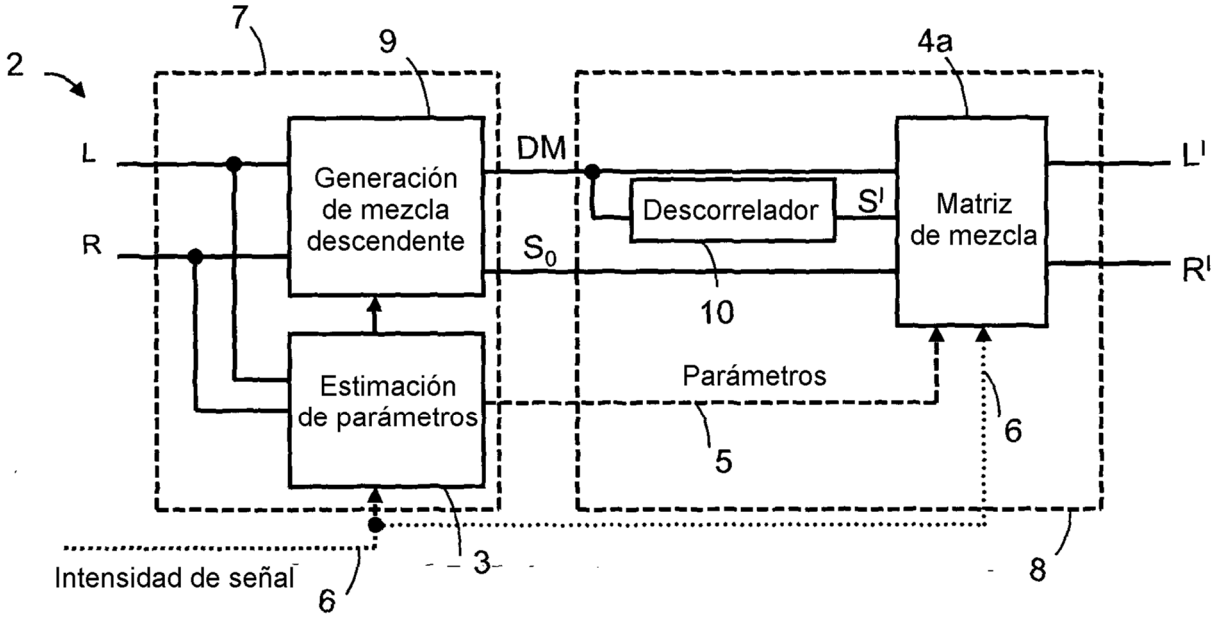

Fig. 5

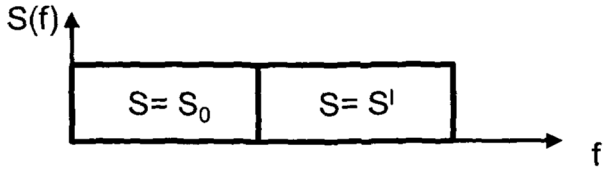

Fig. 6

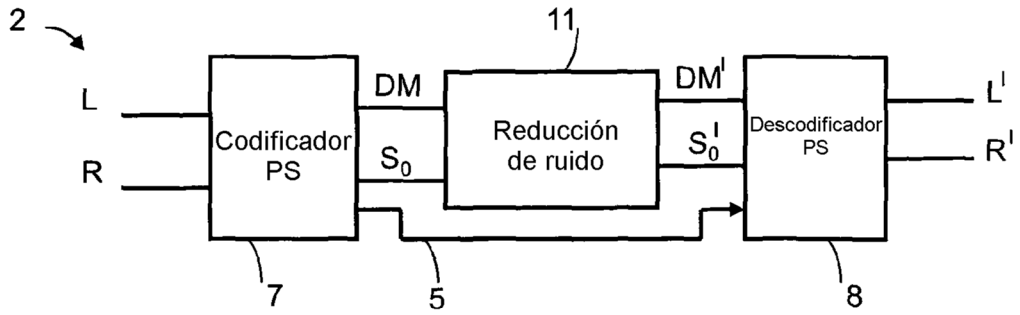

Fig. 7

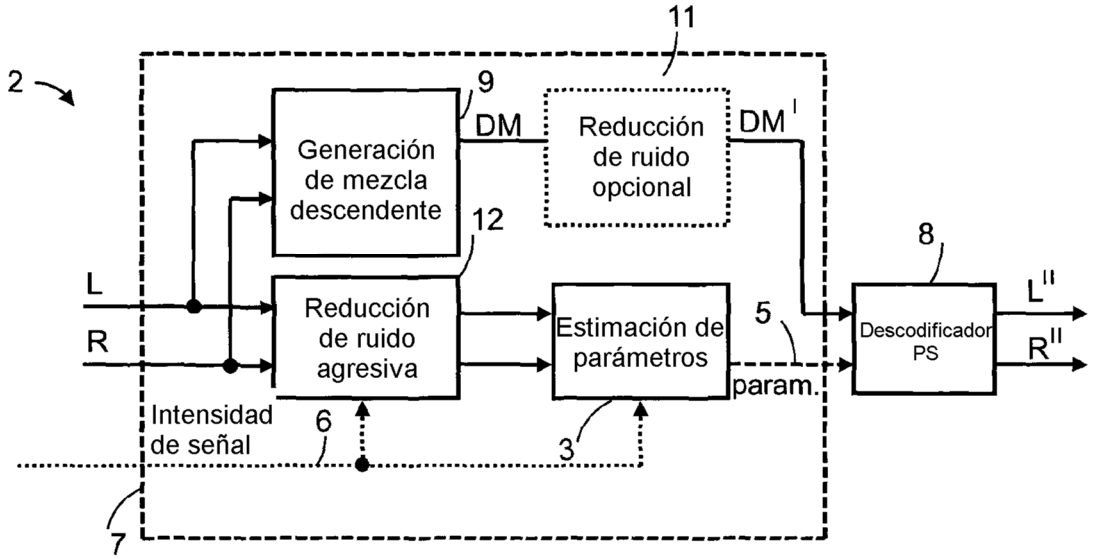

Fig. 8

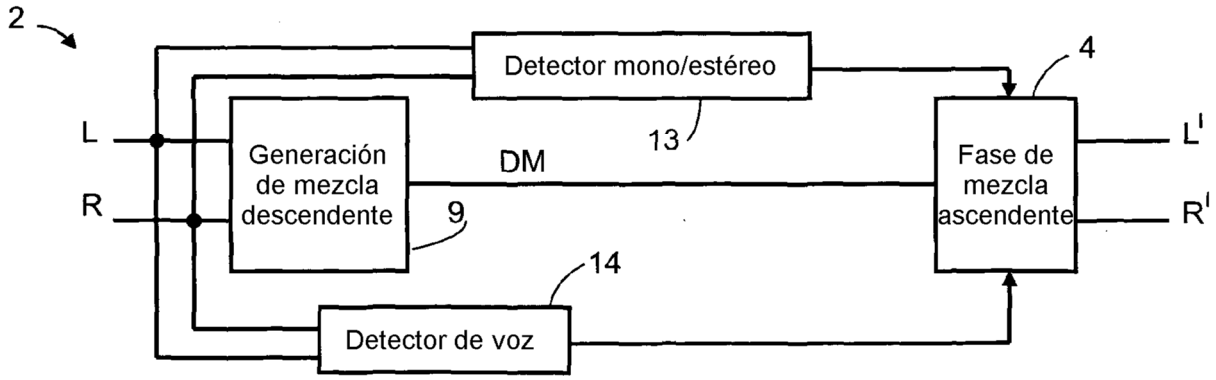

Fig. 9

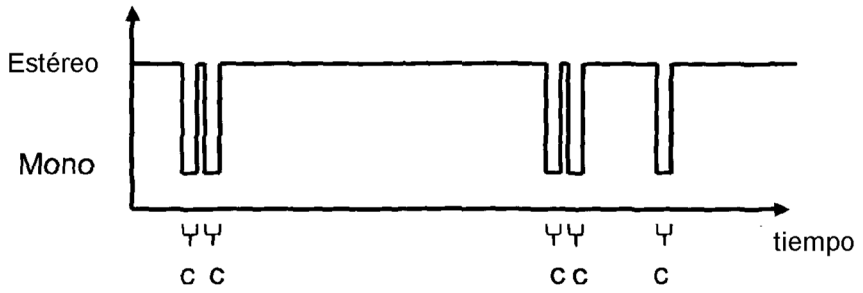

Fig. 10

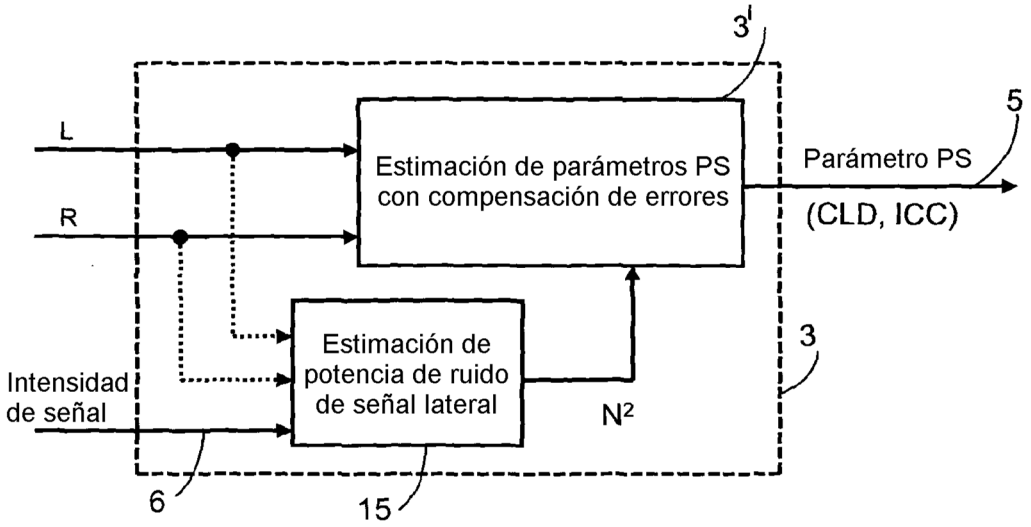

Fig. 11

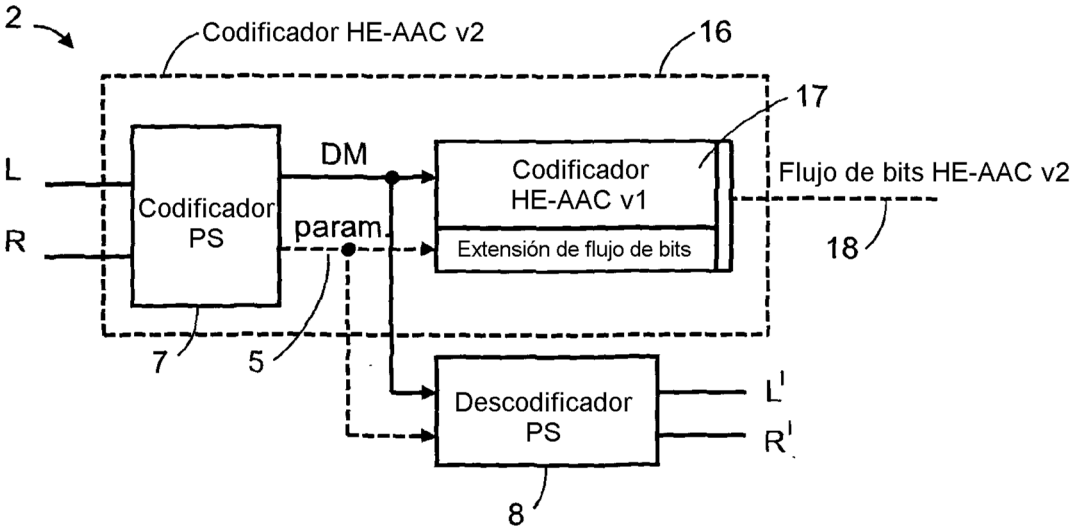

Fig. 12