(19) OFICINA ESPAÑOLA DE PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

(11) Número de publicación: **2 603 266**

(51) Int. CI.:

G10L 19/005 (2013.01)

(12) TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA T3

(86) Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **12.11.2013 PCT/SE2013/051332**

(87) Fecha y número de publicación internacional: **21.08.2014 WO14126520**

(96) Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **12.11.2013 E 13805625 (4)**

(97) Fecha y número de publicación de la concesión europea: **31.08.2016 EP 2956932**

(54) Título: **Ocultación de errores de trama**

(30) Prioridad:

13.02.2013 US 201361764254 P

(45) Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
24.02.2017

(73) Titular/es:

TELEFONAKTIEBOLAGET L M ERICSSON (PUBL) (100.0%)
164 83 Stockholm, SE

(72) Inventor/es:

NÄSLUND, SEBASTIAN;
GRANCHAROV, VOLODYA y
SVEDBERG, JONAS

(74) Agente/Representante:

DE ELZABURU MÁRQUEZ, Alberto

Aviso: En el plazo de nueve meses a contar desde la fecha de publicación en el Boletín Europeo de Patentes, de la mención de concesión de la patente europea, cualquier persona podrá oponerse ante la Oficina Europea de Patentes a la patente concedida. La oposición deberá formularse por escrito y estar motivada; sólo se considerará como formulada una vez que se haya realizado el pago de la tasa de oposición (art. 99.1 del Convenio sobre Concesión de Patentes Europeas).

DESCRIPCIÓN

Ocultación de errores de trama

Campo de la técnica

La tecnología propuesta se relaciona con la ocultación de errores de trama basada en tramas que incluyen vectores de coeficientes de transformada.

Antecedentes

La transmisión de audio de alta calidad puede típicamente utilizar esquemas de codificación basados en transformadas. La señal de audio de entrada se procesa generalmente en bloques de tiempo llamados tramas de cierto tamaño, por ejemplo, 20 ms. Una trama se transforma por una transformada adecuada, tal como por ejemplo la Transformada de Coseno Discreta Modificada (MDCT), y los coeficientes de transformada son entonces cuantificados y trasmitidos a través de la red.

Sin embargo, cuando un códec de audio se opera en un sistema de comunicación que incluye redes inalámbricas o de paquetes, una trama podría perderse en la transmisión, o llegar demasiado tarde, para ser usada en un escenario de tiempo real. Surge un problema similar cuando los datos dentro de una trama se han corrompido, y el códec puede estar configurado para descartar dichas tramas corruptas. Los ejemplos anteriores se llaman borrado de tramas o pérdida de paquetes, y cuando ocurren el decodificador típicamente invoca a ciertos algoritmos para evitar o reducir la degradación de la calidad del audio causada por el borrado de tramas, y dichos algoritmos son llamados algoritmos de ocultación de borrado de tramas (o errores) (FEC) o algoritmos de ocultación de pérdida de paquetes (PLC).

La Fig. 1 ilustra una señal de audio de entrada en un codificador 10. Se realiza una transformación a un dominio de frecuencia en el paso S1, se realiza una cuantificación en el paso S2, y se realiza una formación de paquetes y transmisión de los coeficientes de frecuencia cuantificados (representados por índices) en el paso S2. Los paquetes son recibidos por un decodificador 12 en el paso S4, tras la transmisión, y los coeficientes de frecuencia se reconstruyen en el paso S5, donde se realiza un algoritmo de ocultación de borrado de tramas (o errores), como se indica por una unidad FEC 14. Los coeficientes de frecuencia reconstruidos son inversamente transformados al dominio del tiempo en el paso S6. De este modo, la Fig. 1 es una visión de conjunto, en el que los errores de transmisión se manejan en el decodificador de audio 12 en el proceso de reconstrucción de parámetros/forma de onda, y un algoritmo de ocultación de borrado de tramas realiza una reconstrucción de las tramas perdidas o corruptas.

El propósito de la ocultación de errores es sintetizar las partes perdidas de la señal de audio que no llegan o no llegan a tiempo al decodificador, o están corruptas. Cuando se puede tolerar un retardo adicional y/o hay bits adicionales disponibles uno podría usar varios conceptos potentes de FEC que se pueden basar por ejemplo en la interpolación de tramas perdidas entre dos tramas buenas o la transmisión de información lateral esencial.

Sin embargo, en un escenario conversacional en tiempo real es típico que no sea posible introducir retardo adicional, y raramente es posible incrementar el presupuesto de bit y la complejidad computacional del algoritmo. Los siguientes son tres modelos de aproximaciones FEC para escenarios de tiempo real:

- Silencio, donde los coeficientes espectrales perdidos son puestos a cero.

- Repetición, donde los coeficientes de las últimas tramas buenas se repiten.

- Inyección de ruido, donde los coeficientes espectrales perdidos son la salida de un generador de ruido aleatorio.

Un ejemplo de un algoritmo FEC que es usado comúnmente por los códec basados en transformadas es un algoritmo de repetición de trama que usa la aproximación de repetición, y repite los coeficientes transformados de las tramas recibidas previamente, a veces con un factor de escala, por ejemplo como se describe en [1]. Los coeficientes transformados repetidos se usan entonces para reconstruir la señal de audio para la trama perdida. Los algoritmos de repetición de trama y los algoritmos que insertan ruido o silencio son algoritmos atractivos, porque tienen baja complejidad computacional y no requieren de ningún bit extra para ser transmitidos ni de ningún retardo extra. Sin embargo, la ocultación de errores puede degradar la señal reconstruida. Por ejemplo, un esquema FEC basado en el silencio podría crear grandes discontinuidades de energía y una calidad percibida pobre, y el uso de un algoritmo de inyección de ruido podría conducir a un impacto perceptual negativo, especialmente cuando se aplica a una región con componentes tonales prominentes.

Otra aproximación descrita en [2] implica la transmisión de información lateral para reconstruir tramas erróneas por interpolación. Un inconveniente de este método es que requiere ancho de banda extra para la información lateral. Para los coeficientes de la MDCT sin la información lateral disponible, se estiman las amplitudes por interpolación, mientras que los signos se estiman usando un modelo probabilístico que requiere un gran número de tramas pasadas (se sugieren 50), que pueden no estar disponibles en realidad.

En [3] se describe un método de interpolación bastante complejo con correcciones multiplicativas para la reconstrucción de tramas perdidas.

Un inconveniente más de la interpolación basada en los métodos de ocultación de errores de trama es que introducen retardos extras (la trama después de la trama errónea tiene que ser recibida antes de intentar cualquier interpolación) que pueden no ser aceptables en, por ejemplo, aplicaciones en tiempo real tal como aplicaciones conversacionales.

La técnica anterior “Robust Transmission of Audio Signals over the Internet: An Advanced Packet Loss Concealment for MP3-Based Audio Signals” por Akinori et col., describe un método para estimar los coeficientes de la MDCT en frecuencias superiores. Los valores absolutos de los coeficientes de una trama errónea se estiman por interpolación lineal entre una trama anterior y posterior. El signo de un coeficiente reconstruido se estima basándose en los cambios de signo de un coeficiente entre cada dos tramas consecutivas en las 50 tramas precedentes. Los coeficientes se comparan uno a uno.

Resumen

Un propósito de la tecnología propuesta es mejorar la ocultación de errores de trama.

Este propósito se cumple por realizaciones de la tecnología propuesta.

Según un primer aspecto, se proporciona un método de ocultación de errores de trama según la reivindicación 1.

Según un segundo aspecto, se proporciona un programa informático para la ocultación de errores de trama según la reivindicación 5.

Según un tercer aspecto, se proporciona un producto de programa informático, que comprende un medio leíble por un ordenador y un programa informático según el segundo aspecto en el medio leíble por un ordenador.

Según un cuarto aspecto, la tecnología propuesta implica una realización de un decodificador configurado para la ocultación de errores de trama según la reivindicación 7.

Según un quinto aspecto, la tecnología propuesta implica otra realización de un decodificador configurado para la ocultación de errores de trama según la reivindicación 8.

Según un sexto aspecto, la tecnología propuesta implica otra realización más de un decodificador configurado para la ocultación de errores de trama según la reivindicación 9.

Según un séptimo aspecto, la tecnología propuesta implica un terminal de usuario que incluye un decodificador de acuerdo con los aspectos cuarto, quinto o sexto.

Al menos una de las realizaciones es capaz de mejorar la calidad de audio subjetiva en caso de pérdida de trama, retraso de trama o corrupción de trama, y esta mejora se consigue sin transmitir parámetros laterales adicionales o generar los retardos extras requeridos por la interpolación, y con bajos requisitos de complejidad y memoria.

Breve descripción de los dibujos

La tecnología propuesta, junto a más propósitos y ventajas de la misma, puede comprenderse mejor haciendo referencia a la siguiente descripción tomada junto a los dibujos adjuntos, en los cuales:

La Fig. 1 es un diagrama que ilustra el concepto de ocultación de errores de trama;

La Fig. 2 es un diagrama que ilustra el seguimiento del cambio de signo.

La Fig. 3 es un diagrama que ilustra situaciones en las cuales los cambios de signo no son considerados significativos.

La Fig. 4 es un diagrama que ilustra la estructura de trama;

La Fig. 5 es un diagrama que ilustra un ejemplo de reconstrucción de un sub-vector de una trama errónea;

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra una realización general del método propuesto;

La Fig. 7 es un diagrama de bloques que da una visión de conjunto de la tecnología propuesta;

La Fig. 8 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador de acuerdo con la tecnología propuesta;

La Fig. 9 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador de acuerdo con la tecnología propuesta;

La Fig. 10 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador de acuerdo con la tecnología propuesta;

La Fig. 11 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador de acuerdo con la tecnología propuesta;

La Fig. 12 es un diagrama de bloques de un terminal de usuario; y

La Fig. 13 es un diagrama que ilustra otra realización de ocultación de errores de trama.

Descripción detallada

A través de los dibujos, las mismas designaciones de referencias se usan para elementos similares o correspondientes.

La tecnología propuesta aquí es generalmente aplicable a tipos de Transformadas Solapadas Moduladas (MLT), por ejemplo MDCT, que es la transformada preferida actualmente. Para simplificar la descripción a continuación solo se tratará la MDCT.

Además, en la descripción que sigue los términos trama perdida, trama retrasada, trama corrupta y tramas que contienen datos corruptos todos representan ejemplos de tramas erróneas que han de ser reconstruidas por la tecnología de ocultación de errores de trama propuesta. Similarmente el término “tramas buenas” se usará para indicar tramas no-erróneas.

El uso de un algoritmo de repetición de trama para ocultar errores de trama en un códec transformado que usa la MDCT puede causar degradación en la señal de audio reconstruida, debido al hecho de que en el dominio de la MDCT, la información de fase se transmite tanto en la amplitud como en el signo de los coeficientes de la MDCT. Para componentes tonales o armónicos, la evolución de los coeficientes de la MDCT correspondientes en términos de amplitud y signo depende de la frecuencia y de la fase inicial de los tonos subyacentes. Los coeficientes de la MDCT para los componentes tonales en la trama perdida pueden a veces tener el mismo signo y amplitud que en la trama previa, en donde un algoritmo de repetición de trama será ventajoso. Sin embargo, a veces los coeficientes de la MDCT para los componentes tonales tiene el signo y/o la amplitud cambiados en la trama perdida, y en esos casos el algoritmo de repetición de trama no funcionará bien. Cuando esto ocurre, la disparidad de signo causada por la repetición de coeficientes con el signo equivocado causará que la energía de los componentes tonales sea dispersada sobre una región mayor de frecuencia, lo que resultará en una distorsión audible.

Las realizaciones descritas aquí analizan los cambios de signo de los coeficientes de la MDCT en tramas recibidas anteriormente, por ejemplo usando un algoritmo de seguimiento del cambio de signo, y usan los datos recogidos con relación al cambio de signo para crear un algoritmo de FEC de baja complejidad con calidad de percepción mejorada.

Dado que el problema con las discontinuidades de fase es más audible para componentes tonales fuertes, y dichos componentes afectarán a un grupo de varios coeficientes, los coeficientes transformados pueden ser agrupados en sub-vectores en los cuales se realiza el análisis de signo. El análisis según las realizaciones descritas aquí también tiene en cuenta la dinámica del signo, por ejemplo, cuando es medido por un detector de transitorios, para determinar la fiabilidad de los datos pasados. El número de cambios de signo de los coeficientes transformados puede ser determinado para cada sub-vector sobre un número definido de tramas recibidas anteriormente, y estos datos se usan para determinar los signos de los coeficientes transformados del signo en un sub-vector reconstruido. Según las realizaciones descritas aquí, el signo de todos los coeficientes en un sub-vector usado en un algoritmo de repetición de trama será intercambiado (invertido), en el caso de que el número determinado de cambios de signo de los coeficientes transformados en cada sub-vector correspondiente sobre las tramas anteriormente recibidas sea alto, esto es que es igual a o sobrepasa un umbral de intercambio determinado.

Las realizaciones descritas aquí implican un algoritmo de extrapolación de signo basado en un decodificador que usa datos recogidos de un algoritmo de seguimiento de cambio de signo para extrapolar los signos de un vector de la MDCT reconstruido. El algoritmo de extrapolación de signo l se activa en una pérdida de trama.

El algoritmo de extrapolación de signo además hace un seguimiento de si las tramas recibidas anteriormente (almacenadas en una memoria, esto es en una memoria tampón del decodificador) son estacionarias o si contienen transitorios, dado que el algoritmo solo tiene sentido realizarlo en tramas estacionarias, esto es, cuando la señal no contiene transitorios. Así, según una realización, el signo de los coeficientes reconstruidos será aleatorizado, en caso de que cualquiera de las tramas analizadas de interés contenga un transitorio.

Una realización del algoritmo de extrapolación del signo se basa en análisis de signo sobre tres tramas recibidas anteriormente, debido al hecho de que tres tramas proporcionan suficientes datos para conseguir un buen rendimiento. En el caso de que solo dos de las últimas tramas fueran estacionarias, la trama n-3 sería descartada. El análisis del cambio de signo sobre dos tramas es similar al análisis del cambio de signo sobre tres tramas, pero el nivel del umbral se adapta consecuentemente.

La Fig. 2 es un diagrama que ilustra el seguimiento del cambio del signo. Si la historia reciente del signo contiene solo tramas buenas, el cambio del signo se sigue en tres tramas consecutivas, como se ilustra en la Fig. 2a. En el caso de un transitorio o trama perdida, como en la Fig. 2b y 2c, el cambio del signo se calcula en las dos tramas disponibles. La trama actual tiene índice "n", una trama perdida se anota con una caja de línea discontinua, y una trama transitoria con una caja de línea de puntos. Así, en la Fig. 2a la región de seguimiento de signo es de 3 tramas, y en la Fig. 2b y 2c la región de seguimiento de signo es de 2 tramas.

La Fig. 3 es un diagrama que ilustra situaciones en las que los cambios del signo no se consideran significativos. En este caso una de las dos últimas tramas anteriores a una trama errónea n es una trama transitoria (o no-estacionaria). En este caso el algoritmo de extrapolación de signo puede forzar un modo "aleatorio" para todos los sub-vectores de la trama reconstruida.

Los componentes tonales o harmónicos en la señal de audio en el dominio del tiempo afectarán a varios coeficientes en el dominio de la MDCT. Otra realización captura este comportamiento en el análisis de signo determinando el número de cambios de signo de grupos de coeficientes de la MDCT, en vez del vector de coeficientes de la MDCT completo, de manera que los coeficientes de la MDCT se agrupan en por ejemplo bandas de 4 dimensiones en las cuales se realiza el análisis de signo. Ya que la distorsión causada por la disparidad del signo es más audible en la región de baja frecuencia, otra realización del análisis de signo solo se realiza en el intervalo de frecuencia 0-1600 Hz, para reducir la complejidad computacional. Si la resolución de frecuencia de la transformada MDCT usada en esta realización es por ejemplo 25 Hz por coeficiente, el intervalo de frecuencia consistirá en 64 coeficientes que podrían ser divididos en B bandas, donde B=16 en este ejemplo.

La Fig. 4 es un diagrama que ilustra la estructura de trama del ejemplo anterior. Se ilustran un número de tramas buenas consecutivas. La trama *n* se ha expandido para ilustrar que contiene 16 bandas o sub-vectores. La banda *b* de la trama *n* ha sido expandida para ilustrar los 4 coeficientes transformados $\hat{x}_n$ (1),..., $\hat{x}_n$ (4). Los coeficientes transformados $\hat{x}_{n-1}$ (1),...,$\hat{x}_{n-1}$ (4) y $\hat{x}_{n-1}$ (1),...,$\hat{x}_{n-2}$ (4) del correspondiente sub-vector o banda b de las tramas n-1 y n-2, respectivamente, se han ilustrado también.

Según una realización, la determinación del número de cambios de signo de los coeficientes de transformada en las tramas recibidas por el decodificador se realiza por un algoritmo de seguimiento de cambio de signo, el cual está activo mientras que el decodificador reciba tramas, esto es mientras no hayan pérdidas de tramas. Durante este periodo, el decodificador puede actualizar dos variables de estado, s_n y Δ_n para cada sub-vector o banda *b* usado en el análisis de signo, y en el ejemplo con 16 sub-vectores habrán por consiguiente 32 variables de estado.

La primera variable de estado s_n para cada sub-vector o banda *b* contiene el número de cambios de signo entre la *trama n* actual y la pasada trama *n-1*, y se actualiza de acuerdo con (nótese que aquí la trama *n* se considera que es una trama buena, mientras que la trama *n* en las Fig. 2 y 3 era una trama errónea):

$$
\begin{aligned}
&si\ esTransitorio_n == 0 \\
&\quad para\ b \in B \\
&\quad\quad para\ i_b \in b \\
&\quad\quad\quad si\quad \hat{x}_n(i_b) * \hat{x}_{n-1}(i_b) < 0 \\
&\quad\quad\quad\quad s_n(b) = s_n(b) + 1
\end{aligned}
\qquad (1)
$$

donde el índice i_b indica coeficientes en el sub-vector o en la trama *b*, *n* es el número de trama, y $\hat{x}_n$ es el vector de coeficientes transformados cuantificados recibidos.

Si la trama *n* es una transitoria, lo que se indica por la variable $esTransitorio_n$ en (1), el número de cambios de señal es información no relevante, y será configurado a 0 para todas las bandas.

La variable $esTransitorio_n$ se obtiene como un "bit transitorio" del codificador, y puede ser determinada en el lado del codificador como se describe en [4].

La segunda variable de estado Δ_n para cada sub-vector contiene el número agregado de cambios de signo entre la *trama n* actual y la pasada trama *n-1* y entre la pasada trama *n-1* y la trama *n-2*, de acuerdo con:

$$
\begin{aligned}
&si\ esTransitorio_n == 0 \\
&\quad para\ b \in B \\
&\quad\quad \Delta_n(b) = s_n(b) + s_{n-1}(b)
\end{aligned}
\qquad (2)
$$

El algoritmo de extrapolación de signo se activa cuando el decodificador no recibe una trama o la trama es mala, esto es, si los datos son corruptos.

Según una realización, cuando una trama se pierde (es errónea), el decodificador primero realiza un algoritmo de repetición de trama y copia los coeficientes transformados de la trama anterior en la trama actual. A continuación, el algoritmo comprueba si las tres tramas recibidas anteriormente contienen algún transitorio comprobando las banderas de transitorios almacenadas para esas tramas. (Sin embargo, si cualquiera de las dos últimas tramas recibidas anteriormente contiene transitorios, no hay información útil en la memoria para realizar el análisis de signo y no se realiza la predicción de signo, como se trata en referencia a la Fig. 3).

Si al menos las dos tramas anteriormente recibidas son estacionarias, el algoritmo de extrapolación de signo compara el número de cambios de signo Δ_n para cada banda con un umbral de cambio definido T y cambia, o da la vuelta, al signo de los coeficientes correspondientes en la trama actual si el número de cambios de signo es igual o sobrepasa el umbral de cambio.

Según una realización, y bajo el supuesto de bandas de 4 dimensiones, el nivel del umbral de intercambio T depende del número de tramas estacionarias en la memoria, según lo siguiente:

$$T = \begin{cases} 6 & si\ 3\ tramas\ estacionarias \\ 3 & si\ 2\ tramas\ estacionarias \end{cases} \qquad (3)$$

La comparación con el umbral T y el volteado/cambio de signo potencial para cada banda se hace de acuerdo con lo siguiente (donde una inversión de signo se indica por -1):

$$\begin{array}{l} para\ b \in B \\ \quad para\ i_b \in b \\ \qquad signo\left(\hat{x}_n(i_b)\right) = \begin{cases} -1 & si\ \Delta_n(b) \geq T \\ +1 & si\ \Delta_n(b) < T \end{cases} \end{array} \qquad (4)$$

En este esquema, el signo extrapolado de los coeficientes transformados en la primera trama perdida es o bien intercambiado, o se mantiene igual que en la última trama buena. En el caso de que haya una secuencia de tramas perdidas, en una realización el signo se aleatoriza desde la segunda trama.

La tabla 1 a continuación es un resumen del algoritmo de extrapolación de signo para la ocultación de tramas perdidas con índice "*n*", según una realización (Obsérvese que aquí *trama n* es considerada errónea, mientras que *trama n* era considerada buena en las ecuaciones anteriores. Así, se desplaza en 1 unidad el índice en la tabla):

Tabla 1

Si cualquiera de las tramas *n*-1 y *n-2* contiene transitorios	Aplicar signo aleatorio a los coeficientes de frecuencia copiados
Si las tramas *n*-1 y *n-2* son buenas, pero *n-3* se perdió o es una trama transitoria	Aplicar extrapolación de signo con umbral de intercambio T=3
Si todas *n*-1, *n*-2, *n*-3 son buenas	Aplicar extrapolación de signo con umbral de intercambio T=6

La Fig. 5 es un diagrama que ilustra un ejemplo de reconstrucción de un sub-vector de una trama errónea. En este ejemplo los sub-vectores de la Fig. 4 se usarán para ilustrar la reconstrucción de la trama n+1, la cual se asume que es errónea. Las 3 tramas *n* , *n-1* y *n-2* son todas consideradas como estacionarias ($esTransitorio_n$ = 0, $esTransitorio_{n-1}$ = 0, $esTransitorio_{n-2}$ = 0). Primero el seguimiento de cambio del signo de (1) anterior se usa para calcular $s_n(b)$ y $s_{n-1}(b)$. En el ejemplo hay 3 inversiones de signo entre los coeficientes de los sub-vectores correspondientes de la trama *n* y *n-1*, y 3 inversiones de signo entre los coeficientes de los sub-vectores correspondientes de la trama *n-1* y *n-2*. Así, $s_n(b)$ = 3 y $s_{n-1}(b)$ = 3, que según la acumulación de cambios de signo de (2) anterior implica que $\Delta_n(b)$ = 6. Según la definición del umbral (3) y la extrapolación del signo (4) esto es suficiente (en este ejemplo) para invertir los signos de los coeficientes que se han copiado desde el sub-vector *b* de la *trama n* al sub-vector *b* de la trama *n+1*, como se ilustra en la Fig. 5.

La Fig. 6 es un diagrama de flujo que ilustra una realización general del método propuesto. Este diagrama de flujo puede también verse como un diagrama de flujo de ordenador. El paso S11 sigue los cambios de signo entre los coeficientes de transformada correspondientes de sub-vectores predeterminados de tramas estacionarias buenas consecutivas. El paso S12 acumula el número de cambios de signo en los sub-vectores correspondientes de un número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas. El paso S12 reconstruye una trama errónea

con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de los coeficientes transformados en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un umbral predeterminado.

Como se ha observado anteriormente, el umbral puede depender del número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas. Por ejemplo, al umbral se le asigna un primer valor para 2 tramas estacionarias buenas consecutivas y un segundo valor para 3 tramas estacionarias buenas consecutivas.

Además, la inmovilidad de una trama recibida puede ser determinada determinando si contiene algún transitorio, por ejemplo, examinando la variable $esTransitorio_n$ como se describió anteriormente.

Otra realización usa tres modos de cambio del signo de los coeficientes de transformada, por ejemplo cambio, preserva, y aleatorio, y esto se realiza a través de la comparación con dos umbrales diferentes, esto es un umbral de preserva T^P y un umbral de cambio T^S. Esto significa que el signo extrapolado de los coeficientes transformados en la primera trama perdida se cambia en caso de que el número de cambios de signo sea igual o sobrepase el umbral de cambio T^S, y se preserva en el caso de que el número de cambios de signo sea igual o menor al umbral de preserva T^P. Además, los signos son aleatorizados en el caso de que el número de cambios de signo sea mayor que el umbral de preserva T^P y menor que el umbral de cambio T^S, esto es:

$$\begin{array}{l} \textit{para } b \in B \\ \quad \textit{para } i_b \in b \\ \qquad \textit{signo}\left(\hat{x}_n(i_b)\right) = \begin{cases} -1 & \textit{si} \quad \Delta_n(b) \geq T^s \\ \textit{aleat}() & \textit{si} \quad T^p < \Delta_n(b) < T^s \\ +1 & \textit{si} \quad \Delta_n(b) \leq T^p \end{cases} \end{array} \qquad (5)$$

En este esquema la extrapolación de signo en la primera trama perdida se aplica en la segunda y así, dado que la aleatorización es ya parte del esquema.

Según otra realización, un factor de escala (atenuación de energía) se aplica a los coeficientes reconstruidos, además de los cambios del signo:

$$\hat{x}_n = G * \hat{x}_{n-1} \qquad (6)$$

En la ecuación (6) G es un factor de escala que puede ser 1 si no se usa ganancia de predicción, o G≤1 en el caso de predicción de ganancia (o simple regla de atenuación, como -3 dB para cada trama perdida consecutiva).

Los pasos, funciones, procedimientos, módulos y/o bloques descritos aquí pueden ser implementados en hardware usando cualquier tecnología convencional, como tecnología de circuitos discretos o circuitos integrados, incluyendo tanto circuitería electrónica de propósito general como circuitería específica de aplicación.

Ejemplos particulares incluyen uno o más procesadores de señal digital configurados adecuadamente y otros circuitos electrónicos conocidos, por ejemplo, puertas lógicas discretas interconectadas para realizar una función especializada, o Circuitos Integrados para Aplicaciones Específicas (ASICs).

Alternativamente, al menos algunos de los pasos, funciones, procedimientos, módulos y/o bloques descritos anteriormente pueden ser implementados en software como un programa informático para ejecutarlo por circuitería de proceso adecuada incluyendo uno o más unidades de proceso.

El diagrama o diagramas de flujo presentados aquí pueden por lo tanto ser considerados como un diagrama o diagramas de flujo de ordenador, cuando se realicen por uno o más procesadores. Un equipo correspondiente puede ser definido como un grupo de módulos de función, donde cada paso realizado por el procesador se corresponde con un módulo de función. En este caso, los módulos de función se implementan como programas informáticos que se ejecutan en el procesador.

Ejemplos de circuitería de proceso incluyen, pero no se limitan a, uno o más microprocesadores, uno o más Procesadores de Señal Digital, SPs, uno o más Unidades de Proceso Central, CPUs, hardware de aceleración de video, y/o cualquier circuitería lógica programable adecuada como una o más Matrices de Puertas Programables en Campo, FPGA, o uno o más Controladores de Lógica Programable.

Debería entenderse también que puede ser posible reutilizar las capacidades de proceso generales de cualquier dispositivo convencional o unidad en la cual se implemente la tecnología propuesta. Puede ser también posible reutilizar el software existente, por ejemplo reprogramando el software existente o añadiendo nuevos componentes de software.

Las realizaciones descritas aquí se aplican a un decodificador para una señal de audio codificada, como se ilustra en la Fig. 7. Así, la Fig. 7 es un diagrama de bloques esquemático de un decodificador 20 según las realizaciones. El

decodificador 20 comprende una unidad de entrada ENTRADA configurada para recibir una señal de audio codificada. La figura ilustra la ocultación de trama perdida con una unidad 16 de ocultación de errores de trama lógica (FEC), que indica que el decodificador 20 se ha configurado para implementar una ocultación de una trama de audio perdida o corrupta, según las realizaciones descritas anteriormente. El decodificador 20 con sus unidades incluidas puede ser implementado en hardware. Hay numerosas variantes de elementos de circuitería que pueden usarse y combinarse para conseguir las funciones de las unidades del decodificador 20. Esas variaciones se incluyen en las realizaciones. Ejemplos particulares de implementaciones en hardware del decodificador son implementaciones en hardware de procesador de señal digital (DSP) y tecnología de circuitos integrados, incluyendo tanto circuitería electrónica de propósito general como circuitería específica de aplicación.

La Fig. 8 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador 20 de acuerdo con la tecnología propuesta. Una unidad de entrada ENTRADA extrae vectores de coeficientes de transformada de una señal de audio codificada y los remite a la unidad 16 de FEC del decodificador 20. El decodificador 20 incluye un seguidor 26 de cambios de signo configurado para seguir los cambios de signo entre coeficientes de transformada correspondientes de predeterminados sub-vectores de tramas estacionarias buenas consecutivas. El seguidor 26 de cambios de signo se conecta a un acumulador 28 de cambios de signo configurado para acumular el número de cambios de signo en los sub-vectores correspondientes de un número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas. El acumulador 28 de cambios de signo se conecta a un reconstructor de trama 30 configurado para reconstruir una trama errónea con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de coeficientes transformados en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un umbral determinado. El vector de coeficientes transformados reconstruidos se remite a una unidad de salida SALIDA, que lo convierte en una señal de audio.

La Fig. 9 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador según la tecnología propuesta. Una unidad de entrada ENTRADA extrae vectores de coeficientes transformados de una señal de audio codificada y los remite a la unidad 16 de FEC del decodificador 20. El decodificador 20 incluye:

- Un módulo 26 de seguimiento de cambios de signo para hacer seguimiento de cambios de signo entre los coeficientes transformados correspondientes de los sub-vectores predeterminados de tramas estacionarias buenas consecutivas.

- Un módulo 28 de acumulación de cambios de signo para acumular el número de cambios de signo en sub-vectores correspondientes predeterminados de tramas estacionarias buenas consecutivas.

- Un módulo de reconstrucción de tramas 30 para reconstruir una trama errónea con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de coeficientes de transformada en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un umbral predeterminado.

El vector de coeficientes de transformada reconstruido se convierte a una señal de audio en una unidad de salida SALIDA.

La Fig. 10 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador 20 según la tecnología propuesta. El decodificador 20 descrito aquí podría alternativamente ser implementado por ejemplo por uno o más procesadores 22 y software adecuado con almacenamiento o memoria 24 apropiados por lo tanto, para reconstruir la señal de audio, que incluye la realización de ocultación de pérdida de trama de audio según las realizaciones descritas aquí. La señal de audio codificada entrante se recibe por una unidad de entrada ENTRADA, a la cual el procesador 22 y la memoria 24 están conectados. La señal de audio decodificada y reconstruida obtenida del software es emitida desde la unidad de salida SALIDA.

Más específicamente el decodificador 20 incluye un procesador 22 y una memoria 24, y la memoria contiene instrucciones ejecutables por el procesador, en donde el decodificador 20 es operativo para:

- Seguir los cambios de signo entre los coeficientes transformados correspondientes de sub-vectores predeterminados de tramas estacionarias buenas consecutivas.

- Acumular el número de cambios de signo en los correspondientes sub-vectores de un predeterminado número de tramas estacionarias buenas consecutivas.

- Reconstruir una trama errónea con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de coeficientes transformados en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un determinado umbral.

En la Fig. 10 también se ilustra un producto de programa informático 40 que comprende un medio leíble por un ordenador y un programa informático (descrito más a fondo abajo) almacenado en el medio leíble por un ordenador. Las instrucciones del programa informático pueden transferirse a la memoria 24, como se indica por la flecha discontinua.

La Fig. 11 es un diagrama de bloques de una realización ejemplar de un decodificador 20 según la tecnología propuesta. Esta realización se basa en un procesador 22, por ejemplo un micro procesador, que ejecuta un programa informático 42 para la ocultación de errores de trama basado en tramas que incluyen vectores de coeficientes de transformada. El programa informático se almacena en memoria 24. El procesador 22 se comunica con la memoria a través del bus del sistema. La señal de audio codificada de entrada es recibida por un controlador 26 de entrada/salida (I/O) que controla un bus de I/O, al cual están conectados el procesador 22 y la memoria 24. La señal de audio obtenida del software 130 es emitida desde la memoria 24 por un controlador 26 de I/O sobre el bus de I/O. El programa informático 42 incluye el código 50 para hacer seguimiento de los cambios de signo entre los coeficientes transformados correspondientes de sub-vectores predeterminados de tramas estacionarias buenas consecutivas, el código 52 para acumular el número de cambios de signo que corresponden a los sub-vectores de un número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas, y el código 54 para reconstruir una trama errónea con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de coeficientes transformados en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un umbral predeterminado.

El programa informático residente en memoria puede estar organizado como módulos de función apropiados configurados para realizar, cuando sea ejecutado por el procesador, al menos parte de los pasos y/o tareas descritas anteriormente. Un ejemplo de dichos módulos de función se ilustra en la Fig. 9.

Como se anotó anteriormente, el software o programa informático 42 puede ser realizado como un producto de programa informático 40, que está normalmente soportado o almacenado en un medio leíble por un ordenador. El medio leíble por ordenador puede incluir uno o más dispositivos de memoria extraíbles o no extraíbles incluyendo, pero no limitado a una Memoria de Solo Lectura, ROM, una Memoria de Acceso Aleatorio, RAM, un Disco Compacto, CD, un Disco Digital Versátil, DVD, un Bus Serie Universal, USB, memoria, una Unidad de Disco Duro, dispositivo de almacenamiento HDD, una memoria flash, o cualquier otro dispositivo de memoria convencional. El programa informático puede así estar cargado en la memoria operativa de un ordenador o dispositivo de procesamiento equivalente para su ejecución por la circuitería de proceso.

Por ejemplo, el programa informático incluye instrucciones ejecutables por la circuitería de proceso, por lo que la circuitería de proceso es capaz u operativa de ejecutar los pasos, funciones, procedimientos y/o bloques descritos aquí. El ordenador o circuitería de proceso no tiene por qué estar dedicado solo a ejecutar los pasos, funciones, procedimientos y/o bloques descritos aquí, sino que puede también ejecutar otras tareas.

La tecnología descrita anteriormente puede ser usada por ejemplo en un receptor, que puede ser usado en un dispositivo móvil (por ejemplo teléfono móvil, ordenador portátil) o en un dispositivo estacionario, como un ordenador personal. Este dispositivo será referido como un terminal de usuario que incluye un decodificador 20 como se describió anteriormente. El terminal de usuario puede ser un dispositivo con cables o inalámbrico.

Tal como se usa aquí, el término “dispositivo inalámbrico” puede referirse a un Equipo de Usuario, UE, un teléfono móvil, un teléfono celular, un Asistente Digital Personal, PDA, equipado con capacidades de comunicación por radio, un teléfono inteligente, un ordenador portátil u Ordenador Personal, PC, equipado con un módem de banda ancha móvil externo o interno, una tableta PC con capacidades de comunicación por radio , un dispositivo electrónico de comunicación por radio portátil, un dispositivo sensor equipado con capacidades de comunicación por radio o similar. En particular, el término “UE” debería ser interpretado como un término no limitante que comprende cualquier dispositivo equipado con circuitería de radio para comunicación inalámbrica según cualquiera de los estándares de comunicación relevantes.

Como se ha usado aquí, el término “dispositivo con cables” puede referirse al menos a algunos de los dispositivos anteriores (con o sin capacidad de comunicación por radio), por ejemplo un PC, cuando se configura para conexiones con cable a una red.

La Fig. 12 es un diagrama de bloques de un terminal de usuario 60. El diagrama ilustra un equipo de usuario, por ejemplo un teléfono móvil. Una señal de radio procedente de una antena es remitida a una unidad de radio 62, y la señal digital procedente de la unidad de radio es procesada por un decodificador 20 según la tecnología de ocultación de errores de trama propuesta (típicamente el decodificador puede realizar otra tarea, tal como la decodificación de otros parámetros que describen el segmento, pero estas tareas no están descritas ya que son bien conocidas en la técnica y no forman una parte esencial de la tecnología propuesta). La señal de audio decodificada es remitida a una unidad de conversión de señal digital/analógica (D/A) y amplificación 64 conectada a un altavoz.

La Fig. 13 es un diagrama que ilustra otra realización de ocultación de errores de trama. La parte del codificador 10 es similar a la realización de la Fig. 1. Sin embargo, la parte del codificador incluye un decodificador 20 según la tecnología propuesta. Este decodificador incluye una unidad 16 de ocultación de errores de trama (FEC) como se propone aquí. Esta unidad modifica el paso de reconstrucción S5 de la Fig. 1 a un paso de reconstrucción S5’ basado en la tecnología propuesta. De acuerdo a otra realización, el algoritmo de ocultación de errores de trama anteriormente descrito puede opcionalmente combinarse con otro algoritmo de ocultación en un dominio diferente. En la Fig. 13 esto se ilustra con una unidad 18 de ocultación de errores de trama opcional FEC2, en la cual también se realiza una ocultación de onda basada en el tono. Esto modificará el paso S6 al S6’. Así, en esta realización la forma de onda reconstruida contiene contribuciones de ambos esquemas de ocultación.

Se entenderá que la elección de módulos o unidades de interacción, así como el nombramiento de las unidades son solo con propósito ejemplar, y pueden ser configurados en una pluralidad de formas alternativas para ser capaces de ejecutar las acciones de proceso descritas.

También se debe notar que las unidades o módulos descritos en esta descripción serán considerados como entidades lógicas y no necesariamente como entidades físicas separadas. Se apreciará que el alcance de la tecnología descrita aquí incluye completamente otras realizaciones que pueden resultar obvias para los expertos en la técnica, y que el alcance de esta descripción por consiguiente no está limitado.

La referencia a un elemento en singular no pretende significar “uno y solo uno” a menos que se enuncie explícitamente, sino “uno o más”. Todas las equivalencias estructurales y funcionales de los elementos de las realizaciones descritas anteriormente que son conocidas por aquellos con un conocimiento normal de la técnica se incorporan aquí expresamente por referencia y se pretende que estén incluidas aquí. Además, no es necesario para un dispositivo o método abordar todos y cada uno de los problemas buscados para que sean resueltos por la tecnología descrita aquí, para ser incluidos aquí.

En la descripción previa, con propósito de explicar y no limitar, se han descrito detalles específicos tales como arquitecturas, interfaces, técnicas, etc. particulares para proporcionar un total entendimiento de la tecnología descrita. Sin embargo, resultará evidente para los expertos en la técnica que la tecnología descrita puede ponerse en práctica en otras realizaciones y/o combinaciones de realizaciones que se salgan de estos detalles específicos. Esto es, los expertos en la técnica serán capaces de concebir varias disposiciones que, aunque no se han descrito o mostrado aquí explícitamente, representan los principios de la tecnología descrita. En algunos casos, se omiten descripciones detalladas de dispositivos, circuitos y métodos bien conocidos con el objetivo de no oscurecer la descripción de la tecnología descrita con detalle innecesario. Todas las declaraciones que aquí enumeran principios, aspectos y realizaciones de la tecnología descrita, así como ejemplos específicos de la misma, tienen el propósito de incluir equivalencias tanto estructurales como funcionales de la misma. Además, se pretende que dichas equivalencias incluyan tanto equivalencias conocidas actualmente como equivalencias desarrolladas en el futuro, por ejemplo cualquier elemento desarrollado que realice la misma función, sin considerar la estructura.

Así, por ejemplo, se apreciará por los expertos en la técnica que las figuras aquí pueden representar vistas conceptuales de circuitería ilustrativa u otras unidades funcionales que representan los principios de la tecnología, y/o varios procesos que pueden ser substancialmente representados en medios leíbles por un ordenador y ejecutados por un ordenador o procesador, a pesar de que dicho ordenador o procesador pueda no haber sido mostrado explícitamente en las figuras.

Las funciones de varios elementos que incluyen bloques funcionales pueden proporcionarse a través del uso de hardware tal como hardware de circuito y/o hardware capaz de ejecutar software en la forma de instrucciones codificadas almacenadas en un medio leíble por un ordenador. Así, esas funciones y bloques funcionales ilustrados se entenderán como o implementados en hardware y/o implementados en ordenador, y así implementados en máquina.

Las realizaciones descritas anteriormente se entenderán como unos pocos ejemplos ilustrativos de la presente invención. Se entenderá por los expertos en la técnica que se pueden hacer varias modificaciones, combinaciones y cambios sin salirse del alcance de la presente invención. En particular, soluciones parciales diferentes en las diferentes realizaciones pueden combinarse en otras configuraciones, donde sea técnicamente posible.

Se entenderá por los expertos en la técnica que se pueden hacer varias modificaciones y cambios a la tecnología propuesta sin salirse del alcance de la misma, que está definida en las reivindicaciones anexas.

Referencias

[1] ITU-T standard G.719, section 8.6, June 2008.

[2] A. Ito et al, "Improvement of Packet Loss Concealment for MP3 Audio Based on Switching of Concealment method and Estimation of MDCT Signs", IEEE, 2010 Sixth International Conference on Intelligent Information Hiding and Multimedia Signal Processing, pp. 518-521.

[3] Sang-Uk Ryu and Kenneth Rose, "An MDCT Domain Frame-Loss Concealment Technique for MPEG Advanced Audio Coding", IEEE, ICASSP 2007, pp. I-273 - 1-276.

[4] ITU-T standard G.719, section 7.1, June 2008.

Abreviaturas

ASIC	Circuito Integrado para Aplicaciones Específicas
CPU	Unidades de Proceso Central
DSP	Procesador de Señal Digital

FEC	Ocultación de Borrado de Tramas
FPGA	Matriz de Puertas Programables en Campo
MDCT	Transformada de Coseno Discreta Modificada
MLT	Transformada Solapada Modulada
PLC	Ocultación de Pérdida de Paquetes

REIVINDICACIONES

1. Un método de ocultación de errores de trama basado en tramas que incluyen vectores de coeficientes transformados, que incluye los pasos de:

seguir (S11) los cambios de signo entre los coeficientes transformados correspondientes de sub-vectores predeterminados, cada uno de los cuales comprende una pluralidad de coeficientes, de tramas estacionarias buenas consecutivas;

acumular (S12) el número de cambios de signo en los sub-vectores correspondientes de un número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas;

reconstruir (S13) una trama errónea con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de coeficientes transformados en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un umbral predeterminado.

2. El método de la reivindicación 1, en donde el umbral depende del número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas.

3. El método de la reivindicación 2, en donde se asigna al umbral un primer valor de 2 tramas estacionarias buenas consecutivas y un segundo valor de 3 tramas estacionarias buenas consecutivas.

4. El método de cualquiera de las reivindicaciones precedentes 1-3, que incluye el paso de determinar la inmovilidad de una trama recibida determinando si contiene algún transitorio.

5. Un programa informático (42) para la ocultación de error de trama basado en tramas que incluyen vectores de coeficientes transformados, comprendiendo dicho programa informático un código leíble por un ordenador (50, 52, 54) que cuando se ejecuta en un procesador (22) hace que el procesador:

siga (S11; 50) los cambios de signo entre los coeficientes transformados correspondientes de sub-vectores predeterminados, cada uno de los cuales comprende una pluralidad de coeficientes, de tramas estacionarias buenas consecutivas;

acumule (S12; 52) el número de cambios de signo en los sub-vectores correspondientes de un número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas;

reconstruya (S13; 54) una trama errónea con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de coeficientes transformados en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un umbral predeterminado.

6. Un producto de programa informático (40), que comprende medios leíbles por un ordenador y un programa informático (42) según la reivindicación 5 almacenado en el medio leíble por un ordenador.

7. Un decodificador (20) configurado para la ocultación de error de trama basado en tramas que incluyen vectores de coeficientes transformados, incluyendo dicho decodificador:

un seguidor (26) de cambios de signo configurado para seguir cambios de signo entre coeficientes transformados correspondientes de sub-vectores predeterminados, cada uno de los cuales comprende una pluralidad de coeficientes, de tramas estacionarias buenas consecutivas;

un acumulador (28) de cambios de signo configurado para acumular el número de cambios de signo en los sub-vectores correspondientes de un número predeterminado de tramas estacionarias buenas consecutivas;

un reconstructor de trama (30) configurado para reconstruir una trama errónea con la última trama estacionaria buena, pero con signos invertidos de coeficientes transformados en sub-vectores que tienen un número acumulado de cambios de signo que sobrepasa un umbral predeterminado.

8. Un terminal de usuario (60) que incluye un decodificador (20) según la reivindicación 7.

9. El terminal de usuario (60) de la reivindicación 8, en donde el terminal de usuario es un equipo de usuario.

10. El terminal de usuario (60) de la reivindicación 9, en donde el equipo de usuario es un teléfono móvil

11. El terminal de usuario (60) de la reivindicación 8, en donde el terminal de usuario es un ordenador personal.

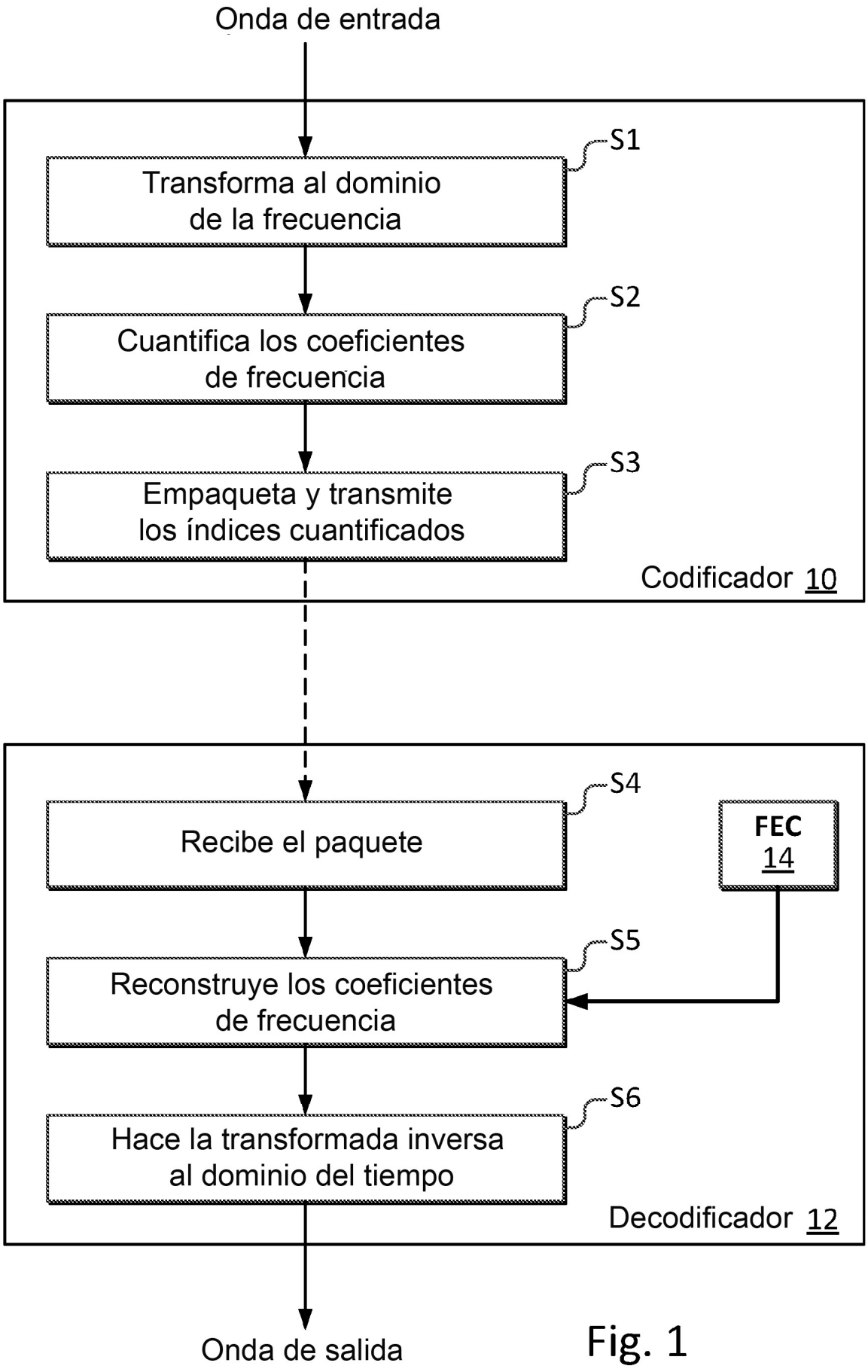
Onda de entrada
S1
Transforma al dominio de la frecuencia
S2
Cuantifica los coeficientes de frecuencia
S3
Empaqueta y transmite los índices cuantificados
Codificador 10
S4
Recibe el paquete
FEC 14
S5
Reconstruye los coeficientes de frecuencia
S6
Hace la transformada inversa al dominio del tiempo
Decodificador 12
Onda de salida

Fig. 1

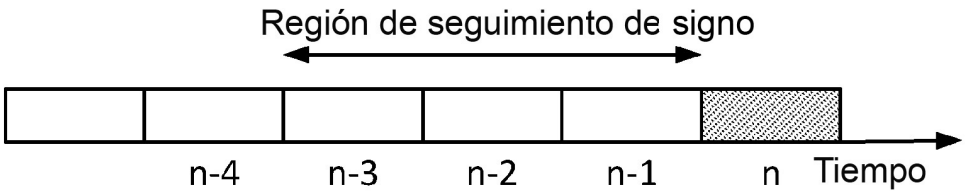

Fig. 2a

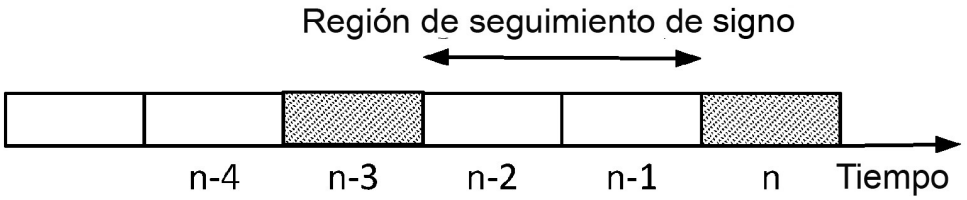

Fig. 2b

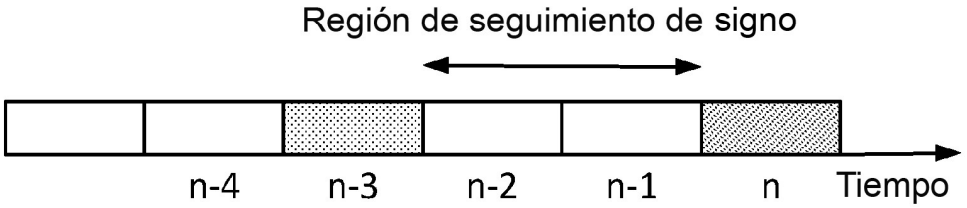

Fig. 2c

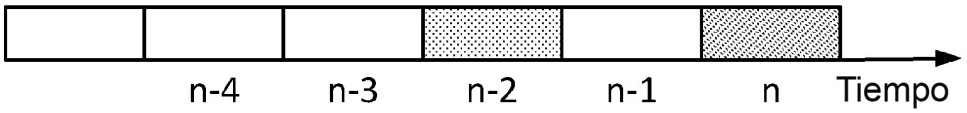

Fig. 3a

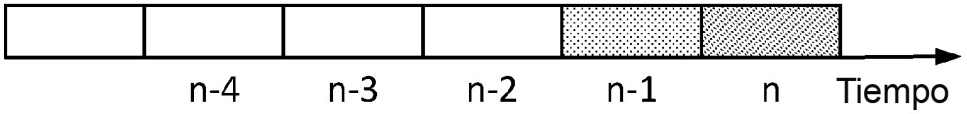

Fig. 3b

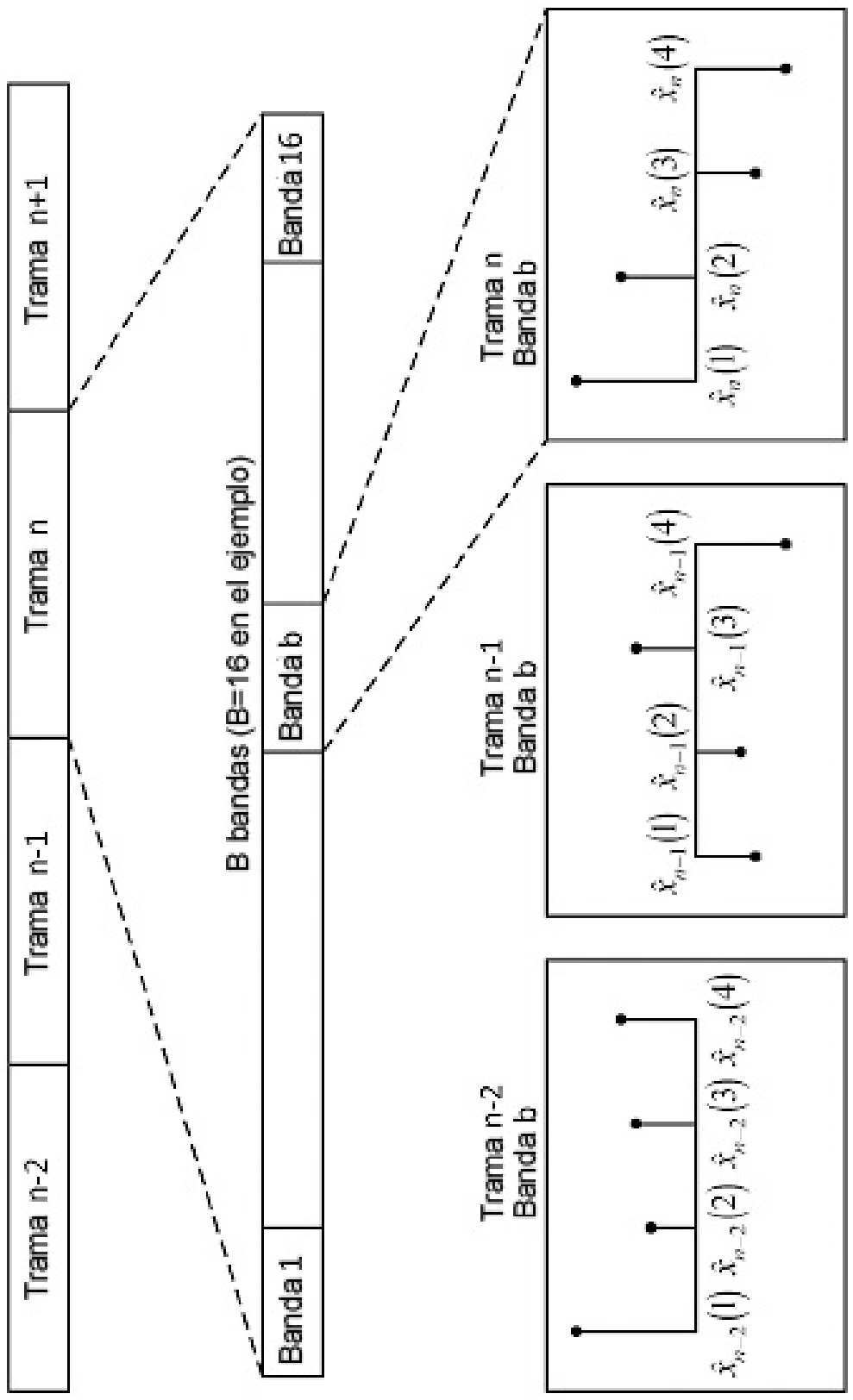
Trama n-2
Trama n-1
Trama n
Trama n+1
B bandas (B=16 en el ejemplo)
Banda 1
Banda b
Banda 16
Trama n-2
Banda b
Trama n-1
Banda b
Trama n
Banda b

Fig. 4

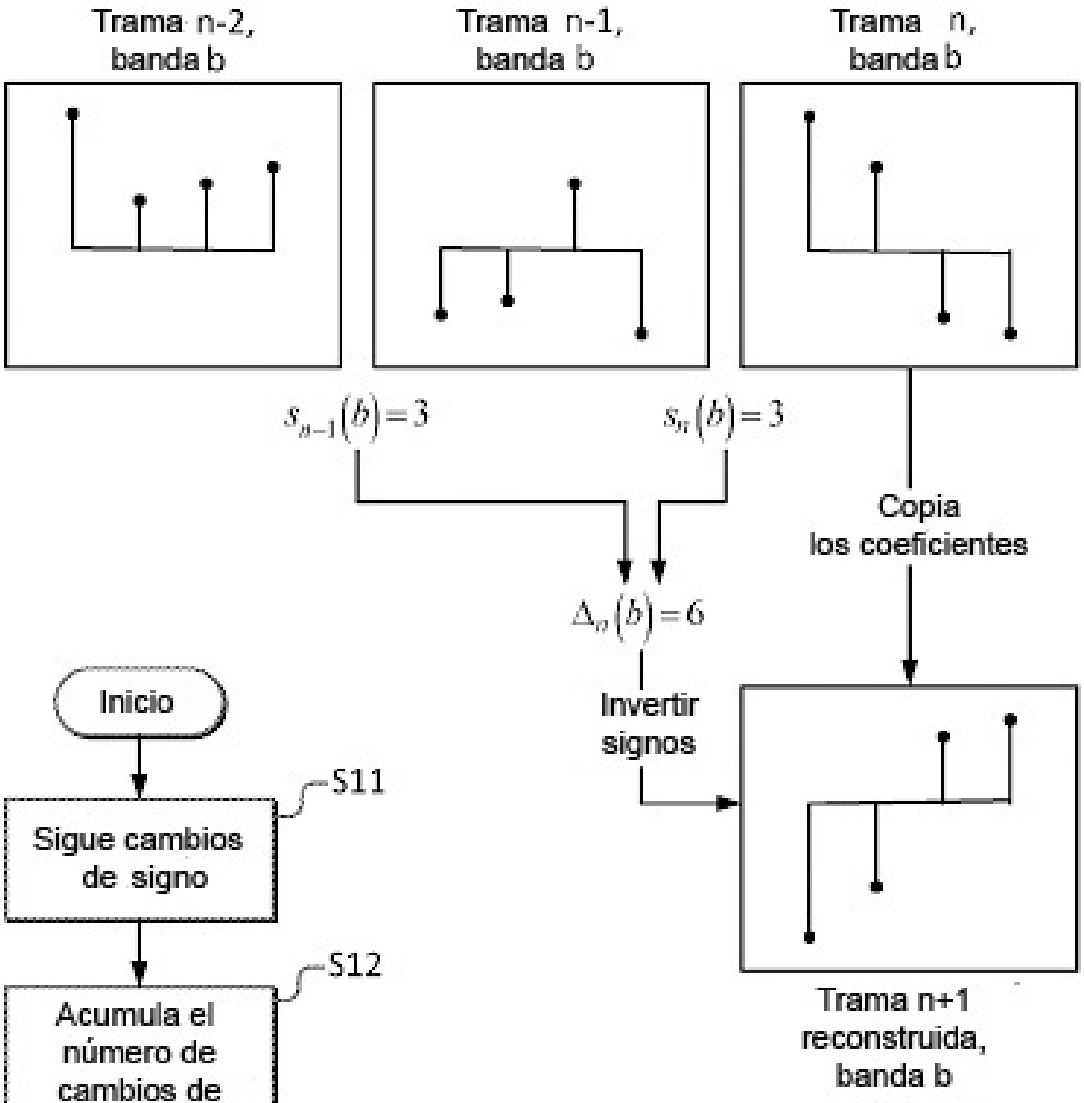

Fig. 5

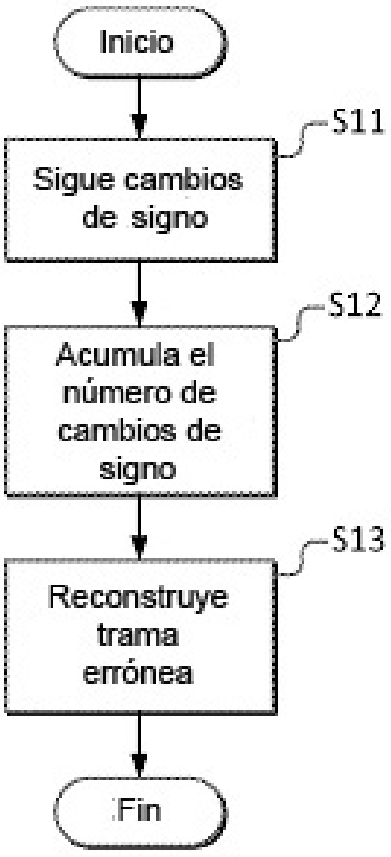

Fig. 6

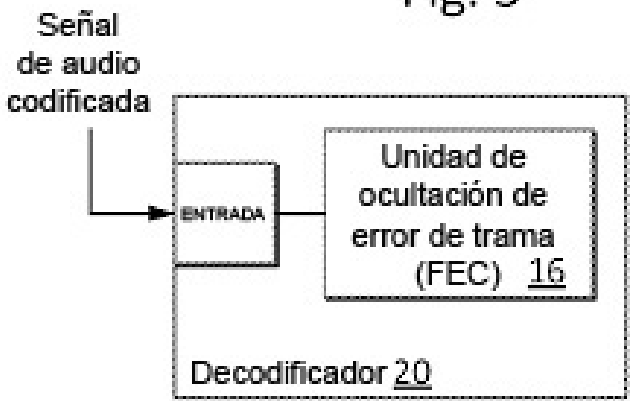

Fig. 7

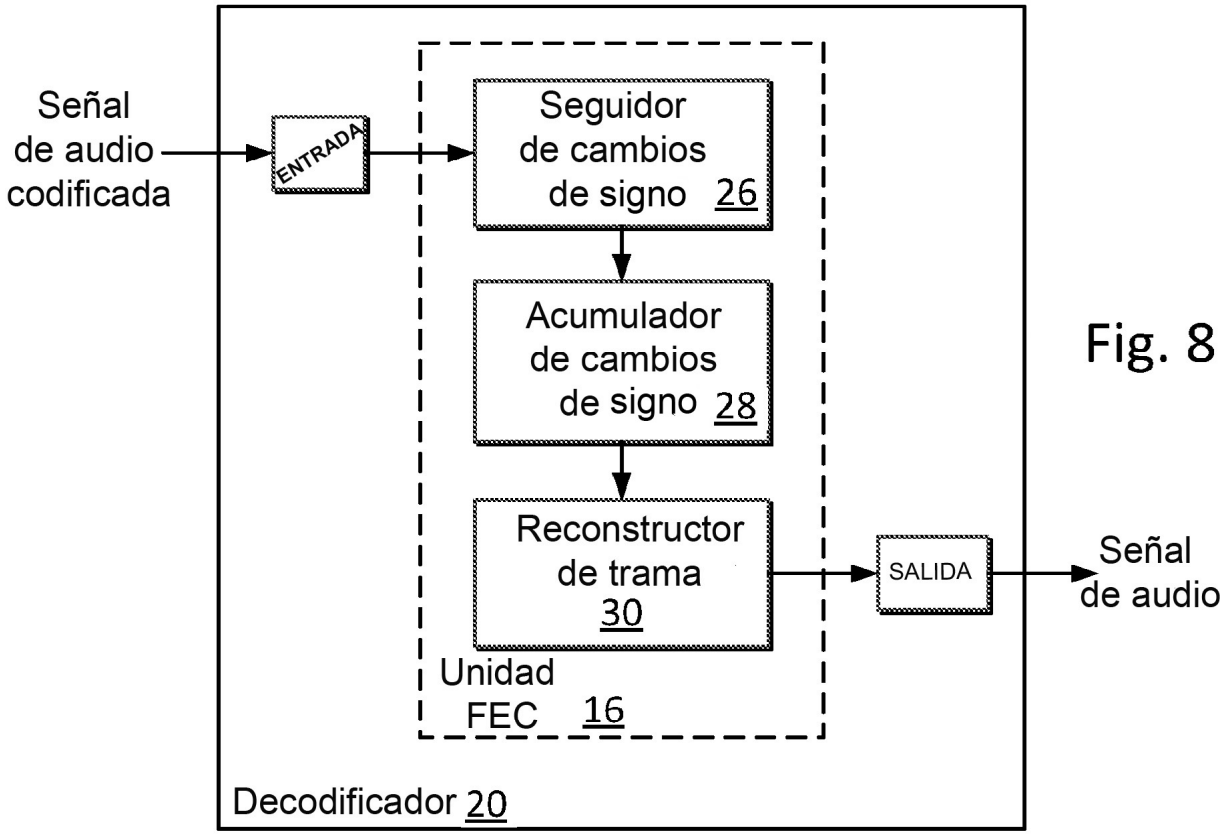
Señal
de audio
codificada
ENTRADA
Seguidor
de cambios
de signo 26
Acumulador
de cambios
de signo 28
Reconstructor
de trama
30
Unidad
FEC 16
SALIDA
Señal
de audio
Decodificador 20

Fig. 8

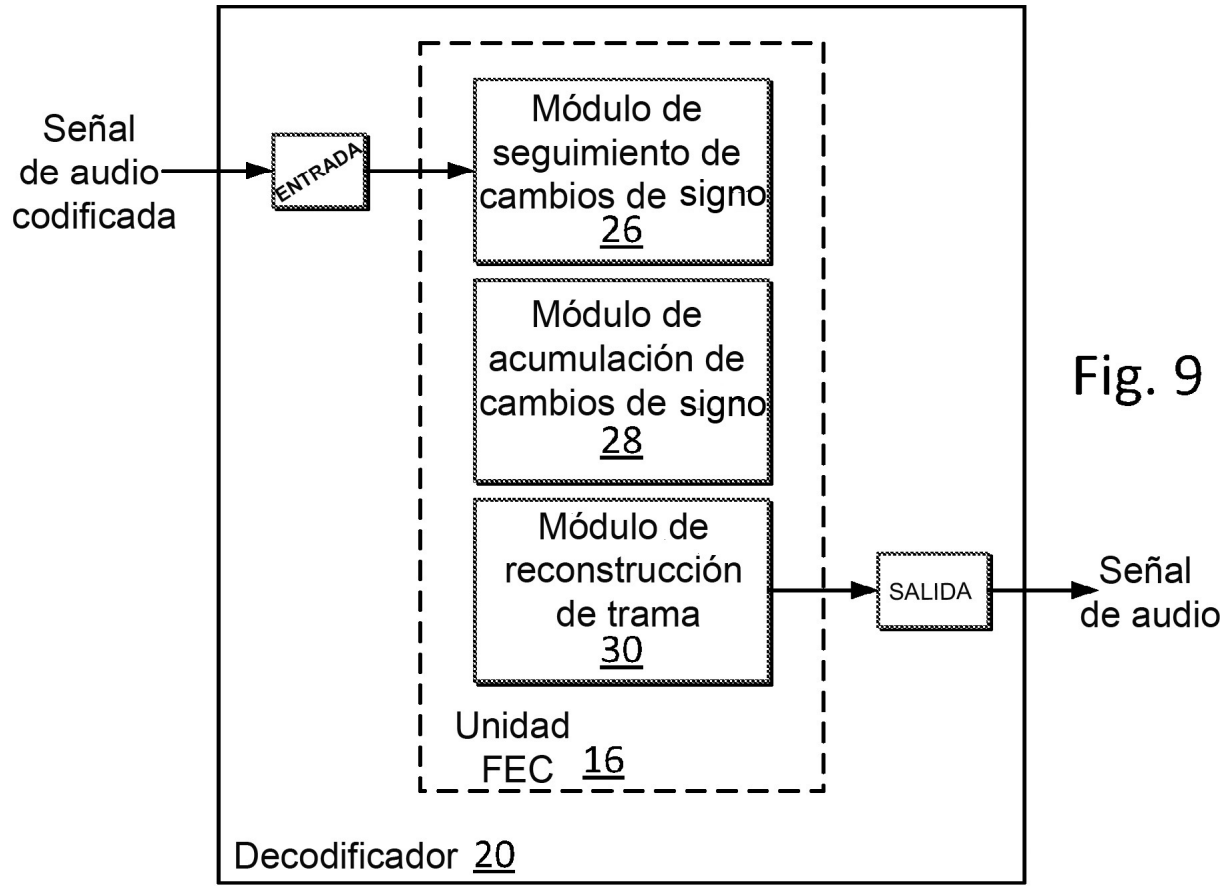
Señal
de audio
codificada
ENTRADA
Módulo de
seguimiento de
cambios de signo
26
Módulo de
acumulación de
cambios de signo
28
Módulo de
reconstrucción
de trama
30
Unidad
FEC 16
SALIDA
Señal
de audio
Decodificador 20

Fig. 9

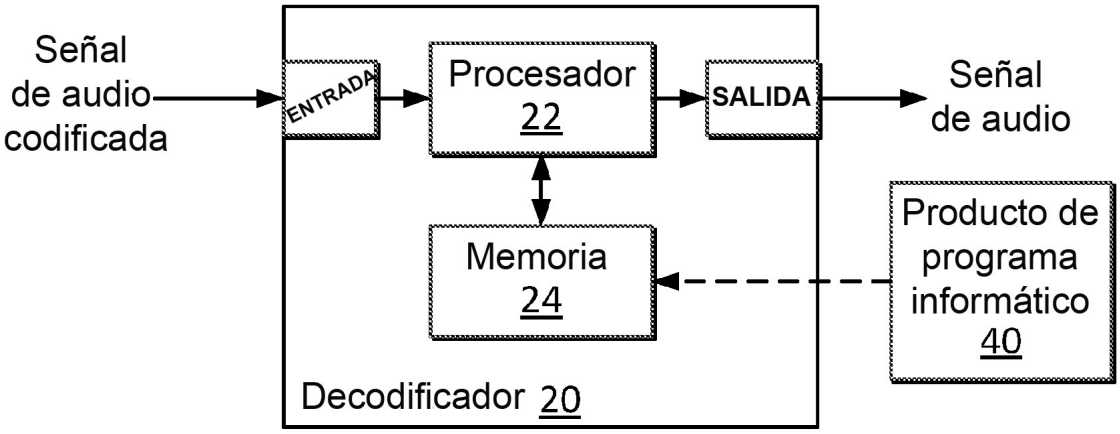
Señal
de audio
codificada
ENTRADA
Procesador
22
SALIDA
Señal
de audio
Memoria
24
Producto de
programa
informático
40
Decodificador 20

Fig. 10

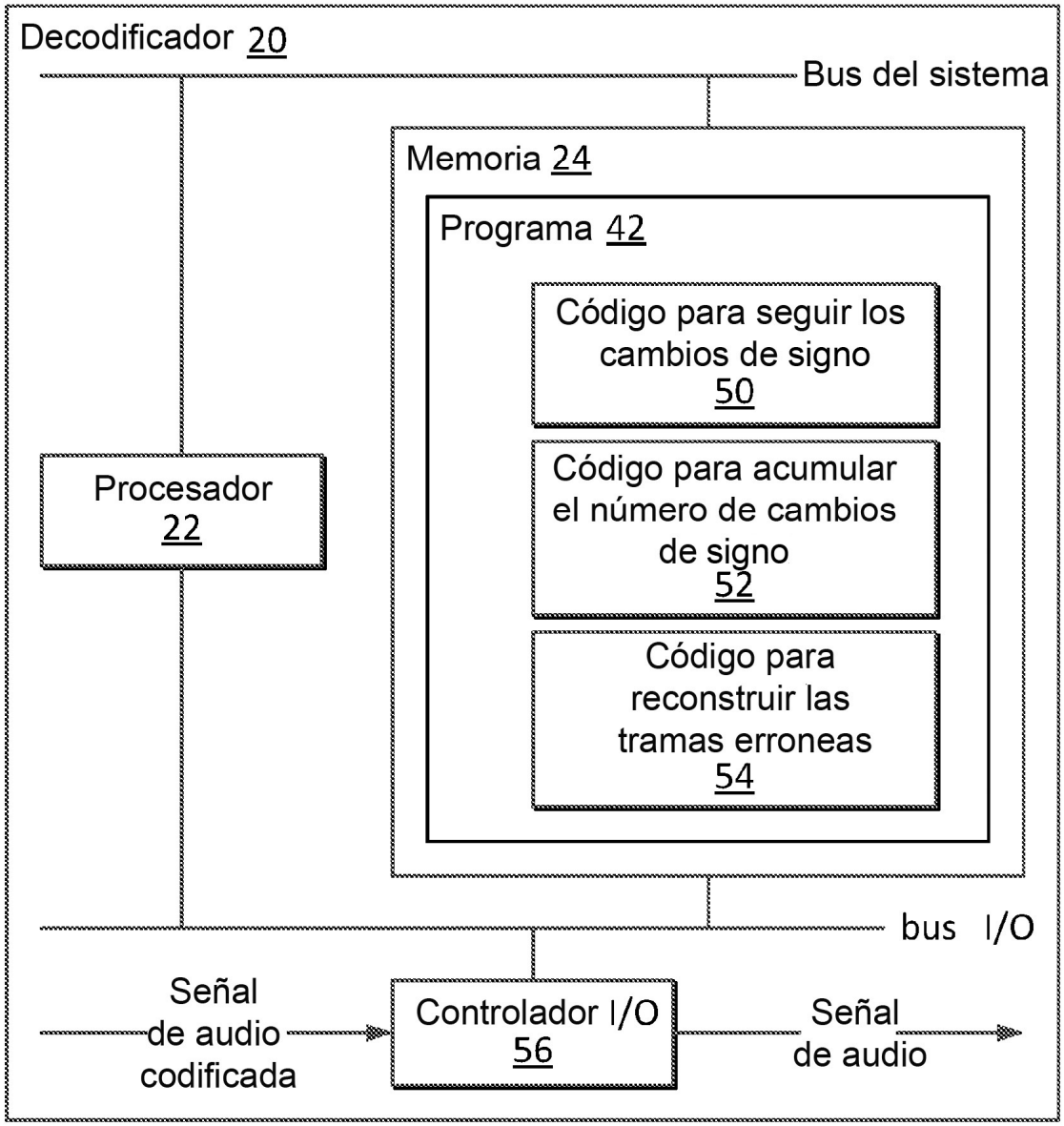
Decodificador 20
Bus del sistema
Memoria 24
Programa 42
Código para seguir los
cambios de signo
50
Código para acumular
el número de cambios
de signo
52
Código para
reconstruir las
tramas erroneas
54
Procesador
22
bus I/O
Señal
de audio
codificada
Controlador I/O
56
Señal
de audio

Fig. 11

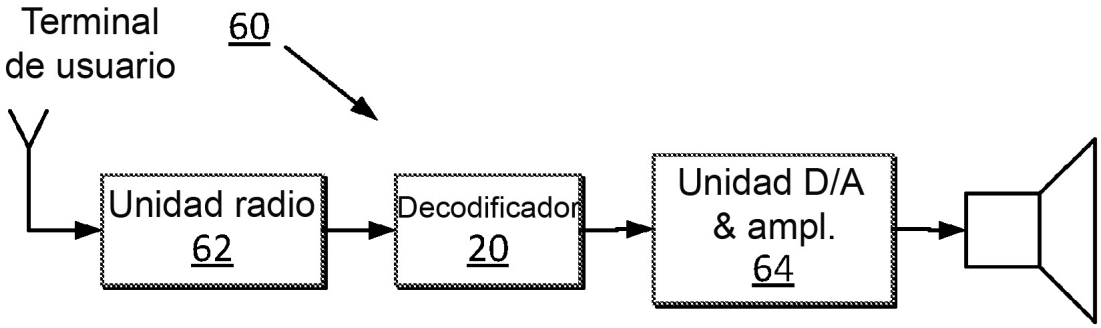
Terminal
de usuario
60
Unidad radio
62
Decodificador
20
Unidad D/A
& ampl.
64

Fig. 12

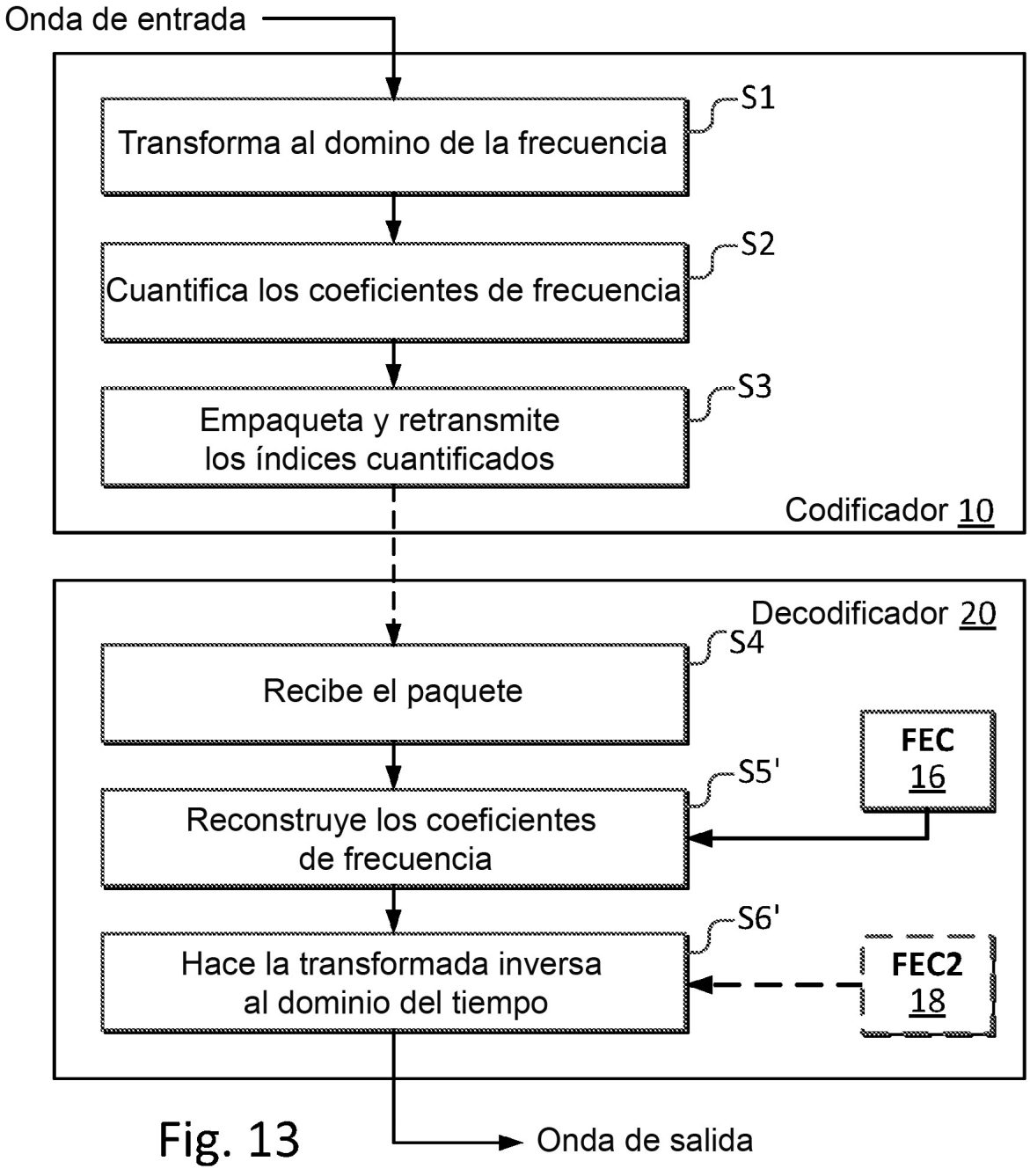
Onda de entrada
Transforma al domino de la frecuencia
S1
Cuantifica los coeficientes de frecuencia
S2
Empaqueta y retransmite
los índices cuantificados
S3
Codificador 10
Decodificador 20
Recibe el paquete
S4
FEC
16
Reconstruye los coeficientes
de frecuencia
S5'
Hace la transformada inversa
al dominio del tiempo
S6'
FEC2
18
Onda de salida

Fig. 13