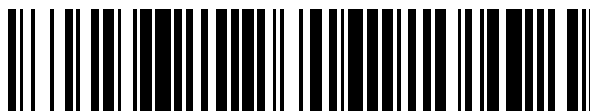


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 376 178**

51 Int. Cl.:
G10L 19/14 (2006.01)
G10L 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 96 Número de solicitud europea: **08805992 .8**
96 Fecha de presentación: **13.06.2008**
97 Número de publicación de la solicitud: **2153438**
97 Fecha de publicación de la solicitud: **17.02.2010**

54 Título: **POST-TRATAMIENTO DE REDUCCIÓN DEL RUIDO DE CUANTIFICACIÓN DE UN CODIFICADOR EN LA DECODIFICACIÓN.**

30 Prioridad:
14.06.2007 FR 0704242

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:
09.03.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
09.03.2012

73 Titular/es:
**FRANCE TELECOM
6 PLACE D'ALLERAY
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:
**GARCIA, Jean-Luc;
MARRO, Claude y
KOVESI, Balazs**

74 Agente/Representante:
Linage González, Rafael

ES 2 376 178 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

Post-tratamiento de reducción del ruido de cuantificación de un codificador en la decodificación

5 La presente invención se refiere a un tratamiento de señales, en particular de señales audio digitales en el ámbito de las telecomunicaciones, pudiendo ser dichas señales, por ejemplo, señales de voz, de música, u otras.

10 En general, el flujo necesario para hacer transitar una señal audio y/o vídeo con suficiente calidad es un parámetro importante en telecomunicaciones. A fin de reducir dicho parámetro y aumentar el número de comunicaciones posibles a través de una misma red, se han desarrollado codificadores de audio, concretamente para comprimir la cantidad de información necesaria para transmitir una señal.

15 Ciertos codificadores permiten alcanzar tasas particularmente altas de compresión de la información. Tales codificadores utilizan en general técnicas avanzadas de modelización y cuantificación de la información. De esta manera, tales codificadores sólo transmiten modelos o datos parciales de la señal.

20 La señal decodificada, aunque no sea idéntica a la señal original (puesto que una parte de la información no se ha transmitido debido a la operación de cuantificación) sigue siendo, sin embargo, muy similar a la señal original. La diferencia, desde el punto de vista matemático entre la señal decodificada y la señal original se denomina entonces «ruido de cuantificación». También puede hablarse de «distorsión» introducida por la codificación/decodificación.

25 Los tratamientos de compresión de señales, con frecuencia se conciben de manera que minimicen el ruido de cuantificación y, en particular, para volver dicho ruido de cuantificación lo menos audible posible a la hora de tratar una señal audio. Existen, pues, técnicas que toman en consideración las características psicoacústicas de la audición con objeto de «enmascarar» dicho ruido. No obstante, para obtener flujos lo más débiles posible, a veces, el ruido puede permanecer audible lo que, en ciertas circunstancias, degrada la inteligibilidad de la señal.

A fin de reducir dicho ruido, habitualmente se utilizan dos familias de técnicas.

30 Es posible, en un principio, utilizar un post-filtro perceptual, como los que se utilizan, por ejemplo, en los decodificadores de voz de tipo CELP (de «Code Excited Linear Prediction»). Se trata de efectuar un filtrado que mejore la calidad subjetiva al precio de una distorsión. De hecho, se aplica una atenuación de la señal en las zonas en las que el ruido de cuantificación es más audible (concretamente entre los formantes). Los post-filtros perceptuales modernos procuran buenos resultados para las señales de voz, pero peores resultados para otro tipo de señales (por ejemplo, las señales musicales).

35 En efecto, se describe un post-filtro de mejora de voz codificada en el documento Chen et al: «Adaptive Postfiltering for Quality Enhancement of Coded Speech», Chen J.H., Gersho A., IEEE Trans. On Speech and Audio Proc., (enero de 1995).

40 El modelo descrito se basa en una división en dos secciones:

45 - una sección a «largo plazo» refuerza los armónicos (armónicos de la frecuencia fundamental) y acentúa los valles espectrales entre dichos armónicos, y

- una sección a «corto plazo» refuerza los formantes y también acentúa los valles espectrales entre dichos formantes.

50 Los armónicos y los formantes son características espectrales bien conocidas de la voz, pero aplicar este tipo de tratamiento en otra señal distinta a la de la voz genera fuertes distorsiones. Por ejemplo, la riqueza espectral de una señal musical no puede tratarse con un modelo sencillo de señal como éste.

55 De esta manera, los post-filtros perceptuales pueden generar distorsiones, debido a que se basan sobre un modelo que no es lo suficientemente preciso. Además, el post-filtro perceptual generalmente es ineficaz en los periodos de silencio. La solicitante ha podido observar estos problemas experimentalmente, ya que en un primer momento buscaba integrar este tipo de post-filtros perceptuales en decodificadores que no son de tipo CELP, por ejemplo en decodificadores de acuerdo con la norma G.711 o la norma G.722.

60 El documento US 2003/0182104 describe la modificación de una señal audio digital en una etapa de decodificación en base a un modelo psicoacústico. Una modificación como ésta sería aplicable a las señales codificadas de acuerdo con un modelo perceptual, siempre y cuando la distribución del ruido de cuantificación pueda deducirse a partir de los datos codificados.

65 Otra familia de tratamiento se refiere a los tratamientos clásicos de reducción de ruido para distinguir la señal útil de los ruidos parásitos. Este tipo de tratamiento permite por lo tanto reducir el ruido vinculado al entorno de captura de la señal y con frecuencia se utiliza para las señales de voz. Sin embargo, en este caso, es imposible volver

transparente el tratamiento con respecto al ruido vinculado al entorno de la toma de sonido, lo que plantea un problema, en concreto para la decodificación de las señales musicales. De esta manera, cuando se codifica/decodifica es posible que se quiera transmitir el ruido ambiente y entonces sería deseable que la reducción de ruido no se aplicara a este tipo de ruido.

5 La presente invención viene a mejorar la situación.

A tal efecto, propone un procedimiento para tratar una señal codificada para su compresión de acuerdo con un tipo de codificación predeterminada, aplicando una operación de cuantificación, y que después se descodifica. El procedimiento en el sentido de la invención se define en la reivindicación 1.

10 En el presente documento se entiende por el término «tratamiento de reducción de ruido» a una operación del tipo descrito más adelante, que consiste en extraer la señal útil de la señal a tratar, filtrando las señales parásitas, por ejemplo definiendo una función de ganancia que interviene en un filtro aplicado a la señal decodificada. En este documento, el ruido de cuantificación se filtra de esta manera.

15 Se trata por lo tanto de una eliminación de ruidos clásica pero que se aplica en este documento para reducir el ruido de cuantificación. Dicha eliminación de ruidos, no se emparenta de ninguna manera con un post-filtrado perceptual del tipo descrito en Chen et al, el cual se apoya completamente en las características y la dinámica de la señal, mientras que el tratamiento de reducción de ruido, de acuerdo con la invención, se apoya más bien en la determinación del ruido de cuantificación.

20 De esta manera, se prevé un tipo de tratamiento de reducción de ruido propio de cada tipo de codificación y compresión realizada. La manera misma de estimar las características del filtro de reducción de ruido (tipo de función de ganancia, parámetros de la función de ganancia, etc.) depende del tipo de codificación que se realice.

25 Se verá, en particular en los ejemplos de realización que se aportan mas adelante, que el ruido de cuantificación en si mismo depende en gran medida del tipo de codificación que se realice. Se verá que es posible establecer una variación del ruido de cuantificación en función de una variación de la señal decodificada, y que dicha variación del ruido de cuantificación es propia del tipo de codificación puesto en práctica.

De esta manera:

35 - se estima, a partir de la información sobre el tipo de codificación, una variación del ruido de cuantificación en función de al menos un parámetro de la señal de codificada, y

- en función de un valor actual de dicho parámetro en la señal decodificada, se estima el ruido de cuantificación para determinar la función de filtrado a aplicar a la señal decodificada que tenga dicho valor actual de parámetro.

40 Se entenderá por lo tanto que la información sobre el tipo de codificación de compresión sea información a priori, independiente de las características de la señal y que ventajosamente puede deducirse que:

45 - un modelo de variación de la relación señal a ruido de cuantificación, en función de al menos un parámetro de la señal decodificada, y/o

- una coloración espectral del ruido de cuantificación (es decir, una variación espectral del ruido de cuantificación en función de las características de la señal decodificada).

50 En un posible modo de realización, la información a priori sobre el tipo de codificación de compresión se obtiene a partir de un procedimiento de declaración del codificador.

La invención se adapta particularmente al caso en el que el tipo de codificación de compresión sea una codificación de acuerdo con la norma G.711.

55 La presente invención también se refiere a un dispositivo de tratamiento de una señal inicialmente codificada para su compresión de acuerdo con un tipo de codificación predeterminado, y que después se decodifica. El dispositivo se define en la reivindicación 6.

60 De manera más general, el dispositivo comprende ventajosamente medios para la puesta en práctica del procedimiento descrito más adelante.

65 Resulta ventajoso que un dispositivo de este tipo se integre en un decodificador, a la salida de una unidad de decodificación, tal y como se ilustra en la figura 1, que representa un dispositivo TRC del tipo antedicho a la salida de la unidad de decodificación DEC. Dicha figura 1 se describirá en detalle más adelante.

La presente invención también se refiere a un programa informático, destinado a estar almacenado en la memoria

de un dispositivo de tratamiento del tipo antedicho, y que comprende instrucciones para calcular el ruido de cuantificación, así como los parámetros de un filtro de reducción del ruido de cuantificación, cuando estas instrucciones las ejecuta un procesador del dispositivo de tratamiento.

- 5 Una realización ventajosa puede consistir en prever una serie de instrucciones para cada tipo de codificación que se ponga en práctica, y definir, en cada serie de instrucciones, una variación del ruido de cuantificación en función de la señal decodificada. De esta manera, a la recepción de la información a priori, se selecciona la serie de instrucciones adecuada. Con dicha serie de instrucciones:
- 10 - se calcula el ruido de cuantificación presente en la señal decodificada, y
- se calculan los parámetros del post-filtro correspondientes a dicho ruido de cuantificación, para limitar, e incluso suprimir, dicho ruido.
- 15 Las instrucciones sobre la variación del ruido de cuantificación pueden programarse fuera de línea, en base a las observaciones (teóricas o experimentales según los ejemplos de realización que se describirán más adelante) que se hacen sobre el tipo de codificación utilizado. La manera en la que dichas instrucciones se ejecutan, en sí misma, se describirá más adelante en detalle, con referencia a las figuras 2 y 5 que pueden entonces constituir organigramas de un programa informático, de acuerdo con la invención.
- 20 De esta manera, la invención propone un post-tratamiento que se efectúa tras la decodificación y que utiliza información a priori sobre las características de la operación de cuantificación que efectúa el codificador. El tipo de tratamiento (o «modelo de tratamiento» de acuerdo con los términos genéricos anteriores) que se seleccionará para tratar la señal es independiente de las características de la señal misma. Por supuesto, el tratamiento en sí
- 25 (concretamente la estimación de la función de ganancia) puede depender de la señal, por ejemplo de su energía o de su potencia. Por el contrario, bien se trate de tratar una señal de música, una señal de voz, o cualquier otra señal (de naturaleza armónica, impulsiva, etc.), el tipo de tratamiento es el mismo y no se basa sólo, por ejemplo, en la energía de la trama decodificada que se recibe. De hecho, es posible conocer de forma teórica las características del ruido de cuantificación, concretamente en función de las distintas familias de codificadores. De acuerdo con la
- 30 invención, se utiliza entonces dicha información para estimar las amplitudes que se aprovechan para definir al menos una función de ganancia de una unidad de reducción de ruido que interviene a la salida de una unidad de decodificación.
- De esta manera, la invención permite reducir el ruido de cuantificación (y por lo tanto la distorsión) que introduce
- 35 habitualmente un codificador de compresión de señales al ejecutar una operación de cuantificación.
- De acuerdo con una de las ventajas que propone la presente invención, es posible guardar una misma estructura de codificación/decodificación sin aportar a ésta ninguna modificación y asegurar por lo tanto, una mejor calidad de la
- 40 señal de codificada, y esto, sin aumentar la cantidad de información a transmitir por el codificador.
- De acuerdo con otra ventaja, la invención permite reducir ventajosamente sólo el ruido de cuantificación, incluso en los periodos de silencio, y esto, para todo tipo de señal.
- De acuerdo con otra ventaja más, la puesta en práctica de la invención no efectúa una reducción de ruido clásica y
- 45 por lo tanto no modifica el ruido vinculado al entorno de captura de la señal.
- Habrá que recordar, en particular, que la puesta en práctica de la invención permite reducir, incluso suprimir, el ruido de cuantificación, sin distorsionar la señal y esto, para todo tipo de señales, simplemente utilizando información a
- 50 priori sobre el tipo de codificador que se utiliza (por ejemplo las características del modelo de compresión del codificador, las características del cuantificador, u otra).
- La presente invención encuentra una aplicación ventajosa en el campo del tratamiento de la voz y de la música, y de forma más general en el tratamiento de señales, concretamente, de imágenes, en cuanto un codificador cualquiera
- 55 tenga que introducir un ruido de cuantificación.
- De forma más general, la invención se aplica a todos los ámbitos en los que se busque reducir el ruido de cuantificación de una señal.
- Otras características y ventajas de la invención aparecerán tras el examen de la descripción detallada más adelante,
- 60 y de los dibujos adjuntos en los que:
- la figura 1 ilustra esquemáticamente la estructura general de una unidad de tratamiento, de acuerdo con la invención,
- 65 - la figura 2 ilustra esquemáticamente las etapas de un procedimiento, de acuerdo con la invención,

- la figura 3 ilustra una variación de la ley de compresión (denominada «ley A») de las amplitudes, en una codificación de acuerdo con la norma G.711 para ilustrar un ejemplo de realización de la invención,
- 5 - la figura 4 ilustra la variación de la relación señal a ruido de cuantificación RSR en función del factor de carga, obteniendo dicha variación, de la variación que se ilustra en la figura 3,
- la figura 5 ilustra las etapas de un ejemplo de tratamiento en el caso de una codificación, de acuerdo con la norma G.711, que se basa en concreto en las observaciones de las variaciones de las figuras 3 y 4,
- 10 - la figura 6 ilustra un ejemplo del espectro de la señal (curva de trazo discontinuo) y del espectro del ruido de cuantificación (curva con trazo continuo) para una codificación de acuerdo con la norma G.722,
- la figura 7 ilustra un ejemplo de forma de onda de una señal de voz S^* (curva superior) y la relación señal a ruido de cuantificación correspondiente RSR (curva inferior), para una codificación/decodificación, de acuerdo con la norma G.722,
- 15 - la figura 8 es una nube de puntos que ilustra, por cada segmento de 80 muestras, la correlación entre la relación señal a ruido RSR y la energía de la señal, en la aplicación a una codificación/decodificación, de acuerdo con la norma G.722,
- 20 - la figura 9 muestra los segmentos de señal (en negro) donde el error de estimación de la relación señal a ruido de cuantificación RSR es superior a 6 dB mientras que la relación RSR es inferior a 25 dB, en la aplicación a una codificación/decodificación, de acuerdo con la norma G.722,
- 25 - la figura 10 retoma la nube de puntos que representa, para cada segmento, la energía del ruido en función de la energía de la señal, ilustrando en este caso, la estimación del nivel de ruido (línea con trazos mixtos), la zona donde el error de estimación es inferior a 6 dB (líneas con trazos discontinuos), y la delimitación para la cual la relación RSR es superior a 25 dB (línea con trazo continuo).
- 30 En primer lugar, se hace referencia a la figura 1 en la que una señal S:
 - se codifica para su compresión con un codificador COD, de tipo conocido, aplicando en concreto una operación de cuantificación Q a la señal S,
 - 35 - se transmite a través de un canal de transmisiones CA, y después
 - se descodifica mediante un decodificador DEC homólogo del codificador COD.
- 40 La señal decodificada de esta manera, denominada S^* , presenta entonces un ruido de cuantificación que se define matemáticamente como una desviación ($S^* - S$) con respecto a la señal de origen S.
- Con referencia, de nuevo, a la figura 1, se prevé, de acuerdo con la invención, a la salida del decodificador DEC, una unidad de tratamiento de reducción del ruido de cuantificación TRC para suprimir o al menos limitar el ruido de cuantificación en la señal S^* .
- 45 A tal efecto, la unidad TRC comprende al menos una entrada E para recibir del decodificador DEC información INF sobre el tipo de codificación/decodificación aplicado, lo que permite seleccionar entonces el modelo de tratamiento de reducción de ruido a poner en práctica. En particular, se estima a partir de la señal recibida y decodificada S^* , y en función del tipo de codificación/decodificación puesto en práctica, la influencia del ruido de cuantificación en la señal recibida S^* . A tal efecto, se prevé un módulo de cálculo para dar una estimación del ruido de cuantificación RC, en base al modelo seleccionado y en función de la señal recibida S^* . Este módulo de cálculo típicamente puede presentarse en forma de combinación de un procesador y de una memoria de trabajo (no se representados). A partir del ruido de cuantificación estimado RC, sencillamente se trata el ruido estimado RC aplicando un filtrado clásico FIL a la señal S^* para al final transmitir una señal tratada S_T^* . Conviene insistir de nuevo en el hecho de que los parámetros PAR del filtro FIL que se aplican a la señal S^* (por ejemplo una función de ganancia para el filtrado de la señal) se determinan para reducir en particular, el ruido de cuantificación estimado RC.
- 50 De hecho, con referencia a la figura 2, a partir de la información INF que se recibe sobre el tipo de codificación/decodificación empleada (etapa S2), se determina un modelo (etapa S3) de tratamiento de reducción de ruido. Se verá en los ejemplos de realización descritos más adelante, que el modelo de reducción de ruido de cuantificación que se selecciona puede ser diferente, por ejemplo, según el hecho de que la señal se codifique/decodifique, de acuerdo con la norma G.711 o se codifique/decodifique, de acuerdo con la norma G.722.
- 60 De esta manera, cuando la señal se recibe en bloques sucesivos (o tramas denominadas TRi en la etapa S1), se estima (etapa S4) un nivel de ruido de cuantificación propio del modelo elegido. Como se verá en los ejemplos, más adelante, es ventajoso estimar el nivel de ruido de cuantificación a partir del cálculo de la relación señal a ruido de
- 65

cuantificación (denominado RSR). Esta información RSR depende de la señal decodificada S^* , pero también del tipo de codificación puesto en práctica. De esta manera, conocer a priori la codificación, mediante la obtención de la información INF permite, junto con ciertas características estadísticas de la señal S^* , estimar, en este caso, la relación de la señal sobre el ruido de cuantificación RSR.

5 Esta etapa S4 precisa por lo tanto conocer a priori el tipo de codificador que se ha utilizado, información que puede obtenerse, por ejemplo, durante el procedimiento de declaración del codificador llamada «transacción del codificador», que se supone adquirida.

10 El tipo de codificador, las características de su modelo de compresión y de su cuantificador C, permiten estimar una evolución de la relación señal a ruido de cuantificación, en función de ciertos parámetros estadísticos de la señal, como por ejemplo su varianza, la densidad espectral de su potencia, u otros. Esta correlación entre la relación señal a ruido de cuantificación y los parámetros estadísticos de la señal pone en juego leyes propias del codificador que se describirán más adelante para algunos ejemplos de realización.

15 Los parámetros estadísticos necesarios pueden calcularse mediante estimadores de magnitudes clásicas (por ejemplo la varianza). En función de dichas estimaciones, puede extrapolarse una estimación de la relación señal a ruido de cuantificación. Las estimaciones pueden realizarse indiferentemente en los dominios temporal, frecuencial, o cualquier otro dominio tiempo-frecuencia (transformado en pequeñas ondas, por ejemplo).

20 De nuevo con referencia a la figura 2, la siguiente etapa S5 consiste en calcular los parámetros del filtro para reducir el ruido de cuantificación en la señal recibida S^* . Conocer la relación señal a ruido permite deducir la expresión de un filtro de reducción del ruido de cuantificación, de aquí en adelante denominado «post-filtro» (a la salida del decodificador). De hecho es posible deducir la expresión de un filtro digital cuyo objetivo es reducir un ruido del cual la mayoría de las características se conocen a priori (su densidad espectral de potencia, por ejemplo) y cuyo nivel se determina a partir de la estimación de la relación de la señal sobre el ruido de cuantificación que se obtuvo en la etapa anterior S4. Por ejemplo, el cálculo del filtro puede realizarse en el dominio frecuencial y poner en práctica cualquier técnica de atenuación espectral a corto plazo (una sustracción espectral, un filtro de Wiener, u otro). El cálculo del post-filtro en la etapa S5 puede efectuarse en los dominios temporal, frecuencial o cualquier otro dominio tiempo-frecuencia.

30 Para terminar, la etapa de tratamiento de reducción de ruido S6, propiamente dicha, en este documento se reduce a filtrar la señal decodificada S^* con el post-filtro que se calculó en la etapa S5. Esta etapa S6 puede realizarse en el dominio temporal o frecuencial, de acuerdo con las restricciones vinculadas a la puesta en práctica y el dominio de estimación de los parámetros PAR y de la relación RSR en las etapas anteriores. Finalmente se obtiene una trama TRi' que se trata para la eliminación del ruido de cuantificación en la etapa S7.

35 A continuación se describe un ejemplo de puesta en práctica de la invención para una codificación/decodificación de acuerdo con la norma G.711 (según la ley europea, llamada « ley A »).

40 La representación digital tradicional de las señales monodimensionales recurre a una cuantificación uniforme de las muestras. De esta manera, en ausencia de desbordamiento de la capacidad del cuantificador, la relación señal a ruido (RSR) de cuantificación depende de la varianza σ_x^2 de la señal, de los niveles de saturación x_{\max} que se determinan por la dinámica, y por supuesto del número de bits b que se utilizan para la representación de las muestras, de acuerdo con una expresión del tipo:

$$RSR = 3 \frac{\sigma_x^2}{x_{\max}^2} 2^{2b}$$

o bien en dB:

$$50 \quad RSR = 10 \log \left(3 \frac{\sigma_x^2}{x_{\max}^2} 2^{2b} \right) = (20 \log 2) b + 10 \log 3 - 20 \log \Gamma \quad \text{[dB]} \quad (1)$$

La magnitud $\Gamma = \frac{x_{\max}}{\sigma_x}$ representa un parámetro denominado «factor de carga», que determina la calidad de utilización de la dinámica del cuantificador disponible por la señal, donde:

55 - x_{\max} es el nivel digital de amplitud máxima posible de una muestra de acuerdo con el cuantificador seleccionado, y

- σ_x es la desviación típica de la señal (raíz cuadrada de la varianza) que, para un bloque completo de muestras (o «trama»), puede estimarse por la raíz cuadrada de la potencia media P_m de la señal de ese bloque.

5 La expresión (1) depende en gran medida del valor de este parámetro Γ . Se constata en particular, que se obtiene la máxima relación señal a ruido para una señal a fondo de escala y que decrece rápidamente si la amplitud de la señal disminuye.

10 Los límites a baja velocidad de la ley de cuantificación uniforme llevaron a desarrollar una ley de cuantificación cuya relación señal a ruido de cuantificación era aproximadamente independiente de la varianza de la señal para una amplia dinámica de señales. Eso es lo que realiza la ley de cuantificación logarítmica de codificación de acuerdo con la norma G.711 (denominada «Ley A» en Europa, o «Ley μ » en América del norte).

15 La ley A que se usa en Europa se define por una expresión dependiente del valor x de la muestra cuantificada, tal y como sigue:

$$F(x) = \begin{cases} \frac{A|x|/x_{\max}}{1 + \ln A} \operatorname{sgn} x, & 0 \leq |x|/x_{\max} < A^{-1} \\ x_{\max} \frac{1 + \ln(A|x|/x_{\max})}{1 + \ln A} \operatorname{sgn} x, & A^{-1} \leq |x|/x_{\max} \leq 1 \end{cases} \quad (2)$$

20 Con referencia a la figura 3, la primera variación de la ley de compresión ($0 \leq |x|/x_{\max} < A^{-1}$) es lineal, engendra una ley de cuantificación uniforme y de aquí en adelante se denomina «variación uniforme», mientras que la segunda variación de la ley de compresión ($A^{-1} \leq |x|/x_{\max} \leq 1$) es logarítmica, y de aquí en adelante se denomina «variación logarítmica».

La ley europea utiliza un valor de $A = 87,56$ (que satisface digitalmente la ecuación $A/(1 + \ln A) = 16$).

25 A partir de estas observaciones es posible calcular la relación señal a ruido de cuantificación para una compresión de acuerdo con la ley A, tal y como sigue.

30 Para señales de baja intensidad (parte uniforme de la ley de compresión), la ley A garantiza una relación señal a ruido de cuantificación superior (en dB) a $10 \log(A/(1 + \ln A))$ al obtenido mediante una cuantificación uniforme sobre el mismo número de niveles, cuya expresión viene dada por:

$$\begin{aligned} RSR_{unif} &= (20 \log 2)b + 10 \log 3 + 10 \log[A/(1 + \ln A)] - 20 \log(\Gamma) \text{ [dB]} \\ RSR_{unif} &\approx 6,02b + 4,77 + 10 \log[A/(1 + \ln A)] - 20 \log(\Gamma) \text{ [dB]} \\ RSR_{unif} &\approx 64,97 - 20 \log(\Gamma) \text{ [dB]} \quad \text{para } b = 8 \end{aligned} \quad (3)$$

35 Para las señales de mayor amplitud (parte logarítmica de la ley de compresión), la relación señal a ruido de cuantificación es constante e igual a 38,16 dB (para $b = 8$ bits):

$$\begin{aligned} RSR_{log} &= (20 \log 2)b + 10 \log 3 - 20 \log(1 + \ln A) \text{ [dB]} \\ RSR_{log} &\approx 6,02b - 10 \text{ [dB]} \\ RSR_{log} &\approx 38,16 \text{ dB para } b = 8 \end{aligned} \quad (4)$$

40 La figura 4 representa la evolución de la relación señal a ruido de cuantificación RSR, para una ley A con $b = 8$ bits. Se identifica inmediatamente:

- una primera parte creciente, correspondiente a la variación uniforme de la ley de compresión, y

- una parte, constante, a continuación, correspondiente a la variación logarítmica de dicha ley.

45 Para tratar la reducción del ruido de cuantificación que introduce una codificación de acuerdo con la norma G.711, en este documento, se explotan dos tipos de información:

- la relación señal a ruido de cuantificación que viene dada por las ecuaciones (3) y (4) anteriores, y

50

- la información, bien conocida, según la cual dicho ruido es "blanco" para este tipo de codificación.

5 La puesta en práctica del tratamiento de reducción de ruido de cuantificación se basa en aprovechar esta información a priori. Requiere en concreto, realizar una estimación del factor de carga Γ , parámetro del que depende la potencia del ruido de cuantificación, tal y como sigue.

10 Con referencia a la figura 5, se estima la potencia media P_m de un bloque actual TR_i (etapa S52), y, a partir de ahí, el factor de carga Γ , que varía como la inversa de la raíz cuadrada de la potencia media (etapa S53). Se considera, de hecho, que el numerador x_{max} del factor de carga es aquí constante (a un nivel de saturación constante). En la prueba P54, el valor hallado para el factor de carga Γ se compara con la de un umbral Γ_s que define el punto de inflexión de la ley de compresión (figura 4), tal y como sigue:

15 - si el factor de carga Γ es tal que $-20 \cdot \log(\Gamma) > -20 \cdot \log(\Gamma_s) = 38,16 - 64,97 = -27\text{dB}$ (flecha o a la salida de la prueba P54), entonces la relación señal a ruido de cuantificación es constante y vale $RSR_{M} = +38\text{dB}$ (meseta de la figura 4), como se fija en la etapa S55,

- si no es así (flecha n a la salida de la prueba P54), entonces la relación señal a ruido de cuantificación RSR puede calcularse de acuerdo con una variación lineal en función del factor de carga extraído de la ecuación (3):

20
$$RSR = f(\Gamma) = 65 - 20 \log(\Gamma) [\text{dB}]$$

tal y como se fija en la etapa S56.

25 Se evalúa a continuación la función de ganancia (etapa S57) para la aplicación del post-filtro (etapa S58). A modo de ejemplo, meramente ilustrativo, puede preverse un filtro de Wiener a modo de función de ganancia $g(RSR)$. La expresión del filtro de Wiener f_w puede venir dada por el valor de la relación señal a ruido de cuantificación RSR , que se calculó anteriormente, teniendo en cuenta, por supuesto, de su dependencia en frecuencia con:

30
$$g(RSR) = f_w = RSR / (RSR + 1)$$

donde, en este caso, el valor RSR no se expresa en dB sino en valores naturales.

35 Ventajosamente, podría preverse aligerar el tratamiento de reducción de ruido, en particular para las señales con una baja relación señal a ruido de cuantificación, por lo tanto con un escaso nivel de amplitud (para los factores de carga tales como $-20 \cdot \log(\Gamma) < -50\text{dB}$ en la figura 4), previendo eventualmente:

- umbrales del post-filtro, y/o

40 - un detector de actividad vocal para las señales de voz (con un tratamiento de reducción de ruido de cuantificación más ligero durante los periodos de inactividad vocal).

45 Se indica que una variante del tratamiento que se presenta, en este documento, es reducir el ruido de cuantificación, muestra a muestra, en vez de un tratamiento por bloques sucesivos. En este caso, el factor de carga viene dado directamente por el nivel de amplitud de la muestra (inversa de la raíz cuadrada de la amplitud) y la continuación del tratamiento es similar a la presentada anteriormente.

Ahora se describe otra posible aplicación de la invención a un tipo de codificación diferente, en este caso la codificación es de acuerdo con la norma G.722.

50 La codificación ITU-T G.722, normalizada en 1988 para las aplicaciones de audioconferencia por un canal digital de 64 kbit/s, todavía se usa mucho. Se trata de una codificación/decodificación jerárquica a tres velocidades: 64, 56 y 48 kbit/s. La señal se divide en dos sub-bandas con un filtro denominado QMF (de «Quadrature Mirror Filter» (Filtro de espejo en cuadratura). Las dos bandas obtenidas se codifican con un codificador MICDA (de "Modulación de Impulsión y Codificación Diferencial Adaptativo", también llamado ADPCM por sus siglas en inglés (de « Adaptive Differential Pulse Code Modulation»)).

60 La banda alta se codifica a 2 bits por muestra. La diferencia entre las tres velocidades procede de la banda baja que se codifica a 6 bits por muestra para la velocidad más alta, aunque es posible reservar el último o los dos últimos bits para la transmisión de datos.

La calidad de la velocidad más alta es muy buena, en cambio el ruido de codificación se vuelve muy audible y molesto a la velocidad más baja de 48 kbit/s. El tratamiento de reducción del ruido de cuantificación en el sentido de la invención puede aplicarse ventajosamente en este caso.

Ya, las características del ruido de cuantificación pueden estimarse eficazmente a partir de la señal decodificada. Tal y como se ilustra en la figura 6, el espectro del ruido de cuantificación (curva con trazo continuo) es siempre plano, independientemente del espectro de la señal (curva con trazos discontinuos). La relación señal a ruido de cuantificación depende de la potencia media de la señal y de su naturaleza. En la figura 7, puede observarse que la relación señal a ruido de cuantificación (RSR) se correlaciona en gran medida con la potencia media de la señal S^2 . En el ejemplo que se representa, la relación RSR se estima para segmentos de 80 muestras (5 ms para una frecuencia de muestreo de 16 kHz).

La representación en forma de nubes de puntos de la figura 8 ilustra aún mejor la correlación entre la potencia media de la señal (eje de las abscisas) y la relación señal a ruido de cuantificación (eje de las ordenadas), que se calcula por segmentos de 80 muestras.

De esta observación, puede deducirse una primera regla simple de estimación de la relación RSR en función de la potencia media P_{med} del segmento (recta de correlación representada con una línea discontinua en la figura 8), que viene dada por:

$$RSR = P_{med} - CST \text{ [dB]} \quad (5)$$

donde CST es una constante que vale, en el ejemplo de la figura 8, aproximadamente 10 dB.

Se entenderá a partir de esta expresión, que la potencia media del ruido, que en este documento se determina experimentalmente, es constante $CST = 10$ dB, y esto, independientemente de la potencia media de la señal, de forma que la relación RSR aumente adecuadamente con la potencia media de la señal.

La mejor estimación de la relación señal a ruido de cuantificación RSR se obtiene para niveles reducidos de señal, es decir, cuando la relación RSR es baja (y por lo tanto cuando el ruido es más audible). No obstante, ciertos segmentos tienen puntos situados muy por debajo de la línea discontinua y la utilización de esta regla simple resulta entonces poco óptima. Se ha observado, no obstante, que estas zonas se corresponden a relaciones RSR altas, en las que la señal útil probablemente ya enmascare el ruido de cuantificación.

De manera general, se observa que el tratamiento, de acuerdo con la invención, que se aplica en este documento realiza, no obstante, una reducción ventajosa del ruido de cuantificación.

En el caso en el que la regla simple de la ecuación (5) se utilice, la figura 9 representa, en negro sobre fondo gris, las zonas de la señal donde el error de estimación de la relación RSR es superior a 6 dB, y la relación RSR misma, es inferior a 25 dB, es decir, zonas de la señal en las que el estimador subestima el ruido de cuantificación, lo que conlleva una menor eficacia del tratamiento de reducción del ruido de cuantificación. No obstante, puede constatarse que estas zonas corresponden a segmentos de señal que no son de voz, para las cuales el ruido de cuantificación es menos molesto debido a la naturaleza intrínsecamente ruidosa de la señal.

En la figura 10, se representa un diagrama de potencia del ruido con respecto a una potencia de la señal, conforme a la ecuación empírica (5). La línea de trazos mixtos representa la estimación de la potencia del ruido. Las líneas con trazos discontinuos delimitan la zona donde el error de estimación es inferior a 6 dB. Por debajo de la línea continua, la relación RSR es superior a 25 dB. Los puntos negros (con respecto a los otros puntos grises) corresponden a los segmentos negros de la figura 9.

De esta manera se demuestra que una estimación muy sencilla de la relación RSR que se basa únicamente en la energía de la señal decodificada puede dar buenos resultados para una codificación/decodificación de tipo MICDA. La estimación de la relación RSR puede afinarse aún más teniendo en cuenta, por ejemplo, la ganancia de predicción de los filtros ARMA (autorregresivos) que intervienen en el decodificador G.722.

Conociendo la forma espectral del ruido de cuantificación y su energía, puede aplicarse eficazmente el tratamiento de reducción de ruido de cuantificación de la invención para este tipo de codificación/decodificación. Este ejemplo es, por supuesto, válido para los otros tipos de codificación/decodificación de la misma familia, como los de las normas G.726 o G.727.

Claro está que la presente invención no se limita a la forma de realización descrita anteriormente a modo de ejemplo; se extiende a otras variantes.

De esta manera, se ha demostrado anteriormente que una aplicación ventajosa de la invención puede tener por objeto, por ejemplo, reducir el ruido de cuantificación de un codificador normalizado ITU-G.711 utilizando las propiedades de la ley de cuantificación puestas en práctica, en particular de acuerdo con la ley A en Europa. De hecho, en esta aplicación, el ruido de cuantificación es blanco y es posible estimar la relación señal a ruido de cuantificación y, a partir de ahí, una función de ganancia que permita reducir dicho ruido. Una aplicación ventajosa de la invención tiene entonces por objeto reducir el ruido de cuantificación en el tratamiento de la extensión de la

banda ampliada del codificador G.711 (ITU-T SG16, G.711WB).

5 En cualquier caso, el tratamiento del caso de la ley A se ha proporcionado anteriormente a modo de ejemplo. De forma análoga, se habría podido describir un ejemplo de la ley μ (parte de la norma G.711 que se aplica en los Estados Unidos).

De manera más general, la invención se aplica a todo tipo de codificaciones/decodificaciones en tanto que sus características intrínsecas son conocidas.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de una señal audio digital, habiendo sido dicha señal:
- 5 - codificada para su compresión (COD) de acuerdo con un tipo de codificado predeterminado, aplicando una operación de cuantificación, y después
- decodificada (DEC),
- 10 comprendiendo el procedimiento de tratamiento:
- una estimación (S4) de un ruido de cuantificación que introduce el codificado de compresión a partir de la información (INF) obtenida a priori sobre el tipo de codificación de compresión, y
- 15 - una determinación (S5) de una función de filtrado a aplicar a la señal decodificada para aplicar (S6) un tratamiento de reducción del ruido de cuantificación estimado (TRC),
- y caracterizado porque:
- 20 - se estima, a partir de dicha información (INF), una variación (figura 4) del ruido de cuantificación (RSR) en función de al menos un parámetro relativo a un parámetro de carga (Γ) de la señal decodificada, y
- en función de un valor actual de dicho parámetro (Γ) en la señal decodificada (S52, S53), se estima (S55; S56) el ruido de cuantificación para determinar la función de filtrado (S57) a aplicar (S58) en la señal decodificada que tiene dicho valor actual de parámetro (Γ).
- 25
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, caracterizado porque se deduce de dicha información a priori un modelo de variación (figura 4) de una relación señal a ruido de cuantificación (RSR), en función de dicho parámetro (Γ) de la señal decodificada.
- 30
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, caracterizado porque se deduce de dicha información a priori, una coloración espectral del ruido de cuantificación, y que además se toma en consideración dicha coloración espectral para determinar la función de filtrado a aplicar a la señal decodificada.
- 35
4. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 3, caracterizado porque dicha información a priori se obtiene durante un procedimiento de declaración del codificador.
5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, caracterizado porque el tipo de codificación de compresión es una codificación de acuerdo con la norma G.711.
- 40
6. Dispositivo (TRC) de tratamiento de una señal audio digital que inicialmente se codifica para su compresión, de acuerdo con un tipo de codificación predeterminada, y luego se decodifica, comprendiendo el dispositivo (TRC) de tratamiento:
- 45 - medios para la estimación de un ruido de cuantificación (RC) introducido por la codificación de compresión, a partir de la señal decodificada e información (INF) obtenida a priori sobre el tipo de codificación de compresión, y
- medios para la determinación de una función de filtrado a aplicar a la señal decodificada para aplicar (S6) un tratamiento de reducción del ruido de cuantificación estimado (FIL),
- 50 y caracterizado porque los medios de estimación estiman:
- a partir de dicha información (INF), una variación (figura 4) del ruido de cuantificación (RSR) en función de al menos un parámetro relativo a un parámetro de carga (Γ) de la señal decodificada, y
- 55 - en función de un valor actual de dicho parámetro (Γ) en la señal decodificada (S52, S53), el ruido de cuantificación para determinar la función de filtrado (S57) a aplicar (S58) a la señal decodificada que tiene dicho valor actual de parámetro (Γ).
- 60
7. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 6, caracterizado porque se integra en un decodificador, a la salida de una unidad de decodificación (DEC).
8. Programa informático, destinado a almacenarse en la memoria de un dispositivo (TRC) de tratamiento de una señal audio digital que inicialmente se codifica para su compresión, de acuerdo con un tipo de codificación predeterminado, y que luego se descodifica, caracterizado porque comprende instrucciones que se adaptan para la
- 65

puesta en práctica del procedimiento, de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, cuando estas instrucciones las ejecuta un procesador del dispositivo de tratamiento.

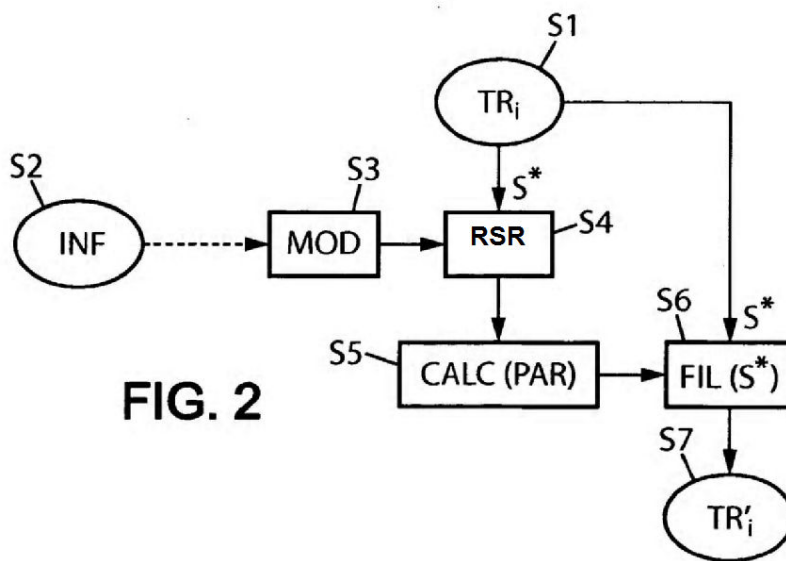
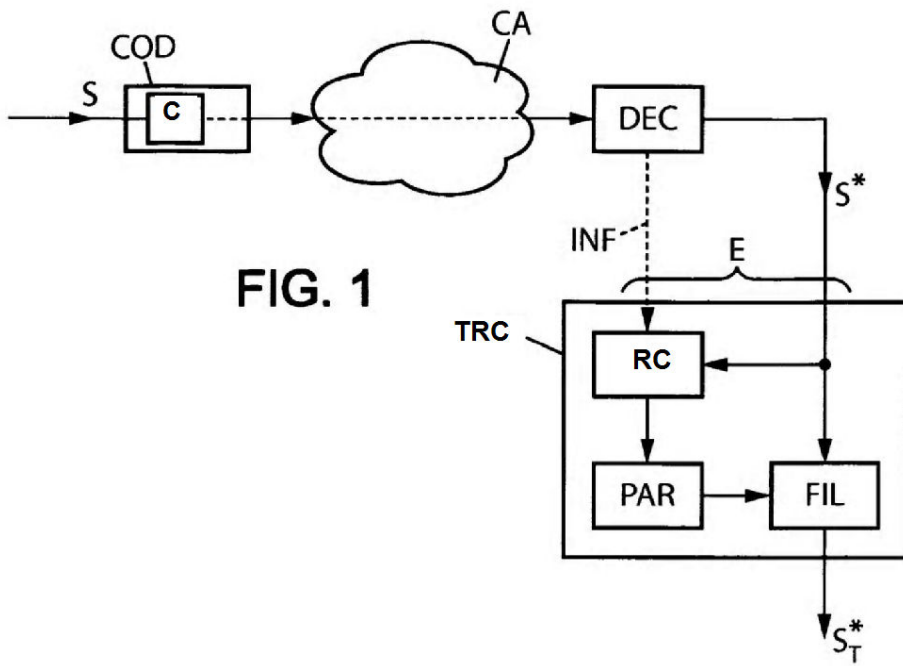


FIG. 3

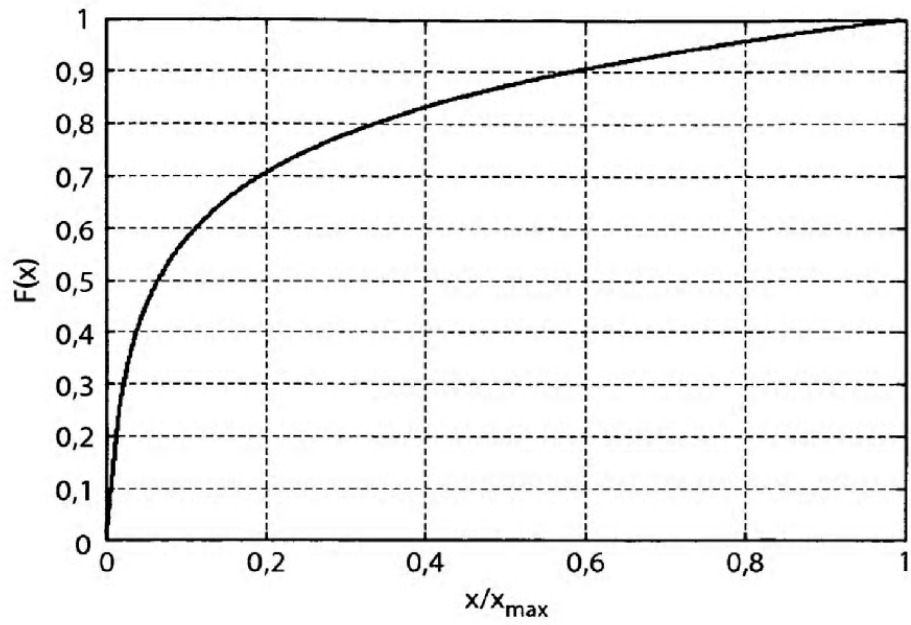
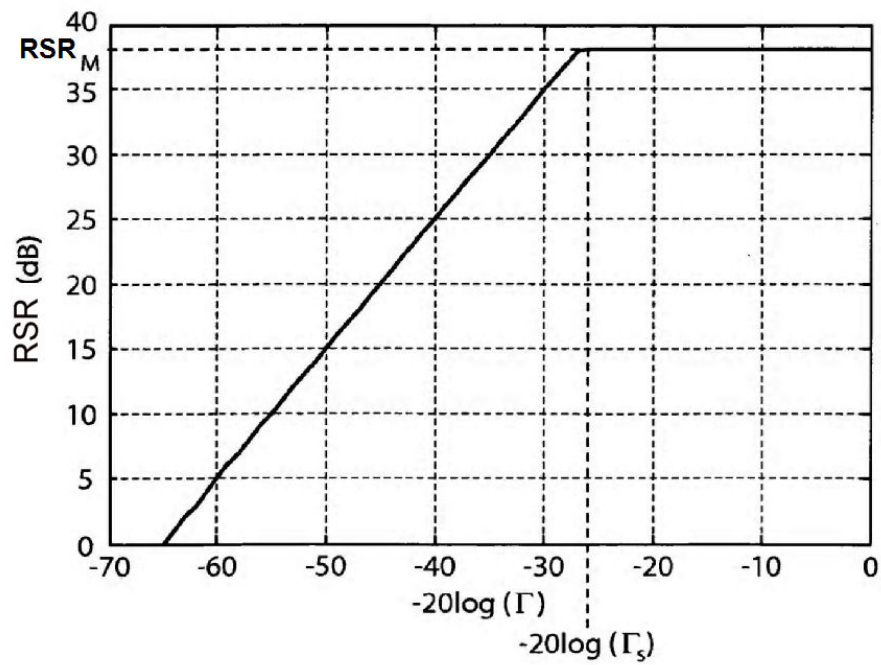


FIG. 4



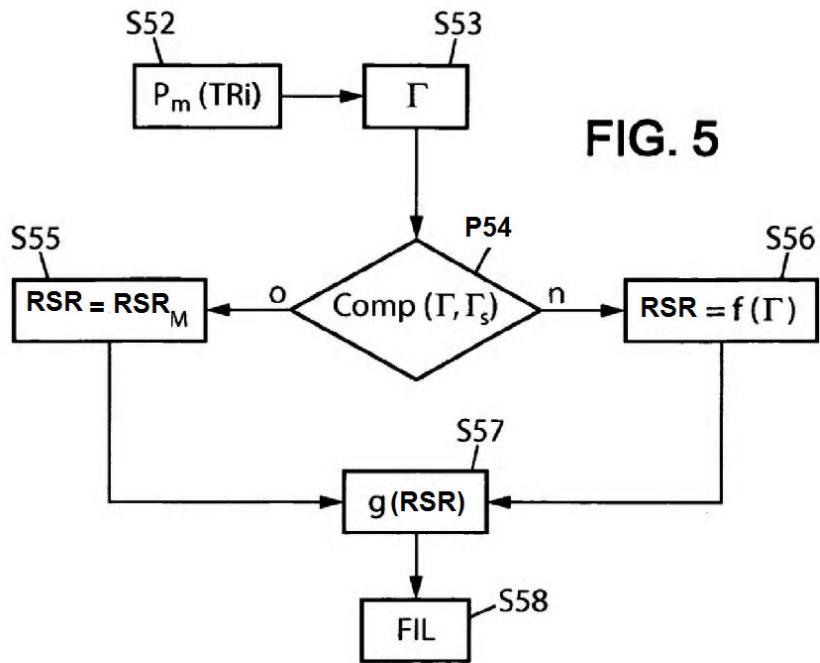
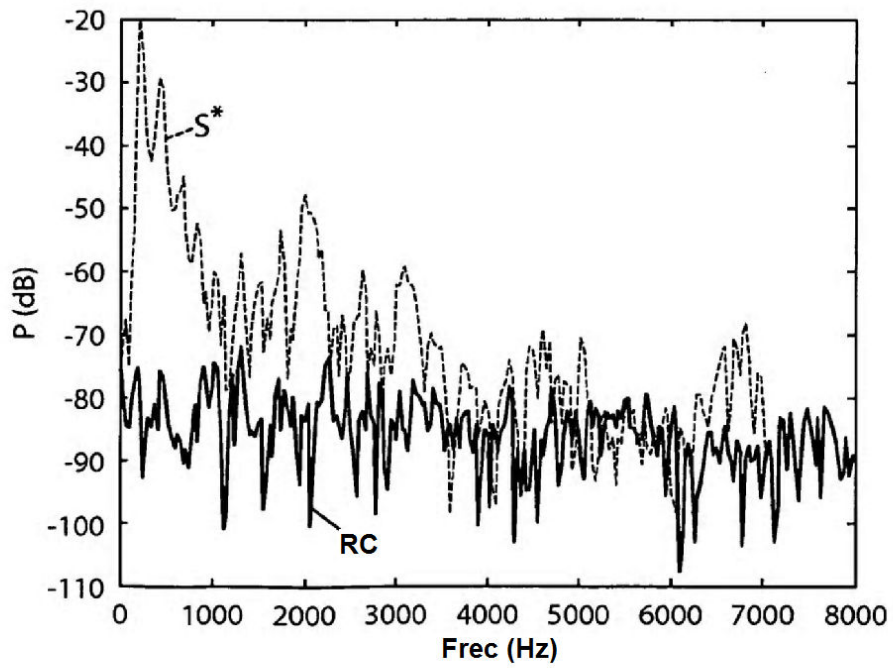


FIG. 5

FIG. 6



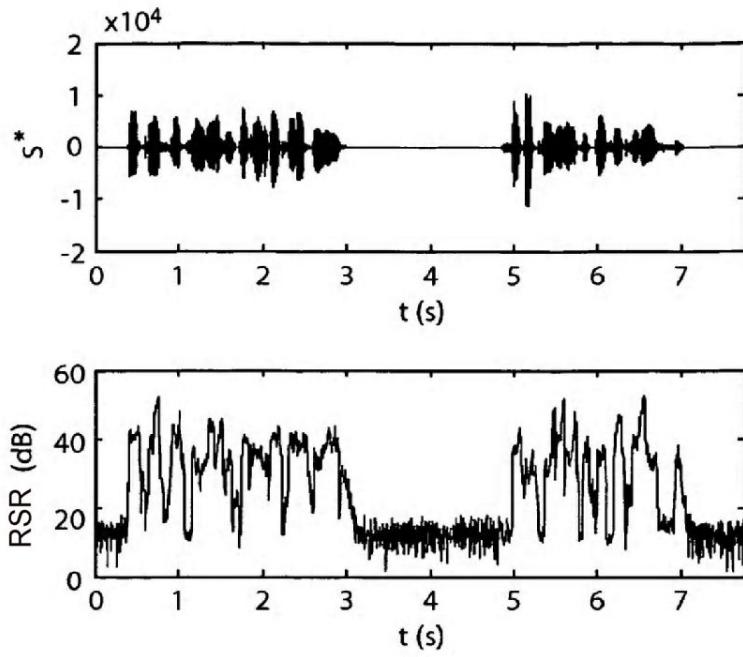


FIG. 7

FIG. 8

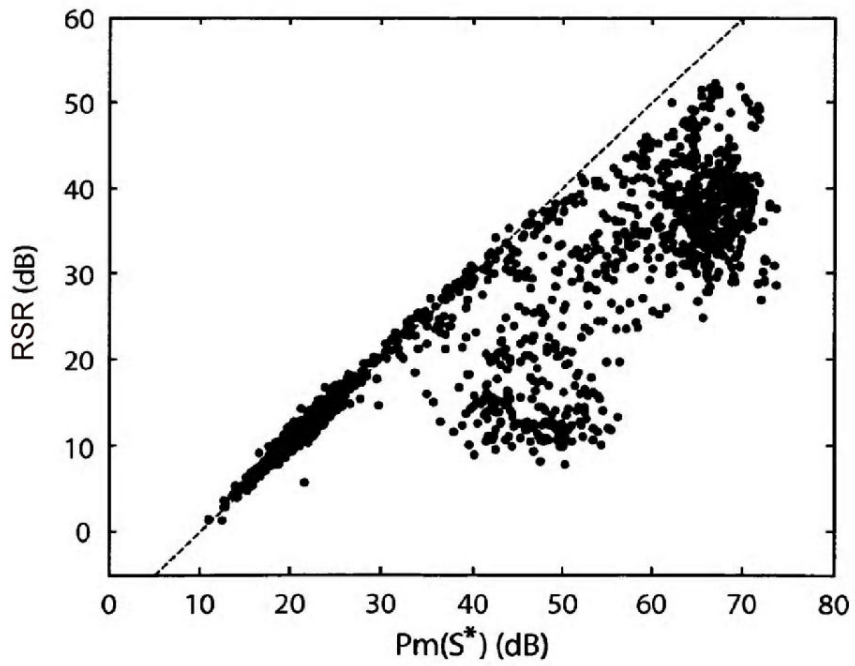


FIG. 9

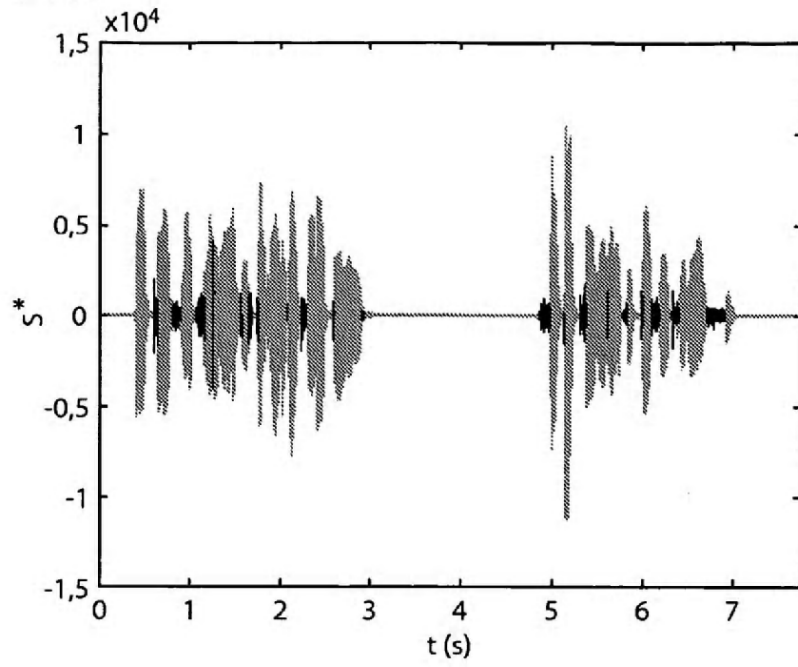


FIG. 10

