

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 394 738**

51 Int. Cl.:

G10L 19/14 (2006.01)

G10L 21/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **04.07.2008 E 08806164 (3)**

97 Fecha y número de publicación de la solicitud europea: **17.03.2010 EP 2162883**

54 Título: **Limitación de distorsión introducida por un post-tratamiento en la decodificación de una señal digital**

30 Prioridad:

06.07.2007 FR 0704901

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

05.02.2013

73 Titular/es:

**FRANCE TELECOM (100.0%)
6 PLACE D'ALLERAY
75015 PARIS, FR**

72 Inventor/es:

**KOVESI, BALAZS y
RAGOT, STÉPHANE**

74 Agente/Representante:

PÉREZ BARQUÍN, Eliana

ES 2 394 738 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

Limitación de distorsión introducida por un post-tratamiento en la decodificación de una señal digital

5 La presente invención concierne a un tratamiento de señal, especialmente de señales digitales en el ámbito de las telecomunicaciones, pudiendo ser estas señales, por ejemplo, señales de voz, de música, señales de vídeo, u otras.

10 Generalmente, un parámetro importante en telecomunicaciones es la velocidad de transmisión necesaria para hacer transitar una señal de audio y/o de vídeo con una suficiente calidad. Con objeto de reducir este parámetro y de aumentar entonces el número de comunicaciones posibles a través de una misma red, se han desarrollado codificadores de audio, en particular para comprimir la cantidad de información necesaria para transmitir una señal.

15 Determinados codificadores permiten alcanzar tasas de compresión de la información particularmente elevadas. Tales codificadores utilizan en general técnicas avanzadas de modelización y de cuantificación de la información. Así, estos codificadores tan sólo transmiten modelos o datos parciales de la señal.

20 La señal decodificada, si bien no es idéntica a la señal original (ya que una parte de la información no ha sido transmitida debido a la operación de cuantificación), no se aleja mucho sin embargo de la señal original (al menos desde el punto de vista de la percepción). La diferencia, en sentido matemático, entre la señal decodificada y la señal original se denomina entonces «ruido de cuantificación».

25 Los tratamientos en compresión de señales se conciben muchas veces en orden a reducir al mínimo el ruido de cuantificación y, especialmente, a hacer este ruido de cuantificación lo menos audible posible cuando es cuestión de tratar una señal de audio. Existen entonces técnicas que toman en cuenta las características psico-acústicas de la audición, con el propósito de «enmascarar» ese ruido. No obstante, para obtener velocidades de transmisión todo lo bajas que sea posible, en ocasiones el ruido de cuantificación puede ser difícil (cuando no imposible) de enmascarar totalmente, lo cual, en determinadas circunstancias, degrada la inteligibilidad y/o la calidad de la señal.

30 Con objeto de reducir este ruido de cuantificación y mejorar por lo tanto la calidad, se pueden utilizar en la decodificación dos familias de técnicas.

Es posible, en primer lugar, utilizar un post-filtro adaptativo, del tipo descrito en el artículo de Chen y Gersho:

35 "Adaptive postfiltering for quality enhancement of coded speech", IEEE Transactions on Speech and Audio Processing, vol. 3, nº 1, enero de 1995, páginas 59 - 71),

y empleado en particular en los decodificadores de voz de tipo CELP (por «Code Excited Linear Prediction»).

40 Se trata de efectuar un filtrado que mejora la calidad subjetiva atenuando la señal en las zonas en las que es más audible el ruido de cuantificación (en particular entre formantes y los armónicos de período fundamental o "pitch"). Los actuales post-filtros adaptativos brindan buenos resultados para señales de voz, pero no tan buenos resultados para otros tipos de señales (señales de música, por ejemplo).

45 Otra familia de tratamiento está orientada a los tratamientos clásicos de reducción de ruido que distinguen la señal útil de los ruidos parásitos y que pueden ser aplicados como post-tratamiento para reducir el ruido de cuantificación después de una decodificación. Este tipo de tratamiento permite en un principio reducir el ruido relacionado con el entorno de la captura de la señal y se utiliza a menudo para señales de voz. Con todo, es imposible hacer transparente el tratamiento ante el ruido relacionado con el entorno de toma de sonido, lo cual es problemático para codificación de señal de música, en particular. Así, en codificación / decodificación, se puede querer transmitir el ruido ambiental y, entonces, es deseable que la reducción de ruido no se aplique a este tipo de ruido ambiental sino únicamente al ruido de cuantificación, especialmente en el contexto del post-tratamiento en la decodificación encaminado a reducir el ruido de cuantificación.

50 No obstante, estos diferentes tipos de procedimientos de reducción de ruido de cuantificación deforman la señal en mayor o menor medida. Por ejemplo, la utilización de un post-filtro (eliminación de ruido) que fuera demasiado agresivo para la señal de voz permitiría eliminar por completo el ruido de cuantificación, pero el sonido de voz obtenido parecería menos natural y/o apagado. La optimización de estos diferentes tipos de procedimientos es, pues, difícil y conviene encontrar sistemáticamente un compromiso entre:

60 - la eficacia de supresión del ruido de cuantificación, y

- la conservación de las propiedades de la señal inicial, en particular en términos de aspecto natural o no.

65 Es conocido por otra parte un post-tratamiento por umbralización descrito en el documento US 2009/214054, aunque en ningún caso aplicado a un tratamiento de ruido de cuantificación.

La presente invención viene a mejorar la situación.

A tal efecto, propone un procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1.

- 5 Ventajosamente, se ha previsto una línea de retardo para asegurar una correspondencia temporal entre la amplitud actual de la señal post-tratada y la correspondiente amplitud actual de la señal decodificada.

En una realización particular, el procedimiento comprende las etapas:

- 10 - definición de un intervalo de amplitudes admitidas, incorporando el intervalo un extremo inferior y un extremo superior que son función de un valor de amplitud actual de la señal decodificada (pero no post-tratada), y
- para una correspondiente amplitud actual de la señal post-tratada, asignación a la señal de salida de un valor de amplitud actual igual al valor de:
- 15 • el extremo inferior si la amplitud actual de la señal post-tratada es inferior al valor del extremo inferior,
- el extremo superior si la amplitud actual de la señal post-tratada es superior al valor del extremo superior,
- 20 • la amplitud actual de la señal post-tratada si el valor de la amplitud actual de la señal post-tratada está incluido dentro de dicho intervalo.

Así, la presente invención propone no apartarse de la señal decodificada, más allá de una cierta tolerancia, en el post-tratamiento de la señal decodificada.

- 25 Entonces se puede, en una realización, asignar un margen de valores de amplitud a cada posible valor de amplitud de la señal decodificada para definir cuantitativamente esa tolerancia, de modo que los citados extremos inferior y superior se eligen para que la diferencia entre el extremo superior y el extremo inferior sea igual a este margen de valores.

- 30 Esta realización se puede poner en práctica ventajosamente en el caso en que la señal recibida ha sido codificada mediante una codificación con cuantificación escalar, entregando el decodificador unos valores de amplitud cuantificados que varían entre sí de manera discreta, definiendo las sucesivas desviaciones entre los valores cuantificados sucesivos pasos de cuantificación. Así:

- 35 - el extremo superior puede venir dado por la suma de sensiblemente la mitad del paso de cuantificación al valor cuantificado asignado a la amplitud actual de la señal decodificada, y
- el extremo inferior puede venir dado por la resta de sensiblemente la mitad del paso de cuantificación al valor cuantificado asignado a la amplitud actual de la señal decodificada.
- 40

Un ejemplo de codificación con cuantificación escalar es la codificación llamada «de modulación por impulso y codificación», que entrega un índice codificado. En tal caso, es posible determinar respectivos valores actuales de los extremos inferior y superior basándose simplemente en el índice codificado actual, recibido en el decodificador.

45 Se puede prever por otra parte una tabla de consulta que da, para un índice recibido actual, un valor cuantificado correspondiente y una mitad de paso de cuantificación correspondiente, a partir de los cuales se pueden determinar entonces los respectivos valores actuales de los extremos inferior y superior.

- 50 Otras características y ventajas de la invención se pondrán de manifiesto conforme se examine la descripción detallada que sigue y los dibujos que se acompañan, en los que:

- la figura 1 ilustra muy esquemáticamente la constitución general de un códec (codificador-decodificador) de cuantificación escalar, cuyo decodificador viene seguido de un post-tratamiento y de un módulo, en el sentido de la invención, de limitación de distorsión introducida por el post-tratamiento,
- 55 - la figura 2 ilustra esquemáticamente la constitución del módulo de limitación de distorsión de la figura 1 y su interacción con el módulo de post-tratamiento,
- la figura 3 ilustra esquemáticamente unas etapas de limitación de distorsión en el sentido de la invención,
- 60 - la figura 4 ilustra muy esquemáticamente la constitución física de un módulo de limitación de distorsión en el sentido de la invención.

- 65 La presente invención interviene ventajosamente en el contexto de una codificación / decodificación del tipo con cuantificación escalar. Por ejemplo, en el caso de la codificación de tipo MIC (de "Modulación por Impulso y Codificación" -también llamada PCM en inglés, por «Pulse Code Modulation»-), cada muestra de entrada es

codificada individualmente, sin predicción. Se recuerda el principio de tal códec haciendo referencia a la figura 1.

Este tipo de codificación, en el sentido de la norma ITU-T G.711, realiza una compresión de las señales muestreadas a 8 kHz, definidas típicamente dentro de una banda de frecuencias mínima de 300 a 3400 Hz, mediante una curva logarítmica que permite obtener una relación señal a ruido más o menos constante para una amplia dinámica de señales.

Más exactamente, el paso de cuantificación es aproximadamente proporcional a la amplitud de las señales. La señal inicial S se codifica en primer lugar (módulo 10) en un codificador 13 y la secuencia de índices resultante I_{Mic} se representa en 8 bits por muestra (véase la referencia 15 de la figura 1), lo cual corresponde por tanto a 256 niveles ($2^8 = 256$) de cuantificación. En la red telefónica conmutada 11, estos 8 bits se transmiten a una frecuencia de 8 kHz para dar una velocidad de transmisión de $8 \times 8 = 64$ Kbit/s. En el decodificador 14, a la recepción de la señal I'_{Mic} que la red 11 entrega, se obtiene la señal finalmente decodificada S'_{Mic} en la salida del cuantificador inverso 12. En la práctica, si la cuantificación inversa está controlada mediante una tabla, ésta consiste simplemente en un apuntamiento de un índice a una tabla que incorpora 256 valores cuantificados y reproducidos en la tabla 1 que sigue. Esta tabla 1 está establecida para la norma ITU-T G.711 tal y como se lleva a la práctica en Europa (práctica llamada «ley A»).

Por ejemplo, una muestra original de la señal S que ha de codificarse tiene una amplitud igual a -75. Consecuentemente, esta amplitud queda comprendida dentro del intervalo [-80, -65] de la línea 123 (o «nivel» 123) de la tabla. La codificación de esta información consiste en entregar un índice final codificado, referenciado con I'_{Mic} en la figura 1 y en la tabla 1, que es igual a 0×51 . En la decodificación, la operación de cuantificación inversa consiste pues en recuperar el índice $I'_{Mic} = 0 \times 51$ y en hacerle corresponder un valor cuantificado VQ, tal como $VQ = -72$. Consecuentemente, la decodificación asigna a la amplitud de la muestra correspondiente, de la señal decodificada S'_{Mic} , este valor -72. Se destacará que se asignaría este mismo valor $VQ = -72$ a todas las muestras que han de decodificarse y cuya amplitud inicial tuviera un valor dentro del intervalo [-80, -65], esto es, un total de 16 valores posibles dentro del intervalo, lo cual corresponde al paso de cuantificación, en el presente caso, de 16. En cambio, se destacará que se asignaría el mismo valor $VQ = 32256$ a todas las muestras cuya amplitud inicial estuviera dentro del intervalo [31744, 32767], esto es, un total de 1024 valores posibles, lo cual corresponde a un paso de cuantificación de 1024.

Tabla 1

Nivel	Umbral inferior	Umbral superior	I_{Mic}	Valor cuantificado (VQ)
0	-32768	-31745	$0 \times 2a$	-32256
1	-31744	-30721	$0 \times 2b$	-31232
...
122	-96	-81	0×50	-88
123	-80	-65	0×51	-72
124	-64	-49	0×56	-56
125	-48	-33	0×57	-40
126	-32	-17	0×54	-24
127	-16	-1	0×55	-8
128	0	15	$0 \times d5$	8
129	16	31	$0 \times d4$	24
130	32	47	$0 \times d7$	40
131	48	63	$0 \times d6$	56
132	64	79	$0 \times d1$	72
133	80	95	$0 \times d0$	88
...
254	30720	31743	$0 \times ab$	31232
255	31744	32767	$0 \times aa$	32256

Para facilitar su puesta en práctica, la compresión MIC se realiza mediante una compresión de amplitud lineal por

segmentos. En la norma ITU-T G.711, los 8 bits que caracterizan 256 valores cuantificados se reparten así de la siguiente manera:

- 5 - 1 bit de signo (0 para un valor negativo; y, en caso contrario, 1), que lleva la referencia sgn en la figura 1,
- 3 bits para indicar un identificador de segmento de 0 a 7 (tablas 2 y 3), que lleva la referencia ID-SEG en la figura 1, y
- 10 - 4 bits para precisar la ubicación de un nivel en un segmento actual, que lleva la referencia ID-POS en la figura 1.

En la norma G.711 según la ley A en concreto, el paso de cuantificación se multiplica por dos (16, 32, 64, ...) con el paso de un segmento al siguiente, y ello a partir del segundo segmento. Por lo tanto, esta ley de codificación permite tener una precisión de cuantificación de 12 bits (con un paso de cuantificación de 16) en los dos primeros segmentos de índices 0 y 1 (tabla 2). Seguidamente, la precisión disminuye en 1 bit con cada incremento del índice de segmento (siendo multiplicado por dos el paso de cuantificación con cada incremento), como muestra la tabla 2 que sigue.

Tabla 2

ID-SEG	Umbral inferior	Umbral superior	Paso de cuantificación	Posición bit más significativo	E_{MAX}
0	0	255	16	< 8	8
1	256	511	16	8	8
2	512	1023	32	9	16
3	1024	2047	64	10	32
4	2048	4095	128	11	64
5	4096	8191	256	12	128
6	8192	16383	512	13	256
7	16384	32767	1024	14	512

20 La tabla 2 se interpreta como sigue. A título de ejemplo, si la amplitud de una muestra original vale -30000:

- el índice del segmento asociado «7» se codifica en 3 bits,
- 25 - el signo « - » se codifica en 1 bit (a 0) y
- los 4 bits restantes (13, 12, 11 y 10) definen el nivel de amplitud en el segmento de índice 7.

Igualmente, si la amplitud de una muestra original vale +4000:

- 30 - el índice del segmento asociado «4» se codifica en 3 bits,
- el signo « + » se codifica en 1 bit (a 1), y
- 35 - los 4 bits restantes (3, 2, 1 y 0) definen el nivel de amplitud en el segmento de índice 4.

La tabla 3 que sigue es el equivalente de la tabla 2, pero para la norma G.711 tal y como se practica en particular en Estados Unidos o en Japón (llamada «ley μ »), en concreto con los pasos de cuantificación y las máximas desviaciones posibles E_{MAX} entre el valor cuantificado VQ y el valor real de la amplitud de la muestra original.

40 Tabla 3

ID-SEG	Umbral inferior	Umbral superior	Paso de cuantificación	E_{MAX}
0	0	123	8	4
1	124	379	16	8
2	380	891	32	16
3	892	1915	64	32
4	1916	3963	128	64

5	3964	8059	256	128
6	8060	16251	512	256
7	16252	32635	1024	512

Retomando entonces la línea 123 de la tabla 1, todos los 16 valores del intervalo [-80, -65] están representados por la palabra de código de 0 x 51 la cual, una vez decodificada, da el valor cuantificado -72. Con todo, conviene destacar que, a la inversa, al obtener un valor decodificado -72, es seguro que el valor original que ha sido codificado estaba dentro del intervalo [-80, -65]. Sabemos pues que la amplitud máxima del error de codificación para esta muestra es $E_{MAX} = 8$, lo cual corresponde a la mitad del paso de cuantificación.

Para cuanto sigue, se considerará que el índice final I'_{Mic} recibido en el decodificador permite determinar, por una parte, el valor cuantificado VQ y, por otra parte, el índice de segmento ID-SEG a partir del cual se puede deducir el paso de cuantificación y, a partir de ahí, la amplitud máxima del error de codificación E_{MAX} . También se advertirá que el índice del segmento ID-SIG se puede hallar asimismo en función de la posición del bit más significativo de la amplitud de la señal en el caso de una codificación G.711 según la ley A (tabla 2). Por regla general, también se considerará que una singularidad de la codificación MIC es que la muestra original y la muestra decodificada siempre tienen su amplitud dentro de un mismo intervalo de cuantificación:

- para la muestra original, en una posición cualquiera dentro del intervalo, y
- para la muestra decodificada, sistemáticamente en medio del intervalo.

Haciendo nuevamente referencia a la figura 1, la señal decodificada S'_{Mic} pasa a continuación por un filtrado post-tratamiento 16 (por ejemplo una eliminación de ruido o la aplicación de un post-filtro perceptual). La señal resultante S_{POST} es tratada entonces mediante un módulo 20 en el sentido de la invención.

En efecto, según se indica anteriormente, el post-tratamiento 16 (aun siendo en general de fase lineal para preservar la forma de onda) puede ser demasiado agresivo y alterar en particular el aspecto natural de la señal de voz. En el decodificador, se dispone no obstante de una información acerca de la señal original, de la que se puede hacer uso, en el sentido de la presente invención, para limitar la desviación entre la señal decodificada y post-filtrada S_{POST} , por una parte, y la señal original S, por otra. Así es como el módulo 20 (figura 1) permite, en el sentido de la invención, limitar la distorsión originada por el post-tratamiento puesto en práctica en la decodificación.

Un posible ejemplo de realización, descrito en detalle más adelante, es el de imponer que la distorsión introducida por el post-tratamiento 16 con relación a la señal decodificada S'_{Mic} no pueda ser superior a la amplitud máxima del error de codificación E_{MAX} . Se asegura entonces que la señal post-filtrada permanece dentro del mismo intervalo de cuantificación que la señal original. La distorsión global debido al tratamiento codificación / decodificación y post-tratamiento queda limitada, y especialmente muy cercana a la distorsión máxima de la codificación E_{MAX} . Esta medida también asegura que se conserven perfectamente el reparto de energía entre sucesivas muestras y la forma de onda global.

En la figura 2 se ilustra un ejemplo de puesta en práctica de la invención. A la recepción de un índice final codificado I'_{Mic} , el módulo 21 calcula la muestra decodificada S'_{Mic} mediante cuantificación inversa del índice I'_{Mic} recibido. El módulo 22 efectúa el referido post-tratamiento. Se considerará también que esta operación, en general, introduce un retardo. En paralelo, se prevé un tratamiento en el sentido de la invención que empieza ventajosamente por una línea de retardo (módulo 23) a la cual también se aplica el índice recibido I'_{Mic} . En concreto, el retardo se ajusta de modo que el índice retardado I'_{Mic_DEL} quede alineado en el tiempo con la muestra actual que entrega la salida S_{POST} del post-tratamiento 22.

Un ejemplo de realización de la línea de retardo 23 puede ser el siguiente. Suponiendo que el post-tratamiento 22 introduzca un retardo de 16 muestras, el módulo 23 incorpora entonces, de modo ventajoso, una memoria MEM de 16 muestras, con registro de desplazamiento. Por ejemplo, el índice 0 de esta memoria corresponde a la muestra más antigua, mientras que el índice 15 corresponde a la última muestra memorizada. Así, cuando a la entrada del módulo 23 llega un nuevo índice, se realizan las siguientes operaciones:

- la salida del módulo 23 que contiene la muestra memorizada más antigua es ahora tal que: $I'_{Mic_DEL} = MEM(0)$,
- se aplica un desplazamiento de memoria: $MEM(i) = MEM(i + 1)$, para $i = 0, \dots, 14$,
- se memoriza la nueva muestra que llega: $MEM(15) = I'_{Mic}$.

A partir del índice retardado I'_{Mic_DEL} , el módulo 25 determina el valor cuantificado QV y el error máximo de codificación E_{MAX} correspondientes, por ejemplo a partir de una tabla 24 que puede incorporar datos de la tabla 1 anterior. En la tabla 4 que sigue, se han recogido los datos de la tabla 1 que pueden ser utilizados para la

determinación de los parámetros QV y E_{MAX} llevada a cabo por el módulo 25.

Tabla 4

Índice recibido I'_{Mic}	Valor cuantificado QV	Error máximo E_{MAX}
0 x 2a	-32256	512
0 x 2b	-31232	512
...
0 x 50	-88	8
0 x 51	-72	8
0 x 56	-56	8
0 x 57	-40	8
0 x 54	-24	8
0 x 55	-8	8
0 x d5	8	8
0 x d4	24	8
0 x d7	40	8
0 x d6	56	8
0 x d1	72	8
0 x d0	88	8
...
0 x ab	31232	512
0 x aa	32256	512

5 En este punto, la información que da la tabla 4 evoluciona en función del valor cuantificado QV para mostrar que esta tabla 4 está sacada de la tabla 1 dada anteriormente. No obstante, en la práctica y según se explica más adelante, es preferible utilizar una tabla 24 que, en su entrada, indexa los índices recibidos y retardados I'_{Mic_DEL} y, a su salida, da los parámetros QV y E_{MAX} correspondientes. La tabla 5 que sigue contiene los mismos datos que la
 10 tabla 4, pero está ordenada según los valores de índice I'_{Mic_DEL} .

La tabla 5 presenta entonces los respectivos parámetros QV y E_{MAX} en función de un índice I'_{Mic_DEL} dado y por tanto puede constituir, para la norma G.711-ley A, el contenido de la tabla 24 de la figura 2.

15 Tabla 5

Índice recibido y retardado I'_{Mic_DEL}	Valor cuantificado QV	Error máximo E_{MAX}
0 x 00	-5504	128
0 x 01	-5248	128
...
0 x 7a	-1008	16
0 x 7b	-976	16
0 x 7c	-816	16
0 x 7d	-784	16
0 x 7e	-880	16
0 x 7F	-848	16
0 x 80	5504	128
0 x 81	5248	128

ES 2 394 738 T3

0 x 82	6016	128
0 x 83	5760	128
0 x 84	4480	128
0 x 85	4224	128
...
0 x fe	880	16
0 x FF	848	16

Por supuesto, como variante, se podría presentar a la entrada de la línea de retardo 23 la señal S'_{Mic} decodificada (antes del post-tratamiento) y, a partir del valor cuantificado VQ asignado a cada muestra, inferir el parámetro E_{MAX} correspondiente. Se utilizaría entonces una tabla 24 editada según la tabla 4 que a continuación se da.

5 No obstante, esta realización es menos ventajosa en concreto en la codificación según la ley μ , cuyo equivalente de la tabla 1 dado para la ley A se da a continuación, en la tabla 6.

10 Efectivamente, se destacará de la tabla 6 que un mismo valor cuantificado $QV = 0$ es asignado para índices recibidos diferentes: $I'_{Mic} = 0 \times 7f$ y $I'_{Mic} = 0 \times ff$. Así, en el caso de una codificación según la ley μ , cuando el módulo 25 opera basándose en el índice recibido (y no basándose en el valor cuantificado), se pueden determinar con más precisión los extremos de los intervalos dentro de los que podía quedar situada la amplitud de una muestra original.

Tabla 6

15

Nivel	Umbral inferior	Umbral superior	Índice final I'_{Mic}	Valor cuantificado QV
0	-32768	-31613	0 x 00	-32124
1	-31612	-30589	0 x 01	-31100
...
122	-44	-37	0 x 7a	-40
123	-36	-29	0 x 7b	-32
124	-28	-21	0 x 7c	-24
125	-20	-13	0 x 7d	-16
126	-12	-5	0 x 7e	-8
127	-4	-1	0 x 7F	0
128	0	3	0 x FF	0
129	4	11	0 x fe	8
130	12	19	0 x fd	16
131	20	27	0 x fc	24
132	28	35	0 x fb	32
133	36	43	0 x fa	40
...
254	30588	31611	0 x 81	31100
255	31612	32767	0 x 80	32124

En la tabla 7 que sigue se han representado entonces los datos que puede incorporar una tabla 24 en un tratamiento del tipo representado en la figura 2, en contexto de codificación según la ley μ .

20 Tabla 7

Índice recibido y retardado I'_{Mic_DEL}	Valor cuantificado QV	Error máximo E_{MAX}
0 x 00	-32124	512

0 x 01	-31100	512
...
0 x 7a	-40	4
0 x 7b	-32	4
0 x 7c	-24	4
0 x 7d	-16	4
0 x 7e	-8	4
0 x 7F	0	2
0 x 80	32124	512
0 x 81	31100	512
0 x 82	30076	512
0 x 83	29052	512
0 x 84	28028	512
0 x 85	27004	512
...
0 x fe	8	4
0 x FF	0	2

La tabla 24 (que por lo tanto puede incluir los datos de las tablas 5 ó 7) puede venir almacenada de origen en una memoria de un módulo 20 (figura 1) en el sentido de la invención. No obstante, en una variante de realización, menos costosa en memoria, se calculan, directamente a partir del índice recibido, los parámetros E_{MAX} y QV, sin recurrir a una tabla 24, como sigue.

En efecto, el identificador del segmento ID-SEG está codificado en tres bits en el índice recibido y retardado I'_{MIC_DEL} (bits 1, 2, 3 de la figura 1). Así, el módulo 25 puede calcular el error máximo de codificación E_{MAX} relacionado con este segmento de identificador ID-SEG, a partir de una función de mera correspondencia entre el identificador ID-SEG y el parámetro E_{MAX} , pudiendo esta función ser construida a partir:

- de la función existente que relaciona el identificador ID-SEG con el paso de cuantificación, y
 - de la función existente que relaciona el paso de cuantificación con el error máximo de codificación E_{MAX} ,
- de acuerdo con las tablas 2 y 3 dadas anteriormente.

A continuación, el módulo 26 comprueba si la desviación entre la muestra post-tratada S_{POST} y la muestra solamente decodificada sin post-tratamiento S'_{MIC} no excede del valor hallado del parámetro E_{MAX} , en cuyo caso el post-tratamiento ha inducido distorsiones que conviene limitar. En un ejemplo de realización, se devuelve entonces el valor de la muestra S_{POST} a un valor más cercano al valor cuantificado QV, de modo que la desviación entre los valores S_{POST} y QV permanezca inferior a un umbral autorizado.

Para tal fin, el módulo 26 opera, como sigue, basándose:

- en una muestra actual post-tratada S_{POST} ,
- en el valor cuantificado QV de la muestra correspondiente solamente decodificada sin post-tratamiento, y
- en el error máximo de codificación E_{MAX} hallado con ese valor cuantificado QV.

La figura 3 detalla las operaciones del módulo 26 de la figura 2 en forma de un organigrama. Por lo tanto, las entradas de este módulo son las muestras post-tratadas S_{POST} , los valores cuantificados QV correspondientes y los errores máximos de codificación E_{MAX} correspondientes (etapa 31). En las etapas 32 y 33, se determinan los límites, respectivamente inferior Lim_{INF} y superior Lim_{SUP} , del intervalo de cuantificación en torno al valor cuantificado actual QV. En la etapa 34, se comprueba si la muestra post-tratada S_{POST} tiene una amplitud inferior al límite inferior Lim_{INF} . Así, la variable temporal T_{mp} se fija:

- al valor de amplitud de la muestra S_{POST} , o bien

- al del límite inferior autorizado Lim_{INF} (si la amplitud S_{POST} es inferior al límite Lim_{INF}).

La misma comprobación se efectúa en la etapa 35, pero para el límite superior Lim_{SUP} . Por último, la salida S_{OUT} da:

- el valor inalterado de la amplitud de la muestra S_{POST} (si ésta ya estaba dentro del intervalo delimitado por los límites Lim_{INF} y Lim_{SUP}), o bien

- el límite inferior Lim_{INF} (si la amplitud de la muestra S_{POST} era inferior a este último Lim_{INF}), o incluso

- el límite superior Lim_{SUP} (si la amplitud de la muestra S_{POST} era superior a este último Lim_{SUP}).

Así, la señal de salida S_{OUT} sigue permaneciendo dentro del mismo intervalo de cuantificación que la señal original S .

En este ejemplo de realización, la señal de salida es devuelta estrictamente dentro del intervalo de cuantificación de la señal original delimitado por:

$$[S'_{Mic} - E_{MAX}, S'_{Mic} + E_{MAX} - 1].$$

Por supuesto, se podría definir de otro modo el intervalo dentro del cual se desea conservar la amplitud de la señal de salida con relación al valor cuantificado hallado. Cabe prever, por ejemplo:

- un intervalo del tipo $[S'_{Mic} - E_{MAX}, S'_{Mic} + E_{MAX}]$, ligeramente ampliado para hacerlo simétrico, o incluso

- un intervalo del tipo $[S'_{Mic} - \alpha E_{MAX}, S'_{Mic} + \alpha E_{MAX}]$, donde el valor del término α puede ser superior a 1 para ampliar aún más el intervalo y tolerar más desviación con relación al valor cuantificado QV, o incluso

- un intervalo del tipo $[S'_{Mic} - f_1, S'_{Mic} + f_2]$ determinado por unas funciones f_1 y f_2 por ejemplo del parámetro E_{MAX} y/o del parámetro QV, u otro, o incluso

- un intervalo del tipo $[S' - E_{MAX}, S' + E_{MAX}]$, donde S' puede ser la salida de un decodificador cualquiera, de modo que la distorsión del post-tratamiento quedaría limitada como si se tratara de una señal decodificada mediante un decodificador MIC (el identificador de segmento sería determinado en tal caso, en ausencia del índice recibido l'_{Mic} al igual que en la codificación MIC de la norma G.711, simplemente a partir de la posición del bit más significativo de la amplitud de la señal (tabla 2)), o incluso

- un intervalo del tipo $[S' - \beta \cdot |S'|, S' + \beta \cdot |S'|]$, donde S' es la salida de un decodificador cualquiera y los extremos del intervalo son proporcionales a la amplitud de la señal (por ejemplo, con β inferior a 1).

En los dos últimos ejemplos, la distorsión del post-tratamiento queda limitada con relación a la señal decodificada y no forzosamente con relación a la señal original, según el tipo de codificación / decodificación empleado.

En el ejemplo de realización ilustrado en la figura 3, se puede prever una etapa previa 38, opcional (ilustrada al efecto con línea de puntos), para evitar que la limitación de distorsión debida al post-tratamiento sea aplicada de manera sistemática. En algunos casos, efectivamente es ventajoso inhibir el tratamiento de la figura 2.

La relación señal a ruido (denotada por RSB seguidamente), obtenida mediante la codificación / decodificación MIC, es sensiblemente constante (de un nivel de aproximadamente 38 dB) para una amplia dinámica de señales. Por el contrario, para los pequeños niveles de señal (típicamente en el primer segmento de identificador 0) la relación RSB es pequeña y puede incluso ser negativa en el comienzo del segmento de la ley de compresión de amplitud. La salida del decodificador MIC es entonces muy «ruidosa» para las señales de pequeña amplitud (por ejemplo en los casos de silencio entre dos frases de una señal de voz). Por otro lado, es difícil suprimir el ruido de codificación / decodificación MIC simplemente con un post-filtro, habida cuenta de la pequeñísima relación RSB. A menudo, una solución consiste en modificar el post-tratamiento de señales de muy pequeña amplitud disminuyendo fuertemente la amplitud de la señal decodificada. La amplitud de la señal resultante de este tipo de post-tratamiento no es entonces fiel en absoluto a la amplitud de la señal original. En estas condiciones, es preferible inhibir la limitación de distorsión debida al post-tratamiento, y se evitan entonces las etapas 32 a 35 del tratamiento en el sentido de la invención (figura 3).

Así, haciendo referencia a la figura 3, para muestras post-filtradas S_{POST} cuya amplitud es menor o igual que un umbral dado (salida n de la prueba de comparación 38 con el umbral S_e), no se ponen en práctica las etapas 32 a 35, y la amplitud de las muestras de salida S_{OUT} toma directamente el valor de la amplitud de las muestras post-filtradas S_{POST} (etapa 37). En un ejemplo de puesta en práctica de esta realización, el valor del umbral S_e es igual a 24 (por supuesto, en la escala de las tablas dadas anteriormente). En cambio, si la amplitud de las muestras post-filtradas permanece superior al umbral S_e (salida o de la prueba 38), se aplica el tratamiento encaminado a una

limitación de la distorsión (etapas 32 a 35 anteriormente descritas). Así, el procedimiento en el sentido de la invención tan sólo se pone en práctica finalmente para señales decodificadas y post-tratadas S_{POST} cuya amplitud es superior al valor umbral predeterminado S_e .

- 5 Por supuesto, la presente invención no se limita al modo de realización anteriormente descrito a título de ejemplo; ésta se extiende a otras variantes.

Por ejemplo, el módulo de limitación de distorsión 20 está representado en la figura 1 aguas abajo del módulo de post-tratamiento 16. Como variante, éste puede ir integrado directamente dentro del módulo de post-tratamiento 16.

- 10 Por otro lado, esta variante puede ser ventajosa en particular en el contexto de una utilización de filtro recursivo de respuesta impulsiva infinita (o IIR por «Infinite Impulse Response» en inglés). En efecto, en el caso de una utilización de un filtro IIR, la muestra de salida del filtro depende de las anteriores salidas de ese filtro. Así, al integrar un módulo en el sentido de la invención en un post-tratamiento que utiliza un filtrado de tipo IIR, la salida del filtrado IIR puede tener en cuenta directamente valores que han sido modificados inmediatamente por el módulo en el sentido de la invención.

Por otro lado, se ha descrito anteriormente un ejemplo de realización en el que se definían intervalos en torno al valor decodificado S' (que puede ser el valor cuantificado QV en el caso de una codificación / decodificación con cuantificación escalar del tipo anteriormente descrito). Sin embargo, esta realización se ha descrito a título de ejemplo no limitativo. Se puede prever, como variante, asignar a la amplitud de la señal de salida S_{OUT} la media (o más generalmente una media ponderada) entre el valor decodificado S' y el valor de amplitud post-tratado S_{POST} , posibilitándose al propio tiempo la asignación directa del valor de amplitud post-tratado S_{POST} si, por ejemplo, este último S_{POST} se halla aún dentro de un intervalo escogido. Así, al definir unos límites inferior Lim_{INF} y superior Lim_{SUP} de intervalos, o al definir unas medias (eventualmente ponderadas) entre el valor decodificado S' y la amplitud post-tratada S_{POST} , se define siempre un posible valor intermedio que la señal de salida S_{OUT} puede tomar, corregida en el sentido de la invención.

- 20 Más generalmente, la presente invención es de aplicación en cualquier tipo de codificación / decodificación, más allá de una codificación según la norma G.711 y, por ejemplo, la forma de realización descrita en detalla anteriormente puede aplicarse en particular al caso de una codificación / decodificación con cuantificación escalar con un número cualquiera de niveles, seguida, en la decodificación, de un post-tratamiento de fase lineal.

La presente invención también está orientada a un módulo de tratamiento 20 de una señal digital, siendo decodificada esta señal por un decodificador de aguas arriba 14 (figura 1) y pasando ésta por un post-tratamiento de reducción de ruido 16. Este módulo de tratamiento 20 en el sentido de la invención incorpora entonces unos medios 23, 24, 25, 26 (figura 2) para la puesta en práctica del procedimiento de limitación de una distorsión introducida por el post-tratamiento. Como equipo físico, este módulo 20 en el sentido de la invención incorpora típicamente, haciendo referencia a la figura 4, un procesador μP cooperante con un bloque de memoria BM que incluye una memoria de almacenamiento y/o de trabajo, así como la citada memoria MEM como medio para realizar, en un ejemplo de realización, la línea de retardo 23 y proporcionar el índice retardado I'_{MIC_DEL} . El bloque de memoria BM puede incorporar además un medio de almacenamiento (preferiblemente de memoria ROM) de la tabla de consulta 24 de la figura 2, o incluso un programa informático para calcular directamente el valor decodificado y el intervalo correspondiente a partir del índice retardado I'_{MIC_DEL} , según la forma de realización escogida. Según se ha indicado anteriormente, el módulo 20 puede ser independiente o integrado dentro de un módulo de post-tratamiento de reducción de ruido.

- 40 Una memoria de almacenamiento de tal módulo 20 también puede incorporar ventajosamente un programa informático que comprende instrucciones para la puesta en práctica del procedimiento en el sentido de la invención, cuando estas instrucciones son ejecutadas por un procesador μP del módulo 20. Típicamente, la figura 3 puede ilustrar un organigrama que representa el algoritmo de tal programa informático.

50

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento de tratamiento de una señal digital, procedente de un decodificador (14) y de un post-tratamiento de reducción de ruido (16), en el que:
- 5 - una señal recibida (I'_{Mic}) es decodificada para entregar una señal decodificada (S'_{Mic}),
- la señal decodificada (S'_{Mic}) es post-tratada para entregar una señal post-tratada (S_{POST}),
- 10 comprendiendo el procedimiento una limitación (26) de una distorsión introducida por el post-tratamiento para entregar una señal de salida corregida (S_{OUT}), asignando a dicha señal de salida corregida (S_{OUT}):
- una amplitud actual que tiene un valor intermedio entre un valor de amplitud actual de la señal post-tratada (S_{POST}) y un correspondiente valor de amplitud actual de la señal decodificada (S'_{Mic}), si la desviación entre los respectivos valores de amplitud de la señal post-tratada (S_{POST}) y de la señal decodificada (S'_{Mic}) es superior a un umbral (E_{MAX}),
- 15 o
- la amplitud actual de la señal post-tratada (S_{POST}), en caso contrario,
- 20 según los respectivos valores de amplitud actual de la señal decodificada (S'_{Mic}) y de la señal post-tratada (S_{POST}), comprendiendo el procedimiento las etapas:
- definición (32, 33) de un intervalo de amplitudes admitidas, incorporando el intervalo un extremo inferior (Lim_{INF}) y un extremo superior (Lim_{SUP}) que son función de un valor de amplitud actual (S'_{Mic}) de la señal decodificada, y
- 25 - para una correspondiente amplitud actual de la señal post-tratada (S_{POST}), asignación (34, 35) de un valor de amplitud actual a la señal de salida (S_{OUT}), igual al valor de:
- 30 • el límite inferior si la amplitud actual de la señal post-tratada es inferior al valor del extremo inferior,
- el extremo superior si la amplitud actual de la señal post-tratada es superior al valor del extremo superior,
- la amplitud actual de la señal post-tratada si el valor de la amplitud actual de la señal post-tratada está incluido dentro de dicho intervalo,
- 35 asignándose un margen de valores de amplitud a cada posible valor de amplitud de la señal decodificada (S'_{Mic}), eligiéndose los extremos superior e inferior de modo que la desviación entre el extremo superior y el extremo inferior sea igual a dicho margen de valores,
- 40 el procedimiento, en el que el post-tratamiento (16) está encaminado a una reducción de ruido de cuantificación, habiendo sido codificada la señal recibida mediante una codificación con cuantificación escalar, entregando el decodificador unos valores de amplitud cuantificados (QV), que varían entre sí de manera discreta, definiendo las sucesivas desviaciones entre los valores cuantificados unos pasos de cuantificación,
- 45 caracterizado porque:
- el extremo superior viene dado por la suma de un parámetro función del paso de cuantificación (E_{MAX}) al valor cuantificado (QV) asignado a la amplitud actual de la señal decodificada (S'_{Mic}), y
- 50 - el extremo inferior viene dado por la resta de un parámetro función del paso de cuantificación (E_{MAX}) al valor cuantificado (QV) asignado a la amplitud actual de la señal decodificada (S'_{Mic}).
2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la señal recibida se ha decodificado mediante una codificación de modulación por impulso y codificación que entrega un índice codificado (I_{Mic}), caracterizado porque se determinan
- 55 (25) unos respectivos valores actuales de los extremos inferior y superior (25) basándose en un índice codificado actual (I'_{Mic_DEL}), recibido en el decodificador.
3. Procedimiento según la reivindicación 2, caracterizado porque se prevé una tabla de consulta (24) que da, para un índice recibido actual (I'_{Mic_DEL}), un valor cuantificado correspondiente (QV) y una mitad de paso de cuantificación correspondiente (E_{MAX}), a partir de los cuales se determinan (25) los respectivos valores actuales de los extremos inferior y superior.
- 60
4. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque está prevista una línea de retardo (23) para asegurar una correspondencia temporal entre dicha amplitud actual de la señal post-tratada (S_{POST}) y dicha correspondiente amplitud actual de la señal decodificada (S'_{Mic}).
- 65

5. Procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, caracterizado porque es puesto en práctica para señales decodificadas y post-tratadas (S_{POST}) cuya amplitud es superior a un valor umbral predeterminado (S_e).
- 5 6. Módulo de tratamiento de una señal digital, siendo decodificada (14) la señal y pasando ésta por un post-tratamiento de reducción de ruido (16), caracterizado porque incorpora unos medios (23, 24, 25, 26) para la puesta en práctica del procedimiento según una de las anteriores reivindicaciones, a efectos de una limitación de una distorsión introducida por el post-tratamiento.
- 10 7. Módulo según la reivindicación 6, caracterizado porque viene integrado dentro de un módulo de post-tratamiento de reducción de ruido (16).
8. Programa informático destinado a ser almacenado en una memoria de un módulo (20) según una de las reivindicaciones 6 y 7, caracterizado porque incorpora instrucciones para la puesta en práctica del procedimiento según una de las reivindicaciones 1 a 5, cuando son ejecutadas por un procesador de dicho módulo (20).

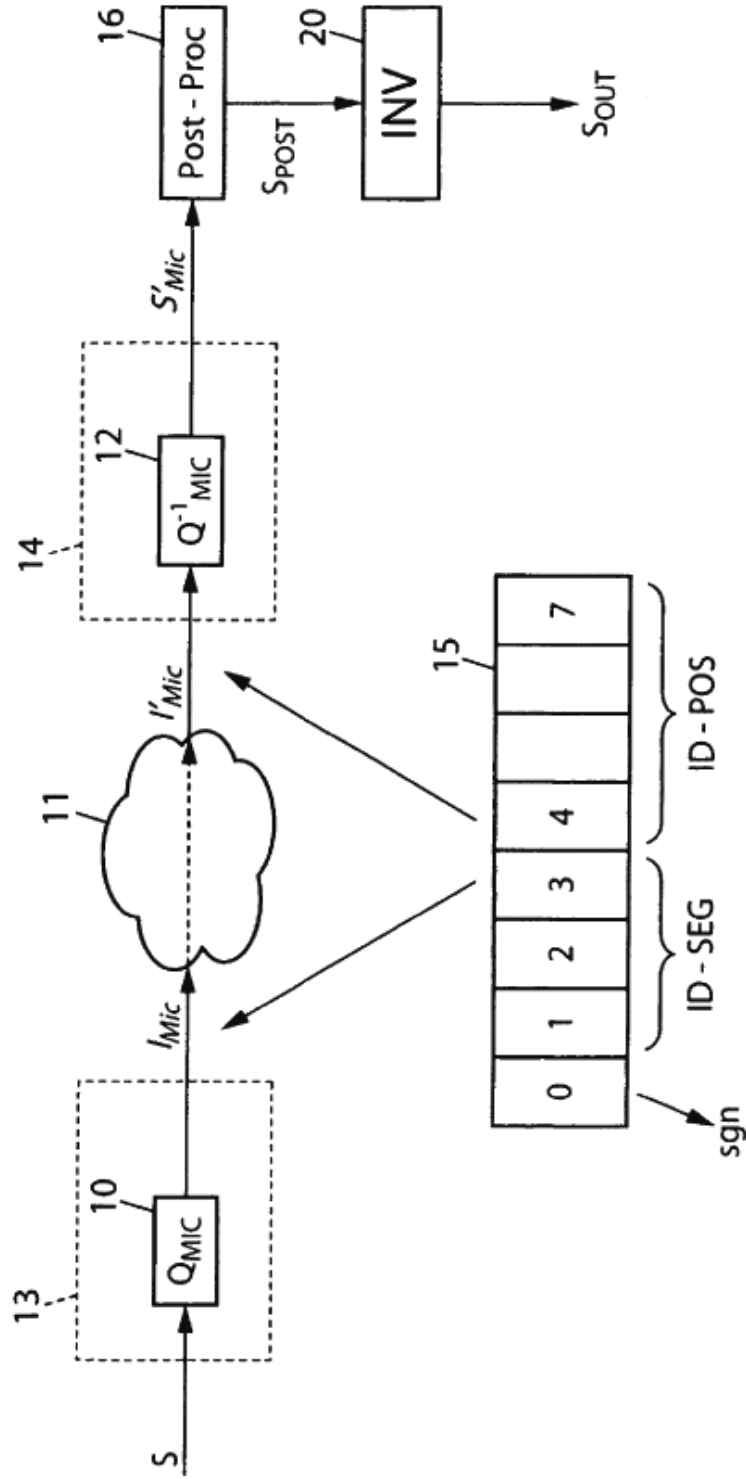


FIG. 1

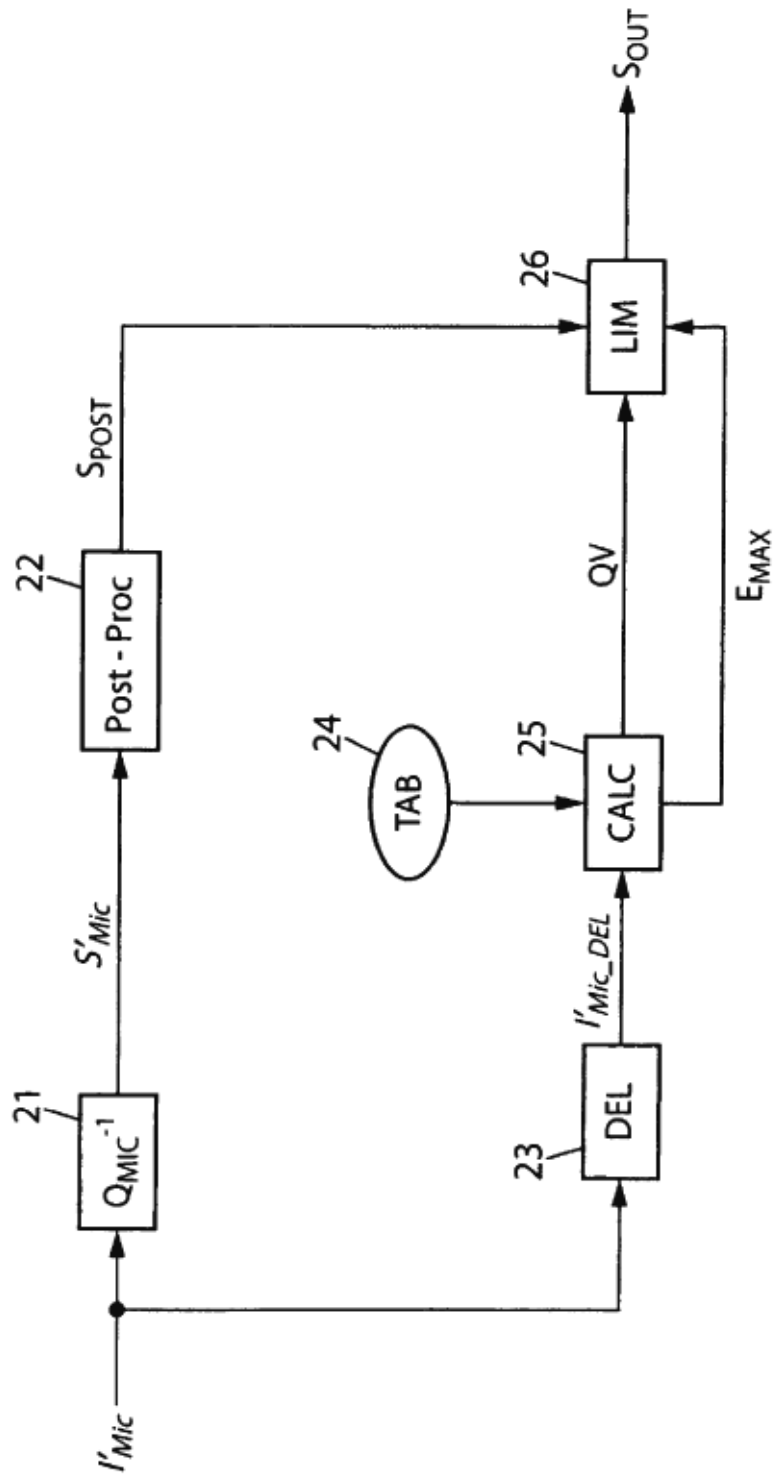


FIG. 2

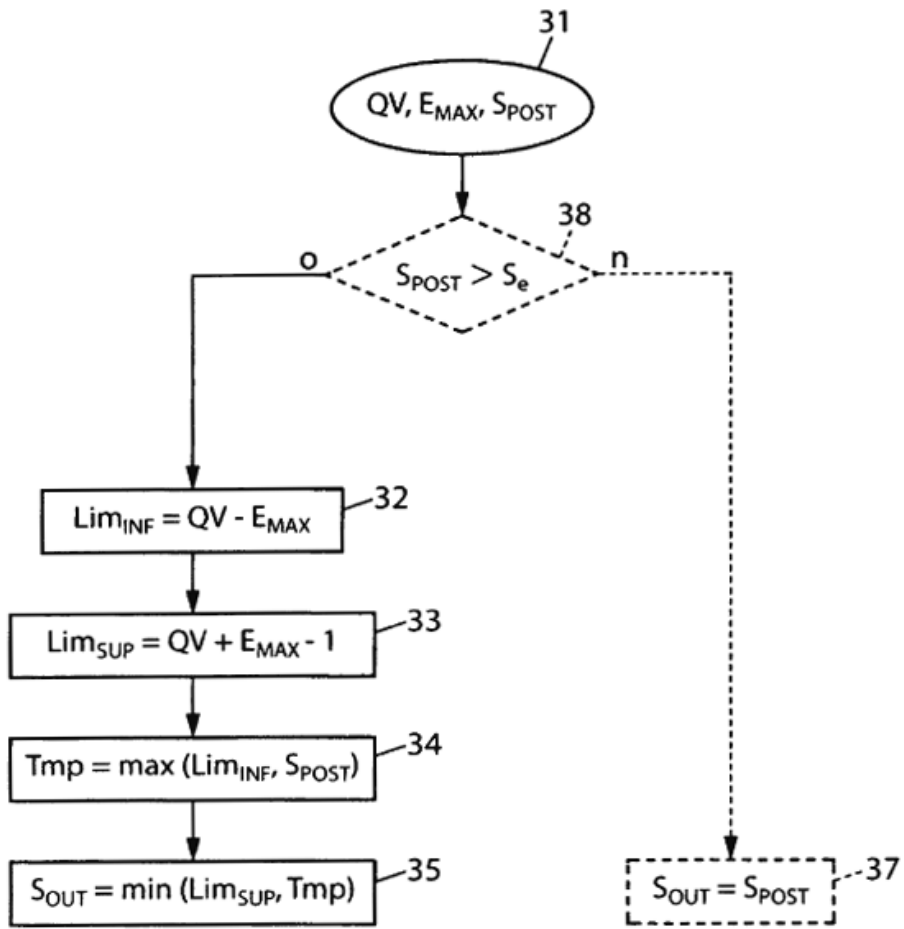


FIG. 3

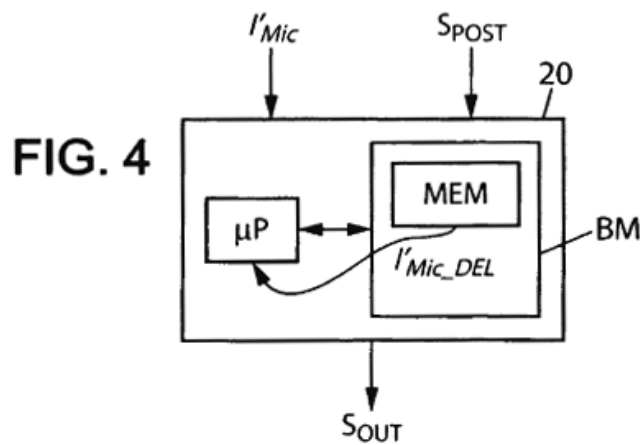


FIG. 4