



①9



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA

①1 Número de publicación: **2 363 932**

⑤1 Int. Cl.:
G10L 19/00 (2006.01)

①2

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

⑨6 Número de solicitud europea: **05728310 .3**

⑨6 Fecha de presentación : **21.03.2005**

⑨7 Número de publicación de la solicitud: **1741093**

⑨7 Fecha de publicación de la solicitud: **10.01.2007**

⑤4 Título: **Codec audio sin pérdida escalable y herramienta de autoría.**

③0 Prioridad: **25.03.2004 US 556183 P**
04.08.2004 US 911062
04.08.2004 US 911067

④5 Fecha de publicación de la mención BOPI:
19.08.2011

④5 Fecha de la publicación del folleto de la patente:
19.08.2011

⑦3 Titular/es: **DTS, Inc.**
5220 Las Virgenes Road
Calabasas, California 91302, US

⑦2 Inventor/es: **Fejzo, Zoran**

⑦4 Agente: **Ungría López, Javier**

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

Codec audio sin pérdida escalable y herramienta de autoría

5 Referencia cruzada a solicitudes relacionadas

Esta solicitud reivindica el beneficio de prioridad según 35 U.S.C. 119(e) por la Solicitud Provisional de Estados Unidos número 60/566.183 titulada "Codec audio sin pérdida compatible posterior" presentada el 25 de Marzo de 2004.

10 Antecedentes de la invención

Campo de la invención

15 Esta invención se refiere a codecs audio sin pérdida y más específicamente a una herramienta de autoría y codec audio sin pérdida escalable.

Descripción de la técnica relacionada

20 Actualmente se usan varios sistemas de codificación audio con pérdida de tasa de bits baja en un amplio rango de productos y servicios de reproducción audio de consumo y profesionales. Por ejemplo, el sistema de codificación audio Dolby AC3 (Dolby digital) es un estándar mundial para codificar pistas de sonido audio estéreo y de canal 5.1 para disco láser, vídeo DVD codificado NTSC, y ATV, usando tasas de bits de hasta 640 kbit/s. Los estándares de codificación audio MPEG I y MPEG II se usan ampliamente para codificación de pistas de sonido estéreo y multicanal para vídeo DVD codificado PAL, radiodifusión digital terrestre en Europa y transmisión por satélite en Estados Unidos, a tasas de bits de hasta 768 kbit/s. El sistema de codificación audio de acústica coherente DTS (Digital Theater Systems) se usa frecuentemente para pistas de sonido audio de canal 5.1 de calidad de estudio para disco compacto, vídeo DVD, transmisión por satélite en Europa y disco láser y tasas de bits de hasta 1536 kbit/s.

30 Un codec mejorado que ofrece anchura de banda de 96 kHz y resolución de 24 bits se describe en la Patente de Estados Unidos número 6.226.616 (también asignada a Digital Theater Systems, Inc.). Dicha patente emplea una metodología de núcleo y extensión en la que el algoritmo de codificación audio tradicional constituye el codificador audio "de núcleo", y permanece inalterado. Los datos audio necesarios para representar frecuencias audio más altas (en el caso de tasas de muestreo más altas) o resolución de muestreo más alta (en el caso de mayores longitudes de palabra), o ambos, son transmitidos como una corriente de 'extensión'. Esto permite a los proveedores de contenidos audio incluir una sola corriente de bits audio que es compatible con diferentes tipos de decodificadores residentes en el equipo base del consumidor. La corriente de núcleo será decodificada por los decodificadores más antiguos que ignorarán los datos de extensión, mientras que los decodificadores más nuevos utilizarán corrientes de datos tanto de núcleo como de extensión dando reproducción de sonido de mayor calidad. Sin embargo, este acercamiento anterior no proporciona codificación o decodificación verdaderamente sin pérdida. Aunque el sistema de la Patente de Estados Unidos 6.226.216 proporciona reproducción audio de mejor calidad, no proporciona un rendimiento "sin pérdida".

45 Recientemente, muchos consumidores han mostrado interés por estos codecs denominados "sin pérdida". Los codecs "sin pérdida" se basan en algoritmos que comprimen datos sin desechar información. Como tales, no emplean efectos psicoacústicos tal como "enmascarado". Un codec sin pérdida produce una señal decodificada que es idéntica a la señal fuente (digitalizada). Esta operación tiene un costo: tales codecs requieren típicamente más anchura de banda que los codecs con pérdida, y comprimen los datos en menor grado.

50 La falta de compresión puede producir un problema cuando el contenido está siendo creado en un disco, CD, DVD, etc, en particular en casos de material fuente altamente no correlacionado o requisitos de anchura de banda fuente muy grande. Las propiedades ópticas del medio establecen una tasa de bits máxima para todo el contenido que no se puede superar. Como se representa en la figura 1, se establece típicamente un umbral duro 10, por ejemplo, 9,6 Mbps para DVD audio, para audio de modo que la tasa total de bits no exceda del límite del medio.

55 Los datos audio y otros se ponen en el disco al objeto de satisfacer las varias limitaciones del medio y de asegurar que todos los datos que sean necesarios para decodificar una trama dada estén presentes en la memoria intermedia del decodificador audio. La memoria intermedia tiene el efecto de alisar la carga codificada trama a trama (tasa de bits) 12, que puede fluctuar ampliamente de una trama a otra, para crear una carga puesta en memoria intermedia 14, es decir, la media puesta en memoria intermedia de la carga codificada trama a trama. Si la carga puesta en memoria intermedia 14 de la corriente de bits sin pérdida para un canal dado excede del umbral en cualquier punto, los archivos de entrada audio son alterados para reducir su contenido de información. Los archivos audio pueden ser alterados reduciendo la profundidad de bit de uno o más canales tales como de 24 bits a 22 bits, filtrando una anchura de banda de frecuencia de canal a paso bajo solamente, o reduciendo la anchura de banda audio, por ejemplo, filtrando información superior a 40 kHz al muestrear a 96 kHz. Los archivos de entrada audio alterados son recodificados de modo que la carga 16 nunca exceda del umbral 10. Un ejemplo de este proceso se describe en

SurCode MLP - Manual del Propietario, páginas 20-23.

Éste es un proceso de mucho cálculo y poca eficiencia temporal. Además, aunque el codificador audio todavía es sin pérdida, la cantidad de contenido audio distribuido al usuario se ha reducido en toda la corriente de bits. Además, el proceso de alteración es inexacto; si se quita demasiada poca información, todavía puede existir el problema, si se quita demasiada información, se desechan innecesariamente datos audio. Además, el proceso de autoría tendrá que ser adaptado a las propiedades ópticas específicas del medio y el tamaño de la memoria intermedia del decodificador.

La publicación EP0869620A2 se refiere a un método y aparato de codificación/decodificación de datos digitales. Este método incluye analizar el significado de los datos digitales codificados y decodificar los datos digitales analizados desde dígitos significativos superiores a los dígitos de menor significado. Otra publicación US2003/179938A1 describe un método de formar una señal comprimida en la que una unidad de dos o más bits es dividida en una parte MSB y otra parte LSB y donde MSB se comprime de una forma sin pérdida.

Resumen de la invención

La presente invención proporciona un codec audio que genera una corriente de bits sin pérdida y una herramienta de autoría que desecha selectivamente bits para satisfacer las limitaciones del medio, canal, memoria intermedia del decodificador o tasa de bits del dispositivo de reproducción sin tener que filtrar los archivos de entrada audio, recodificar o perturbar de otro modo la corriente de bits sin pérdida.

Esto se lleva a cabo, como se reivindica en las reivindicaciones independientes, codificando sin pérdida los datos audio en una secuencia de ventanas de análisis a una corriente de bits escalable, comparando la carga puesta en memoria intermedia con una carga permitida para cada ventana, y escalando selectivamente los datos audio codificados sin pérdida en las ventanas no conformes para reducir la carga codificada, por lo tanto la carga puesta en memoria intermedia, introduciendo por ello pérdida.

En una realización ejemplar, el codificador audio separa los datos audio en porciones de bits más significativos (MSB) y menos significativos (LSB) y codifica cada una con un algoritmo sin pérdida diferente. Una herramienta de autoría escribe las porciones MSB en una corriente de bits, escribe las porciones LSB en las ventanas conformes a la corriente de bits, y escala las porciones LSB sin pérdida de cualesquiera tramas no conformes para hacerlas conformes y escribe las porciones LSB ahora con pérdida en la corriente de bits. El decodificador audio decodifica las porciones MSS y LSB y reensambla los datos audio PCM.

El codificador audio divide cada muestra audio en las porciones MSB y LSB, codifica la porción MSB con un primer algoritmo sin pérdida, codifica la porción LSB con un segundo algoritmo sin pérdida, y empaqueta los datos audio codificados en corriente de bits sin pérdida escalable. El punto límite entre las porciones MSB y LSB es establecido adecuadamente por la energía y/o la amplitud máxima de muestras en una ventana de análisis. Las anchuras de bit LSB son empaquetadas en la corriente de bits. La porción LSB es codificada preferiblemente de modo que parte o todos los LSBs puedan ser desechados selectivamente. Las extensiones de frecuencia pueden ser igualmente codificadas con MSB/LSB o totalmente codificadas como LSBs.

Se usa una herramienta de autoría para poner los datos codificados en un disco (medio). La disposición inicial corresponde a la carga puesta en memoria intermedia. La herramienta compara la carga puesta en memoria intermedia con la carga permitida para cada ventana de análisis para determinar si la disposición requiere alguna modificación. En caso negativo, todas las porciones MSB y LSB sin pérdida de la corriente de bits sin pérdida son escritas en una corriente de bits y registradas en el disco. En caso afirmativo, la herramienta de autoría escala la corriente de bits sin pérdida para satisfacer las limitaciones. Más específicamente, la herramienta escribe la porción MSB y LSB sin pérdida para las ventanas conformes y las cabeceras y las porciones MSB sin pérdida para las no conformes a una corriente de bits modificada. En base a una regla de priorización, para cada ventana no conforme la herramienta de autoría determina entonces cuántos LSBs desear de cada muestra audio en la ventana de análisis para uno o más canales audio y reempaqueta las porciones LSB en la corriente de bits modificada con sus anchuras de bit modificadas. Esto se repite solamente para las ventanas de análisis en las que la carga puesta en memoria intermedia excede de la carga permitida.

Un decodificador recibe la corriente de bits creada mediante el medio o canal de transmisión. Los datos audio son dirigidos a una memoria intermedia, que no rebosa a causa de la autoría, y, a su vez, proporciona suficientes datos a un chip DSP para decodificar los datos audio para la ventana de análisis corriente. El chip DSP extrae la información de cabecera y extrae, decodifica y ensambla las porciones MSB de los datos audio. Si todos los LSBs se desechasen durante la autoría, el chip DSP traduce las muestras MSB a la palabra de anchura de bit original y envía los datos PCM. De otro modo, el chip DSP decodifica las porciones LSB, ensambla las muestras MSB y LSB, traduce las muestras ensambladas a la palabra de anchura de bit original y envía los datos PCM.

Estas y otras características y ventajas de la invención serán evidentes a los expertos en la técnica a partir de la descripción detallada siguiente de realizaciones preferidas, tomadas conjuntamente con los dibujos acompañantes,

en los que:

Breve descripción de los dibujos

5 La figura 1, como se ha descrito anteriormente, es un gráfico de tasa de bits y carga para un canal audio sin pérdida en función del tiempo.

La figura 2 es un diagrama de bloques de un codec audio y herramienta de autoría sin pérdida según la presente invención.

10 La figura 3 es un diagrama simplificado de flujo del codificador audio.

La figura 4 es un diagrama de un MSB/LSB dividido para una muestra en la corriente de bits sin pérdida.

15 La figura 5 es un diagrama simplificado de flujo de la herramienta de autoría.

La figura 6 es un diagrama de un MSB/LSB dividido para una muestra en las corrientes de bits creadas.

20 La figura 7 es un diagrama de una corriente de bits incluyendo las porciones MSB y LSB e información de cabecera.

La figura 8 es un gráfico de carga para las corrientes de bits sin pérdida y creadas.

La figura 9 es un diagrama de bloques sencillo de un decodificador audio.

25 La figura 10 es un diagrama de flujo del proceso de decodificación.

La figura 11 es un diagrama de una corriente de bits ensamblada.

30 Las figuras 12-15 ilustran el formato de la corriente de bits, la codificación, la autoría y la decodificación para una realización particular.

Y las figuras 16a y 16b son diagramas de bloques del codificador y decodificador para un codec sin pérdida escalable que es compatible hacia atrás con un codificador de núcleo con pérdida.

35 Descripción detallada de la invención

La presente invención proporciona un codec audio y herramienta de autoría sin pérdida para desechar selectivamente bits para satisfacer las limitaciones del medio, canal, memoria intermedia del decodificador o tasa de bits del dispositivo de reproducción sin tener que filtrar los archivos de entrada audio, recodificar o perturbar de otro modo la corriente de bits sin pérdida.

40 Como se representa en la figura 2, un codificador audio 20 sin pérdida codifica los datos audio en una secuencia de ventanas de análisis y empaqueta los datos codificados e información de cabecera a una corriente de bits sin pérdida escalable 22, que se almacena adecuadamente en un archivo 24. Las ventanas de análisis son típicamente tramas de datos codificados, pero en el sentido en que se usa aquí las ventanas podrían extenderse una pluralidad de tramas. Además, la ventana de análisis puede ser refinada a uno o más segmentos de datos dentro de una trama, uno o más conjuntos de canales dentro de un segmento, uno o más canales en cada conjunto de canales y finalmente una o más extensiones de frecuencia dentro de un canal. Las decisiones de escala para la corriente de bits pueden ser muy bastas (múltiples tramas) o más refinadas (por extensión de frecuencia por conjunto de canales por trama).

Se usa una herramienta de autoría 30 para poner los datos codificados en un disco (medio) según la capacidad de memoria intermedia del decodificador. La disposición inicial corresponde a la carga puesta en memoria intermedia. La herramienta compara la carga puesta en memoria intermedia con la carga permitida para cada ventana de análisis para determinar si la disposición requiere alguna modificación. La carga permitida es típicamente una función de la tasa de bits pico soportada por un medio (DVD disco) o canal de transmisión. La carga permitida puede ser fija o poder variar si es parte de una optimización global. La herramienta de autoría escala selectivamente los datos audio codificados sin pérdida en las ventanas no conformes para reducir la carga codificada, por lo tanto la carga puesta en memoria intermedia. El proceso de escala introduce alguna pérdida en los datos codificados, pero se confina a solamente las ventanas no conformes y es adecuadamente justo lo suficiente para poner cada ventana en conformidad. La herramienta de autoría empaqueta los datos sin pérdida y con pérdida y cualquier información de cabecera modificada en una corriente de bits 32. La corriente de bits 32 se almacena típicamente en un medio 34 o transmite por un canal de transmisión 36 para posterior reproducción mediante un decodificador audio 38, que genera una corriente audio de canal único o múltiple PCM (pulso de código modulado) 40.

65 En una realización ejemplar representada en las figuras 3 y 4, el codificador audio 20 divide cada muestra audio en

una porción MSB 42 y una porción LSB 44 (paso 46). El punto límite 48 que separa los datos audio se calcula asignando en primer lugar una anchura de bit MSB mínima (Min MSB) 50 que establece un nivel de codificación mínimo para cada muestra audio. Por ejemplo, si la anchura de bit 52 de los datos audio es 20 bits, Min MSB podría ser de 16 bits. Se deduce que la anchura de bit LSB máxima (Max LSB) 54 es la anchura de bit 52 menos Min MSB 50. El codificador calcula una función de costo, por ejemplo las normas L_2 o L_∞ , para los datos audio en la ventana de análisis. Si la función de costo excede de un umbral, el codificador calcula una anchura de bit LSB 56 de al menos un bit y no más de Max LSB. Si la función de costo no excede del umbral, la anchura de bit LSB 56 se pone a cero bits. En general, la división MSB/LSB se realiza para cada ventana de análisis. Como se ha descrito anteriormente, ésta es típicamente una o más tramas. La división puede ser refinada más para cada segmento de datos, conjunto de canales, canal o extensión de frecuencia, por ejemplo. Un mayor refinamiento mejora el rendimiento de codificación al costo de cálculos adicionales y más recursos en la corriente de bits.

El codificador codifica sin pérdida las porciones MSB (paso 58) y las porciones LSB (paso 60) con diferentes algoritmos sin pérdida. Los datos audio en las porciones MSB son altamente correlacionados típicamente tanto temporalmente dentro de cualquier canal como entre canales. Por lo tanto, el algoritmo sin pérdida emplea adecuadamente técnicas de codificación de entropía, predicción fija, predicción adaptativa y descorrelación de canal unido para codificar eficientemente las porciones MSB. Un codificador sin pérdida adecuado se describe en la solicitud en tramitación "Codec audio multicanal sin pérdida" presentada el 08 de Agosto de 2004, número de serie 10/911067, que se incorpora por ello por referencia. Otros codificadores sin pérdida adecuados incluyen M LP (audio DVD), audio Monkey (aplicaciones de ordenador), Apple sin pérdida, Windows Media Pro sin pérdida, AudioPak, DVD, LTAC, MUSICcompress, OggSquish, Philips, Shorten, Sonarc y WA. Una revisión de muchos de estos codecs la facilitan Mat Hans, Ronald Schafer "Lossless Compression of Digital Audio" Hewlett Packard, 1999.

A la inversa, los datos audio en la porción LSB están altamente no correlacionados, más próximos a ruido. Por lo tanto, las técnicas de compresión sofisticadas son en gran parte inefectivas y consumen recursos de procesamiento. Además, para crear eficientemente la corriente de bits, es altamente deseable un código sin pérdida muy simple usando predicción simplista de orden muy bajo seguida por un codificador de entropía simple. De hecho, el algoritmo actualmente preferido es codificar la porción LSB replicando simplemente los bits LSB tal cual. Esto permitirá que LSBs individuales sean desechados sin tener que decodificar la porción LSB.

El codificador empaqueta por separado las porciones MSB y LSB codificadas en una corriente de bits sin pérdida escalable 62 de modo que se puedan desempaquetar y codificar fácilmente (paso 64). Además de la información de cabecera normal, el codificador empaqueta la anchura de bit LSB 56 en la cabecera (paso 66). La cabecera también incluye espacio para una reducción de anchura de bit LSB 68, que no se usa durante la codificación. Este proceso se repite para cada ventana de análisis (tramas, trama, segmento, conjunto de canales o extensión de frecuencia) para la que se recalcula la división.

Como se representa en las figuras 5, 6 y 7, la herramienta de autoría 30 permite al usuario hacer una primera pasada colocando las corrientes de bits audio y vídeo en el medio según la capacidad de memoria intermedia del decodificador (paso 70) para satisfacer la limitación de tasa de bits máxima del medio. La herramienta de autoría empieza el bucle de ventana de análisis (paso 71), calcula una carga puesta en memoria intermedia (paso 72) y compara la carga puesta en memoria intermedia con la carga permitida para la ventana de análisis 73 para determinar si la corriente de bits sin pérdida requiere alguna escala para satisfacer las limitaciones (paso 74). La carga permitida se determina por la capacidad de memoria intermedia del decodificador audio y la tasa de bits máxima del medio o canal. La carga codificada se determina por la anchura de bit de los datos audio y el número de muestras en todos los segmentos de datos 75 más la cabecera 76. Si no se excede la carga permitida, las porciones MSB y LSB codificadas sin pérdida son empaquetadas en respectivas zonas MSB y LSB 77 y 78 de los segmentos de datos 75 en una corriente de bits modificada 79 (paso 80). Si la carga permitida nunca se excede, la corriente de bits sin pérdida es transferida directamente al medio o canal.

Si la carga puesta en memoria intermedia excede de la carga permitida, la herramienta de autoría empaqueta las cabeceras y porciones MSB codificadas sin pérdida 42 en la corriente de bits modificada 79 (paso 81). En base a una regla de priorización, la herramienta de autoría calcula una reducción de anchura de bit LSB 68 que reducirá la carga codificada, por lo tanto la carga puesta en memoria intermedia a lo sumo a la carga permitida (paso 82). Suponiendo que las porciones LSB se replicaron simplemente durante la codificación sin pérdida, la herramienta de autoría escala las porciones LSB (paso 84) añadiendo preferiblemente difuminado a cada porción LSB con el fin de difuminar el bit LSB siguiente pasada la reducción de anchura de bit LSB, y entonces desplazar la porción LSB a la derecha la reducción de anchura de bit LSB para desechar bits. Si las porciones LSB fueron codificadas, se tendrían que decodificar, difuminar, desplazar y recodificar. La herramienta empaqueta las porciones LSB codificadas ahora con pérdida para las ventanas ahora conformes en la corriente de bits con las anchuras de bit LSB modificadas 56 y la reducción de anchura de bit LSB 68 y un parámetro de difuminado (paso 86).

Como se representa en la figura 6, la porción LSB 44 ha sido escalada desde una anchura de bit de 3 a una anchura de bit LSB modificada 56 de 1 bits. Los dos LSBs desechados 88 concuerdan con la reducción de anchura de bit LSB 68 de 2 bits. En la realización ejemplar, la anchura de bit LSB modificada 56 y la reducción de anchura de bit LSB 68 son transmitidas en la cabecera al decodificador. Alternativamente, se podría omitir cualquiera de éstas y

transmitir la anchura de bit LSB original. Cualquier parámetro es determinado de forma única por los otros dos.

Los beneficios del codificador y herramienta de autoría sin pérdida escalable se ilustran mejor superponiendo la carga puesta en memoria intermedia 90 para la corriente de bits creada en la figura 1 como se realiza en la figura 8. Usando el acercamiento conocido de alterar los archivos audio para quitar contenido y después recodificarlo simplemente con el codificador sin pérdida, la carga puesta en memoria intermedia 14 se desplazó efectivamente hacia abajo a una carga puesta en memoria intermedia 16 que es menor que la carga permitida 10. Para asegurar que la carga máxima sea menor que la carga permitida, se sacrifica una cantidad considerable de contenido en toda la corriente de bits. Por comparación, la carga puesta en memoria intermedia 90 replica la carga puesta en memoria intermedia sin pérdida original 14 excepto en las pocas ventanas (tramas) donde la carga puesta en memoria intermedia excede de la carga permitida. En estas zonas, la carga codificada, por lo tanto la carga puesta en memoria intermedia se reduce justo lo suficiente para satisfacer la retención y preferiblemente no más. Como resultado, la capacidad de carga se utiliza más eficientemente y se distribuye más contenido al usuario final sin tener que alterar los archivos audio originales o recodificar.

Como se representa en las figuras 9, 10 y 11, el decodificador audio 38 recibe una corriente de bits creada mediante un disco 100. La corriente de bits es separada en una secuencia de ventanas de análisis, incluyendo cada una información de cabecera y datos codificados audio. La mayor parte de las ventanas incluye porciones MSB y LSB codificadas sin pérdida, las anchuras de bit LSB originales y las reducciones de cero de la anchura de bit LSB. Para satisfacer las limitaciones de carga impuestas por la tasa máxima de bits del disco 100 y la capacidad de la memoria intermedia 102, algunas ventanas incluyen las porciones MSB codificadas sin pérdida y porciones LSB con pérdida, las anchuras de bit modificadas de las porciones LSB con pérdida, y las reducciones de anchura de bit LSB.

Un controlador 104 lee los datos audio codificados de la corriente de bits en el disco 100. Un analizador 106 separa los datos audio del vídeo y dirige los datos audio a la memoria intermedia audio 102, que no rebosa a causa de la autoría. A su vez, la memoria intermedia proporciona suficientes datos a un chip DSP 108 para decodificar los datos audio para la ventana de análisis corriente. El chip DSP extrae la información de cabecera (paso 110) incluyendo las anchuras de bit LSB modificadas 56, la reducción de anchura de bit LSB 68, un número de LSBs vacíos 112 de una anchura de palabra original y extrae, decodifica y ensambla las porciones MSB de los datos audio (paso 114). Si se desechasen todos los LSBs durante la autoría o la anchura de bit LSB original fuese 0 (paso 115), el chip DSP traduce las muestras MSB a la palabra de anchura de bit original y envía los datos PCM (paso 116). De otro modo, el chip DSP decodifica las porciones LSB sin pérdida y con pérdida (paso 118), ensambla las muestras MSB y LSB (paso 120), y, usando la información de cabecera, traduce las muestras ensambladas a la palabra de anchura de bit original (paso 122).

Codec audio multicanal y herramienta de autoría

Una realización ejemplar de un codec audio y herramienta de autoría para una corriente de bits audio codificada presentada como una secuencia de tramas se ilustra en las figuras 12-15. Como se representa en la figura 12, cada trama 200 incluye una cabecera 202 para almacenar información común 204 y sub-cabeceras 206 para cada conjunto de canales que almacenan las anchuras de bit LSB y reducciones de anchura de bit LSB, y uno o más segmentos de datos 208. Cada segmento de datos incluye uno o más conjuntos de canales 210, incluyendo cada conjunto de canales uno o más canales audio 212. Cada canal incluye una o más extensiones de frecuencia 214, incluyendo al menos la extensión de frecuencia más baja porciones MSB y LSB codificadas 216, 218. La corriente de bits tiene una división MSB y LSB distinta para cada canal en cada conjunto de canales en cada trama. Las extensiones de frecuencia más alta pueden ser divididas igualmente o totalmente codificadas como porciones LSB.

La corriente de bits escalable sin pérdida a partir de la que se crea esta corriente de bits, es codificada como se ilustra en las figuras 13a y 13b. El codificador establece la anchura de bit de la palabra original (24 bits), Min MSB (16 bits), un umbral (Th) para la norma L2 al cuadrado y un factor de escala (SF) para dicha norma (paso 220). El codificador empieza el bucle de trama (paso 222) y el bucle de establecimiento de canal (paso 224). Dado que la anchura real de los datos audio (20 bits) puede ser menor que la anchura de palabra original, el codificador calcula el número de LSBs vacíos ($24-20=4$) (número mínimo de "0" LSBs en cualquier muestra PCM en la trama corriente) y desplaza a la derecha cada muestra dicha cantidad (paso 226). La anchura de bit de los datos es la anchura de bit original (24) menos el número de LSBs vacíos (4). (paso 228). El codificador determina entonces el número máximo de bits (Max LSBs) que podrán ser codificados como parte de la porción LSB como Max (Anchura de bit - Min MSB, 0) (paso 230). En el ejemplo corriente, Max LSBs = $20-16 = 4$ bits.

Para determinar el punto límite para dividir los datos audio en porciones MSB y LSB, el codificador empieza el índice de bucle de canal (paso 232) y calcula la norma L_{∞} como la amplitud absoluta máxima de los datos audio en el canal y la norma L2 al cuadrado como la suma de las amplitudes al cuadrado de los datos audio en la ventana de análisis (paso 234). El codificador pone un parámetro Max Amp como el entero mínimo mayor o igual a $\log_2(L_{\infty})$ (paso 236) e inicializa la anchura de bit LSB a cero (paso 237). Si Max Amp es mayor que Min MSB (paso 238), la anchura de bit LSB se pone igual a la diferencia de Max Amp y Min MSB (paso 240). De otro modo, si la norma L2 excede del umbral (varianza de pequeña amplitud pero considerable) (paso 242), la anchura de bit LSB se pone igual a Max Amp dividido por el factor de escala, típicamente > 1 (paso 244). Si ambas pruebas son falsas, la anchura de bit LSB

permanece cero. En otros términos, para mantener la calidad de codificación mínima, por ejemplo Min MSB, no hay LSBs disponibles. El codificador sujeta la anchura de bit LSB al valor Max LSB (paso 246) y empaqueta el valor en el conjunto de canales de sub-cabecera (paso 248).

Una vez determinado el punto límite, es decir la anchura de bit LSB, el codificador divide los datos audio en las porciones MSB y LSB (paso 250). La porción MSB es codificada sin pérdida usando un algoritmo adecuado (paso 252) y empaquetada en la extensión de frecuencia más baja en el canal particular en el conjunto de canales de la trama corriente (paso 254). La porción LSB es codificada sin pérdida usando un algoritmo adecuado, por ejemplo replicación de bit simple (paso 256) y empaquetada (paso 258).

Este proceso se repite para cada canal (paso 260) para cada conjunto de canales (paso 262) para cada trama (paso 264) en la corriente de bits. Además, el mismo procedimiento puede ser repetido para extensiones de frecuencia más alta. Sin embargo, dado que estas extensiones contienen mucha menos información, Min MSB se puede poner a 0 de modo que se codifique todo como LSBs.

Una vez codificada la corriente de bits escalable sin pérdida para cierto contenido audio, una herramienta de autoría crea la mejor corriente de bits que puede que satisfaga las limitaciones de tasa máxima de bits del medio de transporte y la capacidad de la memoria intermedia en el decodificador audio. Como se representa en la figura 14, un usuario intenta poner la corriente de bits sin pérdida 268 en el medio para conformación a las limitaciones de tasa de bits y capacidad de memoria intermedia (paso 270). Si tiene éxito, la corriente de bits sin pérdida 268 se escribe como la corriente de bits creada 272 y se almacena en el medio. De otro modo la herramienta de autoría empieza el bucle de trama (paso 274) y compara la carga puesta en memoria intermedia (carga media de una trama a otra puesta en memoria intermedia) con la carga permitida (tasa máxima de bits) (paso 276). Si la trama corriente es conforme a la carga permitida, las porciones MSB y LSB codificadas sin pérdida son extraídas de la corriente de bits sin pérdida 268 y se escriben en la corriente de bits creada 272 y se incrementa la trama.

Si la herramienta de autoría encuentra una trama no conforme en la que la carga puesta en memoria intermedia excede de la carga permitida, la herramienta calcula la reducción máxima que se puede lograr desechando todas las porciones LSB en el conjunto de canales y la resta de la carga puesta en memoria intermedia (paso 278). Si la carga mínima todavía es demasiado grande, la herramienta visualiza un mensaje de error que incluye la fecha de la cantidad de exceso y el número de trama (paso 280). En este caso Min MSB será reducido o los archivos audio originales serán alterados y recodificados.

De otro modo, la herramienta de autoría calcula una reducción de anchura de bit LSB para cada canal en la trama corriente en base a una regla especificada de priorización de canal (paso 282) de tal manera que:

Reducción de anchura de bit $[nCh] < \text{anchura de bit LSB } [nCh]$ para $nCh = 0$, Todosloscanales -1, y

Carga puesta en memoria intermedia $[nFr] - \sum (\text{reducción de anchura de bit } [nCh] * \text{NumSamplesin Trama}) < \text{carga permitida } [nFr]$

La reducción de las anchuras de bit LSB por estos valores asegurará que la trama sea conforme a la carga permitida. Esto se realiza con una cantidad mínima de pérdida introducida en las tramas no conformes y sin afectar de otro modo a las tramas conformes sin pérdida.

La herramienta de autoría regula las porciones LSB codificadas (suponiendo codificación de replicación de bit) para cada canal añadiendo difuminado a cada porción LSB en la trama para difuminar el bit siguiente y desplazando después a la derecha la reducción de anchura de bit LSB (paso 284). Añadir difuminado no es necesario, pero es altamente deseable con el fin de descorrelacionar los errores de cuantificación y también descorrelacionarlos después de la señal audio original. La herramienta empaqueta las porciones LSB ahora con pérdida y escaladas (paso 286), las anchuras de bit LSB modificadas y las reducciones de anchura de bit LSB para cada canal (paso 288) y los puntos de navegación de corriente modificados (paso 290) en la corriente de bits creada. Si se añade difuminado, se empaqueta un parámetro de difuminado en la corriente de bits. Este proceso se repite después para cada trama (paso 292) antes de terminar (paso 294).

Como se representa en las figuras 15a y 15b, un decodificador adecuado se sincroniza a la corriente de bits (paso 300) y empieza un bucle de trama (paso 302). El decodificador extrae la información de cabecera de trama incluyendo el número de segmentos, el número de muestras en un segmento, el número de conjuntos de canales, etc (paso 304) y extrae la información de cabecera del conjunto de canales incluyendo el número de canales en el conjunto, el número de LSBs vacíos, la anchura de bit LSB, la reducción de anchura de bit LSB para cada conjunto de canales (paso 306) y la guarda para cada conjunto de canales (paso 307).

Una vez disponible la información de cabecera, el decodificador empieza el bucle de segmento (paso 308) y el bucle de establecimiento de canal (paso 310) para la trama corriente. El decodificador desempaqueta y decodifica las porciones MSB (paso 312) y guarda las muestras PCM (paso 314). El decodificador entonces empieza el bucle de canal en el conjunto de canales corriente (paso 316) y procede con los datos LSB codificados.

Si la anchura de bit LSB modificada no excede de cero (paso 318), el decodificador empieza el bucle de muestra en el segmento corriente (paso 320), traduce las muestras PCM para la porción MSB a la anchura de palabra original (paso 322) y se repite hasta que el bucle de muestra termina (paso 324).

De otro modo, el decodificador empieza el bucle de muestra en el segmento corriente (paso 326), desempaqueta y decodifica las porciones LSB (paso 328) y ensambla muestras PCM añadiendo la porción LSB a la porción MSB (paso 330). El decodificador traduce entonces la muestra PCM a la anchura de palabra original usando el LSB vacío, la anchura de bit LSB modificada y la información de reducción de anchura de bit LSB de la cabecera (paso 332) y repite los pasos hasta que el bucle de muestra termina (paso 334). Para reconstruir toda la secuencia audio, el decodificador repite estos pasos para cada canal (paso 336) en cada conjunto de canales (paso 338) en cada trama (paso 340).

Codec audio escalable compatible hacia atrás

Las propiedades de escalabilidad pueden ser incorporadas a un codificador sin pérdida compatible hacia atrás, formato de corriente de bits y decodificador. Se empaqueta una corriente de código de núcleo "con pérdida" de acuerdo con las porciones MSB y LSB codificadas sin pérdida de los datos audio para transmisión (o registro). Al decodificar en un decodificador con características sin pérdida extendidas, se combinan las corrientes MSB con pérdida y sin pérdida y se añade la corriente LSB para construir una señal reconstruida sin pérdida. En un decodificador de generación anterior, las corrientes de extensión MSB y LSB sin pérdida son ignoradas, y la corriente de núcleo "con pérdida" es decodificada para proporcionar una señal audio multicanal de alta calidad con la anchura de banda y relación de señal a ruido característica de la corriente de núcleo.

La figura 16a representa una vista de nivel de sistema de un codificador compatible hacia atrás escalable 400. Se facilita una señal audio digitalizada, adecuadamente muestras audio PCM de M bits, en la entrada 402. Preferiblemente, la señal audio digitalizada tiene una tasa de muestreo y anchura de banda que excede de la de un codificador de núcleo con pérdida modificado 404. En una realización, la tasa de muestreo de la señal audio digitalizada es 96 kHz (correspondiente a una anchura de banda de 48 kHz para el audio muestreado). También se deberá entender que la entrada audio puede ser, y preferiblemente es, una señal multicanal donde cada canal es muestreado a 96 kHz. La explicación que sigue se centrará en el procesado de un solo canal, pero la extensión a múltiples canales es sencilla. La señal de entrada es duplicada en el nodo 406 y manejada en bifurcaciones paralelas. En una primera bifurcación del recorrido de señal, un codificador de banda ancha con pérdida modificado 404 codifica la señal. El codificador de núcleo modificado 404, que se describe con detalle más adelante, produce una corriente de datos codificada (corriente de núcleo 408) que es transportada a un empaquetador o multiplexor 410. La corriente de núcleo 408 también es comunicada a un decodificador de corriente de núcleo modificado 412, que produce como salida una señal de núcleo reconstruida modificada 414, que se desplaza a la derecha N bits ($> N$ 415) para desechar sus N lsbs.

Mientras tanto, la señal audio digitalizada de entrada 402 en el recorrido paralelo experimenta un retardo compensador 416, sustancialmente igual al retardo introducido en la corriente audio reconstruida (por codificadores modificados y decodificadores modificados), para producir una corriente audio digitalizada retardada. La corriente audio es dividida en porciones MSB y LSB 417 como se ha descrito anteriormente. La porción LSB de N bits 418 es transportada al empaquetador 410. La señal de núcleo reconstruida de M-N bits 414, que fue desplazada para alineación con la porción MSB, se resta de la porción MSB de la corriente audio digitalizada retardada 419 en el nodo de resta 420. (Obsérvese que un nodo de suma podría sustituir a un nodo de resta, cambiando la polaridad de una de las entradas. Así, sumar y restar puede ser sustancialmente equivalente a estos efectos).

El nodo de resta 420 produce una señal de diferencia 422 que representa la diferencia entre los M-N MSBs de la señal original y la señal de núcleo reconstruida. Para llevar a cabo puramente codificación "sin pérdida", es necesario codificar y transmitir la señal de diferencia con técnicas de codificación sin pérdida. Consiguientemente, la señal de diferencia de MN bits 422 es codificada con un codificador sin pérdida 424, y la señal de M-N bits codificada 426 es empaquetada o multiplexada con la corriente de núcleo 408 en el empaquetador 410 para producir una corriente de bits de salida multiplexada 428. Obsérvese que la codificación sin pérdida produjo corrientes sin pérdida codificadas 418 y 426 que están a una tasa de bits variable, para satisfacer las necesidades del codificador sin pérdida. La corriente empaquetada es sometida después opcionalmente a más capas de codificación incluyendo codificación de canal, y después es transmitida o registrada. Obsérvese que, a los efectos de esta descripción, el registro puede ser considerado como transmisión a través de un canal.

El codificador de núcleo 404 se describe como "modificado" porque en una realización capaz de manejar anchura de banda extendida el codificador de núcleo requeriría modificación. Un banco de filtros de análisis de 64 bandas dentro del codificador desecha la mitad de sus datos de salida y codifica solamente las 32 bandas de frecuencia más bajas. Esta información desechada no tiene importancia para decodificadores de legado que serían incapaces de reconstruir la mitad superior del espectro de señal en cualquier caso. La información restante es codificada como con respecto al codificador no modificado para formar una corriente de núcleo de salida compatible hacia atrás. Sin embargo, en otra realización que opera a o por debajo de una tasa de muestreo de 48 kHz, el codificador de núcleo

podría ser una versión sustancialmente no modificada de un codificador de núcleo anterior. Igualmente, para operación por encima de la tasa de muestreo de decodificadores de legado, el decodificador de núcleo 412 se tendría que modificar como se describe más adelante. Para operación a una tasa de muestreo convencional (por ejemplo, 48 kHz y menos) el decodificador de núcleo podría ser una versión sustancialmente no modificada de un decodificador de núcleo anterior o equivalente. En algunas realizaciones, la opción de tasa de muestreo se podría hacer al tiempo de codificar, y los módulos de codificación y decodificación se podrían reconfigurar en ese momento por software, según se desee.

Como se representa en la figura 16b, el método de decodificar es complementario del método de codificar. Un decodificador de generación anterior puede decodificar la señal audio de núcleo con pérdida decodificando simplemente la corriente de núcleo 408 y desechando las porciones MSB y LSB sin pérdida. La calidad de audio producida en dicho decodificador de generación anterior será sumamente buena, equivalente a audio de generación anterior, pero no sin pérdida.

Con referencia ahora a la figura 16b, la corriente de bits entrante (recuperada de un canal de transmisión o un medio de registro) es desempaquetada primero en el desempaquetador 430, que separa la corriente de núcleo 408 de corrientes de datos de extensión sin pérdida 418 (LSB) y 426 (MSB). La corriente de núcleo es decodificada por un decodificador de núcleo modificado 432, que reconstruye la corriente de núcleo poniendo a cero las muestras de sub-banda no transmitidas para las 32 bandas superiores en una síntesis de 64 bandas durante la reconstrucción. (Obsérvese que, si se realizó una codificación de núcleo estándar, la puesta a cero es innecesaria). El campo de extensión MSB es decodificado por un decodificador MSB sin pérdida 434. Dado que los datos LSB se codificaron sin pérdida usando replicación de bit, no se necesita decodificación.

Después de decodificar en paralelo extensiones MSB de núcleo y sin pérdida, con el núcleo interpolado, los datos reconstruidos son desplazados a la derecha N bits 436 y combinados con la porción sin pérdida de los datos por adición en el sumador 438. La salida sumada es desplazada a la izquierda N bits 440 para formar la porción MSB sin pérdida 442 y ensamblada con la porción LSB de bits 444, para producir una palabra de datos PCM 446 que es una representación reconstruida sin pérdida de la señal audio original 402.

Dado que la señal se codificó restando una reconstrucción con pérdida decodificada de la señal de entrada exacta, la señal reconstruida representa una reconstrucción exacta de los datos audio originales. Así, paradójicamente, la combinación de un codec con pérdida y una señal codificada sin pérdida funciona realmente como un codec puro sin pérdida, pero con la ventaja adicional de que los datos codificados siguen siendo compatibles con los decodificadores sin pérdida de generación anterior. Además, la corriente de bits puede ser escalada desechando selectivamente LSBs para hacerla conforme a las limitaciones de la tasa de bits del medio y la capacidad de memoria intermedia.

Aunque se han mostrado y descrito varias realizaciones ilustrativas de la invención, los expertos en la técnica pensarán en numerosas variaciones y realizaciones alternativas. Se contemplan tales variaciones y realizaciones alternativas, y se pueden hacer sin apartarse de la invención definida en las reivindicaciones anexas.

REIVINDICACIONES

1. Un método de codificar y crear datos audio, incluyendo:

- 5 codificar sin pérdida los datos audio en una secuencia de ventanas de análisis en un flujo de bits escalable;
separar los datos audio en porciones de bits más significativos (MSB) y menos significativos (LSB) para cada ventana de análisis y codificados con diferentes algoritmos sin pérdida:
- 10 asignando una anchura de bit MSB mínima (Min MSB);
asignando una anchura de bit LSB;
- 15 comparando una carga puesta en memoria intermedia para los datos audio codificados con una carga permitida para cada ventana;
escalando los datos audio codificados sin pérdida en las ventanas no conformes de modo que la carga puesta en memoria intermedia para la corriente de bits no exceda de la carga permitida, introduciendo dicha operación de escala pérdida en los datos codificados en las ventanas;
- 20 donde asignar la anchura de bit LSB incluye además:
calcular una anchura de bit LSB max (Max LSB) como la anchura de bit de los datos audio menos Min MSB;
- 25 calcular una norma L_{∞} como la amplitud absoluta máxima de los datos audio en la ventana de análisis;
calcular Max Amp como el número de bits necesarios para representar una muestra con valor igual a $-L_{\infty}$;
- 30 calcular una norma L_2 al cuadrado como la suma de las amplitudes al cuadrado de los datos audio en la ventana de análisis;
si Max Amp no excede de Min MSB y la norma L_2 no excede de un umbral, poner la anchura de bit LSB a cero bits;
y
- 35 si Max Amp no excede de Min MSB pero la norma L_2 excede del umbral, poner la anchura de bit LSB a la anchura de bit LSB max dividida por un factor de escala;
si Max Amp excede de Min MSB, poner la anchura de bit LSB a Max Amp menos Min MSB.
- 40 2. El método de la reivindicación 1, donde la anchura de bit LSB se limita a una anchura de bit LSB máxima (Max LSB) determinada por una anchura de palabra de los datos audio y Min MSB.
- 45 3. El método de la reivindicación 1, donde una anchura de bit LSB y las porciones MSB y LSB codificadas son empaquetadas en una corriente de bits para cada ventana de análisis.
- 50 4. El método de la reivindicación 1, donde la porción MSB es codificada con un algoritmo sin pérdida que incluye descorrelación entre múltiples canales audio y predicción adaptiva dentro de cada canal audio.
- 55 5. El método de la reivindicación 1, donde la porción LSB es codificada con un algoritmo sin pérdida que replica los bits para las muestras PCM.
- 60 6. El método de la reivindicación 1, donde la porción LSB es codificada con un algoritmo sin pérdida que usa predicción de orden bajo y codificación de entropía.
- 65 7. El método de la reivindicación 1, donde las ventanas de análisis son tramas, incluyendo cada trama una cabecera para almacenar las anchuras de bit LSB y uno o más segmentos, incluyendo cada segmento uno o más conjuntos de canales, incluyendo cada conjunto de canales uno o más canales audio, incluyendo cada canal una o más extensiones de frecuencia, incluyendo dicha extensión de frecuencia más baja porciones MSB y LSB codificadas.
8. El método de la reivindicación 7, donde la corriente de bits tiene una división MSB y LSB distinta para cada canal en cada conjunto de canales en cada trama.
9. El método de la reivindicación 7, donde dichas extensiones de frecuencia más alta incluyen solamente porciones LSB codificadas.
10. El método de la reivindicación 1, donde la corriente de bits es creada

empaquetando las porciones MSB codificadas sin pérdida en la corriente de bits para todas las ventanas;

empaquetando las porciones LSB codificadas sin pérdida en la corriente de bits para las ventanas conformes;

5 escalando las porciones LSB codificadas sin pérdida para cualesquiera ventanas no conformes para hacerlas conformes; y

10 empaquetando las porciones LSB codificadas ahora con pérdida para las ventanas ahora conformes en la corriente de bits.

11. El método de la reivindicación 10, donde las porciones LSB son escaladas

calculando una reducción de anchura de bit LSB para la ventana de análisis;

15 decodificando las porciones LSB en las ventanas no conformes;

reduciendo las porciones LSB por la reducción de anchura de bit LSB desechando dicho número de LSBs;

20 codificando las porciones LSB modificadas con el algoritmo de codificación sin pérdida;

empaquetando las porciones LSB codificadas; y

empaquetando las anchuras de bit LSB modificadas y la reducción de anchura de bit LSB en la corriente de bits.

25 12. El método de la reivindicación 11, donde la codificación sin pérdida es replicación de bit simple, donde las porciones LSB son reducidas

añadiendo difuminado a cada porción LSB con el fin de difuminar el LSB siguiente pasada la reducción de anchura de bit LSB; y

30 desplazar la porción LSB a la derecha por la reducción de anchura de bit LSB.

13. El método de la reivindicación 11, donde la reducción de anchura de bit LSB es justo suficiente para que la carga puesta en memoria intermedia no exceda de la carga permitida.

35 14. El método de la reivindicación 11, donde los datos audio incluyen múltiples canales, calculándose dicha reducción de anchura de bit LSB para cada canal según una regla de priorización de canal.

40 15. Un artículo manufacturado incluyendo una corriente de bits separada en una secuencia de ventanas de análisis de datos audio codificados almacenados en un medio, siendo codificados sin pérdida los datos audio en cada ventana de análisis excepto cuando sea necesario para reducir la carga puesta en memoria intermedia de dicha ventana de análisis de modo que no sea más que una carga permitida; donde parte de las ventanas de análisis incluyen porciones de bit más significativo (MSB) y de bit menos significativo (LSB) codificadas sin pérdida y las

45 ventanas de análisis restantes incluyen porciones MSB codificadas sin pérdida y porciones LSB codificadas con pérdida; donde los datos audio son separados en porciones MSB y LSB para cada ventana de análisis y codificados con diferentes algoritmos sin pérdida:

asignando una anchura de bit MSB mínima (Min MSB);

50 asignando una anchura de bit LSB;

donde asignar la anchura de bit LSB incluye además:

55 calcular una anchura de bit LSB max (Max LSB) como la anchura de bit de los datos audio menos Min MSB;

calcular una norma L_{∞} como la amplitud absoluta máxima de los datos audio en la ventana de análisis;

calcular Max Amp como el número de bits necesarios para representar una muestra con valor igual a $-L_{\infty}$;

60 calcular una norma L_2 al cuadrado como la suma de las amplitudes al cuadrado de los datos audio en la ventana de análisis;

si Max Amp no excede de Min MSB y la norma L_2 no excede de un umbral, poner la anchura de bit LSB a cero bits;

65 y

si Max Amp no excede de Min MSB pero la norma L2 excede del umbral, poner la anchura de bit LSB a la anchura de bit LSB max dividida por un factor de escala; y

si Max Amp excede de Min MSB, poner la anchura de bit LSB a Max Amp menos Min MSB.

5 16. El artículo manufacturado de la reivindicación 15, donde la corriente de bits incluye información de cabecera conteniendo las anchuras de bit modificadas de las porciones LSB y la reducción de anchura de bit de las porciones LSB.

10 17. El artículo manufacturado de la reivindicación 16, donde las porciones LSB son codificadas sin pérdida y con pérdida usando replicación de bit.

15 18. El artículo manufacturado de la reivindicación 17, donde la reducción de anchura de bit de las porciones LSB es justo suficiente para que la carga puesta en memoria intermedia no exceda de la carga permitida.

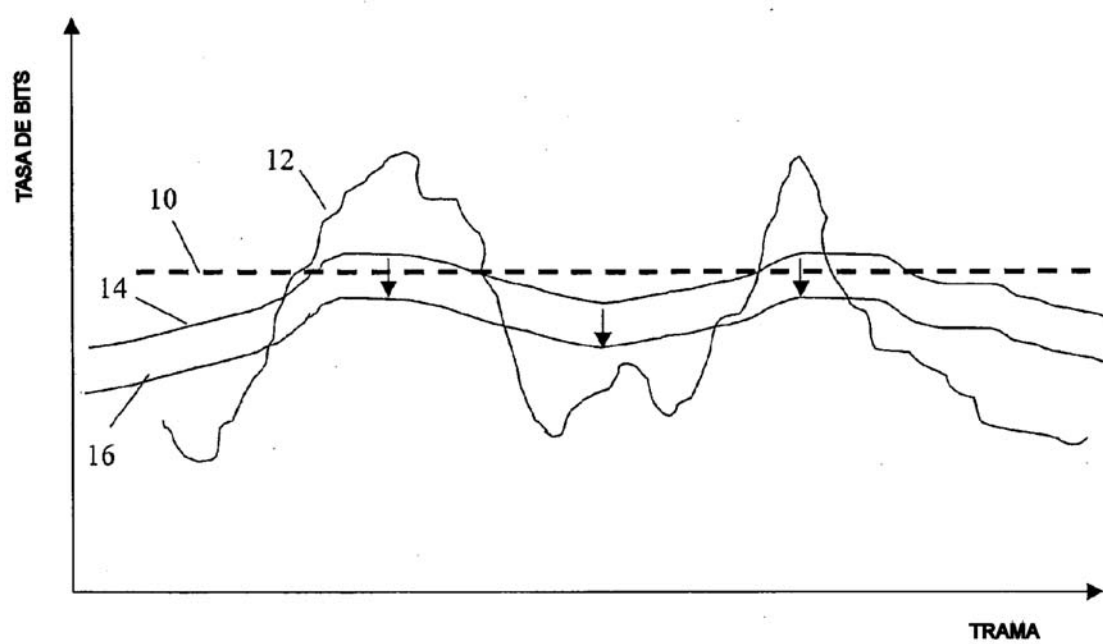


Fig. 1 (TÉCNICA ANTERIOR)

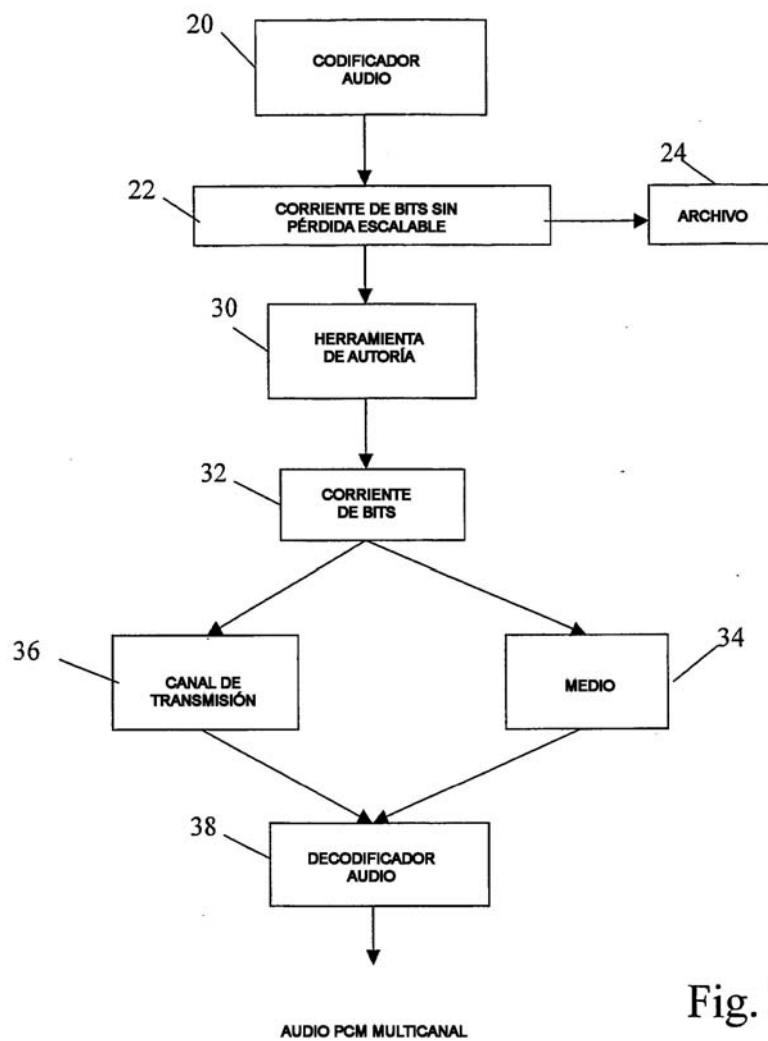


Fig. 2

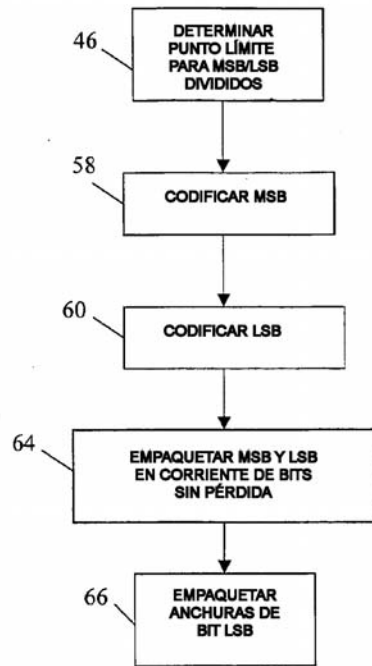


Fig. 3

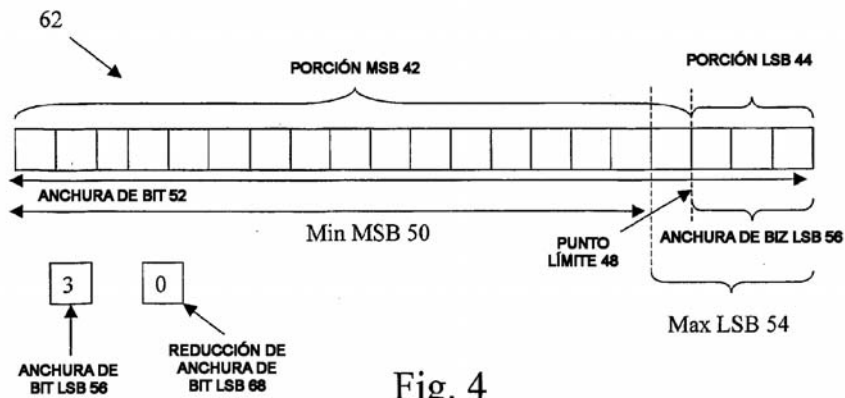
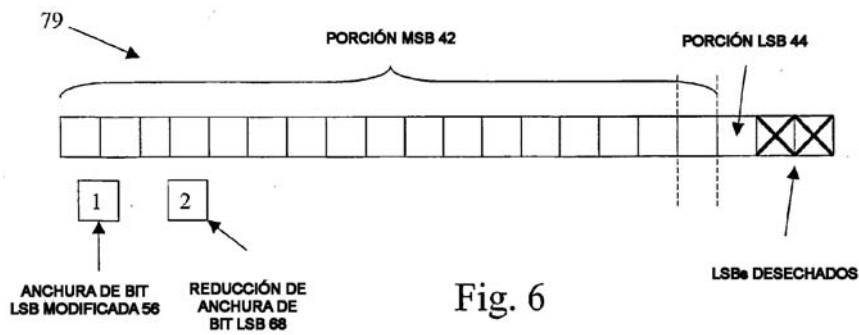
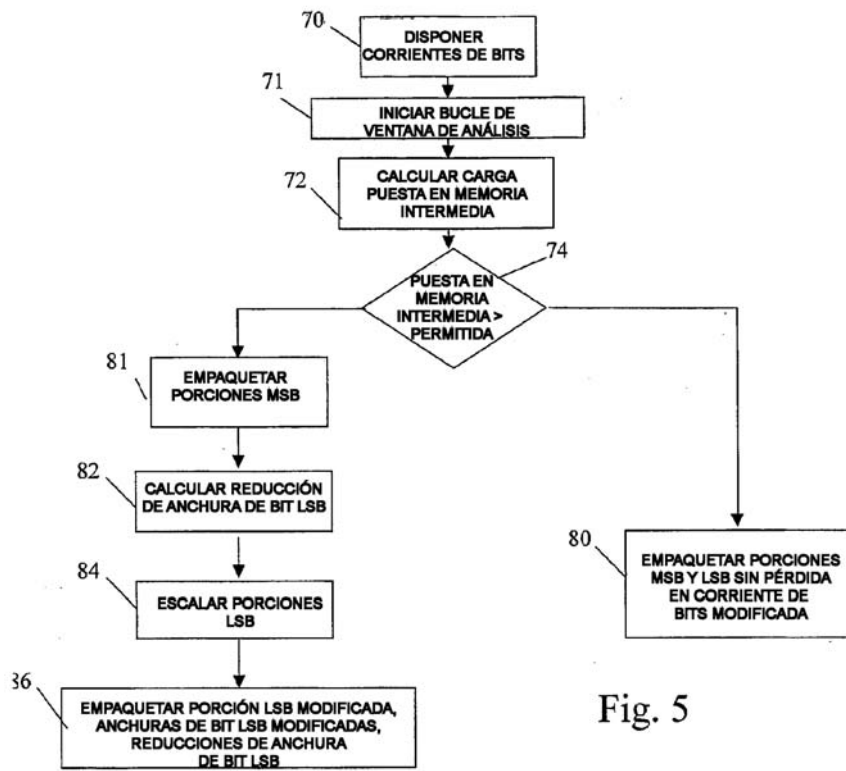


Fig. 4



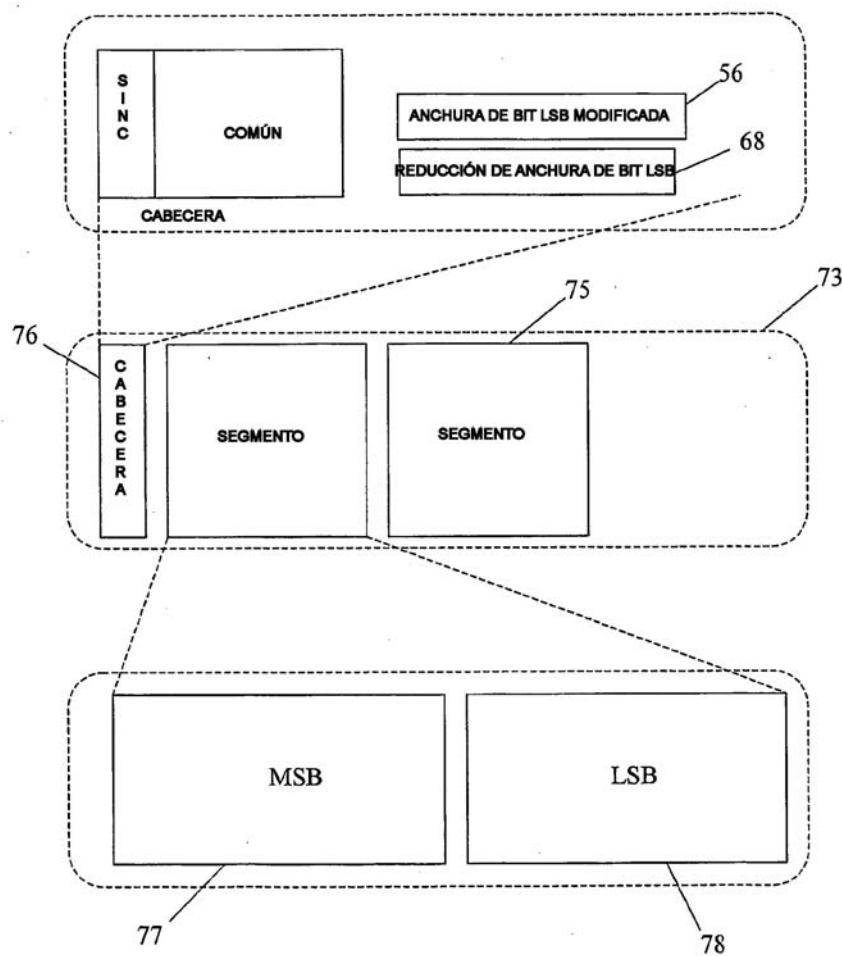


Fig. 7

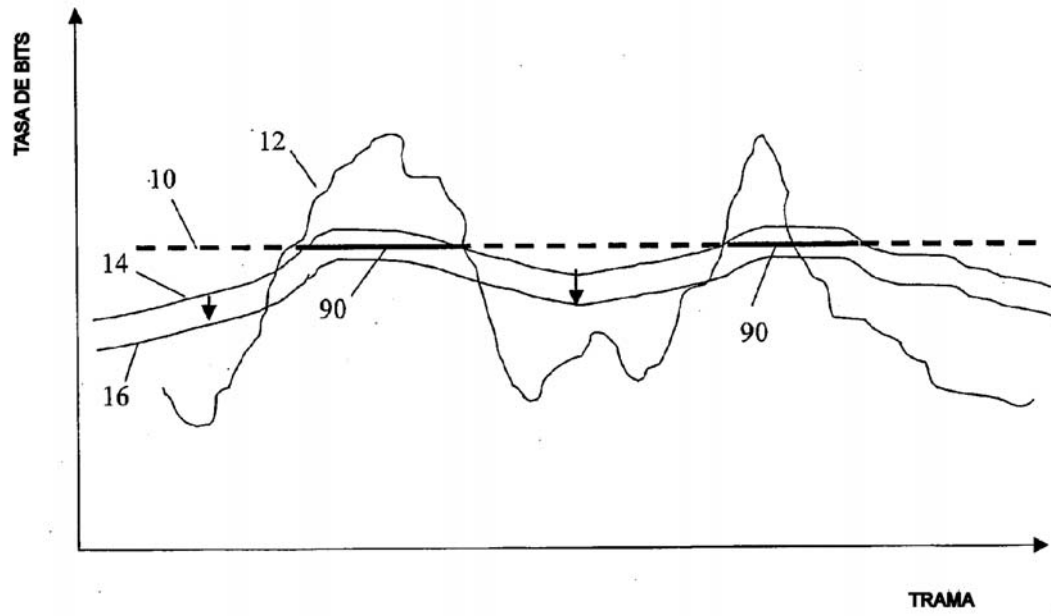


Fig. 8

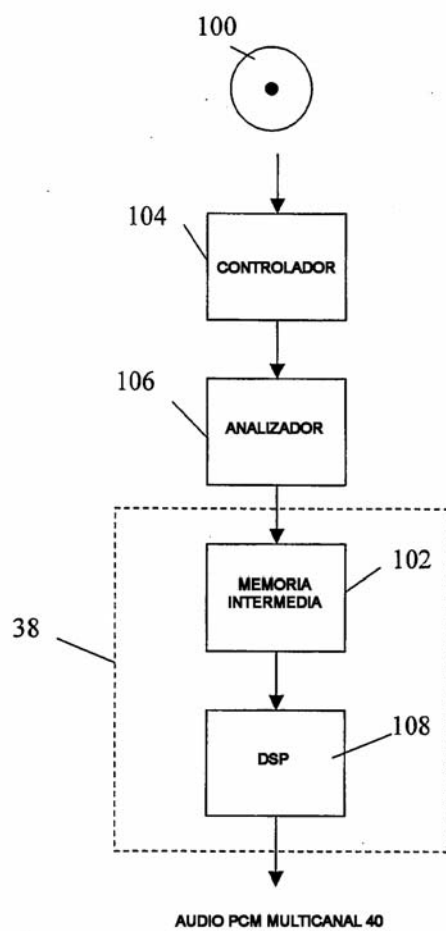


Fig. 9

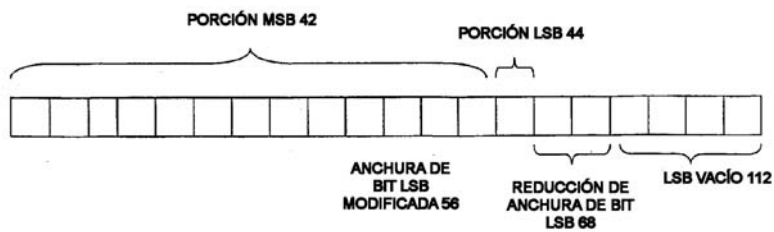
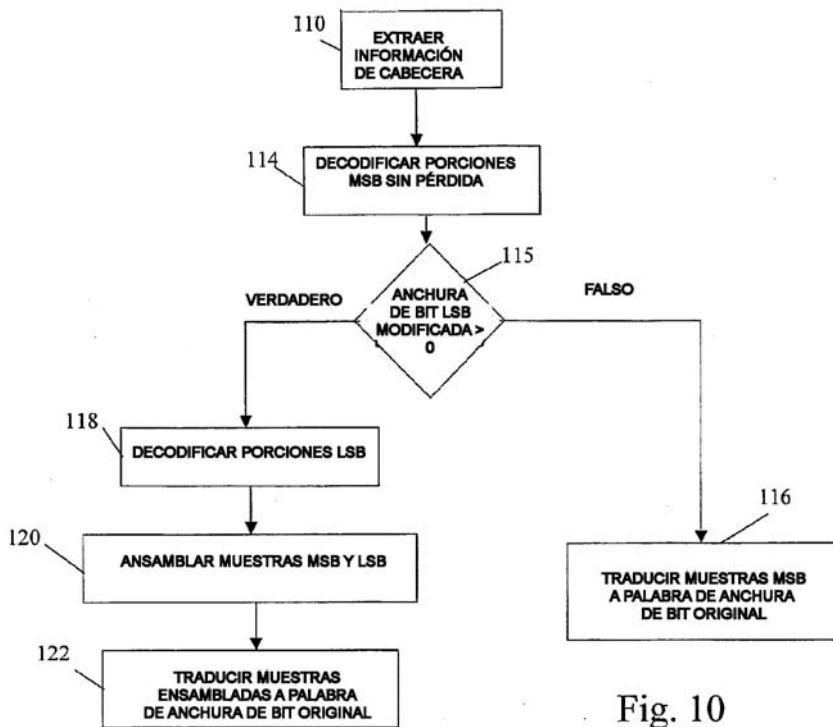


Fig. 11

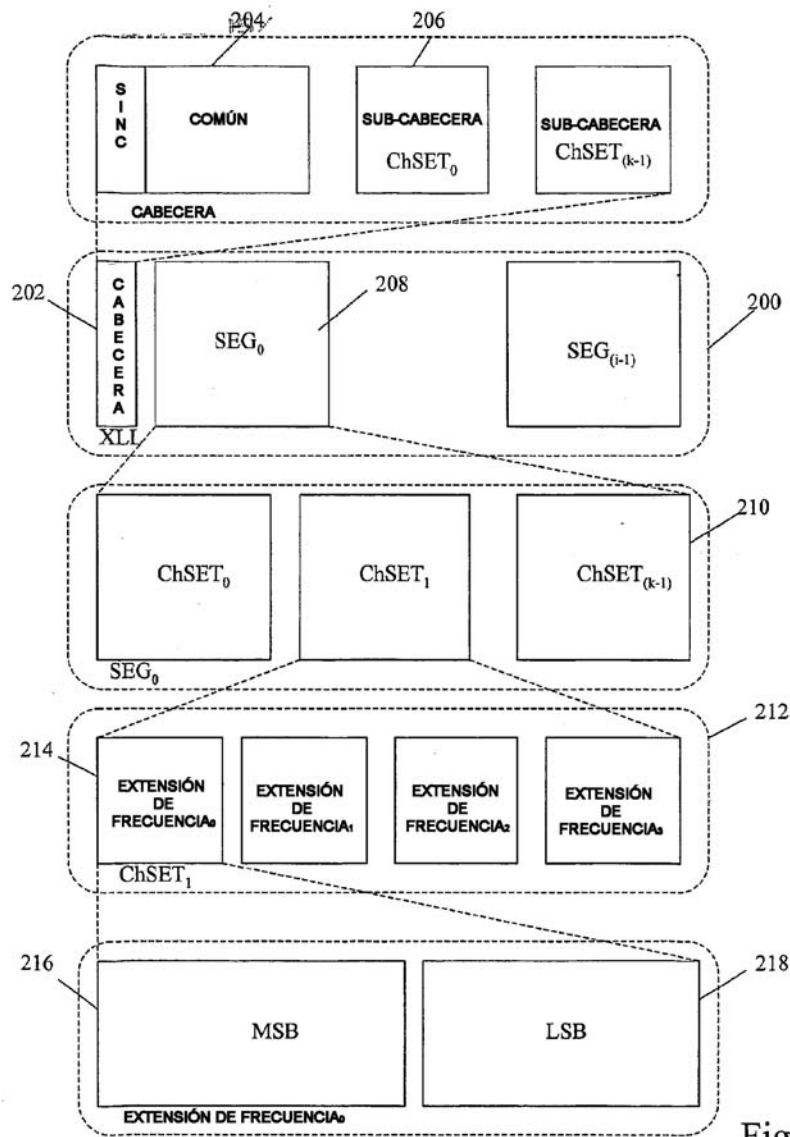


Fig. 12

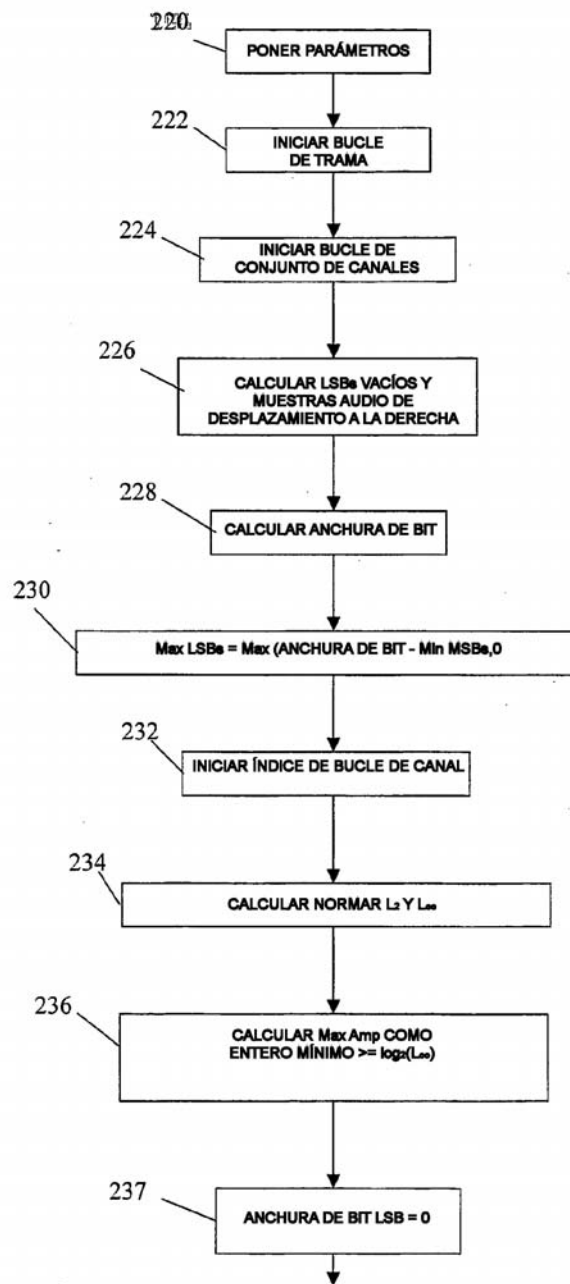


Fig. 13a

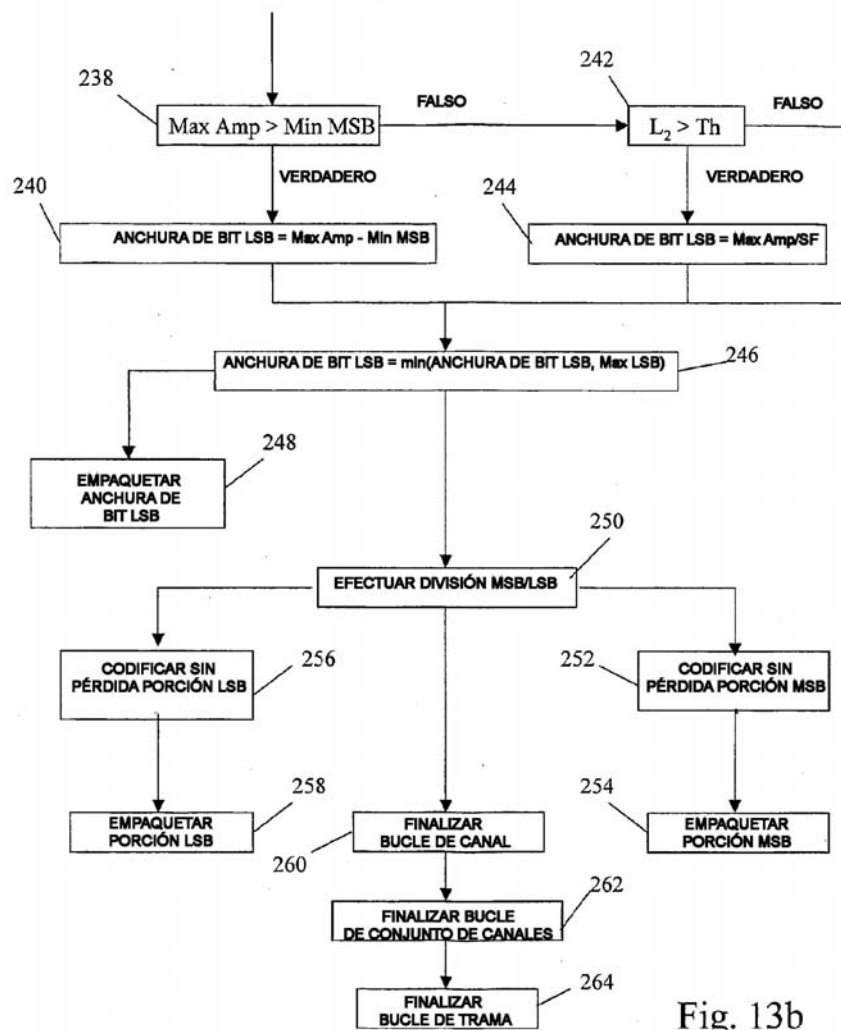


Fig. 13b

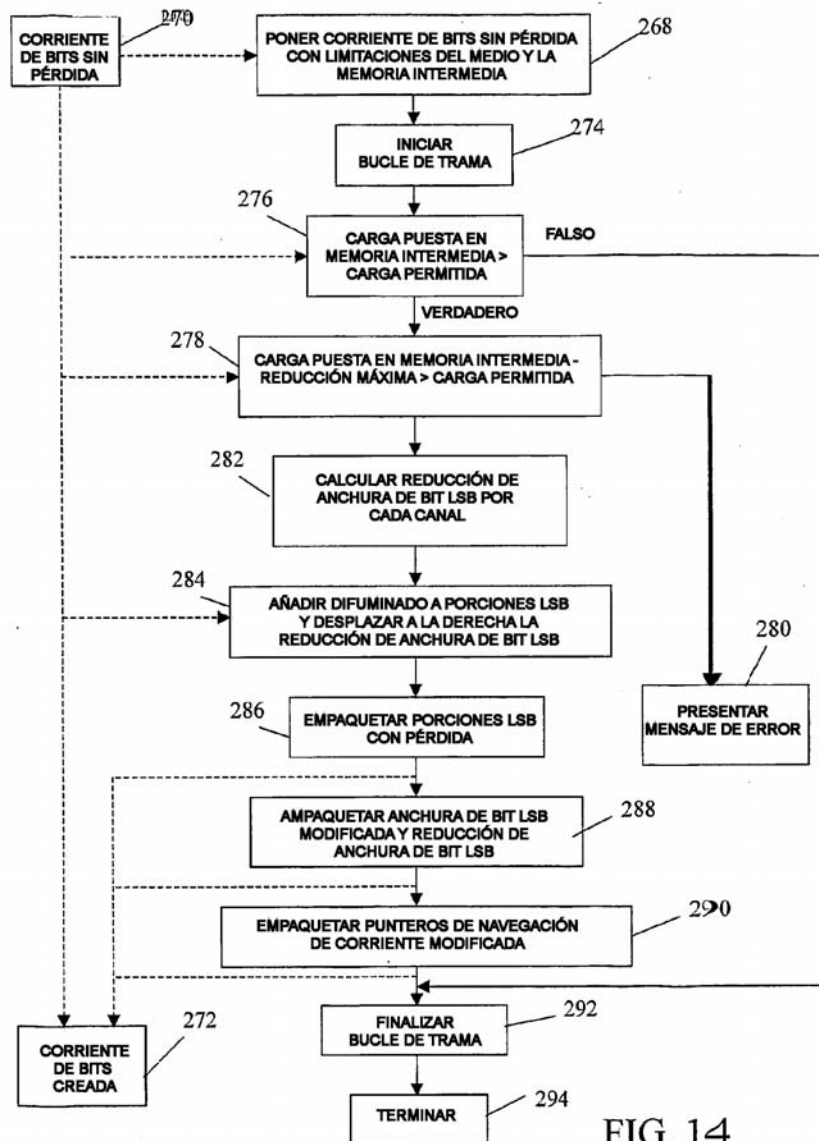


FIG. 14

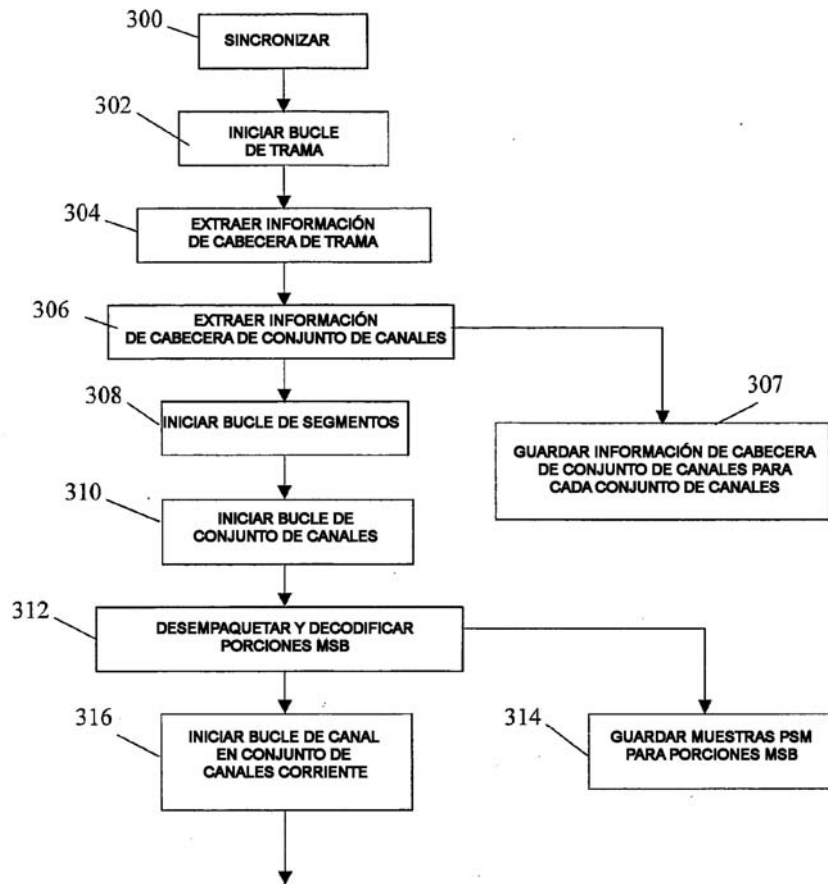


Fig. 15a

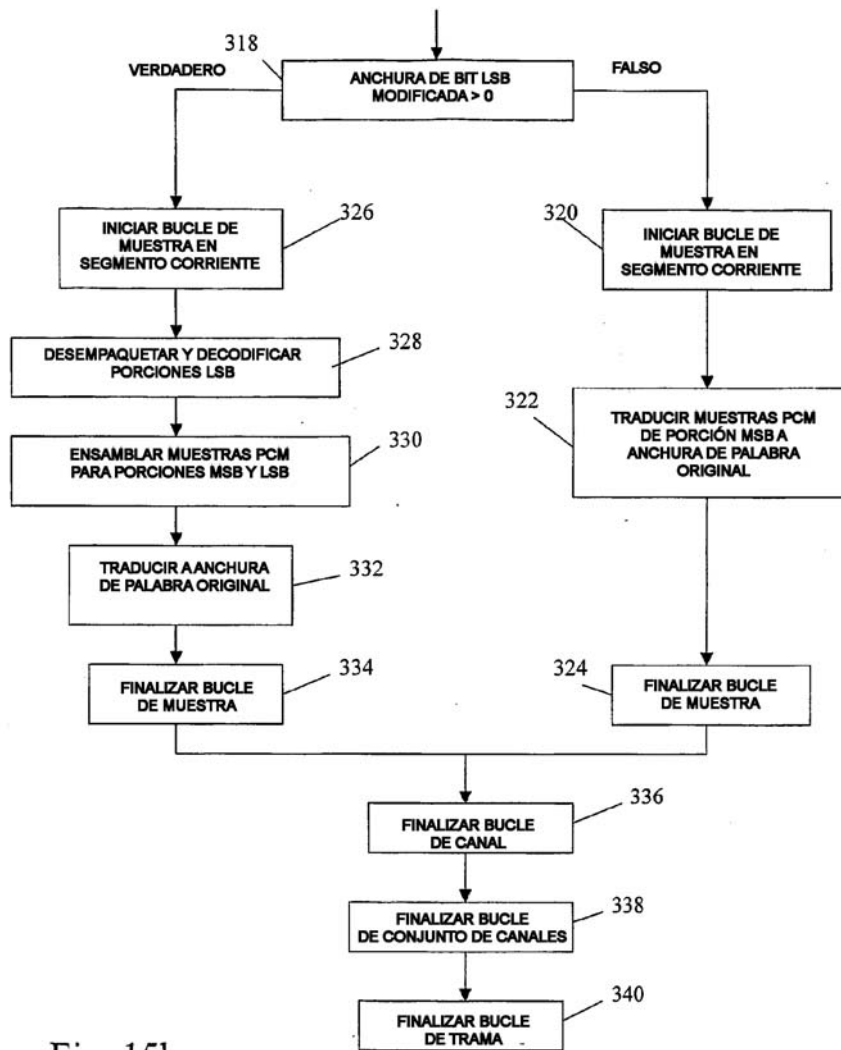


Fig. 15b

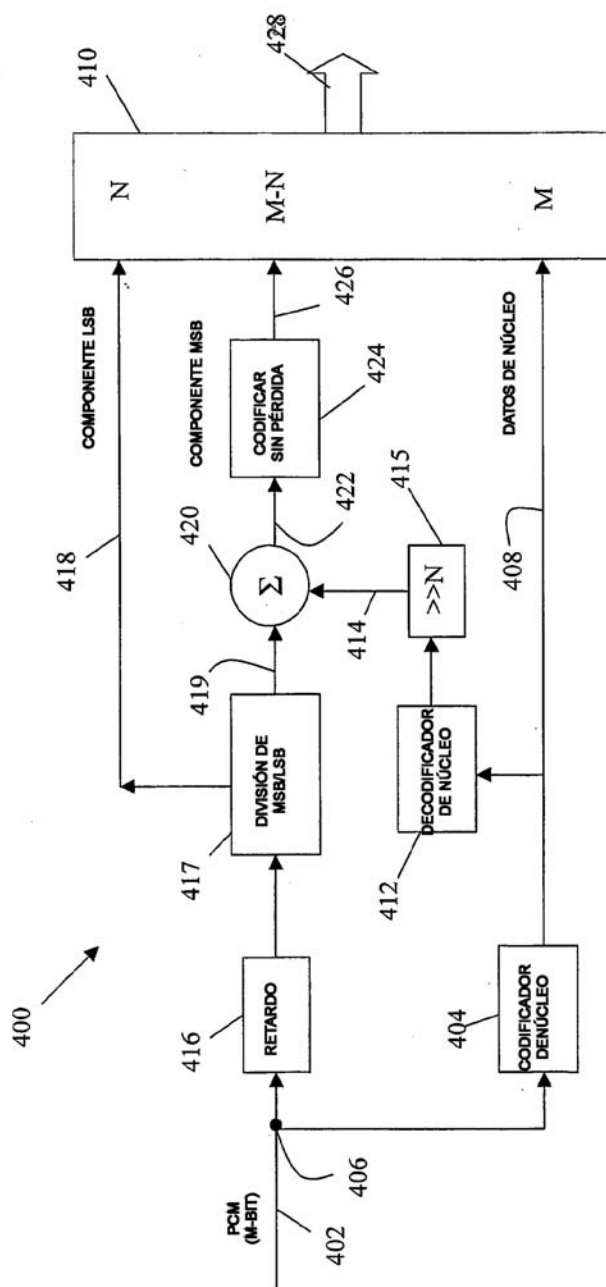


Fig. 16a

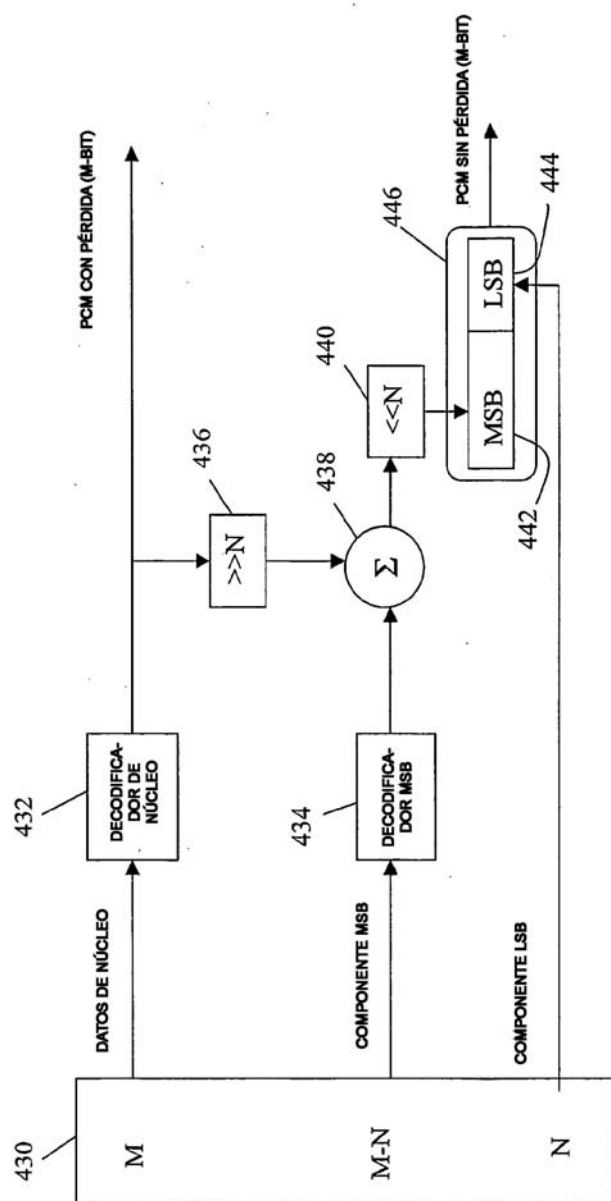


Fig. 16b