

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 545 058**

51 Int. Cl.:

**G10L 19/018** (2013.01)

**H04H 20/31** (2008.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **29.05.2009 E 13168796 (4)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **01.07.2015 EP 2631904**

54 Título: **Recuperación de un mensaje de datos incluido en una señal de audio**

30 Prioridad:

**29.05.2008 WO PCT/GB2008/001820**

**31.07.2008 GB 0814041**

**28.11.2008 GB 0821841**

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

**08.09.2015**

73 Titular/es:

**INTRASONICS S.A.R.L. (100.0%)**

**12-14 Rue Léon Thyès**

**2636 Luxembourg, LU**

72 Inventor/es:

**KELLY, PETER JOHN;**

**REYNOLDS, MICHAEL REYMOND y**

**SUTTON, CHRISTOPHER JOHN JOSEPH**

74 Agente/Representante:

**PONTI SALES, Adelaida**

**ES 2 545 058 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

Recuperación de un mensaje de datos incluido en una señal de audio

- 5 **[0001]** La presente invención se refiere a un sistema para incorporar datos en una señal de audio y a su posterior recuperación, que pueden usarse para marcas de agua, comunicaciones de datos, encuestas, etc. La invención tiene particular relevancia en un sistema para ocultar datos en una señal de audio mediante la adición de ecos en la señal de audio y en un sistema para la recuperación de los datos ocultos mediante la detección de los ecos añadidos.
- 10 **[0002]** El documento US 5893067 da a conocer una técnica para ocultar datos en una señal de audio para su transmisión a un receptor remoto. Los datos se ocultan en la señal de audio añadiendo un eco artificial a la señal de audio y modificando la amplitud y/o el retardo del eco según los datos que van a ocultarse.
- 15 **[0003]** Un problema de la técnica de ocultación de datos descrita en el documento US 5893067 es que en la mayoría de situaciones, los ecos naturales pueden enmascarar los ecos artificiales, haciendo que el receptor tenga dificultades a la hora de identificar los ecos artificiales y, por tanto, recuperar los datos ocultos.
- [0004]** El documento US 2006/0239502 da a conocer procedimientos y aparatos para la extracción de marcas de agua a partir de un contenido anfitrión digital. Las marcas de agua incorporadas pueden extraerse del contenido anfitrión digital recibido según una clave *stego*. Se extrae una primera marca de agua y se evalúa una pluralidad de errores en la primera marca de agua extraída. Si el número de errores está por encima de un primer valor predeterminado, se extrae al menos una segunda marca de agua del contenido anfitrión. Se evalúa una pluralidad de errores en al menos la segunda marca de agua extraída. Si el número de errores en al menos la segunda marca de agua extraída está por encima de un segundo valor predeterminado, los resultados de la extracción para las marcas de agua extraídas se combinan con el fin de evaluar de manera acumulativa la validez de la primera marca de agua extraída y de al menos la segunda marca de agua extraída.
- 20 **[0005]** La presente invención, definida por las reivindicaciones adjuntas, tiene como objetivo proporcionar una técnica de ocultación de datos alternativa.
- 25 **[0006]** Según un aspecto, la presente invención proporciona un procedimiento para recuperar un mensaje de datos incorporado en una señal de audio, estando codificado el mensaje de datos para una corrección de errores en recepción, FEC, e incorporado en la señal de audio como una pluralidad de ecos cuyas polaridades varían con los valores de datos del mensaje de datos, combinándose los ecos con la señal de audio tras unos retardos apropiados, comprendiendo el procedimiento: recibir en un receptor una señal de entrada que presenta la señal de audio y los ecos; y procesar la señal de entrada para detectar los ecos y recuperar el mensaje de datos incorporado; en el que el procesamiento incluye sincronizar el receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida; en el que el procesamiento lleva a cabo una decodificación FEC en los datos recuperados; y caracterizado porque la sincronización usa un cómputo de errores de la decodificación FEC para controlar la sincronización del receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida.
- 30 **[0007]** La presente invención también proporciona un aparato receptor para recuperar un mensaje de datos incorporado en una señal de audio recibida, estando codificado el mensaje de datos para una corrección de errores en recepción, FEC, e incorporado en la señal de audio como una pluralidad de ecos cuyas polaridades varían con los valores de datos del mensaje de datos, combinándose los ecos con la señal de audio tras unos retardos apropiados, comprendiendo el aparato: un detector de eco que recibe una señal de entrada que presenta la señal de audio y los ecos, y que procesa la señal de entrada para identificar los ecos de la señal de entrada; un módulo de recuperación de datos que procesa los ecos identificados para recuperar datos correspondientes a los ecos identificados; un decodificador FEC para llevar a cabo la decodificación FEC de los datos recuperados para regenerar el mensaje de datos; y caracterizado por un controlador, sensible a un cómputo de errores del decodificador FEC, para controlar el funcionamiento del decodificador FEC para sincronizar el aparato receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida.
- 35 **[0008]** Estos y otros aspectos de la invención resultarán evidentes a los expertos en la técnica a partir de la siguiente descripción detallada de sistemas y realizaciones a modo de ejemplo, que se describen con referencia a los siguientes dibujos, en los que:
- 40 **[0008]**
- 45 **[0008]**
- 50 **[0008]**
- 55 **[0008]**

la Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes principales de un transmisor y un receptor

- usados en un sistema a modo de ejemplo;  
 la Figura 2a es un gráfico de impulsos que ilustra los ecos que se añaden a una señal de audio para codificar un “uno” binario;  
 la Figura 2b es un gráfico de impulsos que ilustra los ecos que se añaden a una señal de audio para codificar un “cero” binario;  
 la Figura 3a es un gráfico de impulsos que ilustra la presencia de ecos artificiales para un “uno” binario tras una codificación Manchester y que ilustra ecos naturales;  
 la Figura 3b es un diagrama de impulsos que ilustra la presencia de ecos artificiales para un “cero” binario tras una codificación Manchester y que ilustra ecos naturales;  
 la Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra en mayor detalle la codificación llevada a cabo en el transmisor mostrado en la Figura 1;  
 la Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes principales de un módulo de generación y conformación de eco que forma parte del transmisor mostrado en la Figura 1;  
 la Figura 6a ilustra una función de conformación y modulación que se aplica a los ecos antes de combinarse con la señal de audio cuando va a transmitirse un “uno” binario;  
 la Figura 6b ilustra una función de conformación y modulación que se aplica a los ecos antes de combinarse con la señal de audio cuando va a transmitirse un “cero” binario;  
 la Figura 6c ilustra la manera en que la función de conformación y modulación varía cuando van a transmitirse dos “unos” binarios sucesivos;  
 la Figura 6d ilustra la función de conformación y modulación que se aplica cuando va a transmitirse un “cero” binario tras un “uno” binario;  
 la Figura 7 ilustra el procesamiento llevado a cabo en el receptor mostrado en la Figura 1 para recuperar los datos ocultos a partir de la señal de audio recibida;  
 la Figura 8a es un gráfico de autocorrelación para una señal de audio típica sin ecos artificiales;  
 la Figura 8b es un gráfico de autocorrelación para la señal de audio con ecos artificiales durante una primera mitad de un símbolo de bit;  
 la Figura 8c es un gráfico de autocorrelación para la señal de audio con ecos artificiales durante la segunda mitad del símbolo de bit;  
 la Figura 8d es un gráfico obtenido sustrayendo el gráfico de autocorrelación mostrado en la Figura 8b del gráfico de autocorrelación mostrado en la Figura 8c;  
 la Figura 9 es un diagrama de bloques que ilustra una forma alternativa de un receptor usado para recibir y recuperar los datos ocultos incorporados en la señal de audio;  
 la Figura 10 es un gráfico que ilustra la manera en que un cómputo de errores FEC varía durante un proceso de sincronización usado para hallar el mensaje de datos oculto en la señal de entrada; y  
 las Figuras 11a y 11b ilustran el procesamiento llevado a cabo respectivamente por un codificador FEC y un decodificador FEC en una realización.

*Visión general*

- La Figura 1 es un diagrama de bloques que ilustra un sistema transmisor y receptor en el que un transmisor 1 transmite datos ocultos en una señal acústica 3 a un receptor remoto 5. El transmisor 1 puede formar parte de una red de distribución de televisión o radio y el receptor puede ser un dispositivo portátil tal como un teléfono celular que puede detectar la señal acústica 3 emitida por el transmisor 1.

*El transmisor*

- Como se muestra en la Figura 1, el transmisor 1 incluye un módulo codificador de corrección de errores en recepción (FEC) 7, que recibe y codifica los datos de entrada que van a transmitirse al receptor remoto 5. Después, los datos de mensaje codificados proporcionados por el módulo de codificación FEC se transfieren a un módulo de generación y conformación de eco 9, que también recibe una señal de audio en la que van a ocultarse los datos de mensaje codificados. Después, el módulo de generación y conformación de eco 9 oculta los datos de mensaje en el audio generando ecos del audio que dependen de los datos de mensaje que van a transmitirse. Después, los ecos generados se combinan con la señal de audio original en un módulo combinador 11, y la señal de audio modificada resultante se transfiere después a un módulo de control de ganancia 13 para un control de ganancia apropiado. Después, la señal de audio se convierte de una señal digital a una señal analógica mediante un convertidor de digital a analógico 15 y después se amplifica mediante un módulo activador 17 para activar un altavoz 19 que genera la señal acústica 3 que presenta los datos ocultos en la misma.

- Como se describirá posteriormente en mayor detalle, en este sistema la polaridad de los ecos (a

diferencia de su retardo y/o amplitud) varía con el fin de codificar los datos que van a transmitirse. Los inventores han observado que esta modulación de polaridad puede ser más robusta en presencia de ecos naturales y periodicidades en la señal de audio. Este es particularmente el caso cuando cada valor de datos se representa mediante dos ecos de la misma magnitud pero tienen diferentes retardos y polaridades opuestas. Las polaridades de los ecos que representan cada bit de mensaje se invierten para distinguir entre un cero binario y un uno binario. Esto se ilustra mediante los gráficos de impulsos ilustrados en la Figura 2. En particular, la Figura 2a es un gráfico de impulsos que ilustra las señales de componente que están presentes cuando va a transmitirse un uno binario, y la Figura 2b es un gráfico de impulsos que ilustra las señales de componente que están presentes cuando va a transmitirse un cero binario. Como se muestra en la Figura 2a, las señales de componente incluyen un impulso inicial 21 que representa la señal de audio original seguida de dos impulsos de menor amplitud 23-1 y 23-2, que representan los dos ecos de la componente de señal original 21 que se añaden a la señal de audio. Como puede observarse comparando las Figuras 2a y 2b, cuando va a transmitirse un uno binario, en primer lugar se transmite un eco positivo 23-1 seguido de un eco negativo 23-2; y cuando se transmite un cero binario, en primer lugar se transmite un eco negativo 23-1 seguido de un eco positivo 23-2. Sin embargo, esto puede invertirse si se desea.

**[0012]** Como se muestra en la Figura 2, en este sistema el primer eco se añade con un retardo de aproximadamente diez milisegundos y el segundo eco se añade 0,25 milisegundos después del primer eco. Esto es lo mismo independientemente de si va a transmitirse un uno binario o un cero binario. Además, como se representa en la Figura 2, en este sistema los ecos que se añaden tienen una menor amplitud en comparación con la amplitud de la señal de audio original. En particular, la amplitud de los ecos es aproximadamente un tercio de la de la señal de audio original.

*El receptor*

**[0013]** La Figura 1 también ilustra los componentes principales del receptor 5. Como se muestra, el receptor incluye un micrófono 31 para detectar la señal acústica 3 y para convertirla en una señal eléctrica correspondiente que después se filtra y se amplifica mediante un circuito de filtrado y amplificación 33. Después, la salida del circuito de filtrado y amplificación 33 se digitaliza mediante un convertidor de analógico a digital 35 y las muestras digitales se transfieren después a un detector de eco 37. Después, el detector de eco 37 procesa las muestras digitales para identificar las polaridades de los ecos en la señal recibida. Esta información se transfiere después a través de un módulo de recuperación de datos 39, que procesa la información de eco para recuperar los datos de mensaje codificados. Después, estos datos de mensaje son descodificados por un descodificador 41 para recuperar los datos originales que se introdujeron en el módulo de descodificación FEC del transmisor 1.

*Codificación Manchester*

**[0014]** Como se explicará posteriormente en mayor detalle, el detector de eco 37 detecta los ecos a partir de la señal recibida calculando la autocorrelación de la señal recibida en retardos especificados. Sin embargo, los ecos naturales (por ejemplo, ecos de una habitación) también contribuirán a los valores de autocorrelación así calculados como lo harán las periodicidades de la señal de audio original. Para distinguir los ecos artificiales que representan los datos codificados y estos ecos naturales, los datos de mensaje también se someten a una codificación Manchester de modo que un valor de datos de mensaje de "1" se transmite como un "1", seguido de un "0" (o viceversa), mientras que un valor de datos de mensaje de "0" se transmite como un "0" seguido de un "1". En este sistema, esta codificación Manchester se realiza mediante el módulo de generación y conformación de eco 9. Por lo tanto, cuando va a transmitirse un valor de bit de mensaje de "0", en la primera mitad del símbolo, el primer eco 23-1 tiene una polaridad positiva y el segundo eco 23-2 tiene una polaridad negativa, mientras que en la segunda mitad del símbolo, el primer eco 23-1 tiene una polaridad negativa y el segundo eco 23-2 tiene una polaridad positiva. Para transmitir un valor de bit de mensaje de "0", todas las polaridades se invierten, como se resume en la siguiente tabla.

Valor de datos	Primera mitad de símbolo		Segunda mitad de símbolo	
	Polaridad de primer eco	Polaridad de segundo eco	Polaridad de primer eco	Polaridad de segundo eco
0	Positiva	Negativa	Negativa	Positiva
1	Negativa	Positiva	Positiva	Positiva

**[0015]** La razón por la que la codificación Manchester puede ayudar a distinguir los ecos artificiales de los ecos naturales es que los ecos naturales serán estables durante las dos mitades de periodo de símbolo. Por tanto, sustrayendo las autocorrelaciones de la segunda mitad del símbolo con respecto a las autocorrelaciones de la primera mitad del símbolo (o viceversa), el efecto de los ecos naturales y las periodicidades se cancelará, mientras

que los picos de autocorrelación generados por los ecos artificiales se añadirán de manera constructiva. Asimismo, la razón de usar dos ecos en cada mitad de periodo de símbolo es distinguir los ecos artificiales y las periodicidades en la señal original. Normalmente, la autocorrelación de la señal original no cambiará significativamente entre estos dos retardos (es decir, entre 10 ms y 10,25 ms). Por lo tanto, diferenciando las autocorrelaciones en los dos retardos, el efecto de las periodicidades se reduce y los picos de autocorrelación generados por los dos ecos se añaden de manera constructiva.

**[0016]** Las Figuras 3a y 3b son gráficos de impulsos que muestran las dos mitades de símbolo y los ecos artificiales 23 que se añaden en cada mitad de periodo de símbolo para representar un "1" binario y un "0" binario, respectivamente. Las Figuras 3a y 3b también ilustran ecos naturales 25-1 y 25-2 que no cambian de una mitad de periodo a la siguiente. Por lo tanto, restando los ecos de una mitad del periodo de símbolo a los ecos correspondientes (es decir, aquellos con el mismo retraso o retardo) de la otra mitad del periodo de símbolo, el efecto de los ecos naturales y las periodicidades se cancelará, mientras que los ecos artificiales se añadirán de manera constructiva, haciendo que sea más fácil detectar los datos ocultos.

**[0017]** La anterior descripción proporciona una visión general de las técnicas de codificación y decodificación usadas en este sistema. A continuación se proporcionará una descripción más detallada de los componentes principales del transmisor 1 y del receptor 5 para llevar a cabo los procesos de codificación y decodificación descritos anteriormente.

#### *Codificador FEC*

**[0018]** La Figura 4 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes principales del módulo codificador FEC 7. Como se muestra, el primer módulo de codificación es un módulo codificador Reed-Solomon 51 que usa un código de bloques reducido (13, 6) para representar los datos de entrada. Los datos proporcionados por el codificador Reed-Solomon 51 se transfieren después a un codificador convolucional 53 que lleva a cabo una codificación convolucional en los datos. Después, los bits de datos proporcionados por el codificador convolucional 53 se entrelazan entre sí mediante un módulo de entrelazado de datos 55 para proteger contra errores que se producen en ráfagas. Finalmente, un módulo de adición de datos de sincronización 57 añade una secuencia de bits de sincronización que ayudarán al receptor 5 a localizar los datos codificados en la señal acústica recibida 3. La salida del módulo de adición de datos de sincronización 57 representa los datos de mensaje que se transfieren después al módulo de generación y conformación de eco 9 mostrado en la Figura 1.

#### *Generación y conformación de eco*

**[0019]** La Figura 5 es un diagrama de bloques que ilustra los componentes principales del módulo de generación y conformación de eco 9 y del módulo combinador 11 mostrado en la Figura 1. La señal de audio de entrada se representa mediante la secuencia de muestras de audio  $a(n)$  que se aplican a una unidad de retardo de 10 milisegundos 61 y al sumador 63 (correspondiente al combinador 11 mostrado en la Figura 1). La unidad de retardo de 10 milisegundos 61 retarda la muestra de entrada  $a(n)$  en 10 milisegundos que después proporciona a una unidad de retardo de 0,25 milisegundos 65 y a un restador 67. La unidad de retardo de 0,25 milisegundos 65 retarda la salida de muestra de audio de la unidad de retardo de 10 milisegundos 61 en 0,25 milisegundos adicionales que después proporciona al restador 67. El restador 67 resta la muestra retardada en 10,25 milisegundos a la muestra retardada en 10 milisegundos proporcionando el resultado a un multiplicador 69. Las unidades de retardo y el restador funcionan cada vez que llega una nueva muestra de audio  $a(n)$ . En este sistema, la frecuencia de la muestra de audio es de 8 kHz, 32 kHz, 44,1 kHz o de 48 kHz.

**[0020]** Por lo tanto, como apreciarán los expertos en la técnica, la unidad de retardo de 10 milisegundos 61, la unidad de retardo de 0,25 milisegundos 65 y el restador 67 generarán los dos ecos 23-1 y 23-2 ilustrados en la Figura 2. Sin embargo, en este punto, los ecos que se han generado no dependen de los datos que van a transmitirse. Como se explicará posteriormente, esta dependencia se consigue multiplicando los ecos en el multiplicador 69 con una función de modulación  $g(n)$  proporcionada por una tabla de consulta 71 a la que se accede mediante una lógica de direcciones de tabla de consulta 73 en respuesta al valor de datos del mensaje actual. En particular, la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta cambia la polaridad de los ecos dependiendo de los datos de mensaje, de modo que los ecos con las polaridades moduladas pueden volver a añadirse a la señal de audio original mediante el sumador 63 para generar la señal de salida de audio modulada con eco.

#### *Salida $g(n)$ de la tabla de consulta*

**[0021]** Los inventores han observado que cambios bruscos en los ecos que se añaden pueden hacer que los ecos sean más molestos para usuarios que están cerca del altavoz 19. Por lo tanto, la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta aumenta y disminuye gradualmente de manera que los ecos aparecen y desaparecen de manera eficaz.

5 **[0022]** Además, en este sistema, la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta también lleva a cabo la codificación Manchester, descrita anteriormente, de los datos de mensaje. A continuación se explicará la manera en que esto se consigue, con referencia a la Figura 6. En particular, la Figura 6a es un gráfico que ilustra la manera en que la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta varía a lo largo de un periodo de símbolo, cuando el valor de bit de los datos de mensaje es un "1" binario. En este sistema, el periodo de símbolo es de 100 ms. Como se muestra, durante la primera mitad  
10 del periodo de símbolo, la función  $g(n)$  aumenta de cero a un valor máximo y después vuelve a disminuir a cero al final de la primera mitad del periodo de símbolo. Durante la segunda mitad del periodo de símbolo, la función  $g(n)$  es negativa y aumenta en magnitud hasta un valor negativo máximo y después vuelve a disminuir a cero. Como puede observarse en la Figura 6a, el aumento y disminución gradual de la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta se consigue usando una función sinusoidal. Por lo tanto, durante la primera mitad del símbolo, los ecos combinados  
15 proporcionados por el restador 67 se multiplicarán por un valor positivo y, por tanto, su polaridad no cambiará cuando se multipliquen por  $g(n)$  en el multiplicador 69. Por otro lado, durante la segunda mitad del periodo de símbolo, la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta es negativa y, por tanto, las polaridades de los ecos proporcionados por el restador 67 se invertirán cuando los ecos se multipliquen por  $g(n)$  en el multiplicador 69.

20 **[0023]** Como se ha mencionado anteriormente, los ecos artificiales 23 que se generan y añaden a la señal de audio tienen una amplitud que es aproximadamente una tercera parte de la de la señal de audio. En este sistema, la amplitud de los ecos es controlada por la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta. Como se muestra en la Figura 6a, la amplitud máxima de la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta es una tercera parte, lo que significa que la amplitud máxima de los ecos que van a añadirse a la señal de audio será una tercera parte de la amplitud de la señal de  
25 audio original.

**[0024]** Como se muestra en la Figura 6b, cuando los datos de mensaje tienen un valor binario de "0", la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta se invierte en comparación a cuando los datos de mensaje tienen un valor binario de "1". Por lo tanto, durante la primera mitad de periodo de símbolo, la polaridad de los ecos proporcionados por el restador  
30 67 se invertirán cuando se multipliquen por  $g(n)$  en el multiplicador 69, y durante la segunda mitad del periodo de símbolo las polaridades de los ecos proporcionados por el restador 67 no se invertirán cuando se multipliquen por  $g(n)$  en el multiplicador 69.

**[0025]** La Figura 6c ilustra la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta durante dos periodos de símbolo cuando los  
35 datos de mensaje que van a transmitirse tienen un valor de "1" binario seguido de otro "1" binario. Como se muestra en la Figura 6c, en este caso la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta es una simple repetición de la salida 35 ilustrada en la Figura 6a. Asimismo, si valores sucesivos de los datos de mensaje son "0" binarios, entonces la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta durante los dos periodos de símbolo será la inversa a la mostrada en la Figura 6c.

40 **[0026]** Sin embargo, si los datos de mensaje pasan de un "1" binario a un "0" binario, entonces, en lugar de usar una función de salida de tabla de consulta obtenida concatenando las funciones mostradas en la Figura 6a y la Figura 6b, se usa en cambio la función mostrada en la Figura 6d. Como puede observarse en la Figura 6d, cuando la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta alcanza su máximo valor negativo en el primer periodo de símbolo, permanece en ese valor hasta que se haya producido el pico en el segundo periodo de símbolo antes de reducir de nuevo su  
45 magnitud a cero. Asimismo, cuando bits sucesivos de los datos de mensaje pasan de un "0" binario a un "1" binario, la salida  $g(n)$  de la tabla de consulta durante los dos periodos de símbolo será la inversa de la mostrada en la Figura 6d. Los inventores han observado que no volver al nivel cero de esta manera reduce las molestias del esquema de modulación de eco usado. Esto se debe a que el oído humano es más sensible a ecos variables que a ecos  
50 constantes.

**[0027]** Como apreciarán los expertos en la técnica, la lógica de direcciones de tabla de consulta 73 se encarga de analizar los bits sucesivos de los datos de mensaje y, después, consulta la parte apropiada de la tabla de consulta 71 de modo que se aplique la función de salida apropiada  $g(n)$  en el multiplicador 69.

55 *Detector de eco*

**[0028]** La Figura 7 es un diagrama en parte esquemático y en parte de bloques que ilustra el procesamiento realizado por el detector de eco 37. En particular, la Figura 7 ilustra 100 milisegundos de una señal de entrada 61 en la entrada del detector de eco 37. Como apreciarán los expertos en la técnica, la señal de entrada 61 se ilustra

esquemáticamente como una señal continua para facilitar el entendimiento, pero será una forma de onda muestreada y digitalizada.

**[0029]** Como se ilustra en la ventana i y en la ventana j, el detector de eco 37 incluye dos ventanas 5 deslizantes 63-1 y 63-2 que extraen segmentos adyacentes de la señal de audio de entrada 61-1 y 61-2, cada uno con una longitud de 50 milisegundos. Por lo tanto, las dos ventanas 63 extraen partes de la señal acústica de entrada 61 que corresponden a las mitades de periodo de símbolo antes descritas. Como se muestra en la Figura 7, la parte extraída 61-1 de la señal acústica de entrada se introduce en una primera unidad de autocorrelación 65-1, y la parte extraída 61-2 de la señal de audio de entrada se introduce en una segunda unidad de autocorrelación 65-2. 10 Ambas unidades de autocorrelación 65 funcionan para determinar la autocorrelación de la parte correspondiente 61-1o 62-2 de la señal acústica de entrada en los retardos de 10 milisegundos y de 10,25 milisegundos. Los valores de autocorrelación determinados en los retardos de 10,25 milisegundos de las unidades de autocorrelación 65-1 y 65-2 se introducen después en un restador 67, que resta el valor de autocorrelación obtenido de la ventana j al valor de autocorrelación obtenido de la ventana i (o viceversa). El resultado de esta resta se suministra después a otro 15 restador 69. Asimismo, el valor de autocorrelación en el retardo de 10 milisegundos de la ventana i y el valor de autocorrelación en el retardo de 10 milisegundos de la ventana j se transfieren de las unidades de autocorrelación 65 al restador 71, que resta el valor de autocorrelación obtenido de la ventana j al valor de autocorrelación obtenido de la ventana i (o viceversa) e introduce el resultado al restador 69. Después, el restador 69 resta la salida del restador 67 a la salida del restador 71 (o viceversa). Por tanto, la salida del restador 69 se representa mediante la siguiente 20 ecuación:

$$(A'(10) - A'(10)) - (A'(10.25) - A'(10.25))$$

**[0030]** Como se ha mencionado anteriormente, restar los valores de autocorrelación de una mitad de periodo 25 de símbolo a los valores de autocorrelación correspondientes de la otra mitad de periodo de símbolo puede reducir el efecto de los ecos naturales en la señal acústica de entrada 61. Esto se debe a que es poco probable que los ecos naturales cambien de una mitad de periodo de símbolo a la siguiente y, por tanto, su efecto será constante en las autocorrelaciones que están calculándose. Por consiguiente, llevar a cabo esta resta eliminará este efecto habitual. Asimismo, restar los valores de autocorrelación obtenidos de cada mitad de periodo de símbolo reducirá el 30 efecto de las periodicidades en la señal de audio original. Esto se debe a que en el retardo de 0,25 ms entre el primer eco y el segundo eco en la mitad de periodo de símbolo, el efecto de las periodicidades en las autocorrelaciones será aproximadamente constante y, por tanto, esta resta eliminará este efecto habitual. A continuación esto se describirá en mayor detalle con referencia a la Figura 8.

**[0031]** La Figura 8a muestra un gráfico de autocorrelación 81 obtenido a partir de una señal de audio típica 35 sin ningún eco artificial. Como se muestra, el gráfico de autocorrelación 81 tiene un pico en el retardo cero. Sin embargo, debido a las periodicidades en la señal de audio y debido a los ecos naturales, el gráfico de autocorrelación 81 no disminuye gradualmente a cero hasta 15 milisegundos aproximadamente después del pico inicial y presenta picos y valles locales entre medias. El pico 82 ilustra un pico local de este tipo que puede 40 producirse como resultado de un eco natural añadido a la señal de audio. La Figura 8b ilustra un gráfico de autocorrelación 83 para la misma señal de audio tras haberse añadido un eco positivo en un retardo de 10 milisegundos y haberse añadido un eco negativo en un retardo de 12 milisegundos (en lugar de 10,25 ms, de modo que los dos ecos pueden verse más claramente). Como se muestra en la Figura 8b, como resultado de los ecos artificiales, el gráfico de autocorrelación 83 incluye un pico 85 a 10 milisegundos y un pico 87 a 12 milisegundos. Sin 45 embargo, el pico 85 está algo enmascarado por el pico anterior 82 generado por un eco natural.

**[0032]** La Figura 8c ilustra el gráfico de autocorrelación 89 para la señal de audio tras haberse añadido los 50 ecos en la segunda mitad del periodo de símbolo. Como se muestra, el gráfico de autocorrelación 89 incluye un pico negativo 91 a los 10 milisegundos y un pico positivo 93 a los 12 milisegundos.

**[0033]** Finalmente, la Figura 8d ilustra la gráfica de autocorrelación que se obtiene sustrayendo el gráfico de 55 autocorrelación mostrado en la Figura 8c del gráfico de autocorrelación mostrado en la Figura 8b. Como puede observarse, los picos comunes en los gráficos de autocorrelación mostrados en las Figuras 8b y 8c se han eliminado, mientras que los picos complementarios (85 y 91) y (87 y 93) se han sumado entre sí para crear los picos combinados 95 y 97, respectivamente. Por tanto, como apreciarán los expertos en la técnica, es mucho más fácil detectar los picos 95 y 97 ya que sus valores son mucho mayores que los valores de autocorrelación en otros retardos. Este efecto se mejora adicionalmente restando el valor de autocorrelación que aparece a los 12 milisegundos al valor de autocorrelación que aparece a los 10 milisegundos. Esto sumará de manera eficaz los dos picos 95 y 97 entre sí para proporcionar un pico incluso mayor, que puede detectarse posteriormente fijando

umbrales adecuados. El valor del valor de datos correspondiente puede determinarse después a partir de la polaridad del pico combinado.

**[0034]** Como apreciarán los expertos en la técnica, en este sistema, el detector de eco 37 no calcula la autocorrelación de la señal de entrada durante todos los retardos. Solo calcula los valores de autocorrelación en los retardos en los que se han añadido los ecos artificiales. Los gráficos mostrados en la Figura 8 muestran los valores de autocorrelación durante los retardos de 0 a 15 milisegundos. Por tanto, estos gráficos ayudan a ilustrar el efecto de los ecos naturales y las periodicidades en la señal de audio que pueden enmascarar los ecos artificiales que se añaden para codificar los datos.

10

#### *Sincronización*

**[0035]** En este sistema, el receptor 5 conoce la duración de cada mitad de periodo de símbolo. Esto define la longitud de las ventanas 63-1 y 63-2 usadas en el detector de eco 37. Sin embargo, el detector de eco 37 no estará sincronizado inicialmente con los datos transmitidos. Dicho de otro modo, el detector de eco 37 no sabe dónde comienza y termina cada periodo de símbolo o dónde está ubicado el inicio del mensaje. Por lo tanto, en este sistema, el detector de eco 37 lleva a cabo el anterior análisis cuando se recibe cada nueva muestra desde el convertidor de analógico a digital 35. Después, la salida del restador 69 es analizada por el módulo de recuperación de datos 39 para determinar los límites de símbolo más probables. Después, el módulo de recuperación de datos determina la ubicación del inicio del mensaje hallando los bits de sincronización que fueron añadidos por el módulo de adición de datos de sincronización 57. En este momento, la unidad de recuperación de datos 39 puede empezar a recuperar todo el mensaje a partir de la polaridad de los valores de autocorrelación proporcionados por el restador 69.

**[0036]** Una vez conseguida la sincronización, el detector de eco 37 determinará normalmente las mediciones de autocorrelación en la parte central de cada mitad de periodo de símbolo, cuando se espera que el eco esté a su mayor amplitud, y el módulo de recuperación de datos 39 determinará el valor de bit a partir de la polaridad de la salida del restador 69. El detector de eco 37 también puede tomar mediciones justo antes y justo después de la parte central de cada mitad de periodo de símbolo, para permitir que el módulo de recuperación de datos 39 supervise la sincronización.

**[0037]** Los datos de mensaje recuperados por el módulo de recuperación de datos 39 se introducen después en el módulo de descodificación FEC 41, donde los datos de mensaje se descodifican (usando el procesamiento inverso del codificador FEC 7) para obtener los datos de entrada originales que se introdujeron en el codificador 7 del transmisor 1.

35

#### *Modificaciones y alternativas*

**[0038]** En los sistemas anteriores, los datos se ocultaron en una señal de audio utilizando una pluralidad de ecos cuya polaridad variaba con el valor de datos a transmitir. Estos ecos se añadieron a la señal de audio original tras unos retardos apropiados. Como apreciarán los expertos en la técnica, los ecos pueden añadirse antes de la señal de audio original (pre-ecos), antes y después de la señal de audio original o solo después de la señal de audio original.

**[0039]** En el sistema anterior, los bits de sincronización se añadieron a los datos que se transmitían de modo que el descodificador pudiera identificar los límites de cada periodo de símbolo y el inicio y el final de cada mensaje. El uso de tales bits de sincronización aumenta significativamente la longitud de mensaje global que tiene que transmitirse (en algunos casos, hasta en un 25%). Además, puesto que la descodificación de cada bit está sujeta al ruido, la correspondencia no es perfecta, lo que puede reducir las posibilidades de una sincronización satisfactoria. Sin embargo, los inventores han observado que los bits de sincronización no son necesarios. En particular, los inventores han observado que el módulo de descodificación FEC 41 tendrá mayores tasas de error cuando el detector de eco 37 no esté sincronizado correctamente con los datos entrantes en comparación con su tasa de error cuando el detector de eco está sincronizado con los datos entrantes. Por lo tanto, en la realización ilustrada en la Figura 9, la salida de error generada por el módulo de descodificación FEC 41 se usa para controlar la sincronización del receptor con los datos entrantes.

50

**[0040]** Más específicamente, en esta realización, el detector de eco 37 recibe un bloque de muestras correspondiente a uno o más símbolos y determina el tiempo óptimo dentro de ese bloque de muestras para detectar los ecos dentro de los símbolos. Pueden necesitarse múltiples símbolos cuando se usa la codificación

55

Manchester cuando un “uno” sometido a la codificación Manchester parece lo mismo que un “cero” sometido a la codificación Manchester con un desplazamiento de tiempo. Por lo tanto, puede ser necesario considerar un número de símbolos para poder identificar los límites de símbolo. La determinación real del tiempo óptimo dentro del bloque de muestras para detectar los ecos puede determinarse haciendo pasar el bloque de muestras a través de un filtro adaptado (cargado con el patrón de señales esperado para un periodo de símbolo), y se considera que el tiempo dentro del símbolo cuando la salida absoluta (promediada por encima de un número de símbolos sucesivos) está en un máximo es el mejor tiempo para muestrear los símbolos. Por ejemplo, si hay N muestras por símbolo, y el bloque de muestras tiene M símbolos, entonces se calculan los siguientes valores:

$$\begin{aligned} \text{promedio}(0) &= 1/M * (x(0) + x(N) + x(2N) + \dots) \\ \text{promedio}(1) &= 1/M * (x(1) + x(N+1) + x(2N+1) + \dots) \\ \text{promedio}(N-1) &= 1/M * (x(N-1) + x(2N-1) + x(3N-1) + \dots) \end{aligned}$$

donde x(i) es la salida absoluta del filtro adaptado para la muestra i. El mayor valor promedio determinado de este modo identifica el mejor momento para detectar los ecos dentro de la señal entrante durante cada símbolo.

**[0041]** Después, el detector de eco 37 usa el tiempo óptimo determinado para detectar ecos en ese símbolo y en los N-1 símbolos anteriores de la señal de entrada (donde N es el número de símbolos en el mensaje transmitido). Después, el módulo de recuperación de datos 39 determina a partir de los ecos detectados valores de bit para cada símbolo y proporciona la cadena de bits correspondiente al mensaje posible al módulo de decodificación FEC 41. Después, el módulo de decodificación FEC 41 lleva a cabo el procesamiento inverso del codificador FEC 7 para regenerar una palabra de código de datos de entrada candidata, que se almacena en la memoria intermedia 93. El módulo de decodificación FEC 41 también proporciona un cómputo de error que indica el número de errores identificados en la palabra de código candidata, el cual es transferido a un controlador 91. Como respuesta, el controlador 91 compara el cómputo de errores con un valor de umbral y si es mayor que el umbral, entonces el controlador 91 borra la palabra de código candidata de la memoria intermedia 93. Después, el proceso anterior se repite para el siguiente símbolo recibido en la señal de entrada, hasta que el controlador 91 determine que el cómputo de errores está por debajo del umbral. Cuando lo está, el controlador 91 ordena al módulo de decodificación FEC 41 que acepte la palabra de código candidata, el cual la proporciona después para un uso adicional en el receptor 5. Por lo tanto, en efecto, el detector de eco 37, el módulo de recuperación de datos 39 y el módulo de decodificación FEC 41 actúan en una ventana de la señal de entrada correspondiente a la longitud del mensaje transmitido, ventana que se desliza a lo largo de la señal de entrada hasta que se halle un punto en el que el cómputo de errores FEC esté por debajo de un umbral definido, lo que indica la identificación del mensaje completo en la señal de entrada.

**[0042]** La Figura 10 es un gráfico que ilustra la manera en que se espera que el cómputo de errores 99 del módulo de decodificación FEC cambie a medida que la ventana 10 se desliza a lo largo de una señal de entrada 103 que contiene un mensaje de datos 105, donde el valor mínimo aparece en el símbolo SN, cuando la ventana 101 está alineada con el mensaje de datos 105 en la señal de entrada 103. El nivel de umbral (Th) se fija entonces para reducir la posibilidad de que se tengan en cuenta falsos mínimos en el cómputo de salida de errores FEC como palabras de código posibles, de modo que (en una situación ideal) solamente cuando el receptor 5 está correctamente sincronizado (alineado) con los datos de mensaje, el cómputo de errores del módulo de decodificación FEC se reducirá por debajo del umbral de la manera ilustrada en la Figura 10. De manera ideal, en esta realización, la codificación / decodificación FEC que se usa está diseñada para mantener alta la tasa de errores del módulo de decodificación FEC 41, excepto cuando la ventana 101 está alineada con los datos de mensaje 105 en la señal de entrada 103. Los inventores han observado que esta técnica sencilla de fijación de umbrales es suficiente para identificar la ubicación de los datos de mensaje en la señal de entrada 103. Sin embargo, si se necesita una detección más precisa, entonces puede realizarse otra consideración, variando las posibles posiciones del inicio y el final del mensaje y buscando posiciones que proporcionen el cómputo de errores FEC mínimo.

**[0043]** La técnica anterior es útil para encontrar un único mensaje en la señal de entrada. Obviamente, si se transmite una secuencia de tales mensajes de datos, entonces la sincronización determinada para el primer mensaje de datos puede usarse para identificar la sincronización para el siguiente mensaje de datos.

**[0044]** Un problema identificado por los inventores relacionado con el enfoque de sincronización descrito

anteriormente es que el codificador FEC 7 usa frecuentemente palabras de código cíclicas (por ejemplo, cuando usa codificación de bloques Reed-Solomon), lo que significa que un desplazamiento de un bit en la palabra de código también puede ser una palabra de código válida. Esto supone un problema ya que puede dar como resultado falsas detecciones de una palabra de código (un denominado falso positivo) en la señal de entrada 105. Este problema puede solucionarse reordenando los bits de la palabra de código en el codificador FEC 7 de alguna manera determinista (por ejemplo, de manera pseudoaleatoria), y usando la reordenación inversa en el descodificador FEC 41. El procesamiento que puede llevarse a cabo por el codificador FEC 7 y por el descodificador FEC 41 en una realización de este tipo se ilustra en las Figuras 11a y 11b, respectivamente. Como se muestra, el codificador FEC 7 lleva a cabo una codificación cíclica de los datos (en este caso, una codificación Reed-Solomon 111), seguida de una reordenación pseudoaleatoria 113 de los datos. Después, los datos reordenados se codifican de manera convolucional 115 y después se entrelazan 117 como antes. Asimismo, el módulo de descodificación FEC 41 desentrelaza inicialmente 121 los datos y lleva a cabo una descodificación convolucional 123. Después, el módulo de descodificación FEC 41 invierte 123 la reordenación de datos pseudoaleatoria llevada a cabo por el codificador FEC 7 y después lleva a cabo la descodificación Reed-Solomon 125. Como apreciarán los expertos en la técnica, llevando a cabo de esta manera esta reordenación de los datos, si hay un desplazamiento de bits en los datos de mensaje proporcionados por el módulo de recuperación de datos 39, entonces es muy poco probable que dé como resultado una palabra de código válida y, por tanto, es poco probable que la tasa de errores FEC proporcionada genere la identificación falsa de un mensaje de datos.

**[0045]** En los sistemas anteriores, cada valor de datos se ha representado mediante cuatro ecos, dos ecos en cada una de las dos mitades de periodo de símbolo. Como apreciarán los expertos en la técnica, cada valor de datos puede representarse mediante cualquier pluralidad de ecos en cualquier número de periodos de subsímbolo. Por ejemplo, en lugar de tener dos ecos dentro de cada mitad de periodo de símbolo, cada valor de datos puede representarse mediante un único eco en cada mitad de periodo de símbolo. En este caso, los ecos en cada mitad de periodo de símbolo tendrían preferiblemente una polaridad opuesta de modo que pueda usarse la misma técnica de diferenciación para reducir los efectos de los ecos naturales. De hecho, los inventores han observado que, en algunos casos, usar dos ecos de polaridad opuesta en cada mitad de periodo de símbolo puede dar como resultado que algunas componentes de frecuencia de la señal de audio original se añadan de manera constructiva con los ecos y que algunas componentes de frecuencia de la señal de audio original se añadan de manera destructiva con los ecos. Si se añade un único eco artificial, entonces tales distorsiones son menos evidentes, haciendo que los datos ocultos sean menos apreciables por los usuarios en el sonido acústico escuchado.

**[0046]** Como apreciarán los expertos en la técnica, representar cada valor de datos mediante uno o más ecos en diferentes periodos de subsímbolo significa que los ecos en cada periodo de subsímbolo serán una repetición de una parte diferente de la señal de audio. Si solo hay un periodo de símbolo, entonces cada valor de datos se representará mediante los ecos de la misma (o sustancialmente la misma) parte de la señal de audio.

**[0047]** En los sistemas anteriores, cada valor de datos se representó mediante un eco positivo y un eco negativo en una primera mitad de periodo de símbolo y mediante un eco positivo y un eco negativo en la segunda mitad de periodo de símbolo. Los ecos positivos y negativos en la primera mitad de periodo de símbolo permitieron al receptor reducir los efectos de las periodicidades en la señal de audio original que afectan a las mediciones de autocorrelación. El uso de ecos complementarios en mitades de periodo de símbolo adyacentes permite al receptor reducir el efecto de ecos naturales en la señal de audio recibida que, de otro modo, podría enmascarar los ecos artificiales añadidos para representar los datos. Como apreciarán los expertos en la técnica, en otros sistemas solo puede usarse una de estas técnicas, o ninguna.

**[0048]** En el sistema anterior, cada valor de datos se representó mediante ecos dentro de dos mitades de periodo de símbolo adyacentes. Como apreciarán los expertos en la técnica, estas dos mitades de periodo de símbolo no tienen que ser inmediatamente adyacentes entre sí, pueden haber una separación entre los dos periodos, si fuera necesario.

**[0049]** En el sistema anterior, los ecos en cada mitad de periodo de símbolo fueron exactamente de la misma parte de la señal de audio. Como apreciarán los expertos en la técnica, esto no resulta esencial. Los ecos en cada mitad de periodo de símbolo pueden ser de partes ligeramente diferentes de la señal de audio. Por ejemplo, un eco puede pasar por alto algunas de las muestras de audio de la señal de audio. Como alternativa, la señal de audio puede incluir diferentes canales (por ejemplo, canales izquierdo y derecho para una señal estéreo) y un eco puede formarse a partir de una repetición del canal izquierdo y el otro puede formarse a partir de una repetición del canal derecho. Con el moderno audio envolvente de múltiples canales, las repeticiones pueden ser de cualquiera de estos canales.

**[0050]** En el sistema anterior, los ecos generados dentro del transmisor se añadieron a la señal de audio original. Como apreciarán los expertos en la técnica, los ecos generados pueden combinarse con la señal de audio original de otras maneras. Por ejemplo, los ecos pueden sustraerse de la señal de audio. Asimismo, en lugar de  
5 invertir los ecos que van a añadirse al audio (controlando la polaridad de la función  $g(n)$ ), el mismo resultado puede conseguirse cambiando la manera en que los ecos se combinan con la señal de audio. Por ejemplo, un eco puede añadirse a la señal de audio original mientras que el siguiente eco puede sustraerse de la señal de audio.

**[0051]** En el sistema anterior, la tabla de consulta almacenó valores para  $g(n)$  correspondientes a uno o dos  
10 bits de los datos de mensaje (como se ilustra en la Figura 6). Como apreciarán los expertos en la técnica, esto no es esencial. Por ejemplo, la tabla de consulta puede simplemente almacenar una función que aumente su valor y que después disminuya su valor. Puede proporcionarse un sistema de circuitos adicional para convertir la polaridad de esta salida según sea apropiado para las dos mitades de periodo de símbolo. De esta manera, la función almacenada en la tabla de consulta solo controlaría la aparición y desaparición del eco y el sistema de circuitos  
15 adicional controlaría la polaridad de los ecos, según sea necesario.

**[0052]** En el sistema anterior, la codificación Manchester fue llevada a cabo por el módulo de generación y conformación de eco. Como apreciarán los expertos en la técnica, esta codificación Manchester, si se lleva a cabo,  
20 puede llevarse a cabo en el módulo de codificación FEC.

**[0053]** Como apreciarán los expertos en la técnica, las técnicas descritas anteriormente para ocultar datos en el audio puede realizarse antes de la transmisión de la señal acústica o puede realizarse en tiempo real. Incluso en caso de que los datos se incorporen en una señal de audio en tiempo real, parte del procesamiento puede realizarse de antemano. Por ejemplo, la codificación FEC puede llevarse a cabo en los datos de antemano, de modo que solo  
25 la generación de eco y la conformación de eco se lleva a cabo en tiempo real.

**[0054]** En los sistemas anteriores se han proporcionado ejemplos específicos de tasas de muestras para la señal de audio y de tasas de símbolo para los datos que van a ocultarse en la señal de audio. Como apreciarán los expertos en la técnica, estas tasas no tienen un carácter limitativo y pueden modificarse según sea necesario. Sin  
30 embargo, con el fin de mantener a un nivel mínimo las molestias generadas por los ecos añadidos, la tasa de datos de los datos codificados se mantiene preferiblemente entre uno y veinte símbolos por segundo. Esto corresponde a un periodo de símbolo de entre 50 ms y 1 segundo. En algunos sistemas, un periodo de símbolo largo es beneficioso ya que los ecos añadidos se esparcirán a través de las palabras pronunciadas en el audio, haciendo más fácil ocultar los ecos de datos en el audio. Un periodo de símbolo más largo también reduce la audibilidad de  
35 los ecos. Esto se debe a que las personas son más sensibles a ecos variables que a ecos estáticos o fijos. Por lo tanto, estableciendo un mayor periodo de símbolo, la tasa de cambio de los ecos es menor, haciendo que la presencia de los ecos sea menos perceptible para un usuario.

**[0055]** En el sistema anterior, la tasa de datos de los datos añadidos a la señal de audio en el transmisor era  
40 constante y conocida por el receptor. Esto reduce la complejidad del sistema de circuitos del receptor a la hora de localizar los datos en la señal recibida. Sin embargo, esto no resulta esencial para la invención, pudiendo proporcionarse un sistema de circuitos más complejo en el receptor para permitir que el receptor pruebe diferentes tasas de datos hasta que se determine la tasa de datos real. Asimismo, el receptor puede usar otras técnicas para sincronizarse con los datos transmitidos de manera que sepa dónde están los límites de símbolo antes de recibir los  
45 datos.

**[0056]** En los sistemas anteriores, las amplitudes pico de los ecos eran idénticas e independientes del valor de los datos que estaban transmitiéndose. Como apreciarán los expertos en la técnica, las amplitudes pico de los ecos también puede variar con los datos van a transmitirse, si se desea.  
50

**[0057]** En el sistema anterior, los ecos en cada mitad de periodo de símbolo estaban en los mismos retardos con respecto a la señal de audio original. Como apreciarán los expertos en la técnica, esto no es esencial. Puede haber alguna variación en los valores de retardo reales usados en cada mitad de periodo de símbolo.

**[0058]** En el sistema anterior, el segundo eco dentro de cada mitad de periodo de símbolo se generó retardando el primer eco en un valor de retardo adicional. En una realización alternativa, cada eco dentro de cada periodo de subsímbolo puede generarse de manera independiente a partir de la señal de audio original usando una línea de retardo apropiada.  
55

**[0059]** Como apreciarán los expertos en la técnica, el sistema de comunicación anterior puede tener varios usos. Por ejemplo, los datos codificados pueden usarse como una marca de agua para proteger la señal de audio original. Como alternativa, los datos incorporados pueden usarse para controlar el receptor de modo que pueda responder de manera sincronizada con la señal de audio. En particular, el descodificador puede programarse para realizar alguna acción en un tiempo definido tras recibir la palabra de código. El retardo de tiempo puede programarse en el descodificador por cualquier medio y puede incluso definirse mediante datos presentes en las palabras de código recibidas. Cuando se usa para llevar a cabo tal sincronización, se prefieren periodos de símbolo más cortos ya que los periodos de símbolo más cortos ofrecen una mejor resolución temporal y, por tanto, una sincronización más precisa. Los datos pueden usarse en aplicaciones de juego interactivas, encuestas, sistemas de comercio electrónico, juguetes, etc. Se hace referencia a la solicitud internacional WO02145273 presentada anteriormente por el solicitante, que describe varios usos para este tipo de sistema de ocultación de datos.

**[0060]** En el sistema anterior, el receptor llevó a cabo mediciones de autocorrelación en la señal de audio de entrada con el fin de identificar las ubicaciones de los ecos. Como apreciarán los expertos en la técnica, pueden usarse otras técnicas para identificar los ecos. Algunas de estas otras técnicas se describen en la solicitud PCT PCT/GB2008/001820 presentada anteriormente por el solicitante y en el documento US 5893067, cuyos contenidos se incorporan en el presente documento como referencia. Normalmente, aunque no es necesario, las técnicas implican alguna forma de autocorrelación de la señal de audio original o de parámetros obtenidos a partir de la señal de audio (por ejemplo, parámetros PLC, parámetros cepstrum, etc.). Como alternativa, puede usarse un enfoque más adecuado en el que una señal de audio esperada (con diferentes polaridades de eco) se ajusta a la señal real hasta que se encuentre una correspondencia y la polaridad de los ecos así determinada.

**[0061]** En el sistema descrito anteriormente se proporcionó un único transmisor junto con un receptor. Como apreciarán los expertos en la técnica, pueden proporcionarse múltiples transmisores y/o múltiples receptores. Además, los componentes del transmisor pueden distribuirse entre una pluralidad de entidades diferentes. Por ejemplo, la parte de codificación y de ocultación de datos del transmisor puede estar prevista en un centro distribuidor de un sistema de distribución de televisión o en un descodificador de usuario, y el altavoz 19 puede ser un altavoz del aparato de televisión del usuario.

**[0062]** En los sistemas anteriores, los ecos se obtuvieron directamente a partir de la señal de audio original. En realizaciones alternativas, el eco puede no incluir todas las componentes de frecuencia de la señal de audio. Por ejemplo, uno o más de los ecos pueden generarse a partir de una parte de la señal de audio después de haberse filtrado para eliminar ciertas frecuencias. Esto puede ser beneficioso en los casos en que, por ejemplo, haya ruido adicional en la parte de baja frecuencia de los ecos pero no en la parte de alta frecuencia. En este caso, las señales recibidas también se filtrarán para eliminar las componentes de baja frecuencia (por ejemplo, frecuencias inferiores a 500 Hz aproximadamente), de modo que solo las componentes de alta frecuencia (aquellas por encima de las componentes de baja frecuencia) de la señal de audio y los ecos estarán presentes en las señales que estén analizándose. Como alternativa, en este caso, la señal recibida puede transferirse a través de un filtro que simplemente reduce el nivel de las componentes de baja frecuencia de la señal recibida en comparación con las componentes de alta frecuencia. Esto tendrá el efecto de reducir la relevancia de la parte ruidosa de baja frecuencia de la señal recibida en el proceso de descodificación posterior. Asimismo, si resulta que los ecos añadidos introducen una distorsión apreciable en las frecuencias más altas de la señal de audio compuesta, entonces los ecos (o las señales a partir de las cuales se formaron) pueden filtrarse paso bajo para eliminar las frecuencias más altas.

**[0063]** La división de la señal de audio en bandas de frecuencias individuales también puede usarse para transportar datos en múltiples canales. Por ejemplo, si la banda de frecuencias se divide en una parte de alta frecuencia y una parte de baja frecuencia, entonces un canal puede proporcionarse añadiendo ecos a la parte de alta frecuencia y otro canal puede proporcionarse añadiendo diferentes ecos a la parte de baja frecuencia. El uso de múltiples canales de esta manera permite diversidad de tiempo o de frecuencia si los datos transportados en los dos canales son idénticos, o permite una mayor velocidad de transferencia de datos si cada canal transporta datos diferentes. También pueden proporcionarse múltiples canales si la señal de audio contiene además múltiples canales (usados para activar múltiples altavoces). En este caso, uno o más canales de datos pueden proporcionarse en la señal de audio para cada canal de audio.

**[0064]** En el sistema anterior, los datos se ocultaron en una señal de audio añadiendo ecos a la señal de audio. En algunas situaciones, el audio entrante ya puede contener datos ocultos en forma de tales ecos. En este caso, el codificador podría descodificar los datos ocultos existentes a partir de la señal de audio recibida y después usar los datos descodificados para limpiar la señal de audio para eliminar los ecos artificiales que definen estos datos ocultos. El codificador puede añadir después nuevos ecos a la señal de audio así limpiada para ocultar los

nuevos datos en la señal de audio. De esta manera, los datos ocultos originales no interferirán con los nuevos datos ocultos.

**[0065]** En el sistema anterior, los ecos se obtuvieron retardando muestras digitales de la señal de audio.

5 Como apreciarán los expertos en la técnica, los ecos pueden generarse en el dominio analógico usando líneas de retardo analógicas adecuadas y circuitos analógicos para llevar a cabo la conformación del eco y la modulación de polaridad.

**[0066]** En los sistemas anteriores, la señal de audio con los datos incorporados se transmitió a un receptor a

10 través de un enlace acústico. En una realización alternativa, la señal de audio puede transmitirse al receptor a través de un enlace eléctrico cableado o un enlace inalámbrico. En una realización de este tipo, las tasas de datos que se usan pueden ser más altas debido a menores niveles de ruido.

**[0067]** En el sistema anterior, un bit de datos se transmitió dentro de cada periodo de símbolo. En un sistema

15 alternativo, múltiples bits pueden transmitirse en cada periodo de símbolo. Por ejemplo, puede añadirse un segundo par de ecos en los retardos de 20 ms y 20,25 ms dentro de cada mitad de periodo de símbolo para codificar un segundo bit; un tercer par de ecos puede añadirse en los retardos de 30 ms y de 30,25 ms dentro de cada mitad de periodo de símbolo para codificar un tercer bit, etc. Por tanto, cada eco puede aparecer y desaparecer durante cada mitad de periodo de símbolo y su polaridad modularse según el valor de bit, como antes. La aparición y desaparición de los ecos para los diferentes bits puede ser la misma o puede ser diferente para los diferentes bits. La modulación de polaridad de los diferentes ecos dependerá evidentemente de los diferentes valores de bit que van a transmitirse en el periodo de símbolo. En una realización preferida, los ecos para los diferentes bits dentro de la misma mitad de periodo de símbolo aparecen y desaparecen en diferentes momentos de la mitad de periodo de símbolo, de modo que los diferentes ecos alcanzan sus amplitudes máximas en diferentes momentos dentro de la mitad de periodo de símbolo. De esta manera, cuando el eco para un bit está en su amplitud máxima (o cuando todos los ecos para un bit están en sus amplitudes máximas, si hay múltiples ecos que representan cada bit en cada mitad de periodo de símbolo), los ecos para los otros bits no estarán en su valor máximo. Hacer esto y muestrear los diferentes ecos cuando se espera que estén en sus amplitudes máximas reducirá la interferencia entre los ecos para los diferentes bits dentro de la misma mitad de periodo de símbolo. También reduce la interferencia constructiva de los ecos que puede hacer que un oyente aprecie más los ecos añadidos. Mirándolo de otro modo, esto es lo mismo que tener múltiples mensajes de datos en paralelo, cada uno codificado como en las realizaciones descritas anteriormente, pero con sus respectivos periodos de símbolo desfasados en el tiempo entre sí, de modo que los ecos para los diferentes mensajes llegan a su valor máximo en diferentes momentos, reduciendo así la interferencia entre los mensajes si todos los ecos se muestran en torno al tiempo en que alcanzan sus amplitudes máximas. Esta técnica aumentará la velocidad binaria de transmisión de datos entre el transmisor y el receptor. Los bits adicionales pueden ser del mismo mensaje o pueden ser bits de mensajes diferentes.

**[0068]** Los inventores han observado que las técnicas de ocultación de datos descritas anteriormente no funcionan de manera óptima en partes del audio que incluyen un único tono o múltiples tonos armónicos, como

40 puede suceder en algunas secciones de música. Esto se debe a que los datos ocultos son más molestos para el oyente en estas circunstancias, y si los tonos están usándose como parte de un procedimiento de configuración automática pueden hacer que el procedimiento falle. Por tanto, en un sistema, los inventores proponen incluir (dentro del codificador) un detector que detecte el nivel de tonalidad u otra característica de la señal de audio y, si es altamente tonal, que desactive el sistema de circuitos de adición de eco. Como alternativa, puesto que esta interrupción de los ecos puede ser percibida por el usuario, el codificador puede hacer desaparecer los ecos durante periodos de alta tonalidad y después hacerlos aparecer en periodos de baja tonalidad. De esta manera, los datos solo se añaden a la señal de audio cuando la señal de audio no tiene una naturaleza altamente tonal. Pueden usarse varias técnicas para realizar esta detección. Una técnica para determinar el nivel de tonalidad de una señal de audio (aunque para un fin diferente) se describe en la solicitud PCT WO02/45286 presentada anteriormente por el solicitante, cuyo contenido se incorpora en el presente documento como referencia. Otra técnica puede encontrarse en el documento "A Tutorial on MPEG/Audio Compression", de Davis P (1995), IEEE Multimedia Magazine, 2(2), páginas 60 a 74. En lugar de desconectar el sistema de circuitos de adición de eco, el sistema puede estar dispuesto para adaptar la amplitud de los ecos añadidos dependiendo de la característica detectada de la señal de audio. Como alternativa, en lugar de modificar las amplitudes de los ecos de esta manera, el codificador puede variar en cambio, o adicionalmente, la tasa de datos o el periodo de símbolo con el fin de reducir las molestias de los datos ocultos durante periodos en los que la señal de audio es altamente tonal.

**[0069]** Anteriormente se ha descrito una realización en la que un único mensaje se codificó y transmitió a un receptor remoto como una pluralidad de ecos dentro de una señal de audio. En algunas aplicaciones, puede

transmitirse una secuencia de mensajes. Estos mensajes pueden ser idénticos o pueden ser diferentes. En cualquier caso, cada mensaje puede transmitirse tras haberse transmitido un mensaje anterior. Como alternativa, el final de un mensaje puede solaparse con el inicio del siguiente mensaje de una manera predefinida (de modo que el receptor pueda regenerar cada mensaje). Esta disposición puede aumentar la diversidad de tiempo de los mensajes transmitidos haciendo que sean menos susceptibles a determinados tipos de ruido o pérdida de datos. En una alternativa adicional, los datos de los diferentes mensajes pueden entrelazarse de manera conocida y transmitirse como un único flujo de datos al receptor. Después, el receptor regenerará cada mensaje desentrelazando los bits del flujo de datos sabiendo el modo en que fueron entrelazados originalmente.

10 **[0070]** Como se ha descrito anteriormente, la codificación convolucional se usa como parte del codificador de corrección de errores en recepción (FEC). Como es bien sabido por los expertos en la técnica, los datos codificados de esta manera se descodifican generalmente usando un descodificador de Viterbi, que funciona generando un entramado de probabilidades de estado y de métricas de bifurcación. Los datos transmitidos terminan frecuentemente con una pluralidad de ceros para hacer que el codificador vuelva al estado inicial. Esto permite al  
15 descodificador empezar la descodificación a partir de un estado conocido, aunque requiere la transmisión de símbolos adicionales a través del canal. Una técnica alternativa es garantizar que el estado inicial y final del entramado sean idénticos. Esta técnica se denomina *tail biting* (mordedura de cola) y tiene la ventaja de no necesitar la transmisión de ningún símbolo adicional. La técnica de *tail biting* se usa en muchas normas de comunicación y, si se desea, puede usarse en las realizaciones descritas anteriormente.

20 **[0071]** La anterior descripción ha descrito el funcionamiento de un sistema para ocultar datos como ecos en una señal de audio. Los sistemas descritos usan técnicas de dominio de tiempo para generar y añadir los ecos y para detectar los ecos en la señal recibida. Como apreciarán los expertos en la técnica, puede llevarse a cabo un procesamiento equivalente en el dominio de frecuencia para conseguir los mismos resultados u otros similares.

25 **[0072]** Los inventores han observado que, en algunos casos, el descodificador no funciona de manera óptima cuando el mensaje consiste en bits que tienen predominantemente el valor cero (o, por el contrario, bits que tienen predominantemente el valor uno), ya que con el esquema de codificación un segmento de palabra de código de “todo ceros” parece el mismo que un segmento de palabra de código de “todo unos” desplazado en el tiempo. Un  
30 ejemplo particular es el mensaje “todo ceros”, que da como resultado una palabra de código de “todo ceros” tras una codificación Reed-Solomon. La codificación funciona mejor cuando hay aproximadamente el mismo número de unos y ceros en la palabra de código, distribuidos de manera uniforme por toda la palabra de código. Esto puede conseguirse en el sistema dado a conocer invirtiendo los bits de paridad Reed-Solomon. Esto tiene el efecto de cambiar la palabra de código de todo ceros a una mezcla de ceros y unos. Esto también puede conseguirse  
35 modificando el estado inicial del registro de desplazamiento de realimentación usado en el codificador Reed-Solomon que se usa para generar los bits de paridad. Esto ofrece más flexibilidad a la hora de ajustar la proporción de unos a ceros en la palabra de código. Un entrelazado subsiguiente distribuye estos bits de paridad invertidos por toda la palabra de código. Como apreciarán los expertos en la técnica de detección y corrección de errores, estos enfoques para equilibrar la distribución de unos y ceros se aplica a cualquiera de los muchos esquemas FEC  
40 implementados que usan registros de desplazamiento de realimentación (o aritmética de campo de Galois), de los que Reed-Solomon es un ejemplo.

**[0073]** En las realizaciones anteriores se ha descrito una pluralidad de módulos y circuitos de procesamiento. Como apreciarán los expertos en la técnica, estos módulos y circuitos de procesamiento pueden proporcionarse  
45 como circuitos de hardware o como módulos de software que se ejecutan en la memoria de un procesador de propósito general. En este caso, el software puede proporcionarse en un medio de almacenamiento tal como un CD-ROM o puede descargarse en un dispositivo programable apropiado mediante una señal portadora a través de una red informática, tal como Internet. El software puede proporcionarse en forma compilada, en forma parcialmente  
50 compilada o en forma no compilada.

**REIVINDICACIONES**

1. Un procedimiento para recuperar un mensaje de datos incorporado en una señal de audio, estando codificado el mensaje de datos para una corrección de errores en recepción, FEC, e incorporado en la señal de audio como una pluralidad de ecos cuyas polaridades varían con los valores de datos del mensaje de datos, combinándose los ecos con la señal de audio tras unos retardos apropiados, comprendiendo el procedimiento:
- recibir en un receptor una señal de entrada que presenta la señal de audio y los ecos; y
- 10 procesar la señal de entrada para detectar los ecos y recuperar el mensaje de datos incorporado;
- en el que el procesamiento incluye sincronizar el receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida;
- 15 en el que el procesamiento lleva a cabo una decodificación FEC (41) en los datos recuperados; y
- caracterizado porque** la sincronización usa un cómputo de errores de la decodificación FEC (41) para controlar la sincronización del receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida.
- 20 2. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la recepción recibe una señal de entrada correspondiente a una secuencia de símbolos que termina con un símbolo actual, en el que el procesamiento procesa la señal de entrada correspondiente al símbolo actual y los N-1 símbolos anteriores, donde N es el número de símbolos en el mensaje de datos, para detectar ecos y para determinar un valor de bit para cada símbolo y para proporcionar los valores de bit como un mensaje posible, donde el mensaje posible se procesa mediante dicha
- 25 decodificación FEC (41) para regenerar una palabra de código candidata que se almacena en una memoria intermedia, donde la decodificación FEC (41) genera un cómputo de errores que indica el número de errores identificados en la palabra de código candidata, donde un controlador borra la palabra de código candidata de la memoria intermedia si el cómputo de errores es mayor que un umbral, donde el procesamiento se repite tras la recepción de una señal de entrada correspondiente a un símbolo siguiente hasta que el cómputo de errores esté por
- 30 debajo del umbral, momento en que el procedimiento comprende que el controlador ordene la decodificación FEC (41) para aceptar la palabra de código candidata, que se proporciona para un uso adicional en el receptor.
3. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la señal de entrada comprende una secuencia de mensajes de datos y en el que una sincronización obtenida para el primer mensaje de datos se usa para
- 35 identificar una sincronización para el siguiente mensaje de datos en la secuencia.
4. Un procedimiento según la reivindicación 1, en el que la decodificación FEC (41) incluye una decodificación cíclica (127) y una decodificación convolucional (123) anterior a la decodificación cíclica (127) y comprende además una reordenación (125) de los datos recuperados entre la decodificación convolucional y la
- 40 decodificación cíclica (127) para evitar la falsa detección de una palabra de código.
5. Un procedimiento según la reivindicación 4, en el que la reordenación (125) lleva a cabo una reordenación pseudoaleatoria de los datos recuperados antes de la decodificación cíclica.
- 45 6. Un aparato receptor para recuperar un mensaje de datos incorporado en una señal de audio recibida, estando codificado el mensaje de datos para una corrección de errores en recepción, FEC, e incorporado en la señal de audio como una pluralidad de ecos cuyas polaridades varían con los valores de datos del mensaje de datos, combinándose los ecos con la señal de audio tras unos retardos apropiados, comprendiendo el aparato:
- 50 un detector de eco (37) que recibe una señal de entrada que presenta la señal de audio y los ecos, y que procesa la señal de entrada para identificar los ecos de la señal de entrada;
- un módulo de recuperación de datos (39) que procesa los ecos identificados para recuperar datos correspondientes a los ecos identificados;
- 55 un decodificador FEC (41) para llevar a cabo la decodificación FEC de los datos recuperados para regenerar el mensaje de datos; y
- caracterizado por** un controlador (91), sensible a un cómputo de errores del decodificador FEC (41), para controlar

el funcionamiento del decodificador FEC (41) para sincronizar el aparato receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida.

7. Un aparato según la reivindicación 6, en el que el detector de eco (37) está configurado para recibir una señal de entrada correspondiente a una secuencia de símbolos, en el que el módulo de recuperación de datos (39) está configurado para procesar los ecos detectados por el detector de eco (37) en un símbolo actual y en los N-1 símbolos anteriores, donde N es el número de símbolos en el mensaje de datos, para determinar un valor de bit para cada símbolo y para proporcionar los valores de bit como un mensaje posible, donde el decodificador FEC (41) está configurado para procesar el mensaje posible para regenerar una palabra de código candidata y para almacenar la palabra de código candidata en una memoria intermedia, donde el decodificador FEC (41) está configurado para generar un cómputo de errores que indica el número de errores identificados en la palabra de código candidata, donde el controlador está configurado para borrar el mensaje de datos candidato de la memoria intermedia si el cómputo de errores es mayor que un umbral, donde tras la recepción de una señal de entrada correspondiente a un símbolo siguiente, el módulo de recuperación de datos (39) está configurado para recuperar un siguiente mensaje posible y el decodificador FEC (41) está configurado para generar una siguiente palabra de código candidata, hasta que el cómputo de errores para la palabra de código candidata sea inferior a un umbral.

8. Un aparato según la reivindicación 6, en el que la señal de entrada comprende una secuencia de mensajes de datos y en el que una sincronización obtenida para el primer mensaje de datos se usa para identificar una sincronización para el siguiente mensaje de datos en la secuencia.

9. Un aparato según la reivindicación 6, en el que el decodificador FEC (41) incluye un decodificador convolucional (123) y un decodificador cíclico (127) y está configurado para reordenar los datos recuperados entre la decodificación convolucional llevada a cabo por el decodificador convolucional y una decodificación cíclica llevada a cabo por el decodificador cíclico.

10. Un aparato según la reivindicación 9, en el que la reordenación es una reordenación pseudoaleatoria de los datos recuperados.

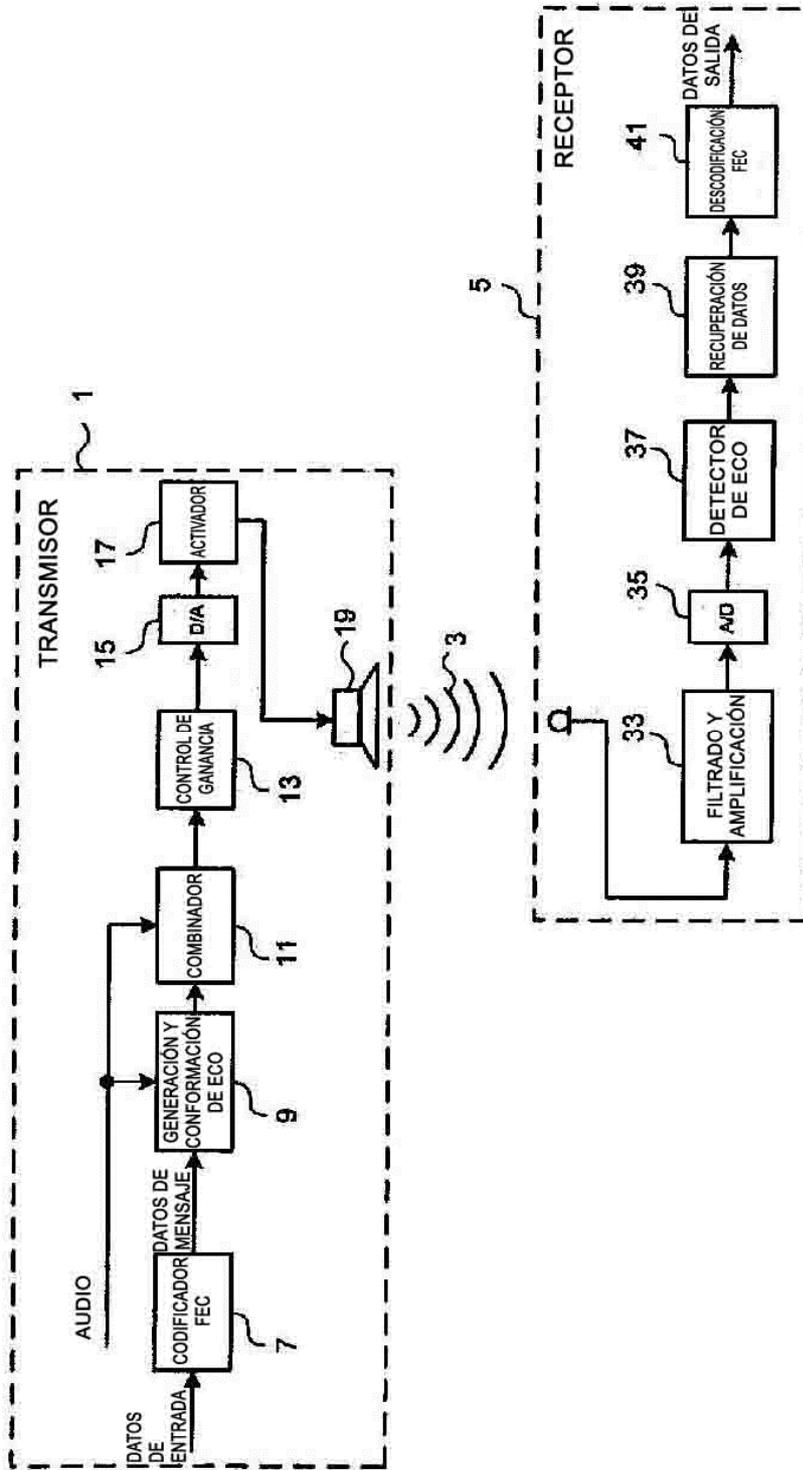
11. Un producto de instrucciones implementables por ordenador que comprende instrucciones implementables por ordenador que hacen que un receptor programable lleve a cabo un procedimiento para recuperar un mensaje de datos incorporado en una señal de audio, estando codificado el mensaje de datos para una corrección de errores en recepción, FEC, e incorporado en la señal de audio como una pluralidad de ecos cuyas polaridades varían con los valores de datos del mensaje de datos, combinándose los ecos con la señal de audio tras unos retardos apropiados, comprendiendo las instrucciones implementables por ordenador:

instrucciones para procesar una señal de entrada recibida que presenta la señal de audio y los ecos, para detectar los ecos y recuperar el mensaje de datos incorporado;

donde las instrucciones para procesar la señal de entrada recibida incluye instrucciones para sincronizar el receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida;

donde las instrucciones incluyen instrucciones para llevar a cabo una decodificación FEC (41) en los datos recuperados; y

donde las instrucciones para la sincronización usan un cómputo de errores de la decodificación FEC para controlar la sincronización del receptor con el mensaje de datos incorporado en la señal de entrada recibida.



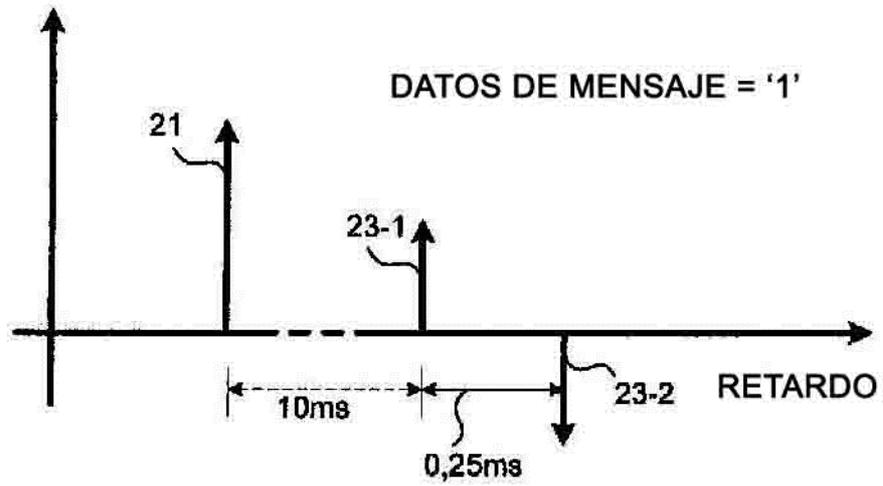


FIGURA 2a

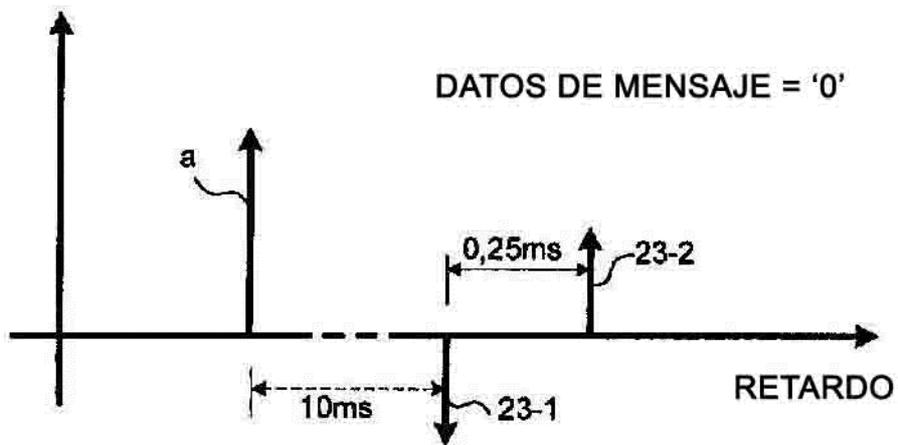


FIGURA 2b

DATOS DE MENSAJE = '1'

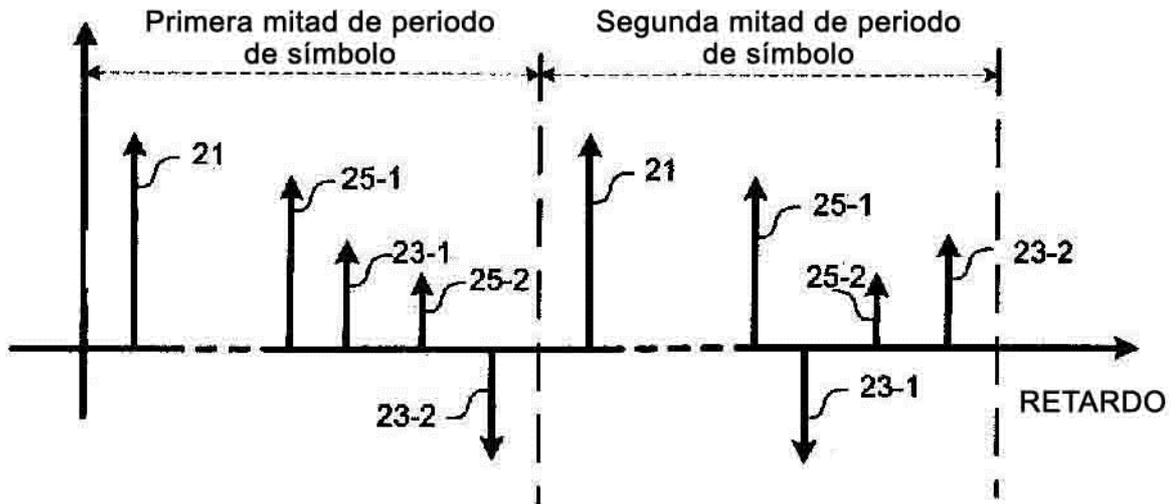


FIGURA 3a

DATOS DE MENSAJE = '0'

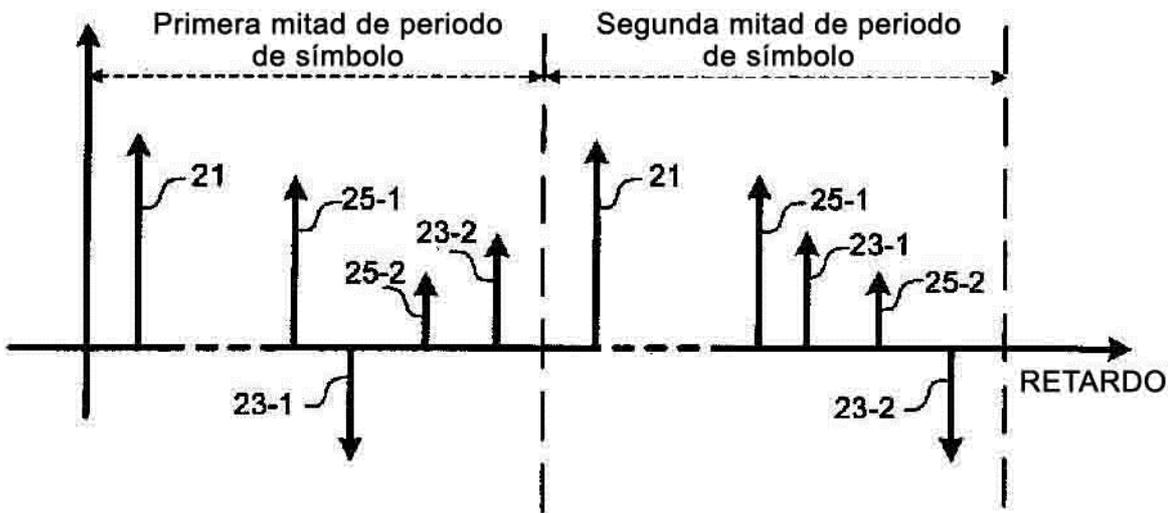


FIGURA 3b

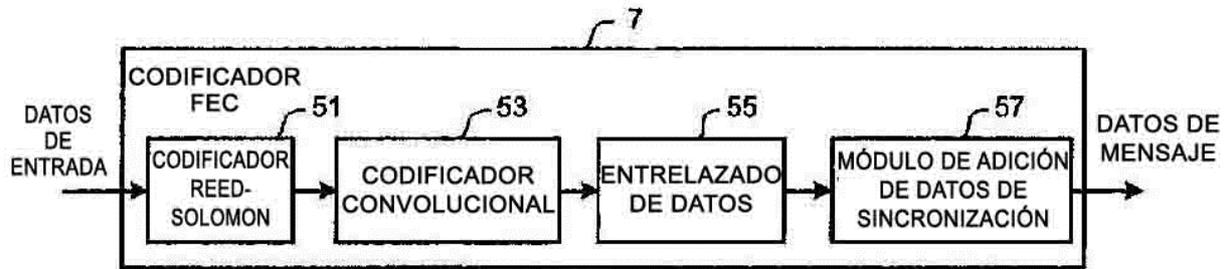


FIGURA 4

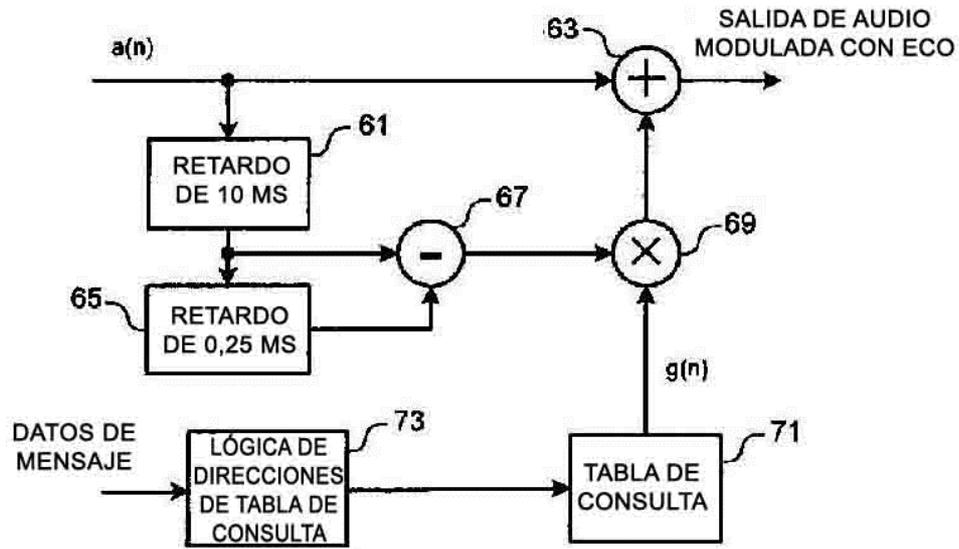


FIGURA 5

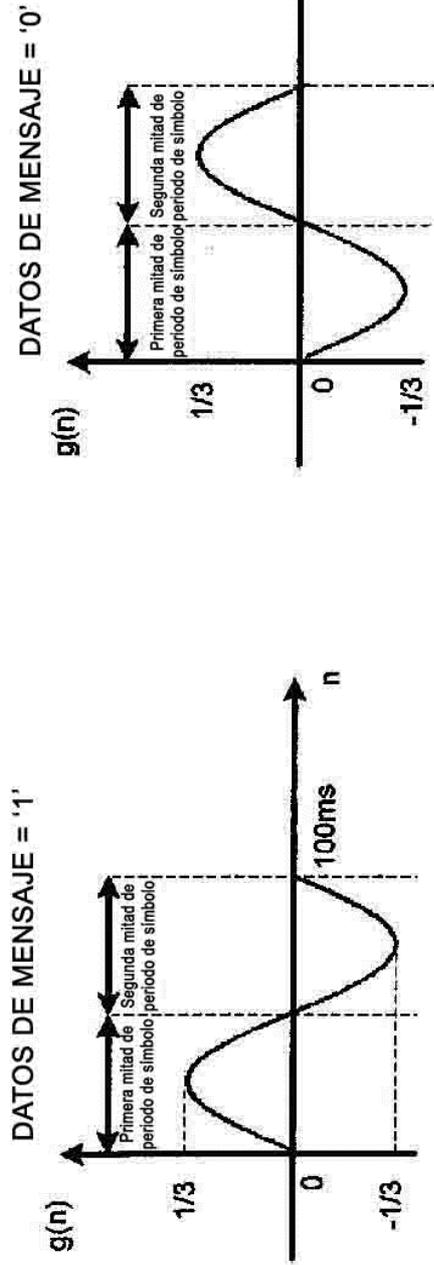


FIGURA 6a

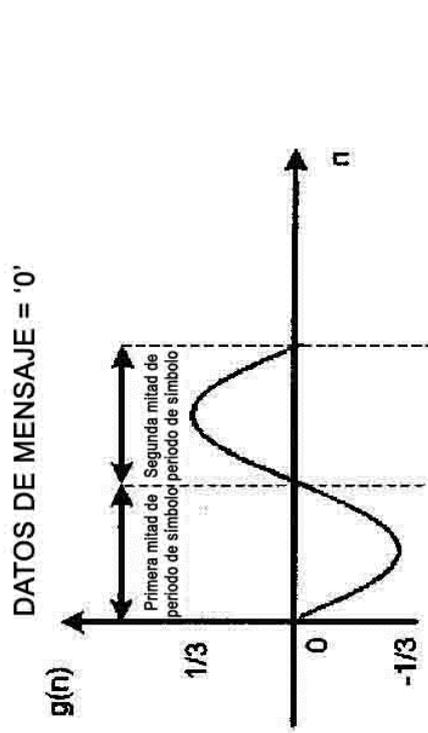


FIGURA 6b

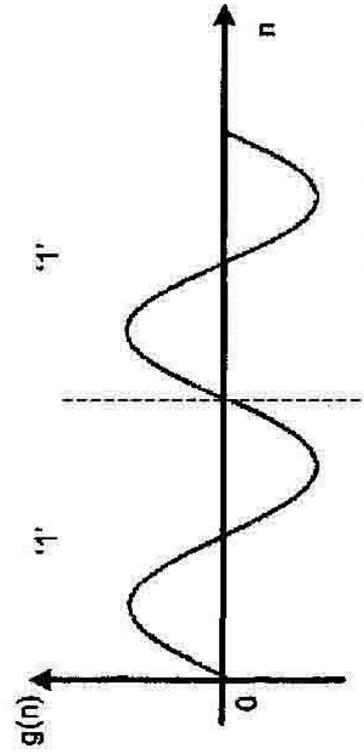


FIGURA 6c

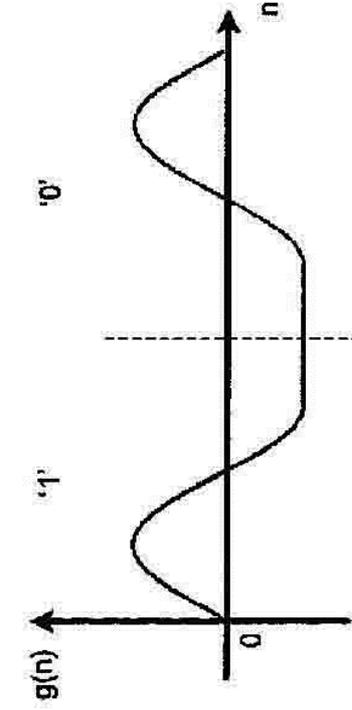


FIGURA 6d

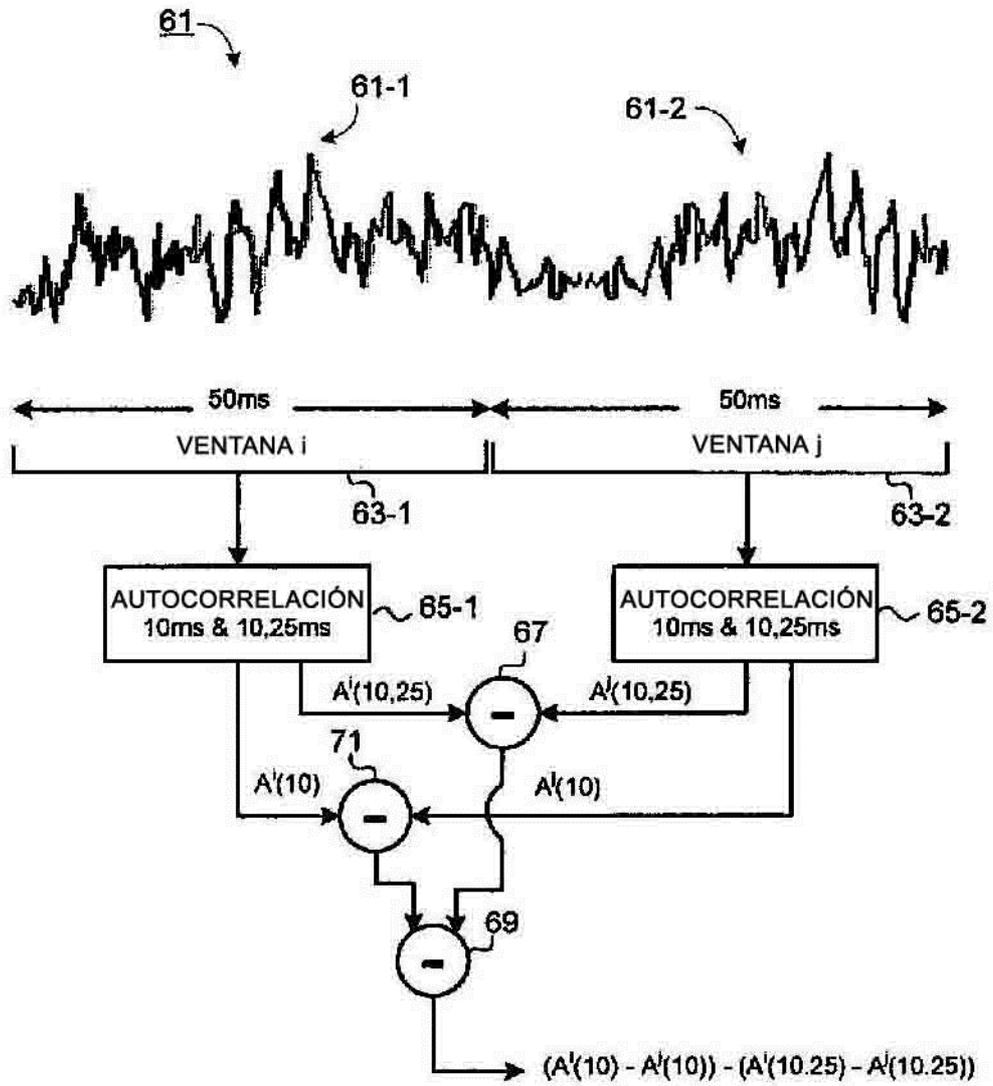


FIGURA 7

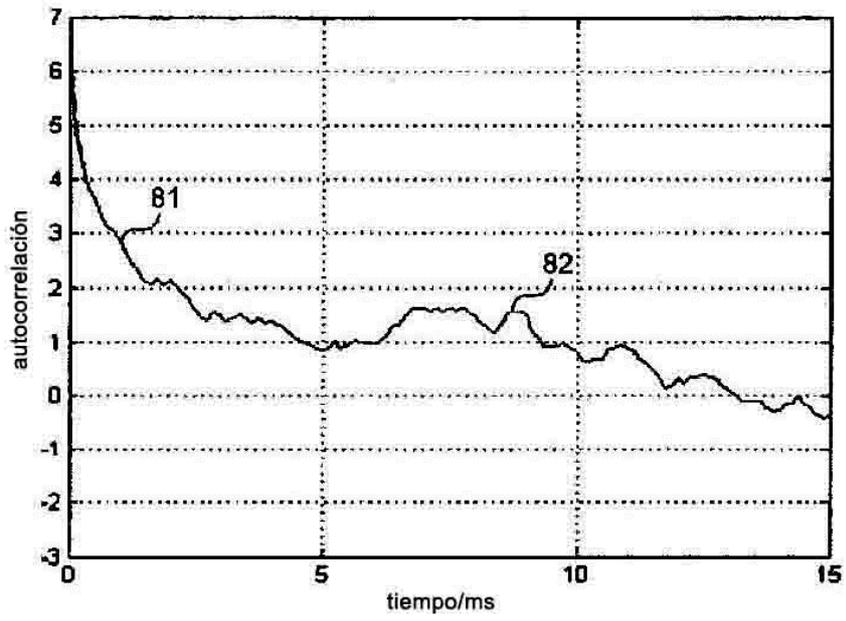


FIGURA 8a

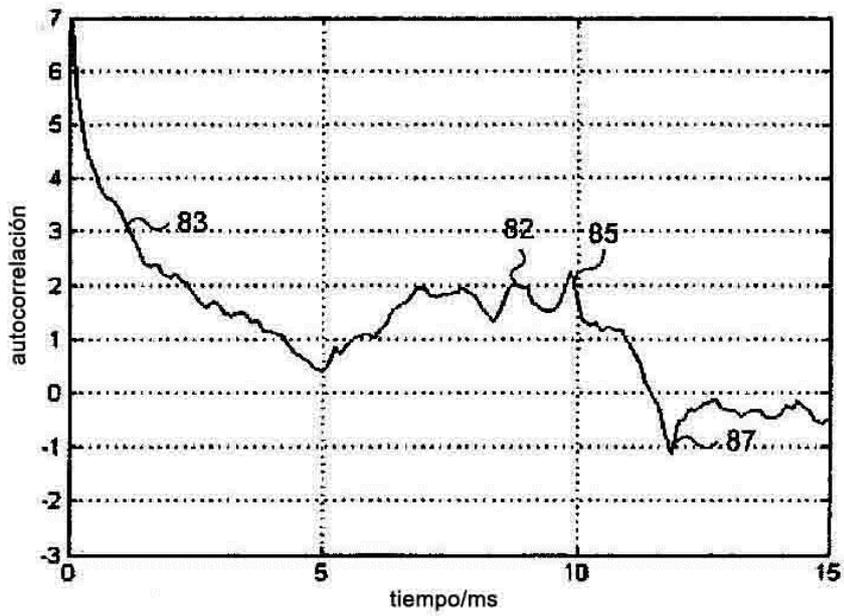


FIGURA 8b

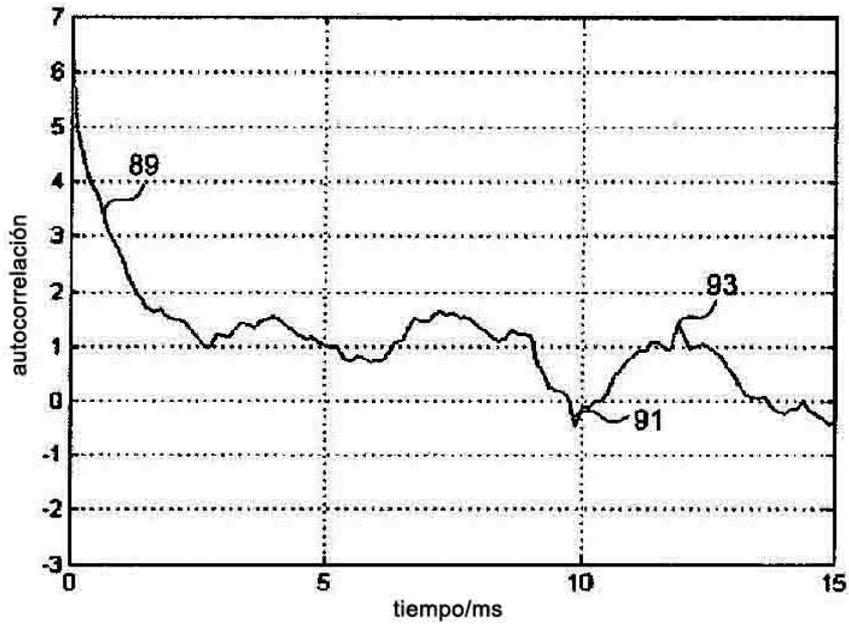


FIGURA 8c

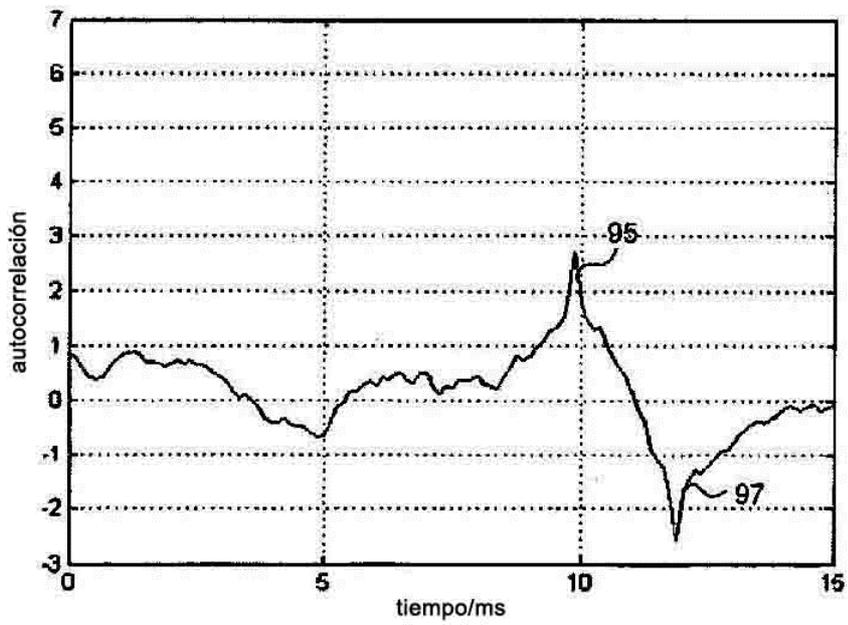


FIGURA 8d

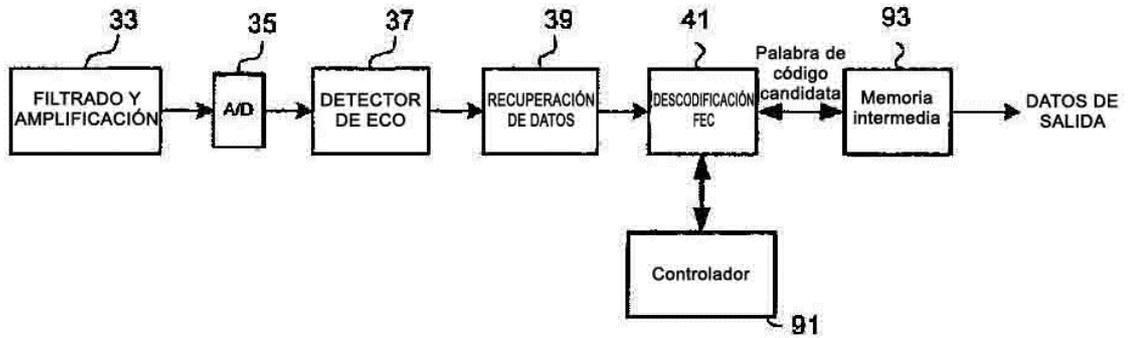


FIGURA 9

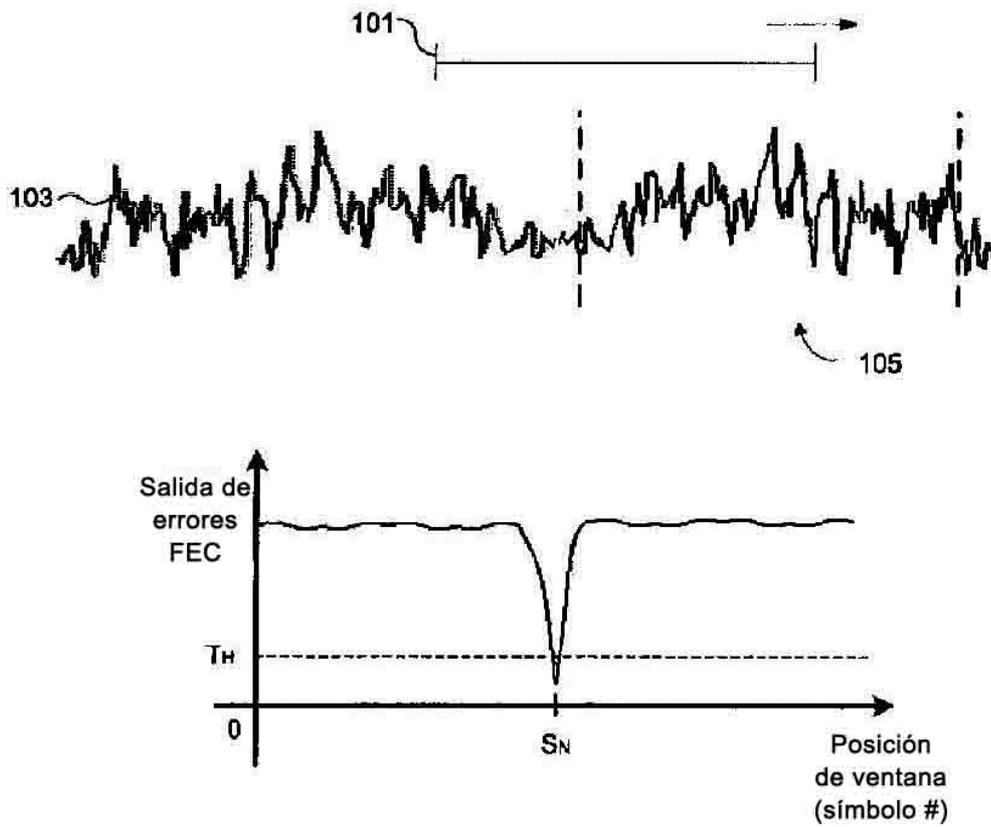


FIGURA 10

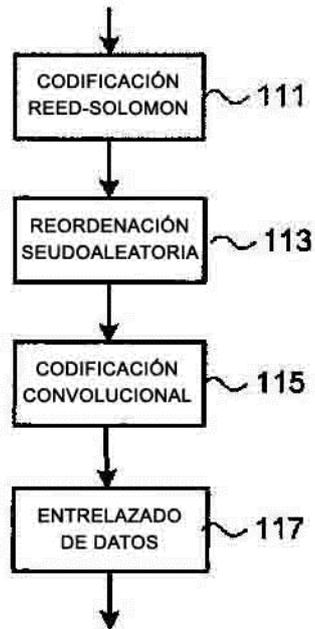


FIGURA 11a

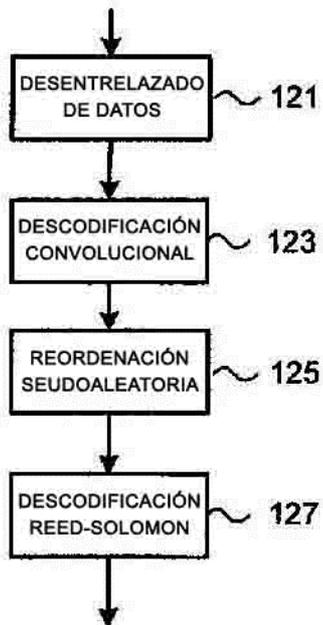


FIGURA 11b