

19



OFICINA ESPAÑOLA DE  
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 557 934**

51 Int. Cl.:

**H04L 27/144** (2006.01)

**H04L 27/156** (2006.01)

**H04B 11/00** (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **20.08.2008 E 08788388 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **30.09.2015 EP 2188922**

54 Título: **Detector de ultrasonidos**

30 Prioridad:

**20.08.2007 GB 0716259**

**19.11.2007 GB 0722671**

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

**29.01.2016**

73 Titular/es:

**SONITOR TECHNOLOGIES AS (100.0%)**

**Drammensveien 288**

**0283 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

**BOOIJ, WILFRED, EDWIN y**

**WELLE, KNUT, OSVALD**

74 Agente/Representante:

**ISERN JARA, Jorge**

**ES 2 557 934 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**

Detector de ultrasonidos

5 La presente invención se refiere a la detección de señales de ultrasonidos por ejemplo para la identificación o posicionamiento de transmisores móviles de ultrasonidos.

10 Ha habido muchas propuestas previas de sistemas que emplean comunicación por ultrasonidos para seguimiento de transmisores (etiquetas) móviles de ultrasonidos, por ejemplo para supervisión de los movimientos de equipos de hospital o contenedores de carga. Los sistemas de posicionamiento interior por ultrasonidos tienen normalmente al menos un receptor de ultrasonidos dedicado en cada estancia de un edificio para dar una información de posicionamiento fiable.

15 El documento WO 97/31437 describe un método tal como se expone en el preámbulo de la reivindicación 1.

La presente invención se dirige a proporcionar alguna mejora y ampliar las posibles aplicaciones de comunicación por ultrasonidos. Cuando se ve desde un primer aspecto la invención proporciona un método para la recepción de datos codificados en una señal ultrasónica de acuerdo con la reivindicación 1.

20 Así se observará por los expertos en la materia que de acuerdo con la invención en lugar del uso de un transductor ultrasónico especializado, se usa un micrófono acústico ordinario diseñado para su uso en el intervalo audible (por debajo de 20 kHz), particularmente uno adaptado para la voz humana. Se puede usar también hardware y software asociado optimizado para la detección y procesamiento de sonidos audibles. Esto es el resultado de que el presente Solicitante se han dado cuenta de que muchos micrófonos ordinarios que se diseñan por ejemplo para la voz humana pueden usarse con éxito para la recepción de señales de ultrasonidos del tipo usado en los sistemas de comunicación de datos codificados en ultrasonidos; y adicionalmente de que el hardware y software de detección de módem, tal como el muestreo digital ofrecido en las tarjetas de sonidos de PC, pueden usarse también para manejar señales ultrasónicas.

30 Los micrófonos de voz ordinarios tienen típicamente una respuesta relativamente plana hasta aproximadamente 10 kilohercios (kHz) que cae entonces gradualmente de modo que hay una respuesta significativamente atenuada a 20 kHz (considerado generalmente como el límite de la audición humana). Sin embargo el presente Solicitante ha hallado que hay aún una respuesta suficiente en los ultrasonidos, es decir por encima de 20 kHz y más típicamente alrededor de 35-45 kHz, para tener la capacidad de recibir y decodificar información codificada en señales de ultrasonidos. Aunque la respuesta de dichos micrófonos bien apartada de su intervalo de diseño puede ser mucho más baja que la que sería a, digamos, las frecuencias vocales, el presente Solicitante reconoce que esto es de mucha menor importancia dado que a las frecuencias de ultrasonidos hay tendencia a que haya muy poco ruido en el ambiente de modo que incluso una respuesta débil puede dar una señal claramente distinguible.

40 La sensibilidad de un sistema de detección de audio (tanto si está limitado por el micrófono como por el hardware y software asociados) mostrará típicamente variación dentro de los intervalos de frecuencia especificados de acuerdo con el tercer y cuarto aspectos de la invención. La primera y segunda sensibilidades serán en general por lo tanto parámetros que caracterizan la respuesta en frecuencia dentro de los intervalos de frecuencia respectivos. La primera sensibilidad podría ser por lo tanto la máxima sensibilidad dentro del intervalo 0-20 kHz, la sensibilidad media o mediana o realmente cualquier otra medición de la respuesta.

45 Preferiblemente la primera sensibilidad es al menos el doble, más preferiblemente al menos cuatro veces la segunda sensibilidad.

50 Mediante el uso de la respuesta "residual" de los micrófonos ordinarios en el intervalo audible, de acuerdo con la invención los sistemas de comunicación por ultrasonidos pueden construirse a coste más bajo en virtud de la amplia disponibilidad y bajo precio de dichos micrófonos. Sin embargo el presente Solicitante ha apreciado un beneficio particular que la presente invención puede dar que es el resultado del hecho de que un número muy grande de PC de sobremesa y portátiles incluyen el suministro de un micrófono, o bien integrado o bien como un accesorio, que puede usarse de acuerdo con la invención para proporcionar parte de un sistema de comunicación por ultrasonidos. Esto mismo es verdad también en dispositivos portátiles habilitados para voz tales como teléfonos celulares y teléfonos inteligentes. El presente Solicitante ha reconocido adicionalmente que la oportunidad de utilizar micrófonos/dispositivos de detección que no están optimizados para ultrasonidos se mejora por la reciente ampliamente extendida disponibilidad de PC, portátiles y otros dispositivos móviles con, por un lado, conversores de analógico a digital de alta calidad que combinan una elevada resolución de bits con elevadas tasas de muestreo; y por otro lado con sofisticados recursos de procesamiento de señal digital.

60 Así, en al menos algunas realizaciones de la invención, simplemente por medio del uso de un software apropiado, se pueden usar dispositivos existentes para implementar sistemas de comunicación por ultrasonidos sin la necesidad de ningún hardware adicional. Esto claramente amplía significativamente el intervalo de posibles aplicaciones.

65

Aunque, como se ha expuesto anteriormente, uno de los posibles beneficios de la invención es la capacidad de utilizar las capacidades integradas de un amplio intervalo de dispositivos para la recepción de ultrasonidos, el presente Solicitante reconoce que no todos los dispositivos actuales tienen las capacidades requeridas. Por ejemplo hay muchos dispositivos de ordenador que se adhieren al estándar del códec de audio AC97 de Intel que tiene un muestreo en calidad CD: 16 bits a 44,1 kilohercios. Aunque esto permite el muestreo en una banda estrecha en el extremo inferior de los ultrasonidos, no es compatible con al menos las realizaciones preferidas de la invención en las que se usa una frecuencia de ultrasonidos de 35 - 45 kHz. Sin embargo la invención se puede implementar usando dichos dispositivos debido a que el aparato de la invención comprende medios para la reducción de la frecuencia de una señal recibida por un micrófono, permitiendo de ese modo el muestreo a una frecuencia inferior.

Los medios para reducción de la frecuencia podrían comprender cualquier disposición apropiada en el dominio analógico para el desplazamiento de la frecuencia de ultrasonidos al intervalo audible. Como se apreciará por los expertos en la materia, los medios para la modulación de la señal recibida a una frecuencia predeterminada darán una frecuencia efectiva más baja, la diferencia entre la frecuencia recibida y la frecuencia predeterminada, por medio de un control de la oscilación de un amplificador que amplifica señales recibidas por el micrófono. Por ejemplo, el control de oscilación podría aplicarse a la ganancia de un amplificador o a la fuente de alimentación de un micrófono. En términos prácticos dicha disposición tiene la ventaja de que podrían emplearse una o ambas en un dispositivo de ordenador tal como un ordenador personal mediante el uso de un control por software de la ganancia relevante o del voltaje de salida del micrófono externo. En consecuencia se podría usar un dispositivo de ordenador existente para la detección de señales de ultrasonidos incluso aunque éste no tenga la capacidad para muestrear señales de ultrasonidos.

La forma de la onda del control de oscilación podría ser cualquier forma conveniente —por ejemplo onda sinusoidal, cuadrada o una forma más compleja—.

Así, en resumen en algunas realizaciones se puede modificar un dispositivo existente para funcionar de acuerdo con la invención mediante la adición de un hardware adecuado. Por ejemplo un micrófono y la electrónica de amplificación/filtrado adecuada que cumpla con los requisitos de sensibilidad de acuerdo con la invención se podría conectar a una entrada analógica de un dispositivo existente. Alternativamente aparatos periféricos que comprendan dicha disposición de micrófono y medios de reducción de la frecuencia se podrían conectar a un dispositivo existente que no tenga la capacidad de procesar señales de ultrasonidos. En una alternativa adicional, se podrían añadir aparatos periféricos que incluyen un micrófono y la electrónica de amplificación/filtrado asociada que cumplan con los requisitos de sensibilidad de acuerdo con la invención y medios de procesamiento digital a la entrada digital de un dispositivo.

Una posible aplicación de los principios de la invención es una implementación mejorada de un sistema de seguimiento de recursos por ultrasonidos en los que se fijan etiquetas móviles a los equipos, por ejemplo en un hospital, y se colocan uno o más receptores en cada estancia u otras localizaciones en las que se requiere seguir el equipo. De acuerdo con la presente invención algunos o todos los receptores en dicho sistema pueden, por ejemplo, implementarse como PC ordinarios. Esto les permite realizar más de una función. Por ejemplo podría ser necesario solamente instalar receptores dedicados en las estancias que no contengan un PC; o terminales para la recepción de la información de seguimiento pueden actuar también como uno de los receptores.

Sin embargo hay muchas otras diferentes posibles aplicaciones que se asocian con los PC y otros equipos convencionales. En un conjunto de realizaciones preferidas se proporciona un sistema que comprende aparatos de acuerdo con la invención y uno o más transmisores de ultrasonidos portátiles adaptados para transmitir una señal ultrasónica que contiene información de identificación de la etiqueta, estando adaptado el aparato para detectar e identificar dicho(s) transmisor(es) cuando está(n) en el alcance de detección del aparato.

Hay muchas circunstancias en las que la capacidad para determinar la presencia de, y para identificar, una etiqueta sería beneficiosa. Por ejemplo se podría usar por un PC o estación de trabajo para reconocer a un usuario particular, tanto para configurar la funcionalidad como para la presentación al usuario; o con finalidades de seguridad para denegar el acceso a menos que se realice una identificación válida. Esto último es claramente más seguro que muchos otros tipos de seguridad dado que requiere la posesión física de un dispositivo de permiso de seguridad (la etiqueta) pero sin requerir ningún hardware adicional en el ordenador tal como un lector de tarjetas inteligentes, escáner de huellas digitales o similar. También mejora la conveniencia dado que se podría implementar de modo que no requiera acción por parte del usuario. De modo similar cuando un usuario se aleja la seguridad puede restablecerse automáticamente sin que el usuario tenga que, por ejemplo, desconectarse. También se conciben aplicaciones para centros que permitan a los candidatos presentar un examen en línea, o en centros de llamadas para supervisar la presencia de trabajadores por dar solo dos ejemplos.

En un conjunto de realizaciones preferidas se proporciona un nivel adicional de seguridad. Esto podría ser por medio de una contraseña, huella digital o escáner de iris, reconocimiento facial, etc. Preferiblemente sin embargo el ordenador se adapta para identificar al usuario a partir de su voz. Aunque el reconocimiento de voz es bien conocido *per se*, el presente Solicitante ha reconocido que hay un beneficio sustancial en la combinación de éste con una identificación por ultrasonidos de acuerdo con la invención dado que ambas pueden conseguirse usando un

micrófono adaptado para la recepción de la voz. En otras palabras no se requiere ningún hardware adicional para implementar esta forma adicional de seguridad —ambas pueden proporcionarse en un único paquete de software, que mantiene los beneficios de ser capaz de realizar un registro sin contacto, pero seguro—.

5 Una característica preferida adicional que puede emplearse en cualquier realización de la invención es para que el transmisor de ultrasonidos portátil transmita un código de identificación que use un protocolo de salto de códigos. Dichos protocolos son bien conocidos *per se* para transmisores portátiles por radiofrecuencia por ejemplo en el contexto de cierres accionados remotamente tal como en coches. El principio es que el transmisor y receptor portátiles están previamente programados con el mismo algoritmo que genera códigos pseudo-aleatorios. El receptor conoce entonces qué código esperar, pero un espía no puede predecir el código siguiente (y por lo tanto construir un transmisor que lo imite) sin conocer el algoritmo. El algoritmo podría ser uno iterativo (de modo que se requiere el conocimiento del lugar actual en la secuencia) o podría basarse en otros datos comunes para transmisor y receptor tales como cierres sincronizados.

10  
15 El uso de etiquetas de ultrasonidos en la clase de aplicaciones descritas anteriormente es beneficioso sobre alternativas tales como las basadas en la comunicación en frecuencia de radio dado que pueden hacerse operativas a través de un alcance más corto y con menos “fugas” (es decir son más direccionales) sin requerir una línea de visión estricta tales como por ejemplo infrarrojos. También hay una necesidad menor de evitar interferencias con otros equipos sensibles a las transmisiones de radiofrecuencias que pueden ser de importancia particular en un hospital en la proximidad de equipos médicos sensibles.

20 Naturalmente el ordenador que está realizando la detección de la etiqueta se podía disponer para controlar un dispositivo externo —por ejemplo para conmutar una luz cuando una persona entra en la habitación y apagarla cuando sale; o para desbloquear/abrir una puerta, etc.—.

25 Cuando se usa equipo no especializado existente es típicamente necesario que no se aplique deliberadamente filtrado de señales de alta frecuencia, aunque esto no es siempre estrictamente esencial dado que puede ser tolerable algún filtrado.

30 Aunque, dadas las distintas bandas de frecuencia, es posible para un único micrófono y medios de recepción y procesamiento asociados recibir y procesar tanto sonidos audibles, por ejemplo la voz, como, de acuerdo con la invención, señales ultrasónicas, se usa preferiblemente un canal de sonido dedicado para la recepción de ultrasonidos. Esto tiene la ventaja de que se puede inhabilitar el control del usuario de ese canal para permitir un funcionamiento continuo de un sistema de comunicación por ultrasonidos con características garantizadas de rendimiento. En realizaciones que emplean reconocimiento de voz como un nivel adicional de seguridad esto podría implementarse usando ambas o cualquier micrófono pero se prefiere usar el mismo canal que para la detección de ultrasonidos, por la misma razón que el acceso y rendimiento puede garantizarse inhabilitando el control del usuario de este canal.

35  
40 En realizaciones preferidas de la invención el micrófono se conecta a, o está integrado con, un dispositivo de ordenador que comprende medios de procesamiento que tienen una asignación dinámica del ancho de banda. También se prefiere que los medios de procesamiento tengan soporte para múltiples flujos, preferiblemente de entrada y salida. Más preferiblemente los medios de procesamiento se disponen para funcionar de acuerdo con la norma High Definition Audio definida por Intel (RTM).

45 De acuerdo con la invención la respuesta máxima del micrófono está preferiblemente por debajo de 30 kHz, más preferiblemente por debajo de 35 kHz.

50 Preferiblemente de acuerdo con la invención solo se usa un único micrófono o par de micrófonos.

La señal de ultrasonidos que se decodifica de acuerdo con la invención puede codificarse en cualquier forma adecuada. En las realizaciones más simples podría ser simplemente una determinación de la frecuencia. Otras posibilidades incluyen modulación por desplazamiento de frecuencia o de fase o realmente cualquier otro régimen de codificación conocido.

55 En un conjunto de realizaciones preferidas la señal de ultrasonidos codificada toma la forma de un patrón secuencial de tonos a diferentes frecuencias. Esto podría estar de acuerdo con un esquema de codificación de modulación por desplazamiento de frecuencia o algún otro esquema de codificación. Para decodificar dicha señal es necesario por lo tanto determinar el patrón de cambios de frecuencia. Los métodos actualmente preferidos comprenden la comparación de la señal recibida con uno o más plantillas predeterminadas.

60 En realizaciones preferidas la señal de ultrasonidos incluye un mensaje que comprende una pluralidad de distintos paquetes y el procedimiento de comparación comprende una primera etapa en la que un mensaje recibido se compara en base a paquetes con una plantilla de paquetes y una segunda etapa en la que se determinan los bits individuales dentro del paquete. La primera etapa permite que se identifique un paquete. La segunda etapa permite entonces una determinación precisa de los bits en ese paquete. Esto es ventajoso dado que se ha descubierto que

da precisión, resultados fiables y en particular es altamente tolerable a desplazamientos Doppler que afectan a los pulsos de ultrasonidos. Dado que se puede emplear este método de modo que se base ampliamente en cálculos matriciales, es particularmente adecuado para microprocesadores de módem.

5 Los métodos preferidos comprenden la etapa de reconstrucción del mensaje a partir de los paquetes constituyentes. Esto se podría realizar antes o después de la segunda etapa.

10 Preferiblemente la señal entrante se somete a una etapa de Transformada de Fourier para permitir el análisis de los componentes de frecuencia de la misma. Se puede usar una Transformada de Fourier Rápida (FFT del inglés "Fast Fourier Transform"). Preferiblemente se usa una Transformada de Fourier de Tiempo Reducido (STFT del inglés "Short-Time Fourier Transform"). Preferiblemente se usa una ventana de Transformada de Fourier móvil.

15 La primera etapa comprende preferiblemente la realización de una correlación cruzada, más preferiblemente una correlación cruzada bidimensional entre la señal transformada en frecuencia (por ejemplo Fourier) y una plantilla de paquete predeterminada. Esto permite que se identifique un paquete de datos a partir del flujo de datos. Se podrían emplear una o más plantillas de paquete. Se diseña el uso de plantillas de paquete que no resuelven entre los valores de bits individuales. Por ejemplo, se podría usar una única plantilla que tenga efectivamente la envolvente de frecuencias para cada posición de bit en la estructura de paquete esperada. Si hubiese más estructuras de paquete en uso, habría entonces más plantillas correspondientes. En el otro ejemplo podría haber una plantilla para cada palabra posible representada por el paquete. En este ejemplo los datos se decodificarían en la primera etapa, actuando simplemente la segunda etapa como verificación.

20 En un conjunto de realizaciones preferidas sin embargo se emplean dos plantillas de paquete, con ventanas correspondientes respectivamente al estado verdadero de todos los bits en una plantilla; y al estado falso de todos los bits en la otra plantilla. La correlación de paquete se calcula a continuación combinando, por ejemplo mediante suma, las puntuaciones de las correlaciones conseguidas por el cálculo de la correlación entre la señal entrante y cada una de las plantillas.

25 Preferiblemente la señal medida y la plantilla se desplazan repetidamente relativamente entre sí tanto en frecuencia como en tiempo para tratar de establecer la mejor correlación. Los desplazamientos en frecuencia permiten la compensación, por ejemplo, del desplazamiento Doppler a nivel del paquete.

30 En algunas realizaciones preferidas la primera etapa comprende el re-escalado en amplitud mediante correlación en el que la señal entrante se normaliza a través de una ventana de tiempo predeterminada para proporcionar una constante de normalización de amplitud, siendo usada la señal normalizada en los cálculos de la transformada de Fourier y de la correlación cruzada posterior y siendo corregidos los resultados finales de la correlación cruzada mediante su multiplicación por la constante de normalización. Esto tiene la ventaja de evitar tener que procesar la transformada de Fourier y las correlaciones cruzadas usando números flotantes que requerirían recursos de computación significativamente mayores en algunas aplicaciones —por ejemplo sistemas embebidos—.

35 La primera etapa comprende también preferiblemente la realización de una correlación de ruido de bits mediante la definición en cada momento de la etapa del nivel de ruido que corresponde al valor de correlación de la correlación del valor del bit "perdido".

40 En algunas realizaciones preferidas, por ejemplo las basadas en ordenadores personales, se usa la multiplicación matricial para calcular las correlaciones cruzadas. En otras realizaciones se realiza mediante el indexado de la matriz de señales. Esto es más eficiente en términos de recursos de procesamiento en los que el detector se implementa en un entorno no vectorizado, tal como en los sistemas embebidos, dado que el presente Solicitante se ha dado cuenta de que la mayor parte de las plantillas son matrices muy dispersas (contienen muy pocos elementos no cero).

45 Preferiblemente se lleva a cabo la correlación adicional a nivel del mensaje mediante correlación cruzada de los picos de correlación obtenidos para cada paquete que compone un mensaje. Esta correlación cruzada comprende preferiblemente el desplazamiento del pico de correlación para cada paquete a un punto en el tiempo común mediante la aplicación de un desplazamiento temporal predeterminado que depende de la posición del paquete en el mensaje. Preferiblemente los picos de desplazamiento de tiempo se combinan para dar un trazado simple, por ejemplo mediante su adición o multiplicación, que podría ser parte del establecimiento de una media aritmética o geométrica de los mismos. Los presentes solicitantes han apreciado que esto es ventajoso porque proporciona una estimación altamente precisa del tiempo de llegada del mensaje dado que los errores de tiempo en los bits individuales se promedian de modo efectivo a través de todos los bits de un mensaje. Esta información de tiempo precisa es útil no solo para la decodificación del mensaje sino también para la determinación de la distancia entre el transmisor y el micrófono —es decir la determinación del tiempo de vuelo— cuando se puede sincronizar la transmisión desde las etiquetas móviles.

60 Los bits individuales podían tener cualquier número de niveles posibles entre los que es necesario resolver cada bit en la segunda etapa. Preferiblemente sin embargo hay bits binarios —es decir cada bit tiene solo dos niveles

posibles—. El paquete tendrá típicamente un pequeño número de bits, por ejemplo menos de 16, preferiblemente menos de 8, preferiblemente 4 bits.

5 Se describirán ahora ciertas realizaciones preferidas de la invención, a modo solamente de ejemplo, con referencia a los dibujos adjuntos en los que:

La Fig. 1 es una representación esquemática de un sistema de comunicación por ultrasonidos de acuerdo con la invención;

10 la Fig. 2 es un diagrama esquemático de un dispositivo ordenador usado para implementar la invención con un micrófono externo añadido;

la Fig. 3 es un diagrama esquemático de un dispositivo de ordenador usado para implementar la invención sin hardware adicional;

la Fig. 4 es un diagrama esquemático de un dispositivo de ordenador usado para implementar la invención con una unidad receptora externa añadido;

15 la Fig. 5 es un diagrama de flujo que ilustra un algoritmo de decodificación de ultrasonidos de acuerdo con la invención;

la Fig. 6 es una trazado de frecuencia contra tiempo para ilustrar una plantilla de 4 bits y un mensaje entrante respectivamente;

las Figs. 7a - 7f muestran varios trazados de correlación;

20 la Fig. 8 es un diagrama esquemático de un módulo receptor externo para ayudar a explicar un principio de la invención; y

la Fig. 9 es un diagrama esquemático de un módulo receptor externo similar al de la Fig. 8 pero capaz también de recibir voz.

25 Con referencia inicialmente a las Figs. 1 y 2, una realización de la invención comprende un ordenador personal (PC) 2 que ejecuta un sistema operativo Windows (RTM) que está conforme con la norma High Definition Audio (HDA) de Intel (RTM). El PC 2 en esta realización se muestra equipado con un único micrófono externo 4. En otra realización (correspondiente a la representación esquemática en la Fig. 3), se proporcionan dos micrófonos fijos 16 en una posición orientada frontalmente (por ejemplo sobre la pantalla de usuario) con una separación de aproximadamente 30 20 cm.

El/los micrófono(s) 4, 16 son/están diseñados para ser sensibles a la voz humana y por ello tienen su respuesta más alta por debajo de 20 kHz pero en cualquier caso mantienen sensibilidad dentro del intervalo de 35-45 kHz sin que se aplique filtrado de estas frecuencias en ningún lado en el canal analógico de la señal antes de que tenga lugar la digitalización. Dos ejemplos de micrófonos comercialmente disponibles adecuados son el Panasonic WM-61A y el Sonion SiMic TC200Z11A disponibles en Sonion Roskilde AS, de Roskilde, Dinamarca.

La norma HDA de Intel (RTM) se diseña para mejorar la experiencia de audio de los PC con un enfoque principal en los PC que ejecutan el sistema operativo Windows (RTM). Hay tres características de la norma HDA que son particularmente beneficiosas (aunque no esenciales) cuando se implementa la presente invención. La primera es que la norma permite una velocidad de salida de datos serie máxima (SDO) de 48 megabits por segundo (Mb/s) y una velocidad de entrada de datos serie máxima (SDI) de 24 Mb/s. La segunda es que el ancho de banda no está fijo sino que puede asignarse dinámicamente de acuerdo con la necesidad. En tercer lugar hay soporte para 40 múltiples flujos de entrada y salida.

45 El ancho de banda de SDI permite una velocidad de muestreo de entrada de 192 kHz con una resolución de 32 bits en dos canales o una velocidad de muestreo de 96 kHz con una resolución de 32 bits en hasta ocho canales. En la realización preferida de la presente invención sin embargo, es suficiente una resolución de 24 bits con una velocidad de muestreo de 96 kHz para tener la capacidad de distinguir y posteriormente decodificar señales de ultrasonidos en el intervalo 35-45 kHz lo que está por tanto claramente dentro de las capacidades disponibles, tanto si se usan uno 50 como dos canales.

Los micrófonos 4, 16 empleados se pueden usar simultáneamente para tareas de sonido ordinarias, tales como voz y telefonía, así como para la recepción de ultrasonidos debido a las capacidades de múltiples flujos y ancho de banda dinámico de la norma HDA descrita anteriormente. Sin embargo, para maximizar el rendimiento y la fiabilidad del sistema de detección de ultrasonidos implementando usando el PC 2, en las realizaciones preferidas el PC 2 se configura de modo que un usuario no pueda inhibir la función de detección de ultrasonidos mediante la interferencia con el volumen o control del enmudecimiento de los canales del micrófono que se usa para el sistema de detección de ultrasonidos. Esto puede conseguirse por software inhabilitando el acceso del usuario a digamos el control de 60 volumen del canal de micrófono derecho asociado con la recepción de ultrasonidos. Este canal también se puede usar para reconocimiento de voz.

Así en una realización preferida el PC 2 tiene dos canales de micrófono (izquierdo y derecho) capaz cada uno tanto para sonidos audibles como para la recepción de ultrasonidos con una velocidad de muestreo de 96 kHz con una resolución de 24 bits (es decir 96.000 muestras por segundo siendo cada muestra de 24 bits). Los canales de 65

micrófono tienen una relación señal a ruido de 60 decibelios de nivel de presión sonora a lo largo de todo el intervalo de frecuencias de 20 Hz-45 kHz.

5 El PC 2 incluye también una base de enchufe externa (no mostrada pero sobre un panel posterior) para la conexión del micrófono externo 4 que sustituye al canal del micrófono derecho cuando está enchufado el micrófono 4 externo (es decir puede detectarse la presencia del enchufe en la base para efectuar la conmutación).

10 En este escenario el canal de micrófono izquierdo está disponible para aplicaciones de voz en donde necesita el ajuste del volumen sonoro por el usuario y/o el software de terceros.

15 Cuando no está completamente enmudecido el canal de audio izquierdo puede usarse además del canal de micrófono de ultrasonidos derecho (volumen sonoro fijo) por el sistema de detección de ultrasonidos para reducir el efecto de interferencia multi-trayecto. De modo similar ambos micrófonos pueden usarse en aplicaciones de audio/voz con finalidad de cancelación de ruido (directividad).

20 El conector externo hace posible situar el micrófono 4 de recepción de ultrasonidos separado una corta distancia del PC (por ejemplo 2-3 metros).

25 De acuerdo con las realizaciones de la invención descritas en el presente documento se proporciona una etiqueta 6 transmisora de ultrasonidos que transmite datos digitales al PC 2 usando modulación por desplazamiento de frecuencia. Más específicamente transmite mensajes de datos de siete paquetes de longitud, estando compuesto cada paquete por cuatro bits. Cada bit es representado por la transmisión de un único tono de un par de frecuencias que dependen de si se está transmitiendo un bit verdadero o falso. Las frecuencias de bit verdadera y falsa pueden considerarse como desplazamientos iguales por encima y debajo de frecuencias medias. Estas frecuencias medias variarán con cada una de las proposiciones del bit en el paquete con un patrón predefinido. Más aún la separación temporal entre bits y entre paquetes está predefinida. La estructura de los mensajes se explica adicionalmente a continuación con referencia a la Fig. 7.

30 Las transmisiones se reciben usando el micrófono 4, 16 que se conecta a una tarjeta de sonido 8 que muestrea la señal recibida para convertirla en datos digitales. La adquisición del sonido se consigue usando las funciones de adquisición de sonido que están integradas dentro de Labview (marca registrada) disponible en National Instruments. Estas funciones llaman a las funciones dll DirectSound (marca registrada) de Microsoft. DirectSound es un componente de software de la librería DirectX suministrada por Microsoft, que reside en un ordenador con sistema operativo Windows. Proporciona una interfaz directa entre las aplicaciones y los controladores de las tarjetas de sonido.

35 La señal digitalizada se pasa a la CPU 10 en donde se decodifica de modo que se puede recuperar el mensaje de datos original que contiene. Esto se describirá con mayor detalle a continuación con referencia a las Figs. 5 a 7. Los datos decodificados se pasan a continuación a una tarjeta de red 12, tal como una tarjeta Ethernet, para ser comunicados a una red de datos 14. Naturalmente se podría emplear cualquier otra red adecuada tal como una red inalámbrica o el PC podría en su lugar ser una máquina independiente.

40 La Fig. 3 muestra una realización alternativa. En esta realización en lugar de un micrófono externo 4, el PC 2 tiene un micrófono integrado 16. Los requisitos y características de éste son como los de la realización previa. En esta realización por lo tanto no se requiere ningún hardware adicional y la invención se puede implementar en un ordenador convencional con la adición del software adecuado. Los otros elementos son comunes a la descripción anterior y por lo tanto tienen dados los mismos números de referencia.

45 La Fig. 4 muestra otra realización posible. Esta tiene tanto un micrófono externo 16 como un reductor de frecuencia 18 que convierte las señales ultrasónicas en el intervalo 35-45 kHz al intervalo 0-10 kHz. Esta se suministra a la entrada de línea de una tarjeta de sonido 8 de PC estándar. Típicamente el micrófono 16 y el reductor de frecuencia 18 se podrían alojar en un paquete común. Realizaciones como esta son de uso particular donde el canal de sonido del PC no es suficientemente sensible a las frecuencias ultrasónicas —por ejemplo debido a que se aplica un filtrado deliberado—.

50 El proceso de decodificación de la señal se describirá ahora con referencia a la Fig. 5 que es un diagrama de flujo que ilustra las etapas lógicas principales del mismo. En la primera etapa 20 se muestrea la señal analógica para convertirla a una señal digital. Típicamente el sonido se muestrea a 96.000 muestras por segundo a 24 o 32 bits por muestra, aunque se ha establecido que serían adecuados 18 bits. Las muestras se almacenan en una memoria intermedia 22 de tamaño suficiente para 48.000 muestras (es decir medio segundo). Esto corresponde a un tamaño de memoria intermedia de 141 kB si se usa un muestreo con 24 bits.

55 El flujo de bits que sale de la memoria intermedia 22 se filtra para que contenga solamente la banda de ultrasonidos de interés (35-45 kHz) usando una rutina 24 de filtro de respuesta a impulsos finita (FIR). En realizaciones que emplean el reconocimiento de voz ésta puede filtrarse a partir de la señal en bruto y procesarse por separado.

- 5 En la siguiente etapa 26 la señal filtrada se somete a continuación a un diezmado (en algunos sistemas) y procesado por la CPU 10 usando una rutina de transformada de Fourier rápida (FFT) para permitir el análisis de la señal entrante en el dominio de la frecuencia. El tamaño de los grupos de datos leídos desde la memoria intermedia 22 de digitalización es el producto de la longitud de las muestras para procesar en la rutina FFT (típicamente 20-256 muestras) por el número de tramas de desplazamiento a leer (típicamente 10-100), con la limitación de que este producto debería ser más pequeño que el tamaño de la memoria intermedia. Las tramas de desplazamiento son muestras desplazadas en el tiempo con relación al tiempo de recepción real, cuya finalidad quedará clara a continuación.
- 10 La etiqueta 6 transmite usando una longitud de bits de 20 milisegundos. Por otro lado se usa una longitud de trama FFT de 32 milisegundos que es sustancialmente más larga. Esto es ventajoso dado que significa que son tenidos también en cuenta en la FFT los ecos con una longitud de trayecto adicional menor de 12 ms multiplicados por la velocidad del sonido (es decir aproximadamente 4 metros).
- 15 A continuación se lleva a cabo en la etapa 28 una transformada de Fourier de tiempo reducido (STFT). Esta consiste en una secuencia de transformadas de Fourier con un desplazamiento fijo en el tiempo. El número de puntos en la trama de tiempo usadas en la transformada de Fourier rápida (FFT), es decir la longitud FFT, puede ser más pequeño que el número de puntos usados en el cálculo FFT (tamaño FFT). Esto puede usarse para incrementar la resolución de frecuencia de la transformada de Fourier con el coste de una potencia adicional de cálculo.
- 20 Típicamente el tamaño FFT se fija en aproximadamente el doble de la longitud FFT pero siempre una potencia de dos. Si la señal entrante no se añade a un múltiplo de la longitud de FFT y la combinación de desplazamiento, el resto de la señal (no transformada) se almacena en una memoria intermedia local y se añade al inicio del siguiente grupo de datos entrante.
- 25 El filtro preciso aplicado a la etapa 24 de filtrado depende del factor de diezmado a ser aplicado en la siguiente etapa 26 (si realmente se aplica algún diezmado para evitar solapamiento de la señal de ultrasonidos y otras señales de audio cuando se realiza el diezmado). Si, por ejemplo, no se emplea un diezmado o un factor de diezmado de tres, se usa una FFT real. Si se usa el diezmado por un factor de cinco se realiza el STFT mediante la realización de unas FFT separadas sobre la parte real e imaginaria del flujo de datos de la señal después de lo que se combinan los
- 30 resultados para obtener una señal FFT real de nuevo.
- Una vez se han aplicado las transformadas de Fourier apropiadas se analiza la distribución de frecuencias para determinar los datos codificados.
- 35 Para verificar que se ha recibido un mensaje válido y para descodificar los datos codificados en ese mensaje, se llevan a cabo tres niveles de correlación. En primer lugar se identifican los paquetes dentro de la señal en la etapa 30. Estos se usan a continuación colectivamente para asegurar que es válido el mensaje completo (haciendo uso de la separación esperada entre paquetes en un mensaje válido) en la etapa 32. Esto se usa a su vez para hallar picos del paquete en las etapas 34 y 36. Posteriormente se lleva a cabo la correlación en las etapas 38 y 40 sobre los bits individuales dentro de los paquetes para determinar si son verdaderos o falsos. Estas etapas 30 - 40 se explicarán con detalle adicional a continuación con referencia a las Figs. 6 y 7.

#### Correlación de paquetes 30

- 45 Se definen dos plantillas de paquete 42, 44 para identificar paquetes dentro de la señal. Esto se muestra en el lado izquierdo de la línea vertical en la Fig. 6. El patrón de las plantillas es dictado por el esquema de comunicación (es decir los cambios en la frecuencia media entre las cuatro posiciones de bit diferentes), los parámetros de adquisición, la longitud de bit y la dispersión de frecuencia especificada. Una plantilla 42 corresponde a los valores de frecuencia para los bits verdadero en cada posición de bit; y la otra plantilla 44 corresponde a los valores de frecuencia para los bits falso en cada posición de bit. Son conocidas así como las plantillas verdadero y falso respectivamente.
- 50 Cada plantilla 42, 44 comprende píxeles con un valor de  $1/(\text{longitud del bit} * \text{dispersión de frecuencia})$ . El signo del píxel (es decir si está por encima o por debajo de la frecuencia media para una posición de bit dada) se determina mediante si es un bit verdadero o falso. El número de píxeles a lo largo del eje del tiempo es dado por el cociente de la longitud del bit y la duración del desplazamiento STFT. La dispersión de frecuencia se puede especificar por un usuario. Se debería seleccionar empíricamente para asemejarse a la dispersión de frecuencia observada de un mensaje de ultrasonidos de trayecto directo.
- 55 A lo largo del eje de la frecuencia (eje y) las plantillas se incrementan añadiendo ceros de "ancho de búsqueda f" tanto en el intervalo de frecuencia más bajo como más alto. Estas actúan como memorias intermedias para la correlación de desplazamiento de frecuencia para determinar el desplazamiento Doppler.
- 60 Los resultados STFT 46 entrantes se comparan contra las dos plantillas 42, 44 usando una correlación cruzada bidimensional: ambas plantillas se desplazan a lo largo de los ejes de frecuencia y tiempo. Para cada posición de tiempo y frecuencia cada una de las plantillas verdadero y falso generará una puntuación de correlación cruzada.
- 65



Estas puntuaciones se suman a continuación para dar una puntuación para ese desplazamiento de frecuencia y tiempo. La combinación de desplazamiento de frecuencia y tiempo que da el valor más alto para esta puntuación sumada se denomina como la correlación cruzada "ganadora".

5 Se puede producir una traza que es un gráfico del valor de la correlación en función del tiempo. Esto se consigue mediante el cálculo de la correlación del paquete, separado por muestras "desplazadas", tal como se ha descrito anteriormente. El pico en esta traza representa la correlación más alta de la señal entrante con las plantillas 42, 44 de bits verdadero y falso sumadas en ese instante de tiempo y para todos los desplazamientos Doppler permitidos. Según continúa el proceso de correlación (se lleva a cabo continuamente), se encontrará el siguiente paquete y de ese modo se generará otro pico. Así en el tiempo en el que se ha recibido un mensaje completo habrá siete picos en la traza de correlación en el ejemplo actualmente descrito.

15 Un ejemplo de una traza de correlación se puede ver en la Fig. 7a. Aunque se suman las puntuaciones de correlación para todos los 4 bits de cada plantilla del paquete 42, 44 para producir la traza en la Fig. 7a, también se registran las puntuaciones de correlación para cada posición de bit. Estos se muestran en las Figs. 7c a 7f correspondiendo la Fig. 7c al bit 1; correspondiendo la Fig. 7d al bit 2; correspondiendo la Fig. 7e al bit 3; y correspondiendo la Fig. 7f al bit 4. En estos gráficos las correlaciones de las plantillas de bits falso tienen asignados valores negativos. Así por ejemplo en la Fig. 7c el bit 1 es verdadero en los primeros 3 paquetes, falso en el cuarto, verdadero en el quinto y falso en el sexto y séptimo paquetes. Estos gráficos permiten estimaciones directas de los valores de los bits pero se expone a continuación un método más preciso y fiable de determinación de éstos.

La correlación de ruido a nivel de bit se realiza mediante la definición en cada etapa en el tiempo de un nivel de ruido que corresponde al valor de correlación de la correlación del valor del bit "perdido".

25 La rutina de correlación tiempo-frecuencia expuesta anteriormente genera la correlación de paquetes como una función del tiempo (Fig. 7a) que puede usarse a su vez a continuación para la detección de umbrales y picos para determinar la localización de los paquetes. La rutina también pone a disposición las matrices de correlación y ruido a nivel de bit y el índice Doppler del paquete que se usa para rutinas posteriores para hallar el desplazamiento Doppler a nivel de bit y el signo del bit ganador.

30 La rutina descrita anteriormente almacena los resultados de correlación en memorias intermedias que son al menos suficientemente grandes para mantener los resultados de correlación STFT de un mensaje con algún almacenamiento intermedio.

35 Se lleva a cabo opcionalmente un re-escalado de la amplitud por correlación en el que se normaliza la señal entrante a través de una ventana de tiempo predeterminada para proporcionar una constante de normalización de amplitud, se usa la señal normalizada en los cálculos de transformada de Fourier y correlación cruzada posteriores y los resultados finales de la correlación cruzada se corrigen mediante su multiplicación por la constante de normalización. Esto tiene la ventaja de evitar tener que procesar las transformadas de Fourier y correlaciones cruzadas usando números flotantes. Esta es una consideración importante para por ejemplo sistemas embebidos en donde el uso de números flotantes lleva a una sobrecarga de computación elevada.

### Correlación del mensaje 32

45 La periodicidad conocida de los paquetes de todo mensaje puede aprovecharse para llevar a cabo la verificación del mensaje y para obtener una temporización precisa para los bits. Conociendo que un mensaje consiste en n paquetes con una separación en el tiempo de k intervalos de tiempo, entonces se calcula, para cada instante en el tiempo, la media aritmética o geométrica a través de las últimas n muestras separadas por k intervalos de tiempo. En el ejemplo descrito en el presente documento, donde un mensaje comprende siete paquetes, se toma una muestra para cada uno de los siete paquetes, estando separadas las muestras por la separación de paquetes. Se calcula a continuación la media aritmética o geométrica para dar un único pico 48 de correlación, a nivel del mensaje. Esto puede verse en la Fig. 7b. Efectivamente los picos de correlación de paquetes individuales están cada uno desplazados en el tiempo en una cantidad dependiente de su posición en el mensaje de modo que se colapsan todos en el mismo punto en el tiempo y se toma la media (aritmética o geométrica) para producir el pico único. Se ha descubierto que para paquetes de corta longitud (por ejemplo 3 bits) una media aritmética funciona mejor. Para longitudes de paquetes más largas (por ejemplo 7 bits) funciona mejor una media geométrica.

60 Como resultado del promediado, el proceso anterior produce siempre un pico 48 claro incluso si un pico de correlación del paquete es muy bajo o faltante. De hecho el pico 48 tiene la forma de una función de sincronización  $-\text{sen}(x)/x$  como puede verse en la Fig. 7b—. Las dos bandas laterales de esta función 50 tienen una proporción predeterminada de la altura del pico principal 48, y esta relación es altamente invariante respecto a otros factores. Se usa por lo tanto para la verificación del mensaje. Si la relación esperada no está presente dentro de un umbral predefinido, el mensaje potencial se descarta como ruido.

65 En la etapa 34 se analiza la correlación del mensaje en función del tiempo respecto a picos y se visualizan los picos en el gráfico de correlación paquete/mensaje. El hallazgo de picos se realiza usando una rutina Labview integrada.

El hallazgo de picos se realiza usando una memoria intermedia de datos interna que asegura que se analiza cada punto de tiempo/datos en la correlación del mensaje (evitando de ese modo discontinuidades en los límites de las tramas STFT).

5 Se calcula el pico más alto que puede obtenerse por la rutina de correlación del mensaje y proporciona una indicación de tiempo precisa para la llegada del mensaje (dado que los desplazamientos aplicados a los paquetes para producirlo son conocidos con precisión). Esta información de tiempo se puede usar a continuación para el hallazgo del pico del paquete en la etapa 36 y para la etapa dos de la decodificación (etapas 38 y 40) en donde se determina si son verdadero o falso los bits individuales en cada paquete. El presente Solicitante ha apreciado que la  
 10 rutina expuesta anteriormente da una indicación muy precisa y rigurosa del tiempo de llegada del mensaje dado que toma efectivamente una media de todos los 28 bits que componen un mensaje. De ese modo aunque el error de tiempos inherente puede tener una proporción relativamente grande frente a la duración de los bits individuales (que es de 20 ms en este ejemplo), la media a través de todos los bits reduce dramáticamente el error proporcional. El conocimiento riguroso y preciso del tiempo de llegada del mensaje es útil no solamente para la decodificación del  
 15 mensaje sino también para dar información del tiempo de vuelo. Esto permite que se determine con precisión la distancia de la etiqueta transmisora móvil, típicamente hasta unos pocos centímetros. Esto mejora adicionalmente las aplicaciones posibles a las que puede aplicarse con éxito la invención.

20 La rutina descrita anteriormente almacena los resultados de la correlación en memorias intermedias que son al menos suficientemente grandes para mantener los resultados de correlación STFT de un mensaje con algún almacenamiento intermedio.

Determinación del bit

25 Una vez se ha identificado el pico central del mensaje 48 en la etapa 34, se calculan los picos del paquete en la etapa 36, se analizan las correlaciones del bit hallando picos de bits en la etapa 38 para identificar el valor de cada bit en la etapa 40. La rutina toma la localización del tiempo (memoria intermedia) del pico del mensaje central identificado 48 y analiza el contenido de la diferencia y suma de correlación del bit.

30 Para cada bit se realiza un cálculo de si se da la correlación máxima en la correlación positiva o en la negativa. El resultado de éste se usa para seleccionar el índice Doppler "ganador". El índice Doppler se almacena a continuación tal como lo es el signo con la correlación del bit, la correlación del ruido a nivel de bit, la correlación del paquete y la correlación de ruido del paquete.

35 Cuando se decodifican los 7 paquetes (en este ejemplo) el paquete se puede ensamblar en la etapa 52 y llevarse a cabo una comprobación de redundancia cíclica sobre el mensaje decodificado.

40 En el mensaje usado anteriormente de un mensaje de 28 bits desde el transmisor de ultrasonidos móviles el formato del mensaje puede incluir un código de identificación, información de estado (por ejemplo nivel de batería, si es fijo o móvil) y una comprobación de error tal como la comprobación de redundancia cíclica de 7 bits. Esto lo hace adecuado para una variedad de diferentes aplicaciones tales como seguimiento de recursos, verificación de identidad de seguridad etc. Se podría realizar una estimación de la proximidad por la intensidad de la señal que puede ser suficiente para representar ciertas operaciones cuando un usuario está dentro de un alcance predeterminado de un ordenador.

45 El método de decodificación del mensaje expuesto en el presente documento da una forma altamente robusta y precisa de decodificación de los datos codificados sobre tonos de ultrasonido, especialmente cuando estos se detectan por micrófonos y medios de recepción asociados no diseñados para la recepción de ultrasonidos. Esto hace el uso de los sistemas de recepción de audio existentes altamente adecuados para su uso en aplicaciones de  
 50 comunicación por ultrasonidos.

55 Como se ha explicado previamente los datos codificados podrían ser por ejemplo un código de identificación. En algunas realizaciones preferidas esta podría disponerse como parte de un protocolo de salto de códigos siendo usados algoritmos similares en el transmisor y receptor para generar y verificar respectivamente los códigos. Esto hace al sistema incluso más seguro dado que incluso aunque un espía fuera capaz de estar suficientemente próximo para interceptar una transmisión desde la etiqueta, no sería posible para él usar esto para construir un transmisor que la imite y por lo tanto obtener una identificación falsa.

60 El presente Solicitante ha reconocido que en el momento actual hay un gran número de ordenadores en existencia que no tienen las capacidades de audio ideales explicadas anteriormente. Sin embargo estos aún pueden beneficiarse de los principios de la invención mediante el uso de un reductor de frecuencia. Se describirá una disposición en referencia a la Fig. 8 que ilustra los principios de la reducción. De acuerdo con la invención, la reducción se lleva a cabo aplicando un control de oscilación a un amplificador que amplifica las señales recibidas por el micrófono para modular la señal ultrasónica a una frecuencia predeterminada.

65

En la Fig. 8 se puede ver un micrófono habilitado para ultrasonidos 60, cuya señal pasa a través de un filtro paso banda 62 hasta un mezclador 64. El filtro paso-banda 62 pasa las frecuencias de ultrasonidos en el intervalo 35-45 kHz para impedir solapamiento entre ellas.

5 La segunda entrada al mezclador 64 es desde un oscilador local 66. La salida desde el mezclador 64 se pasa al conector para su enchufe dentro de la base de entrada del micrófono de una tarjeta de sonido 68 de PC ordinario. Convenientemente el micrófono y otros circuitos pueden ser alimentados desde el voltaje suministrado por la entrada del micrófono de la tarjeta de sonido 68 de PC estándar. El efecto de mezcla de la señal recibida desde el micrófono 60 con la del oscilador local 66 es efectivamente restar las frecuencias respectivas (siendo equivalente la multiplicación en el dominio del tiempo a una adición/resta en el dominio de la frecuencia). La señal entrante se reduce en frecuencia de modo efectivo en una cantidad fija. El filtro paso banda antes del mezclador ayuda a impedir el solapamiento de la señal convertida con señales audibles en el mismo intervalo de frecuencias.

10 El micrófono podría ser, por ejemplo, un micrófono de condensador Panasonic wm-61. Estos micrófonos contienen un transistor de efecto de campo (FET) dentro de su paquete que en uso normal se diseña para tener una polarización de voltaje fija de aproximadamente 1 voltio aplicada a él. Sin embargo la aplicación de la señal oscilante desde el oscilador local 66 a la entrada de polarización del FET, actúa como el mezclador 64. En una configuración alternativa se podría usar un transductor piezoeléctrico resonante Murata Piezotite (RTM) en lugar del micrófono 60. Esto obviaría la necesidad de proporcionar un filtro paso banda 62 separado dado que estos tienen una característica de ancho de banda estrecho por naturaleza. Un ejemplo de un transductor adecuado es el MA40S4S o el MA40B8R/S de Murata Manufacturing Co., Ltd, Kyoto, Japón. Si se usa dicho transductor se requiere un FET u otro mezclador por separado.

15 Para dar un ejemplo específico si se proporciona por el oscilador local una frecuencia de mezclado de 32,67 kHz, entonces estas señales de ultrasonidos se reducirán en el intervalo 35-45 kHz para descender a la banda 2,33-12,33 kHz. Esta señal se pasa a continuación a la tarjeta de sonido que tiene una velocidad de muestreo de 44,1 kHz a 16 bits. Esto es claramente suficiente para digitalizar la señal reducida en frecuencia y permitir que se la procese en exactamente la misma forma que en las realizaciones descritas anteriormente.

20 La Fig. 9 muestra una modificación de la disposición de la Fig. 8. Esta disposición permite que se use la entrada de micrófono en la tarjeta de sonido 68 para voz ordinaria así como para procesamiento de señales de ultrasonidos reducidas, tal como se han descrito con referencia a la disposición de la Fig. 8 anterior. En consecuencia se proporciona un segundo micrófono 70 para recoger la voz que se pasa a través de un filtro paso bajo 72 y se dirige al interior de la tarjeta de sonido 68. El filtro paso bajo 72 tiene un corte a aproximadamente 8 kHz. Esto asegura que las frecuencias de voz ordinarias (100-6.000 Hz) se pasan mientras se bloquean los sonidos a frecuencias más altas. Por otro lado, fijando la frecuencia del oscilador local 66 en esta realización a 25 kHz, las señales de ultrasonidos en el intervalo 35-45 kHz se reducirán de modo que ocupen el intervalo 10-20 kHz. Esto asegura que las señales de voz y ultrasonidos permanecen claramente distintas entre sí en frecuencia y de ese modo pueden separarse fácilmente después de la digitalización.

25 Aunque no se ha descrito explícitamente, el sistema podría también recibir y analizar la voz en relación a frecuencias y patrones característicos que permitan que se identifique de modo independiente a un usuario que lleve una etiqueta para actuar como un nivel adicional de seguridad.

**REIVINDICACIONES**

1. Un método para recepción de datos codificados sobre una señal ultrasónica que comprende:
- 5 detección de dicha señal ultrasónica usando un micrófono (60); reduciendo la frecuencia de dicha señal ultrasónica; y decodificando electrónicamente (30-40, 52) esa señal para determinar esos datos, caracterizado por el micrófono que tiene su respuesta más alta por debajo de 20 kilohercios y por dicha reducción que se realiza aplicando un control de oscilación a un amplificador que amplifica las señales recibidas por el micrófono para modular la señal ultrasónica a una frecuencia predeterminada.
- 10 2. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 que comprende la aplicación de un control de oscilación a la ganancia del amplificador.
- 15 3. Un método de acuerdo con la reivindicación 1 o 2 que comprende la aplicación del control de oscilación al voltaje de alimentación al micrófono (60).
- 20 4. Un método de acuerdo con cualquier reivindicación precedente que comprende adicionalmente la comparación (30-40) de la señal detectada con una o más plantillas predeterminadas (42, 44).
- 25 5. Un método de acuerdo con la reivindicación 4 en el que dicha señal detectada comprende una pluralidad de distintos paquetes y dicho procedimiento de comparación (30-40) comprende una primera etapa (30-36) en la que se compara un mensaje recibido (46) en base a un paquete con una plantilla de paquetes (42, 44) y una segunda etapa (38, 40) en la que se determinan los bits individuales dentro del paquete.
- 30 6. Aparato para la recepción de una señal ultrasónica que comprende:
- un micrófono (60);
  - un amplificador para la amplificación de las señales recibidas por el micrófono;
  - medios para reducir la frecuencia de una señal ultrasónica recibida por el micrófono; y
  - medios (12) para la decodificación electrónicamente de dicha señal,
- 35 caracterizado por que el micrófono tiene su respuesta en frecuencia más alta por debajo de 20 kilohercios y porque dichos medios de reducción comprenden medios (64, 66) para modulación de la señal ultrasónica a una frecuencia predeterminada mediante la aplicación de un control de oscilación al amplificador.
- 40 7. Aparato de acuerdo con la reivindicación 6 en el que la respuesta máxima del micrófono (60) está por debajo de 35 kilohercios o por debajo de 30 kilohercios.
- 45 8. Aparato de acuerdo con la reivindicación 6 o 7 en el que dichos medios (64, 66) para la modulación de la señal ultrasónica se configuran para aplicar el control de oscilación a la ganancia del amplificador.
- 50 9. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 8 en el que dichos medios (64, 66) para la modulación de la señal ultrasónica se configuran para aplicar control de oscilación al voltaje de alimentación al micrófono (60).
- 55 10. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 9 dispuesto para recibir ultrasonidos en un canal de sonido dedicado.
- 60 11. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 10 en el que el micrófono (60) se conecta a, o está integrado con, un dispositivo de ordenador (2) que comprende medios de procesamiento que tienen asignación de ancho de banda dinámico.
- 65 12. Aparato de acuerdo con la reivindicación 11 en el que dichos medios de procesamiento tienen soporte para múltiples flujos.
13. Aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 12 que comprende solo un único micrófono (60) o un par de micrófonos.
14. Un sistema que comprende un aparato de acuerdo con cualquiera de las reivindicaciones 6 a 13 y que comprende adicionalmente uno o más transmisores de ultrasonidos (6) portátiles en el que el o cada uno de los transmisores está adaptado para transmitir una señal ultrasónica que contiene información que lo identifica, estando adaptado el aparato para detectar e identificar dicho(s) transmisor(es) en un alcance de detección del aparato.
15. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 14 en el que el aparato comprende un ordenador (2) dispuesto para determinar la presencia de, e identificar a, dicho transmisor (6) o a uno de dichos transmisores (6) y para configurar funcionalmente o una visualización para un usuario en respuesta a dicha determinación e identificación.

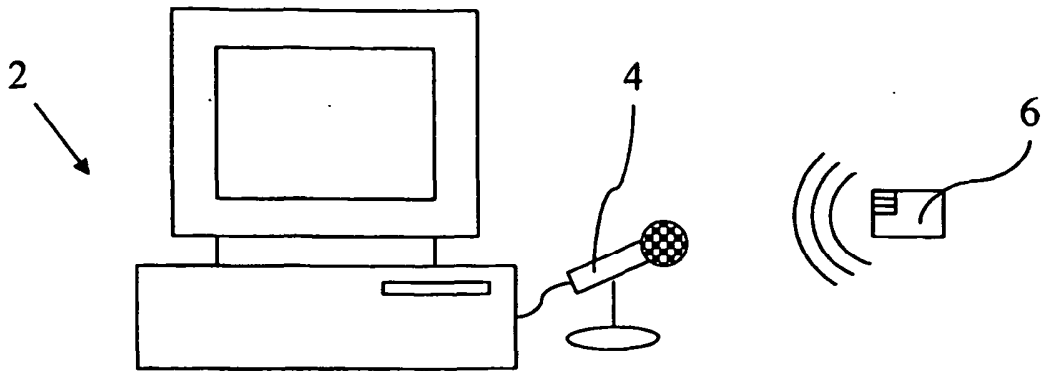


FIG. 1

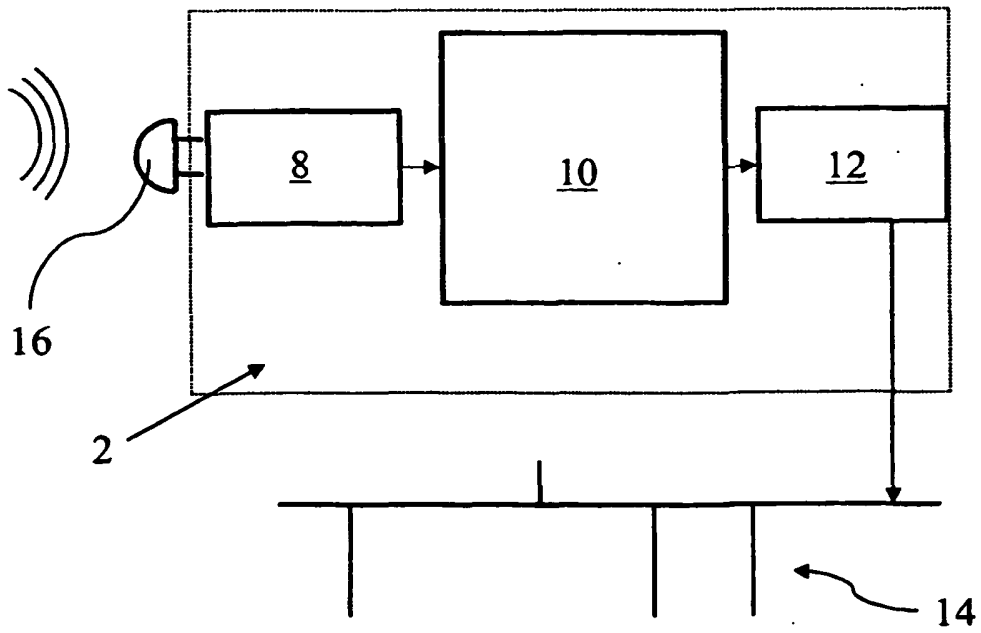


FIG. 2

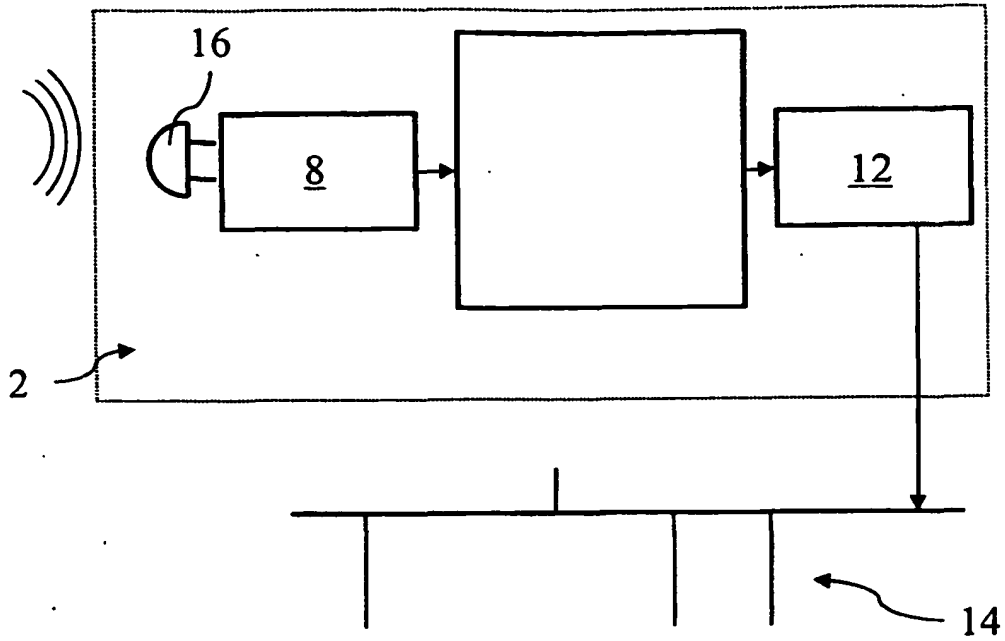


FIG. 3

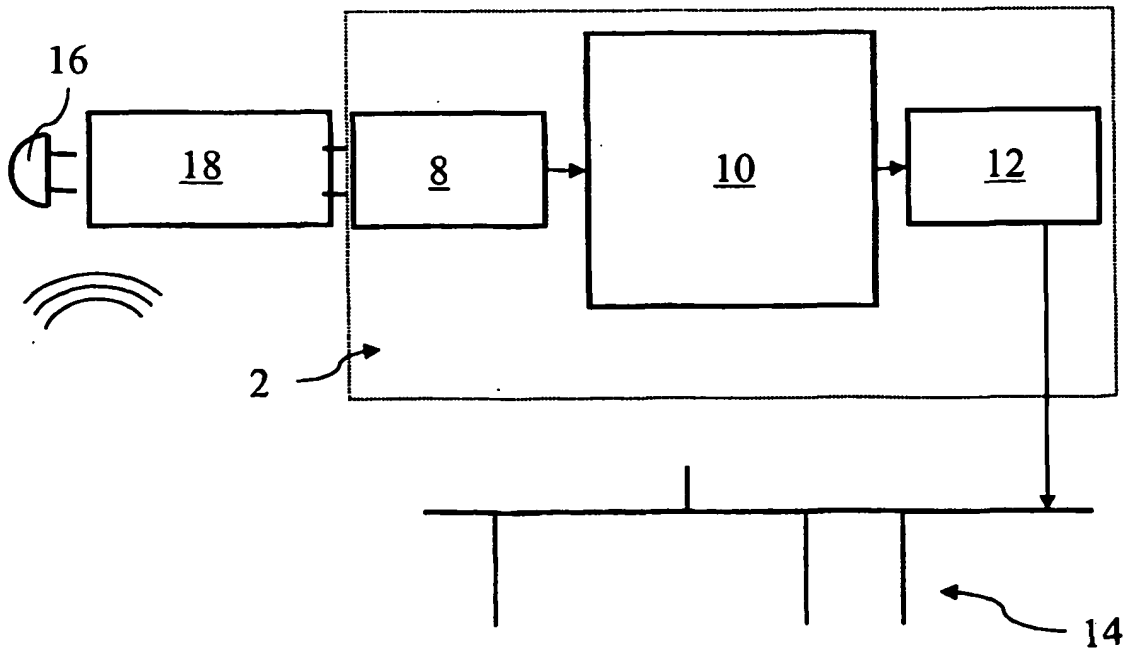


FIG. 4

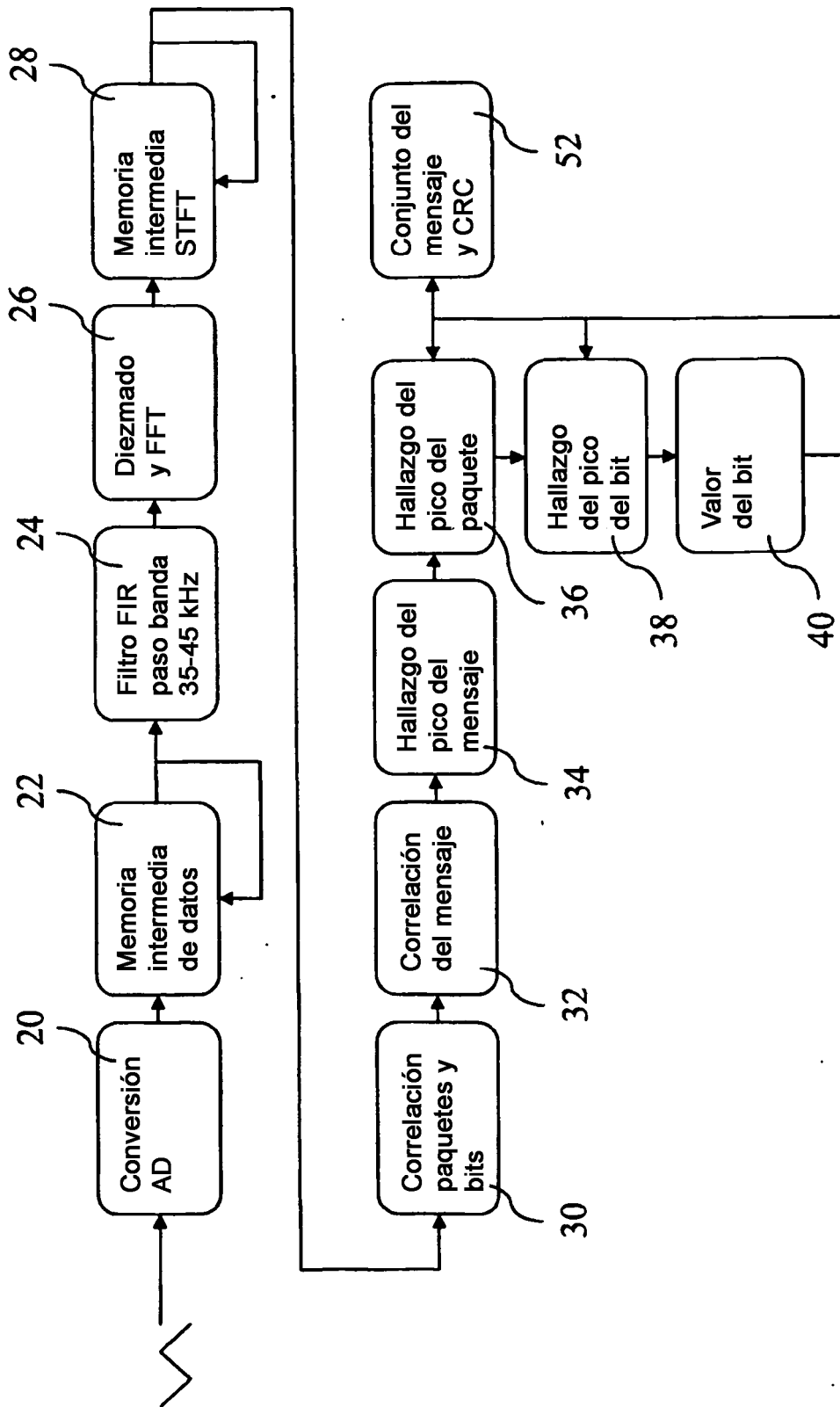


FIG. 5

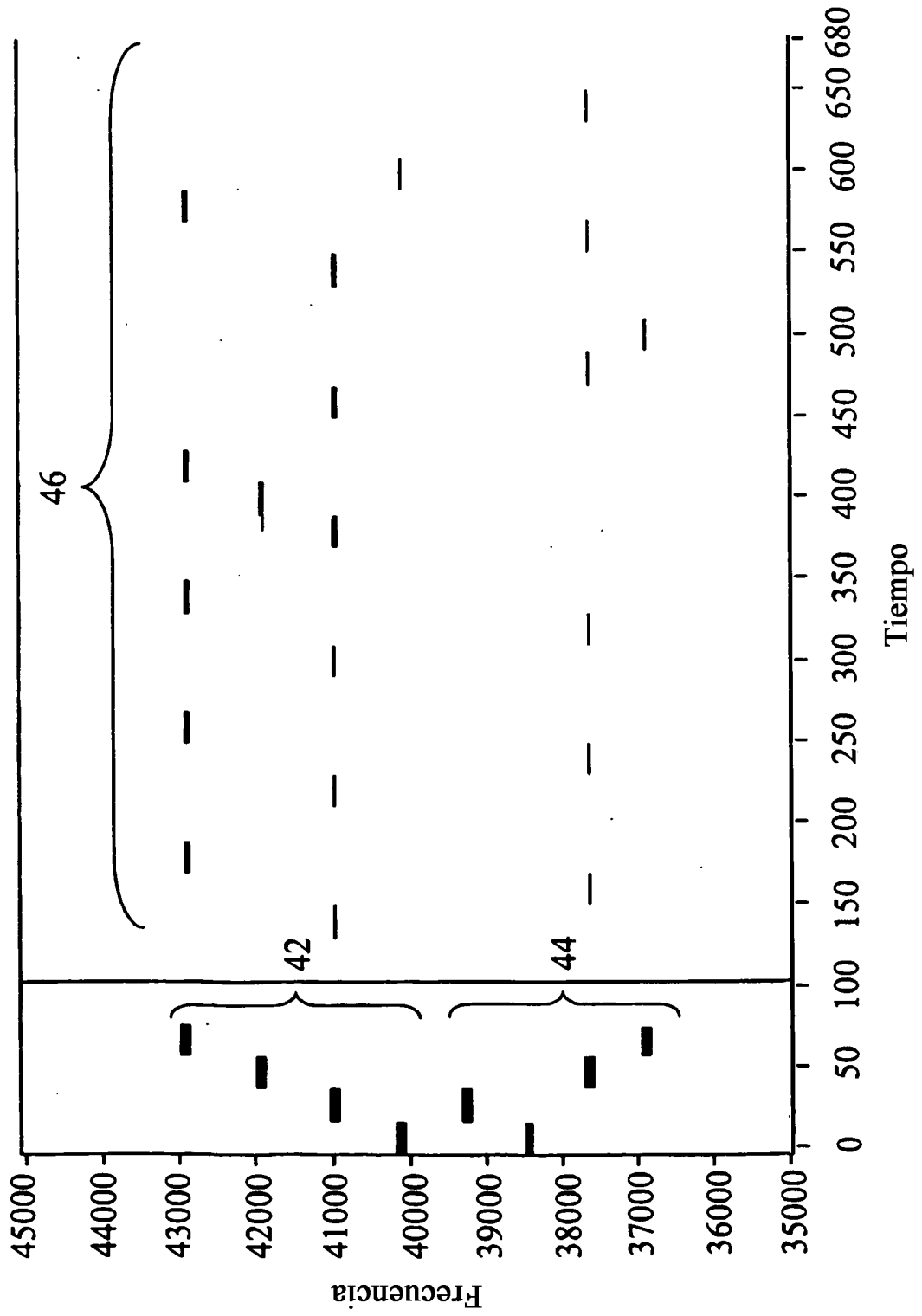


FIG. 6



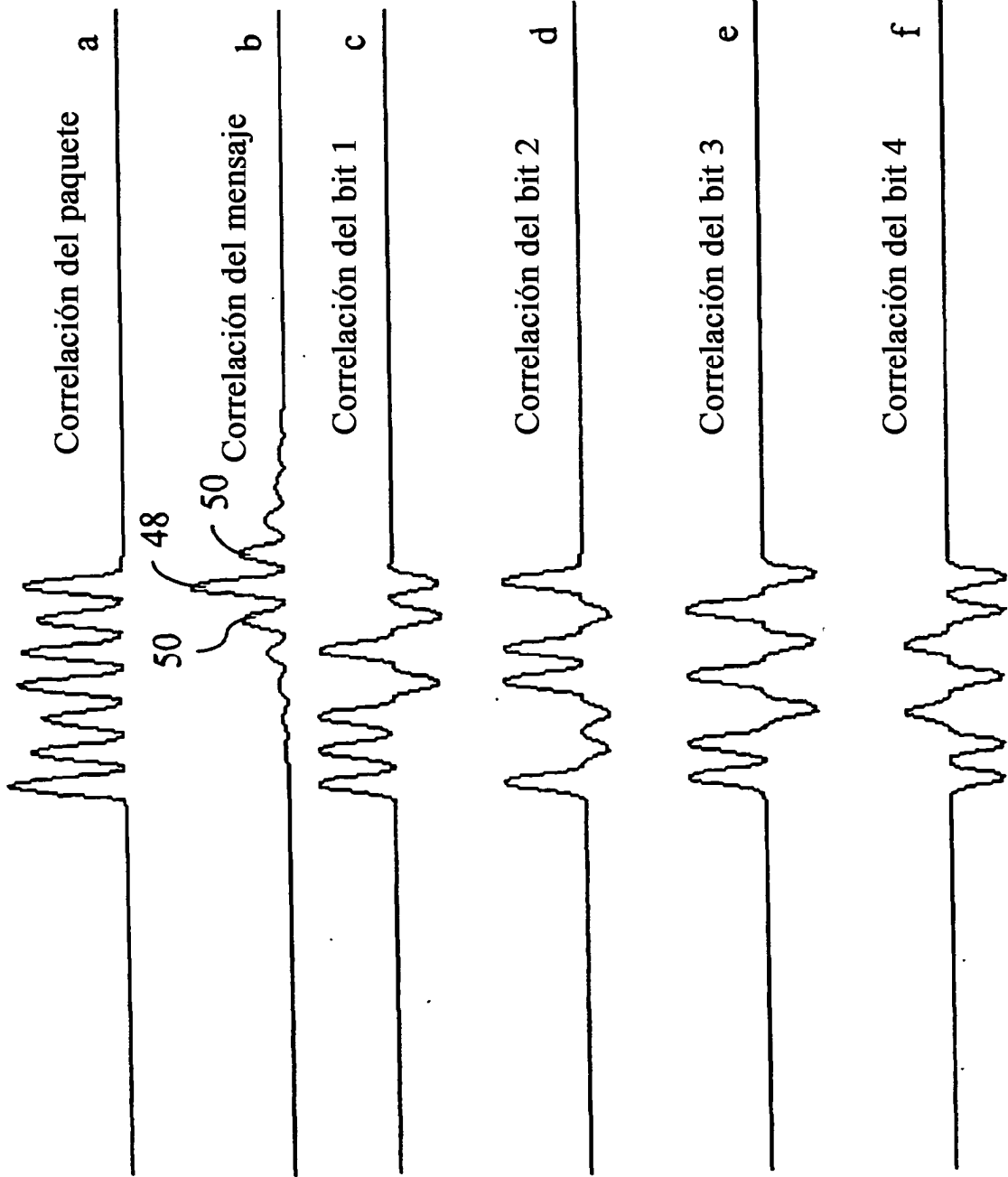


FIG. 7

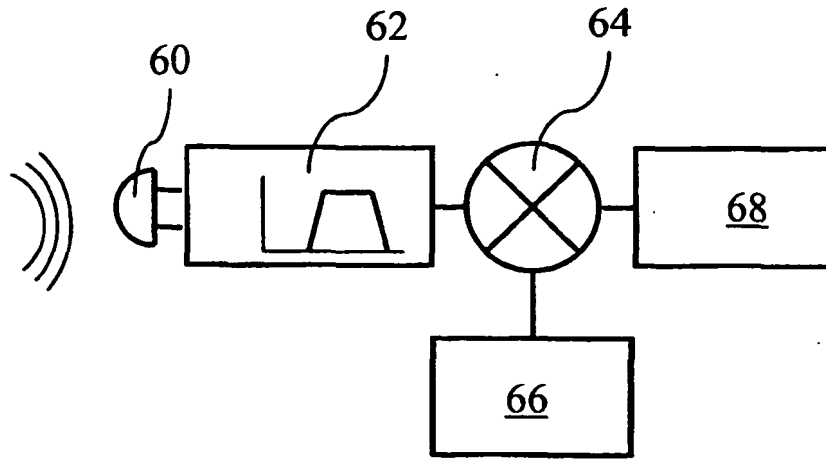


FIG. 8

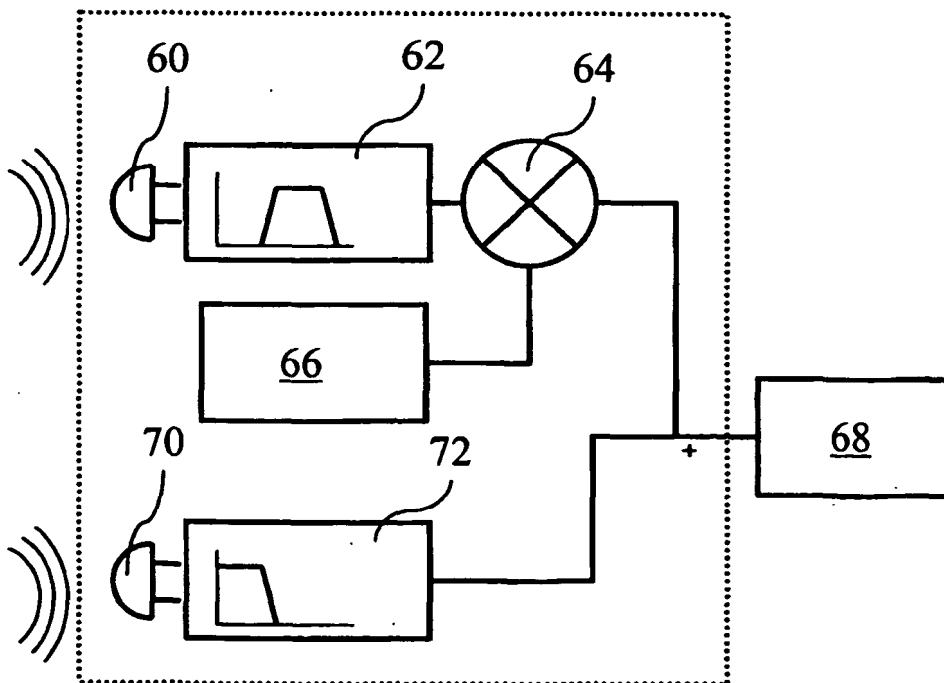


FIG. 9