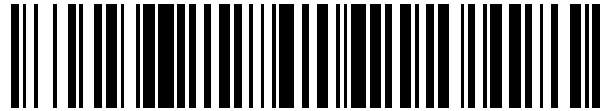


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 781 186**

51 Int. Cl.:

G01S 1/72 (2006.01)
G01S 1/74 (2006.01)
G01S 1/80 (2006.01)
G01S 5/26 (2006.01)
G01S 5/30 (2006.01)
H04B 11/00 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **05.04.2012 E 17157942 (8)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **11.03.2020 EP 3193186**

54 Título: **Sistema de localización**

30 Prioridad:

07.04.2011 GB 201105902

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

31.08.2020

73 Titular/es:

**SONITOR TECHNOLOGIES AS (100.0%)
Drammensveien 288
0283 Oslo, NO**

72 Inventor/es:

**BOOIJ, WILFRED y
OLSEN, ØYSTEIN HAUG**

74 Agente/Representante:

ISERN JARA, Jorge

ES 2 781 186 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

Sistema de localización

Esta invención se refiere a sistemas y métodos para transmitir información usando ultrasonidos.

Existen muchas situaciones en las que es aconsejable poder determinar la ubicación de un objeto móvil, tal como una persona o un artículo de equipo, dentro de un área tal como una sala de hospital.

Se conoce que se proporciona una red de estaciones de base estáticas, por ejemplo, unidas a techos o paredes, y se unen etiquetas de ultrasonidos a objetos móviles que se comunican con una o más de las estaciones de base para permitir determinar la ubicación del objeto etiquetado. Los ultrasonidos son adecuados para este fin ya que son indetectables para los humanos. Además, viajan mucho más despacio que las ondas de radio, y se atenúan muy rápidamente, por lo que son mucho más fáciles de procesar para determinar las distancias típicas relativamente cortas entre transmisor y receptor.

El documento US 2005/0232081 describe un sistema para posicionamiento acústico interior en el que una etiqueta de identificación transmite una secuencia de espectro amplio único para esa etiqueta. Una unidad detectora recibe la secuencia y la compara con las otras secuencias en uso en el sistema para identificar la etiqueta. La posición de la etiqueta puede determinarse basándose en diferencias en tiempos de llegada de la secuencia en diferentes unidades detectoras.

Tal enfoque tiene limitaciones. En particular, su precisión al determinar la identidad y posición de la etiqueta puede quedar afectada adversamente mediante una interferencia de múltiples trayectorias, que está comúnmente presente debido a reflejos de la señal transmitida desde las paredes, techos y otras superficies. También puede fallar al reconocer una etiqueta que se mueve y crea por tanto un desplazamiento Doppler en las señales recibidas. También se limita a obtener un número bastante pequeño de etiquetas, ya que un incremento en el número de etiquetas en el sistema en su totalidad requiere un incremento en las longitudes de las secuencias para asegurar que suficientes están disponibles, lo que puede incrementar los requisitos de cálculo. Además, para mantener unos índices de actualización razonables, múltiples etiquetas deben transmitirse simultáneamente, lo que es probable que conduzca a errores de reconocimiento.

El documento US 5029147 (Andrews et al) divulga un sistema de comunicación de ultrasonidos para comunicación submarina entre dos vehículos usando una señal modulada por fase generada desde secuencias deseudoruido.

"Accuracy of Spread Spectrum Techniques for Ultrasonic Indoor Location" de J. R. Gonzalez, et al., Proceedings of the 2007 15th International Conference on Digital Signal Processing, páginas 284-287, DOI 10.1109/ICD-SP.2007.4288574, contiene una evaluación de la precisión de espectros impulsivos y extendidos basados en algoritmos para ubicación ultrasónica interior.

El documento US 2007/0211786 A1 (Shattil) divulga técnicas de "interferometría de portadora" que se dice que generan señales similares a CDMA y DSSS.

El documento US 2003/117896 A1 (Tokyo Gas Co. Ltd) divulga un transmisor acústico para transmitir secuencialmente una pluralidad de señales de pulso en ondas portadoras de diferentes frecuencias. Los datos se transmiten usando modulación de amplitud en cuadratura (QAM).

La invención se define por las reivindicaciones adjuntas.

Desde un aspecto, la invención proporciona un sistema para transmitir información como se reivindica en la reivindicación 1.

Desde otros aspectos, la invención también proporciona: un método de transmisión de información como se reivindica en la reivindicación 11; un sistema transmisor como se reivindica en la reivindicación 12; y una unidad receptora como se reivindica en la reivindicación 13.

Transmitir una firma de desplazamiento de fase y un mensaje en una única comunicación puede permitir identificar la identidad del transmisor al decodificar el mensaje, así como permitir la corrección de cambios de fase inducidos por movimiento en el mensaje aplicando operaciones de correlación apropiadas a la firma.

Algunos o todos los medios de procesamiento pueden estar en la unidad receptora. La unidad receptora puede además configurarse para usar dicha caracterización para compensar la distorsión de fase inducida por movimiento en la porción recibida que lleva el mensaje y/o configurarse para decodificar el mensaje desde la señal compensada.

Sin embargo, en algunas realizaciones del sistema, algunos o todos los medios de procesamiento pueden ser externos a la unidad receptora; por ejemplo, en uno o más servidores externos.

En algunas realizaciones, la firma comprende tres patrones codificados por PSK, como tres códigos Barker idénticos.

La segunda portadora está preferentemente 90 grados fuera de fase con la primera portadora.

5 la señal de transmisión puede comprender dos copias de la firma transmisora, una como preámbulo al mensaje y la segunda como postámbulo al mensaje. La firma también puede aparecer dentro del mensaje.

Tener una firma al comienzo y final de la transmisión ha demostrado ser ventajoso debido a las condiciones de señal potencialmente muy diferentes en estas ubicaciones.

10 El mensaje puede codificarse usando espectro ensanchado por señal directa (DSSS); preferentemente usando uno o más códigos Barker, que pueden comprender un código Barker que es igual que uno usado en la firma. Por ejemplo, cada bit de mensaje puede codificarse como un código Barker de 13 bits, con un bit 1 en el mensaje codificado como los 13 chips del código Barker, y un bit 0 codificado como los mismos 13 chips, pero 180 grados fuera de fase de aquellos del bit 1. El uso del mismo código de extensión para la firma como para una porción de datos del mensaje es particularmente preferente ya que, para las longitudes de código cortas empleadas en realizaciones preferentes, no existen códigos ortogonales. El uso del mismo código es por tanto beneficioso para obtener una buena relación de señal respecto a ruido, por ejemplo, en presencia de interferencia desde ecos, transmisiones desde otros dispositivos, etc.

20 El mensaje puede codificarse por BPSK o QPSK, que han demostrado tener bajos errores de transmisión; aunque cualquier otra codificación adecuada puede usarse. Los datos pueden codificarse eficazmente de forma diferente usando las fases de la firma o firmas en la transmisión como valores de referencia.

25 La firma puede ser relativamente corta en comparación con el mensaje. Por ejemplo, la firma puede tener una longitud de 26 chips (es decir, dos códigos Barker de 13 bits contiguos), mientras un mensaje de 8 bits puede tener una longitud de 104 chips (es decir, ocho códigos Barker de 13 bits). Una firma que es corta en relación con un mensaje significa que la mayoría de la capacidad total del canal puede usarse para la información del mensaje.

30 Uno o más elementos de referencia de fase pueden transmitirse dentro del mensaje. Esto puede mejorar la precisión de decodificación, especialmente para mensajes más largos (por ejemplo, más largos que 8 bits de mensaje). Un elemento de referencia de fase puede generarse incluyendo en el mensaje (antes de la codificación) un bit de datos de valor conocido en una posición conocida. Como alternativa, un elemento de referencia de fase puede comprender un patrón conocido (por ejemplo, un código Barker) en una posición conocida. El elemento de referencia de fase puede transmitirse en un desplazamiento de fase desde el mensaje codificado; por ejemplo, codificado por BPSK en una portadora que está a 90 grados respecto a una portadora en la que el mensaje se codifica por BPSK. Cuando se procesa la transmisión recibida, tales elementos de referencia de fase pueden usarse para compensar los cambios de fase inducidos por movimiento (desplazamiento Doppler) y/o para obtener una medición de calidad para una ruta de transmisión.

40 El mensaje puede codificarse usando un código de corrección de errores.

Un tiempo de vuelo de la señal desde el transmisor al receptor puede determinarse. Una pluralidad de tiempos de vuelo para la señal puede determinarse a lo largo de diferentes rutas de transmisión respectivas.

45 Una intensidad de señal puede determinarse. Una pluralidad de intensidades de la señal a lo largo de diferentes rutas de transmisión respectivas puede determinarse.

50 En algunas realizaciones, una curva mejor adaptada se adapta a información de fase sobre tiempo obtenido de los elementos de referencia de fase recibidos. Esta curva puede usarse para caracterizar una distorsión de fase inducida por movimiento en la señal recibida.

55 Los medios de procesamiento pueden configurarse para analizar información de fase con el tiempo desde la señal recibida para determinar uno o más de: desviación de fase relativa, rapidez, velocidad y aceleración del transmisor en relación con el receptor.

60 Un coeficiente de correlación puede determinarse para la curva mejor adaptada, y puede usarse para determinar una medida de fiabilidad para cada una de un conjunto de rutas de transmisión. Las contribuciones a la señal recibida desde diferentes rutas de transmisión pueden combinarse usando recepción de inclinación para mejorar la relación de señal respecto a ruido para decodificar el mensaje con precisión. La contribución desde cada ruta a un algoritmo de inclinación puede ponderarse según la medida de fiabilidad para la ruta.

La señal transmitida puede recibirse a lo largo de una pluralidad de rutas y las señales recibidas pueden combinarse por inclinación, decodificando el mensaje desde la combinación inclinada.

65 El mensaje puede incluir información referente al tiempo de transmisión de la señal. Esta información puede usarse para determinar información referente a la distancia entre el transmisor y el receptor.

En algunas realizaciones, una frecuencia portadora usada por un transmisor puede ajustarse en respuesta a interferencia. Este ajuste puede ser automático; es decir, el sistema puede comprender medios de procesamiento configurados para determinar la presencia de interferencia a una frecuencia particular y para ajustar la frecuencia portadora para un transmisor en respuesta a ello. Por ejemplo, el transmisor y receptor pueden configurarse para codificar por PSK y decodificar por PSK (respectivamente) en frecuencias portadoras de 38 kHz y 42 kHz. La habilidad para cambiar frecuencias portadoras puede ser particularmente útil cuando el sistema se usa en una sala interior, que puede tener regiones de interferencia concentrada alrededor de una frecuencia particular.

En algunas realizaciones, el sistema para transmitir información puede ser parte de un sistema para determinar la posición de una unidad receptora móvil que comprende:

- una pluralidad de estaciones transmisoras estáticas configurada cada una para transmitir una señal ultrasónica que comprende una firma de desplazamiento de fase específica para la estación transmisora estática;
- una unidad receptora móvil configurada para recibir una señal ultrasónica desde una de las estaciones transmisoras;
- medios de procesamiento configurados para usar la firma recibida para identificar la estación transmisora fuente; y
- medios de procesamiento configurados para usar la señal recibida y la identidad de la estación transmisora fuente para determinar la información referente a la posición de la unidad receptora móvil.

En algunas realizaciones, el método para transmitir información puede usarse en un método para determinar la posición de una unidad receptora móvil que comprende:

- transmitir una señal ultrasónica respectiva desde cada una de la pluralidad de estaciones transmisoras estáticas, comprendiendo cada señal una firma de desplazamiento de fase específica para la estación transmisora estática;
- recibir una señal ultrasónica desde una de las estaciones transmisoras en una unidad receptora móvil;
- usar la firma recibida para identificar la estación transmisora fuente; y
- usar la señal recibida y la idéntica de la estación transmisora fuente para determinar información referente a la posición de la unidad receptora móvil.

En tales realizaciones, las señales se transmiten mediante las estaciones estáticas a una unidad móvil. El solicitante ha apreciado que en muchos contextos tales como hospitales, el número de objetos móviles (gente, equipos, etc.) en un área puede a menudo ser mayor que el número de estaciones estáticas requeridas para proporcionar cobertura de la misma área. Al transmitir desde las estaciones estáticas, el número de unidades móviles puede incrementarse indefinidamente sin requerir más señales complejas y sin afectar a la precisión del sistema.

Al transmitir una firma de desplazamiento de fase como parte de la señal, la unidad receptora móvil puede distinguir fiablemente entre señales superpuestas desde múltiples estaciones transmisoras y enfrentarse a desplazamientos de fase inducidos por movimiento e interferencias de múltiple trayectoria, tal como se explica en más detalle a continuación.

Cada firma puede comprender un código Barker predeterminado codificado por PSK.

Preferentemente, cada firma comprende un código Barker codificado por PSK de una longitud de 11 o 13. Preferentemente, cada firma comprende uno, dos o más casos de códigos Barker codificados por PSK, en una relación temporal y/o de fase predeterminada entre sí. Esta relación es preferentemente específica para cada transmisor. La relación puede por tanto usarse mediante el receptor para identificar un transmisor particular.

El segundo patrón puede estar convenientemente desviado en fase desde el segundo patrón 90 grados, aunque otras desviaciones son posibles. Ambos patrones pueden estar codificados por cuadratura PSK (QPSK). El transmisor puede configurarse para codificar el primer patrón en la primera portadora usando la codificación por modulación por desplazamiento de fase binaria (BPSK), y para codificar por BPSK el segundo patrón en la segunda portadora. Aunque el uso de las codificaciones PSK de orden superior tal como 6-PSK u 8-PSK no se excluye, la QPSK se prefiere actualmente por que permite unas operaciones de correlación relativamente simples, como se describe en más detalle a continuación. La primera portadora puede ser una onda de seno, y la segunda portadora puede ser una onda de coseno o viceversa.

Un código Barker es uno de un conjunto de una cadena bien conocida de valores de bit (representados como +1 o -1) que tienen una fuerte autocorrelación en desviación cero y una baja autocorrelación (no mayor de 1) en todas las desviaciones no cero. Los códigos Barker de longitudes de 2, 3, 4, 5, 7, 11 y 13 bits son conocidos.

El primer patrón puede ser un código Barker. El segundo patrón puede ser un código Barker. El segundo patrón es preferentemente el mismo que el primer patrón, excepto por sus fases relativas; esto puede simplificar la descodificación.

Preferentemente, la desviación específica del transmisor es menor que la longitud del primer patrón, por lo que los dos patrones se superponen en el tiempo.

Al transmitir una firma que comprende patrones superpuestos (a diferentes fases), la longitud de tiempo entre el inicio del primer patrón y del fin del segundo patrón se reduce en comparación con una transmisión consecutiva (no superpuesta), y por tanto la probabilidad de que ocurra un cambio de fase inducido por el movimiento dentro de este periodo de tiempo se reduce, haciendo que la firma sea particularmente robusta frente a los efectos del movimiento relativo entre transmisor y receptor. La propiedad de autocorrelación con un punto máximo fuerte de códigos Barker permite que los patrones de superposición se distingan en una firma recibida, incluso en un sistema asíncrono.

La desviación temporal que es específica para un transmisor puede significar ser única para el transmisor por todo el sistema, o puede significar que es única entre un subconjunto de transmisores, por ejemplo, un subconjunto que tiene intervalos de transmisión superpuestos.

Preferentemente, un único patrón común aparece en la firma de cada transmisor. Esto puede simplificar el proceso de descodificación. Este patrón es preferentemente un código Barker. Un código Barker de 11 o 13 bits se prefiere sobre un código más corto ya que tiene una relación incrementada de señal respecto a ruido. Los códigos más largos de 13 bits son menos preferentes (a menos que sean códigos Barker no descubiertos hasta ahora) ya que sus propiedades de autocorrelación no son óptimas. Sin embargo, el patrón puede comprender un código relativamente corto que no es un código Barker. En este caso es aconsejable que el código sea relativamente corto, por ejemplo, menos de 16 bits. Es aconsejable que el código tenga una autocorrelación baja en desviaciones no cero (por ejemplo, valores de autocorrelación siempre menores de 2 o 3).

Cuando un código Barker de 13 bits se usa, en algunas realizaciones puede ser posible soportar hasta aproximadamente cinco transmisores diferentes con diferentes desviaciones específicas de transmisor. Es posible soportar más transmisores que esto si esta firma comprende códigos Barker adicionales en diferentes desviaciones, a pesar del coste de una firma más larga y por tanto alguna reducción en el ancho de banda.

La unidad móvil puede comprender algunos o todos los medios de procesamiento. Esto puede tener algunas ventajas ya que las señales se reciben en la unidad móvil, y por tanto no necesitan transmitirse a otro lugar para el procesamiento.

En algunas realizaciones, la unidad receptora es una unidad receptora móvil y comprende medios de procesamiento configurados para usar la firma recibida para identificar la estación transmisora fuente, o comprende medios de procesamiento configurados para usar la señal recibida y la identidad de la estación transmisora fuente para determinar información referente a la posición de la unidad receptora móvil.

En algunas realizaciones, una o más de las estaciones estáticas pueden comprender algunos o todos los medios de procesamiento, o los medios de procesamiento pueden ser externos a las unidades móviles y las estaciones estáticas, por ejemplo, en uno o más servidores externos. Esto puede ser ventajoso ya que minimizar la potencia de procesamiento requerida en las unidades móviles puede reducir su coste y puede reducir el consumo de energía, incluso después de compensar la necesidad de transmitir datos desde la unidad móvil, que es especialmente útil cuando se alimentan por batería. Los medios de procesamiento pueden dividirse por múltiples procesadores o múltiples ubicaciones o ambos. El receptor puede configurarse para transmitir la señal recibida, o la información derivada de allí, para los medios de procesamiento remotos. Una unidad móvil o estación estática puede comprender medios de transmisión inalámbricos o alámbricos, tal como un transmisor de radio, para transmitir información referente a una señal transmitida o recibida.

Un transmisor de radio puede usarse para transmitir información de temporización. De esta manera puede ser posible sincronizar el transmisor y el receptor de manera que la información del tiempo de llegada puede usarse para el posicionamiento, en lugar de necesitar usar la diferencia del tiempo de llegada, lo que es más complejo y menos robusto.

Preferentemente, los medios de procesamiento se configuran para usar tiempos de transmisión y/o recepción para determinar información referente a la distancia entre la unidad móvil y la estación estática, y para usar esta información de distancia cuando se determina la posición de la unidad móvil.

Preferentemente, el receptor se configura para recibir una pluralidad de dichas señales desde diferentes transmisores simultáneamente o superpuestos en el tiempo, y los medios de procesamiento se configuran para usar las firmas recibidas para identificar los transmisores fuente y para usar las identidades de los transmisores fuente para determinar información referente a la posición de la unidad móvil.

Los medios de procesamiento pueden usar información de fuerza de señal y/o de tiempo de llegada y/o de diferencia de tiempo de llegada para determinar información referente a la posición de la unidad móvil, por ejemplo, al realizar un cálculo de trilateración, familiar para los expertos en la materia. La información referente a la posición de la unidad

móvil puede por ejemplo comprender una coordenada de posición estimada de la unidad móvil en relación con un origen fijo. La información de posición puede referirse a la posición de la unidad móvil en dos o tres dimensiones.

5 Preferentemente, el receptor se configura para recibir la señal transmitida desde a lo largo de una pluralidad de trayectorias, y los medios de procesamiento se configuran para usar el tiempo de transmisión y los tiempos de recepción (o solo tiempos de recepción, en el caso de cálculos diferenciales) para determinar información de distancia para cada una de dichas trayectorias. Normalmente, una de las trayectorias será una trayectoria de línea directa (aunque este puede que no sea siempre el caso) y las otras trayectorias comprenderán uno o más reflejos de objetos.

10 Debido al potencial para los cambios de fase inducidos por movimiento en la señal de ultrasonidos, no es práctico mezclar una señal portadora regenerada con la señal recibida usando un modulador de cuadratura, tal como se haría típicamente en un procesamiento sincrónico de señales de radio. En su lugar, los medios de procesamiento se configuran preferentemente para correlacionar de manera cruzada la señal recibida con una copia de referencia del patrón para determinar una señal de correlación compleja, $Z(i)$, que contiene tanto información de cuadratura como en fase.

15 Preferentemente, los medios de procesamiento se configuran para determinar la presencia en la señal recibida del segundo patrón, desviado en fase 90 grados desde el primer patrón y desviado desde allí mediante una desviación temporal. Los medios de procesamiento pueden configurarse para comparar la señal de correlación compleja $Z(i)$ con la misma señal de correlación compleja desviada en el tiempo mediante una desviación m , es decir $Z(i + m)$. Por conveniencia, esta comparación se denominará operación de supercorrelación.

20 Se apreciará que las partes reales e imaginarias de las señales pueden procesarse juntas o por separado sin afectar al resultado.

25 En algunas realizaciones, la supercorrelación comprende determinar el tamaño firmado del producto exterior de (i) la señal de correlación compleja con (ii) la señal de correlación compleja desplazada en el tiempo mediante una desviación m ; es decir $|Z(i) \wedge Z(i + m)|$. Tal operación de supercorrelación tiene una correlación cruzada muy baja en casos donde la desviación no es igual a la desviación usada por el transmisor, especialmente cuando los valores de desviación pares e impares se comparan (las desviaciones se expresan en términos de longitud de chip del primer patrón), y especialmente cuando los patrones son códigos Barker. Esta operación también puede implementarse eficazmente, permitiendo el uso de hardware relativamente simple.

30 Los medios de procesamiento pueden configurarse para realizar una supercorrelación para cada una de la pluralidad de diferentes desviaciones de tiempo m . Estas desviaciones pueden corresponderse a desviaciones usadas por todos, o un subconjunto, de los transmisores. Los medios de procesamiento pueden procesar la señal recibida para determinar una desviación en la que la supercorrelación satisface un criterio de coincidencia. Preferentemente, el criterio de coincidencia es tal que una coincidencia se encuentra cuando la desviación de supercorrelación es la misma que la desviación entre los patrones transmitidos. Por ejemplo, el criterio de coincidencia puede especificar una coincidencia cuando la salida de la supercorrelación está en un máximo, o cuando está en un máximo muy fuerte, por un conjunto de desviaciones posibles. Una coincidencia puede usarse para determinar la identidad del transmisor fuente de la señal, comparando la desviación con las desviaciones respectivas conocidas usadas por los transmisores.

35 Los beneficios de transmitir una firma específica para un transmisor, comprendiendo la firma dos patrones fuera de fase preferentemente superpuestos, pueden aplicarse ventajosamente en un sistema que comprende receptores estáticos y un transmisor móvil.

40 Así, en algunas realizaciones, el sistema para transmitir información puede ser parte de un sistema para determinar la posición de una línea transmisora móvil que comprende:

50 una pluralidad de unidades transmisoras móviles configurada cada una para transmitir una señal ultrasónica que comprende una firma de desplazamiento de fase específica para la unidad transmisora, en el que cada firma comprende un primer patrón que está codificado por PSK en una primera señal portadora y un segundo patrón que está codificado por PSK en una segunda señal portadora de la misma frecuencia que la primera señal portadora, pero fuera de fase con la primera señal portadora, en el que el segundo patrón está desviado del primer patrón en el tiempo mediante una desviación específica del transmisor;

55 una estación receptora estática configurada para recibir una señal ultrasónica desde una de las unidades transmisoras;

60 medios de procesamiento configurados para usar la señal recibida para identificar la unidad transmisora fuente; y medios de procesamiento configurados para determinar la información referente a la posición de la unidad transmisora.

65 En algunas realizaciones, el método para transmitir información puede ser un método de determinación de la posición de una unidad transmisora móvil que comprende:

transmitir una señal ultrasónica respectiva desde cada una de la pluralidad de unidades transmisoras móviles, comprendiendo cada señal una firma de desplazamiento de fase específica para la unidad transmisora, en el que cada firma comprende un primer patrón que está codificado por PSK en una primera señal portadora y un segundo patrón que está codificado por PSK en una segunda señal portadora de la misma frecuencia que la primera señal portadora, pero fuera de fase con la primera señal portadora, en el que el segundo patrón está desviado del primer patrón en el tiempo mediante una desviación específica del transmisor;
 5 recibir una señal ultrasónica desde una de las unidades transmisoras en una estación receptora estática;
 usar la firma recibida para identificar la unidad transmisora fuente; y
 10 usar la firma recibida para determinar información referente a la posición de la unidad transmisora fuente.

En algunas realizaciones, la unidad transmisora es una unidad transmisora móvil.

Algunos o todos los medios de procesamiento pueden estar en la estación receptora estática. De esta manera, en algunas realizaciones la unidad receptora es una estación receptora estática y comprende medios de procesamiento configurados para usar la señal recibida para identificar la unidad transmisora fuente, o comprende medios de procesamiento configurados para usar la señal recibida para determinar información referente a la posición de la unidad transmisora.

Sin embargo, algunos o todos los medios de procesamiento pueden ser externos a la estación receptora; por ejemplo, en uno o más servidores remotos.

Cada firma puede comprender no solo dos sino tres patrones, por ejemplo, tres patrones codificados por PSK, que pueden ser diferentes patrones, pero preferentemente el mismo (excepto por sus fases relativas) para una firma determinada. El mismo patrón se usa preferentemente por todos los transmisores, lo que simplifica la decodificación.
 25 Dentro de una firma, preferentemente un segundo patrón se superpone tanto a un primer como a un tercer patrón en el tiempo, pero está fuera de fase con el primer y tercer patrón, por ejemplo 90 grados fuera de fase. El primer y tercer patrón pueden estar en fase, o 180 grados fuera de fase. El tercer patrón se inicia preferentemente después del fin del primer patrón; preferentemente inmediatamente después del fin del primer patrón.

Cada firma puede por ejemplo comprender una primera codificación QPSK de un código Barker de longitud L, una segunda codificación QPSK del código Barker a 90 grados del primer código y desviado del primer código mediante una primera desviación n_1 , y una tercera codificación QPSK del código Barker a 90 grados del segundo código y desviado del segundo código mediante una segunda desviación n_2 . Preferentemente, n_1 es menor que L y preferentemente $n_2 = L - n_1$.

Al tener tres (o más) patrones en la firma, es posible compensar los submáximos que pueden ocurrir de lo contrario (a una distancia desde el máximo principal igual a la desviación m) en la operación de supercorrelación.

El número de posibles firmas de transmisor diferentes puede incrementarse mediante una o más de las firmas de transmisor que comprenden una o más pausas. Una pausa puede estar presente por todas las fases, o puede ocurrir solo sobre una o más fases. En realizaciones del ejemplo antes mencionado, una pausa de chip de longitud p puede insertarse entre los primeros y últimos patrones, de manera que $n_2 = L - n_1 + p$.

Preferentemente, los medios de procesamiento se configuran para evaluar una función de correlación mejorada, que puede usarse cuando una firma comprende tres códigos Barker (que pueden considerarse como que comprenden dos parejas de códigos Barker, donde las parejas comparten uno de los códigos). La función de correlación mejorada es una función de dos operaciones de supercorrelación que usan dos valores de desviación diferentes. Los valores pueden por ejemplo corresponderse con la desviación entre los primeros y segundos patrones y la desviación entre los segundos y terceros patrones para una de las firmas de transmisor. Una de las operaciones de supercorrelación puede usar un valor de desviación igual a la longitud del primer patrón menos el valor de desviación usado por la otra operación de supercorrelación. Por ejemplo, en algunas realizaciones los medios de procesamiento pueden determinar el producto de una supercorrelación en desviación m con una supercorrelación en desviación L - m, donde L es la longitud del primer patrón en las firmas de transmisor. En otras realizaciones, la función de correlación mejorada puede generar la menor de las magnitudes absolutas de las dos operaciones de supercorrelación.

Cuando se usa una mínima combinación de las supercorrelaciones, una función de signo puede evaluarse por separado para determinar un signo para la salida. El signo de una supercorrelación puede definirse como +1 para una diferencia de fase de +90 grados y -1 para una diferencia de fase de -90 grados. El signo de la correlación mejorada puede entonces manipularse por separado como un producto de los signos de las supercorrelaciones (+1 o -1).

Esta función de correlación mejorada puede evaluarse para una pluralidad de diferentes desviaciones m, que pueden comprender diferentes desviaciones entre el primer y el segundo patrón usados en las firmas de una pluralidad de diferentes transmisores. La identidad del transmisor fuente de la señal recibida puede determinarse determinando un valor de desviación en el que la función de correlación mejorada satisface un criterio de coincidencia.

Una ventaja particular de realizaciones de la presente invención es que pueden implementarse con requisitos de procesamiento bajos. Esto hace que sea adecuado para dispositivos alimentados por batería de bajo coste. En particular, la función de correlación mejorada como se ha descrito puede implementarse usando solo un número relativamente limitado de operaciones de procesador.

5 El criterio de coincidencia puede comprender un algoritmo de descubrimiento de máximo de tres puntos evaluado por un intervalo de valores de desviación; por ejemplo, una coincidencia puede registrarse para un valor de desviación en el que la salida de la función de correlación mejorada es mayor que para los valores de desviación inmediatamente precedentes y posteriores. Un valor mínimo de umbral puede también aplicarse; por ejemplo, para una coincidencia a registrar, el valor de desviación en el que la salida de la función de correlación mejorada también debe ser mayor que un mínimo predeterminado. El criterio de coincidencia también puede requerir que la segunda derivada de la función de correlación mejorada satisfaga una condición; esto puede proporcionar incluso una separación mejor de máximos desde el ruido. Por ejemplo, una operación de coincidencia puede determinar la intersección de los primeros máximos más grandes k en el valor de salida de la operación de correlación mejorada y los primeros máximos más grandes k en la segunda derivada del valor de salida, para un valor adecuado de k .

Múltiples trayectorias de transmisión (por ejemplo, una trayectoria directa y un número de trayectorias reflejadas) pueden identificarse desde uno o más máximos.

20 La señal de transmisión puede comprender dos copias de la firma del transmisor. Los patrones en una de las firmas pueden ser de diferentes fases desde los patrones correspondientes en la otra firma; por ejemplo, la totalidad de una firma puede estar desviada desde la otra 90 grados. Esto puede permitir que las dos firmas se distingan fácilmente entre sí, por ejemplo, considerando el signo de la salida de la operación de correlación mejorada.

25 En realizaciones en las que la firma aparece más de una vez en una transmisión, una operación de correlación de transmisión completa puede realizarse, que combina una pluralidad de operaciones de correlación mejoradas, por ejemplo, a través de multiplicación o combinación mínima absoluta.

30 El mensaje y la firma pueden comprender ambas un código Barker común. El mensaje puede seguir a la firma, preferentemente inmediatamente después de minimizar la longitud total de la transmisión.

Las señales ultrasónicas son señales acústicas con una frecuencia superior al intervalo de escucha humano normal; esto significa normalmente señales que tienen una frecuencia mayor de 20 kHz, por ejemplo, entre 30 y 100 kHz.

35 Algunas realizaciones preferentes de la invención se describirán ahora a modo de ejemplo únicamente en referencia a los dibujos adjuntos, en los que:

- la Figura 1 es un diagrama en perspectiva de un sistema de posicionamiento que incorpora la invención;
- la Figura 2 es un dibujo figurativo de una estación transmisora estática y una unidad receptora móvil;
- la Figura 3 es un diagrama fasor de una firma transmitida por la estación transmisora estática; y
- la Figura 4 es un diagrama fasor de un mensaje transmitido por la estación transmisora estática.

45 La Figura 1 muestra una habitación 2, en las paredes de la cual se fija una primera estación transmisora estática 4 y una segunda estación transmisora estática 6. Una persona 8 en la habitación lleva una unidad receptora móvil 10. Un cable de red 12 conecta las dos estaciones transmisoras 4, 6 a un servidor 14.

50 La Figura 2 muestra la primera estación transmisora 4, que tiene un sondeador ultrasónico 20 y una lógica de procesamiento 22 para provocar que el sondeador ultrasónico 20 transmita señales ultrasónicas. La segunda estación transmisora 6 tiene la misma configuración. La Figura 2 también muestra la unidad receptora móvil 10, que tiene un micrófono 24 capaz de recibir señales ultrasónicas desde la estación transmisora 4, y la lógica de procesamiento 26 para muestrear y procesar señales recibidas.

55 Durante el uso, el servidor 14 provoca que cada estación transmisora 4, 6 transmita, a intervalos, una firma única a esa estación transmisora. El servidor 14 también puede dar órdenes a una o ambas estaciones transmisoras 4, 6 para transmitir información a la unidad receptora móvil 10, tal como una instrucción para la unidad receptora móvil 10 para informar al servidor 14 de la ubicación de la unidad móvil (por ejemplo, usando un transmisor de radio separado en la unidad móvil).

60 La Figura 3 muestra una firma única para la estación transmisora 4. La firma comprende dos códigos Barker consecutivos de 11 bits "+1 +1 +1 -1 -1 -1 +1 -1 -1 +1 -1" modulados por BPSK en una primera portadora de 40 kHz (que se denominará primer caso 30 y tercer caso 32, por motivos que serán aparentes). También comprende otro caso 34 del mismo código (un segundo caso) modulado en una segunda portadora de 40 kHz que tiene una desviación de fase de 90 grados relativa a la primera portadora. Este segundo caso 34 se superpone tanto con el primer caso 30 como con el tercer caso 32 en el tiempo. El inicio del segundo caso 34 se desvía del inicio del primer caso 30 mediante 3 chips (bits transmitidos). Esta desviación de 3 chips es específica para la estación transmisora 4.

La estación transmisora 6 tiene una firma única que es idéntica excepto por tener una desviación de 6 chips entre el inicio del segundo caso del código Barker de 11 bits y el inicio del primer caso del código.

5 Cuando las estaciones transmisoras 4, 6 no tienen información que enviar, pueden solo transmitir sus firmas respectivas a intervalos. Estas transmisiones pueden separarse en el tiempo o pueden superponerse.

10 La unidad receptora móvil 10 realiza operaciones de correlación como se describe a continuación en una señal recibida para determinar la presencia de una firma que tiene un valor de desviación particular entre el primer y segundo caso de código. Desde este valor de desviación, la unidad móvil 10 puede determinar la identidad de la estación transmisora que envió la señal recibida.

15 Además, la unidad receptora móvil 10 puede determinar la presencia de una pluralidad de casos de la misma firma en la señal recibida, y puede determinar la información de temporización referente a cada caso, tal como el tiempo de llegada de cada caso. Desde esta información de temporización, la unidad receptora móvil 10 puede determinar la longitud de una o más trayectorias de señal entre la estación transmisora estática 4 y la unidad receptora móvil 10. Esta puede usar información de temporización referente a la más corta de estas (normalmente la trayectoria directa), y opcionalmente información de temporización referente a otras trayectorias indirectas, para determinar su posición en la habitación, por ejemplo, combinando tal información con respecto a tres o más estaciones transmisoras estáticas en un cálculo de intersección esférico o elipsoidal.

20 La unidad receptora móvil 10 puede no llevar a cabo todo el procesamiento usando su propia lógica de procesamiento 26, sino que puede compartir el procesamiento con un ordenador remoto tal como el servidor 14, por ejemplo, transmitiendo datos relevantes a un dispositivo remoto usando ultrasonidos o radio.

25 La Figura 4 muestra una transmisión más larga desde la estación transmisora 4, que incluye un mensaje de 3 bits. Esto se inicia con la firma 40 descrita en referencia a la Figura 3. Esto va seguido por los bits de mensaje 44 que se codifican usando espectro amplio de secuencia directa (DSSS) BPSK con el mismo código Barker de 11 bits que se usa en la firma. Esto va seguido por la firma modificada 42 que usa las mismas desviaciones de temporización que la firma original 40, pero que ha rotado la fase del segundo y tercer caso mediante código Barker 180 grados (permitiendo así que se distinga). Intercalados entre los bits del mensaje 44 se encuentran unos bits de referencia de fase 46. Cada uno de estos es un código Barker codificado por BPSK de 11 bits de posición conocida y fase alterna conocida.

35 Todos los casos de códigos Barker tienen una separación de chips de 11 bits, excepto para los códigos Barker de segundo caso intermedios transmitidos como parte del pre y postámbulo 40, 42, que se retrasan 3 chips con respecto a los códigos Barker del primer caso.

40 El índice de chip es 4 KHz en una portadora de 40 kHz. De esta manera, un código Barker de 11 bits tiene una duración de 2,75 ms. El sistema tiene una resolución de tiempo de menos de 0,25 ms, que corresponde a 8,5 cm a la velocidad del sonido en el aire. Esto es tolerante a desplazamientos Doppler de hasta alrededor de 10 m/s.

45 Considerando la firma en La Figura 3, ya que el tiempo transcurrido entre el primer caso 30 y el segundo caso 34 de los códigos Barker está en el orden de la duración del chip, los cambios de fase inducidos por movimiento son relativamente insignificantes (la resolución del tiempo de fase está en el orden del índice de chips en lugar del índice de código). El cambio de fase relativo debido al movimiento puede por tanto considerarse como insignificante.

Para identificar esta firma en el extremo receptor, tanto la periodicidad de tiempo como la correlación de fase de los casos 30, 34 se imponen. La señal recibida se envía a un correlacionador de código Barker de 11 bits que genera un flujo complejo Z_i de datos. Esto se analiza usando el siguiente algoritmo:

50
$$COR_{super}(Z_i, n) = r_i r_{i-n} \text{sen}(\theta_i - \theta_{i-n})$$

que adopta la notación polar (r, θ) de los valores complejos Z_i y Z_{i-n} .

55 Esta expresión es equivalente al producto interior de vector de la señal de correlacionador con una copia desplazada de muestra n de ello:

$$COR_{super}(Z_i, n) = r_i r_{i-n} \text{sen}(\theta_i - \theta_{i-n}) = Z_i \times Z_{i-n} = \text{Re}(Z_{i-n}) \text{Im}(Z_i) - \text{Im}(Z_{i-n}) \text{Re}(Z_i)$$

60 Esta operación puede descomponerse en dos multiplicaciones escalares de las partes reales e imaginarias de cada señal más una suma, y puede por tanto realizarse fácilmente usando un hardware de baja complejidad.

La "super correlación" resultante tiene una correlación cruzada muy baja para diferentes valores de n , especialmente cuando se comparan valores pares e impares.

Esta función de supercorrelación es susceptible de la aparición de submáximos en la distancia n desde el máximo principal. Esto se aborda mediante el tercer caso 32 del código Barker en la firma. Esto tiene como resultado tres códigos Barker en separaciones n y $L_s - n$.

- 5 Al adoptar el producto de las supercorrelaciones 30-34 y 34-32, o la magnitud mínima absoluta de 30-34 y 34-32, una función de correlación mejorada, denominada en estas ecuaciones como "correlación super-duper", puede obtenerse que tiene un comportamiento de correlación cruzada casi perfecto:

$$Super_{Duper} Cor_{super}(Z_i, n) = MIN[ABS\{Cor_{super}(Z_i, n)\}, ABS\{Cor_{super}(Z_i, L_s - n)\}]$$

- 10 El signo de la correlación super-duper puede procesarse por separado.

La firma puede repetirse en la transmisión de datos para mejorar la relación de señal respecto a ruido. La correlación general de las firmas repetidas puede obtenerse a través de multiplicación o combinación de mínimo absoluto.

- 15 Una vez que la correlación super-duper general se ha identificado, las trayectorias múltiples pueden identificarse fácilmente usando análisis de máximo. Debido a la disponibilidad de signo en la correlación super-duper, una distinción puede realizarse entre el signo de fase eficaz de un preámbulo 40 y un postámbulo 42. El hallazgo de máximos usando un algoritmo de hallazgo de máximo de tres puntos simple con un umbral (A) puede usarse para la identificación inicial de trayectorias:

$$20 \quad x_{t-1} > x_{t-2} \quad \wedge \quad x_{t-1} > A \quad \wedge \quad x_{t-1} > x_t$$

- En caso necesario, la segunda derivada de la correlación super-duper puede usarse además de lograr una mejor separación de máximos respecto al ruido. Una buena manera de combinar tanto la señal como los máximos de segunda derivada es adoptar la sección transversal de los primeros máximos más grandes n que resultan de tanto la señal como de su segunda derivada.

- Los bits de datos se transmiten entre los pre y postámbulos usando los únicos códigos Barker con desplazamientos de fase discretos. En principio, cualquier número de desplazamientos de fase discretos para codificar datos usados puede usarse. Sin embargo, tanto la modulación por desplazamiento de fase binaria (desplazamiento de 2 fases, BPSK) como la de cuadratura (desplazamiento de 4 fases; QPSK) tienen como resultado una transmisión de error bajo eficaz. Los datos de mensaje son codificados diferencialmente de manera eficaz usando las fases de pre y postámbulo como valores de referencia.

- Para transmisiones de datos más largas (por ejemplo > 8 bits) puede ser ventajoso incluir valores de referencia de fase adicionales en la transmisión para asegurar la calidad de la transmisión. Los valores de referencia de fase son eficazmente bits de datos con valores de bits conocidos en posiciones conocidas en la transmisión. Estos pueden usarse por dos motivos: (i) para compensar los niveles de referencia de fase para cambios de fase inducidos por movimiento (Doppler) y (ii) para obtener una medida de error de las referencias de fase corregidas por movimiento para cada trayectoria de transmisión, que después se usa para ponderar la contribución de cada trayectoria en la combinación inclinada y la recuperación de datos.

- Una vez que todas las trayectorias se han identificado en términos de tiempo de llegada, amplitud, fase y Doppler, los valores de datos corregidos pueden obtenerse para un marco de inercia donde no existe velocidad relativa entre transmisor y receptor. Los valores de datos que resultan de las trayectorias diferentes pueden ahora combinarse para asegurar una mayor fiabilidad de recepción. La combinación puede mejorarse ponderando cada trayectoria con un factor que escala con su probabilidad de error.

- La decodificación del mensaje de datos después de la combinación de inclinación comprende evaluar el valor de datos para la cercanía a los puntos de constelación de fase usados en el esquema de modulación de fase.

- Se ha mostrado que un número de diferentes firmas que consisten en tres chips Barker pueden transmitirse con diferentes fases relativas y desviaciones de tiempo. Con códigos Barker de 11 bits con desviaciones de 1, 2, 3, 4 y 5 para el caso Barker intermedio y para cinco transmisores respectivos, estas señales pueden mostrarse como casi ortogonales y pueden por tanto separarse fácilmente en el receptor. Esto significa que estas señales pueden transmitirse simultáneamente o casi simultáneamente, mientras que un receptor podrá identificar y caracterizar (en términos de tiempo de llegada, amplitud, fase y Doppler) todas las trayectorias existentes entre transmisor y receptor, incluyendo reflejos. El número de combinaciones ortogonales puede extenderse a través del uso de diferentes números de códigos Barker, desviaciones de tiempo y fases.

5 Se apreciará que los mismos principios pueden aplicarse a una unidad transmisora móvil, que puede llevar la persona 8, y que transmite una transmisión tal como en la Figura 4. Esta transmisión puede recibirse en un número de estaciones receptoras que pueden descodificar la información de mensaje y que también pueden determinar la información del tiempo de llegada desde la firma, potencialmente para trayectorias directas e indirectas. Esta información de temporización puede combinarse con el conocimiento de las ubicaciones de las estaciones estáticas para determinar una estimación de posición para la unidad móvil.

10 Las etapas del método pueden implementarse en un procesador o unidad o pueden distribuirse por múltiples procesadores o unidades. Las etapas pueden implementarse en software o hardware o una combinación de ambos.

REIVINDICACIONES

1. Un sistema que comprende:

5 una pluralidad de unidades transmisoras (4) configuradas cada una para transmitir una respectiva señal ultrasónica (40, 44, 46, 42) que comprende i) un primer patrón (30), que está codificado por PSK en una primera portadora, y un segundo patrón (34) que está codificado por PSK en una segunda portadora, en donde la primera y segunda portadora tienen la misma frecuencia, pero en donde la segunda portadora está fuera de fase con la primera portadora, y ii) una porción portadora de mensaje (44) codificada por PSK;
 10 una unidad receptora (10) configurada para recibir una señal ultrasónica, de las señales ultrasónicas (40, 44, 46, 42) desde una unidad transmisora (4) de las unidades transmisoras; y medios de procesamiento (14; 26),

caracterizado por que:

15 para cada una de las señales ultrasónicas (40, 44, 46, 42), el segundo patrón está desviado del primer patrón en tiempo por una desviación específica de transmisor, por lo que cada señal ultrasónica comprende una firma específica de transmisor (40); y los medios de procesamiento se configuran para:

20 usar la desviación específica de transmisor en la señal ultrasónica recibida para identificar la unidad transmisora (4) que transmitió la señal ultrasónica;
 usar los primeros y segundos patrones en la señal recibida para caracterizar una distorsión de fase inducida por movimiento en la señal recibida;
 25 usar dicha caracterización para compensar la distorsión de fase inducida por movimiento en la porción portadora de mensaje de la señal recibida; y decodificar el mensaje desde la señal compensada.

2. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1, en donde, para cada una de las señales ultrasónicas (40, 44, 46, 42), la segunda portadora está 90 grados fuera de fase con la primera portadora.

3. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 1 o 2, en donde, para cada una de las señales ultrasónicas (40, 44, 46, 42), la respectiva firma específica de transmisor (40) comprende un código Barker (30, 32, 34) y el mensaje se codifica por espectro ensanchado por señal directa (DSSS) usando el mismo código Barker.

4. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde cada una de las señales ultrasónicas (40, 44, 46, 42) comprende un primer caso de la forma específica de transmisor (40) como un preámbulo a la porción portadora de mensaje (44) y comprende además un segundo caso de la firma específica de transmisor como un postámbulo a la porción portadora de mensaje.

5. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde cada unidad transmisora (4) se configura para transmitir uno o más elementos de referencia de fase (46) dentro de la porción portadora de mensaje (44).

6. Un sistema de acuerdo con la reivindicación 5, en donde los medios de procesamiento (14; 26) se configuran para adaptar una curva mejor adaptada a información de fase con el tiempo obtenida de los elementos de referencia de fase recibidos, y para usar la curva para caracterizar distorsión de fase inducida por movimiento en la señal recibida.

7. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los medios de procesamiento (14; 26) se configuran para analizar información de fase con el tiempo desde la señal recibida para determinar uno o más de: desviación de fase relativa, rapidez, velocidad y aceleración de la unidad transmisora (4) en relación con la unidad receptora (10).

8. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los medios de procesamiento (14; 26) se configura además para combinar por inclinación la señal transmitida (40, 44, 46, 42) recibida en dicha señal recibida a lo largo de una pluralidad de rutas y para decodificar el mensaje desde la combinación inclinada.

9. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde los medios de procesamiento (14; 26) se configuran para determinar la identidad de la unidad transmisora (4) desde la desviación específica de transmisor en la señal recibida.

10. Un sistema de acuerdo con cualquier reivindicación anterior, en donde la unidad receptora (10) comprende algunos o todos de dichos medios de procesamiento (26).

11. Un método para transmitir y recibir información que comprende:

65

transmitir una señal ultrasónica (40, 44, 46, 42) desde una unidad transmisora (4) de una pluralidad de unidades transmisoras, comprendiendo la señal i) un primer patrón (30), que está codificado por PSK en una primera portadora, y un segundo patrón (34) que está codificado por PSK en una segunda portadora, en donde la primera y segunda portadora tienen la misma frecuencia, pero en donde la segunda portadora está fuera de fase con la primera portadora, y ii) una porción portadora de mensaje (44) codificada por PSK; y recibir la señal en una unidad receptora (10),

caracterizado por que:

10 el segundo patrón está desviado del primer patrón en tiempo por una desviación específica de transmisor, por lo que la señal ultrasónica comprende una firma específica de transmisor (40);
 usar la desviación específica de transmisor en la señal ultrasónica recibida para identificar la unidad transmisora (4) que transmitió la señal ultrasónica;
 15 usar los primeros y segundos patrones en la señal recibida para caracterizar una distorsión de fase inducida por movimiento en la señal recibida;
 usar dicha caracterización para compensar la distorsión de fase inducida por movimiento en la porción portadora de mensaje de la señal recibida; y
 decodificar el mensaje desde la señal compensada.

20 12. Un sistema transmisor que comprende una pluralidad de unidades transmisoras (4), cada una configurada para transmitir una respectiva señal ultrasónica (40, 44, 46, 42) que comprende i) un primer patrón (30) que se codifica por PSK en una primera portadora, y un segundo patrón (34) que se codifica por PSK en una segunda portadora, en donde la primera y segunda portadora tienen la misma frecuencia, pero en donde la segunda portadora está fuera de fase con la primera portadora, y ii) una porción portadora de mensaje (44) codificada por PSK, caracterizada por que el
 25 segundo patrón está desviado del primer patrón en tiempo por una desviación específica de transmisor de un número de chips específico de transmisor, por lo que cada señal ultrasónica comprende una firma específica de transmisor (40).

30 13. Una unidad receptora (10) configurada para recibir, desde una unidad transmisora (4) de una pluralidad de unidades transmisoras, una señal ultrasónica (40, 44, 46, 42) que comprende i) un primer patrón (30), que está codificado por PSK en una primera portadora, y un segundo patrón (34) que está codificado por PSK en una segunda portadora, en donde la primera y segunda portadora tienen la misma frecuencia, pero en donde la segunda portadora está fuera de fase con la primera portadora, y ii) una porción portadora de mensaje (44) codificada por PSK, comprendiendo la unidad receptora (10) medios de procesamiento (26),
 35 caracterizados por que:

el segundo patrón está desviado del primer patrón en tiempo por una desviación específica de transmisor, por lo que la señal ultrasónica comprende una firma específica de transmisor (40);
 40 los medios de procesamiento se configuran para usar la desviación específica de transmisor en la señal ultrasónica recibida para identificar la unidad transmisora (4) que transmitió la señal ultrasónica; y
 los medios de procesamiento se configuran para usar el primer y segundo patrón en la señal recibida para caracterizar una distorsión de fase inducida por movimiento en la señal recibida.

45 14. Una unidad receptora (10) de acuerdo con la reivindicación 13, además configurada para usar dicha caracterización para compensar la distorsión de fase inducida por movimiento en la porción portadora de mensaje de la señal recibida.

50 15. Una unidad receptora (10) de acuerdo con la reivindicación 14, además configurada para decodificar el mensaje desde la señal compensada.

Fig. 1

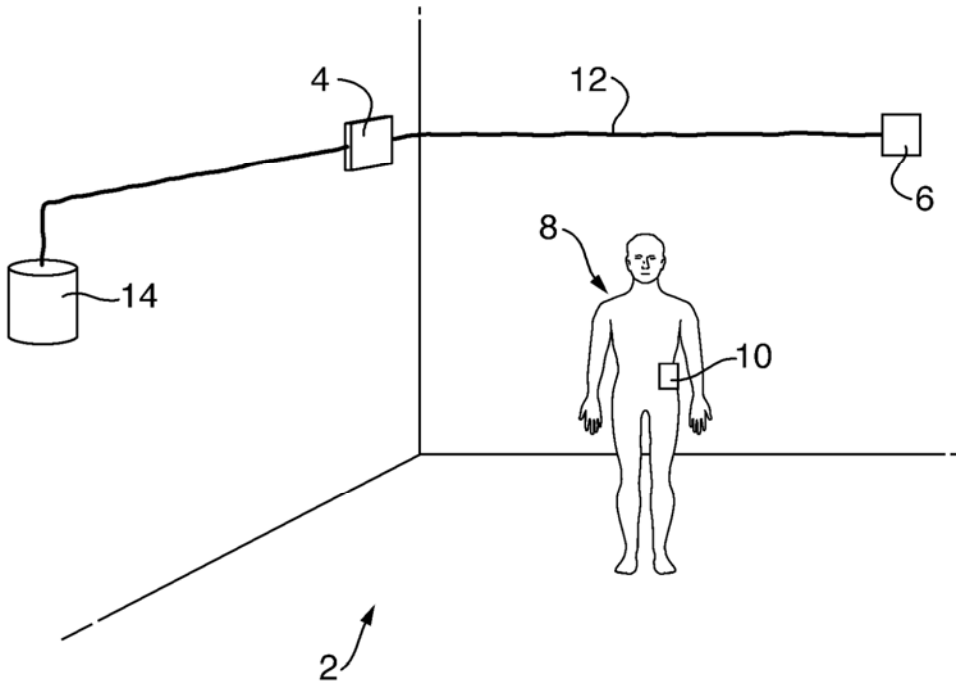


Fig. 2

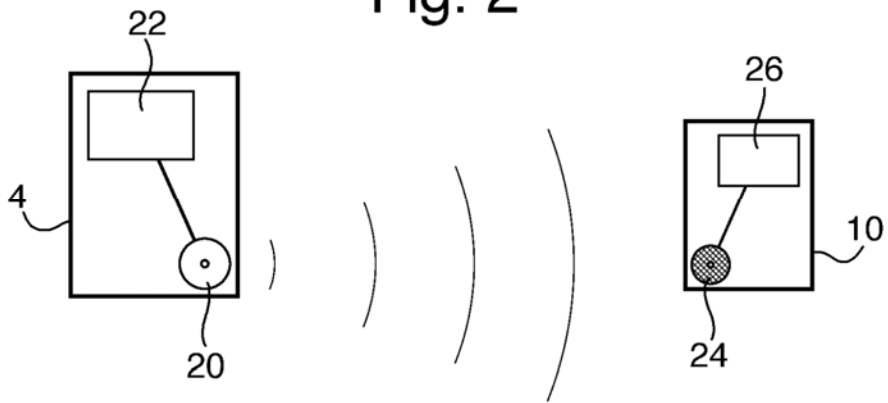


Fig. 3

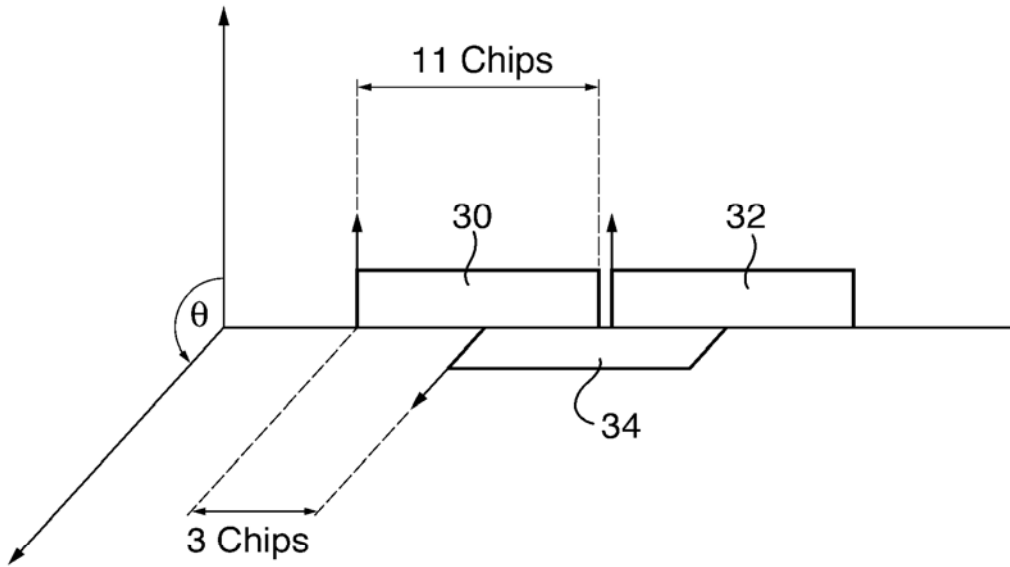


Fig. 4

