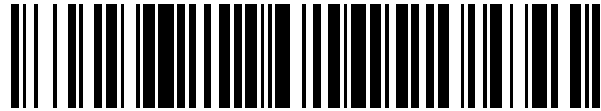


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 392 140**

51 Int. Cl.:

G01S 5/14 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

96 Número de solicitud europea: **09752731 .1**

96 Fecha de presentación: **14.10.2009**

97 Número de publicación de la solicitud: **2344905**

97 Fecha de publicación de la solicitud: **20.07.2011**

54 Título: **Sistema para la determinación del movimiento de una construcción oscilante**

30 Prioridad:

15.10.2008 DE 102008052799

45 Fecha de publicación de la mención BOPI:

05.12.2012

45 Fecha de la publicación del folleto de la patente:

05.12.2012

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (100.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE**

72 Inventor/es:

**EIDLOTH, ANDREAS y
FRANKE, NORBERT**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 392 140 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 para la determinación del movimiento de una construcción oscilante

La invención se refiere a un sistema para la determinación del movimiento de una construcción oscilante.

5 Por el documento EP 1 556 713 B1 se conoce un sistema de localización, con el que es posible seguir en tiempo real la posición de al menos un objeto móvil continuamente. A este respecto se trata por ejemplo de objetos tales como pelotas o jugadores que se mueven en un campo de juego. En este sistema de localización están instalados de manera fija varios receptores y en los objetos están colocados emisores cuyas señales se reciben por los receptores y se valoran. Para facilitar una localización tridimensional de alta precisión, deben colocarse receptores también en alturas superiores, en el mejor de los casos incluso directamente sobre el campo de juego. Por tanto es
10 imprescindible colocar los receptores en postes altos, siendo apropiados postes de iluminación con proyectores por ejemplo en caso de campos de fútbol.

Sin embargo se ha demostrado que tales postes empiezan a oscilar con la influencia del viento. Estos movimientos influyen en la distancia real y medida entre emisores, es decir entre el objeto que va a localizarse y el receptor. Si no se tiene en consideración el movimiento de los postes, entonces sus oscilaciones se transfieren al objeto que va a localizarse. A este respecto pueden producirse oscilaciones de la posición de varios centímetros en el caso más
15 desfavorable con un objeto en reposo, por ejemplo una pelota en reposo.

Se sabe también que los movimientos de construcciones de torre altas o de rascacielos, debido a temporales o tifones se determinan mediante una detección y valoración por GPS.

20 El documento DE 10 055 289 A1 describe un sistema para la determinación de la posición de un objeto con un dispositivo de emisión de referencia y al menos dos dispositivos de emisión-recepción que están dispuestos en posición fija uno con respecto a otro y con respecto al dispositivo de emisión de referencia. La determinación de la distancia se basa en una medición del tiempo de recorrido, mencionándose una medición de fase que además puede consultarse.

25 En el documento US 6 366 854 1 se da a conocer un sistema GPS, con el que se realizan modificaciones de la distancia o de la posición por medio de mediciones de fase portadora. En el sistema GPS se recibe una señal continua por cada uno de los tres satélites, de modo que puede usarse un circuito sencillo de bucle de enganche de fase, para seguir las modificaciones condicionadas por la distancia o generar los valores de medición de fase.

30 Por consiguiente la invención se basa en el objetivo de crear un sistema para la determinación del movimiento de una construcción oscilante, en la que está colocada un receptor, con el que es posible determinar una modificación exacta de la posición de la construcción y con ello del receptor.

Este objetivo se soluciona según la invención mediante un sistema para la determinación del movimiento de una construcción oscilante según las características de la reivindicación independiente.

Mediante las medidas indicadas en las reivindicaciones dependientes son posibles perfeccionamientos y mejoras ventajosos.

35 Debido a que al menos están previstos tres emisores de referencia con posición conocida y fija respectivamente, cuyas señales de emisión están configuradas como señales moduladas en un soporte con frecuencia portadora definida, determinando un dispositivo de valoración valores de medición de fase a partir de las señales de recepción teniendo en consideración la frecuencia portadora definida, a partir de los cuales pueden calcularse la distancia respectivamente a los emisores y la modificación de la posición del receptor y con ello de la construcción oscilante,
40 se consigue una detección de alta precisión de las oscilaciones de la construcción. Con el uso de sólo tres de tales emisores de referencia es necesario que todos los emisores estén sincronizados entre sí y adicionalmente con el receptor o estén acoplados con fase fija. Si se instalan cuatro emisores de este tipo que están sincronizados entre sí o están acoplados con fase fija, no es necesaria una cadencia con el receptor en la construcción movida, dado que puede eliminarse la información obtenida por el cuarto emisor de referencia, el tiempo de recepción desconocido.
45 Otra estructura del sistema, con el que puede determinarse toda la información tridimensional, consiste en que se prevén tres emisores de referencia no sincronizados o no acoplados con fase fija y al menos un receptor fijo adicional de posición conocida, estando sincronizado éste último con el receptor movido o estando acoplado con fase fija. Los emisores de referencia pueden presentar respectivamente distintas frecuencias portadoras, sin embargo es ventajoso que las señales de emisión estén moduladas a una frecuencia portadora común para todos
50 los emisores de referencia, dado que entonces puede reducirse el esfuerzo de valoración de manera notable. Por ejemplo pueden usarse la banda ISM de 2,4 GHz o la banda de 5 GHz u otras bandas que están a disposición conforme a las normas de frecuencia o las distribuciones de frecuencia. La información para la diferenciación de los emisores de referencia individuales puede modularse entonces como código de identificación en una secuencia de bit en el soporte.

55 Especialmente ventajoso prever el sistema según la invención en una disposición para la calibración de un sistema de radio para la determinación de la posición al menos de un objeto móvil en un espacio tridimensional con varios

receptores o integrarlo como infraestructura, en el que al menos un receptor está fijado en una construcción oscilante y en el que está previsto un dispositivo de valoración que tiene en consideración la modificación de la posición del receptor fijado en la construcción en la determinación de la posición del objeto móvil. De esta manera puede calibrarse el sistema de radio y facilitarse una localización tridimensional de alta precisión, de manera ajustada por las influencias de la construcción oscilante. Los receptores están sincronizados preferentemente entre sí o están acoplados con fase fija, pudiendo no estar sincronizados entre sí entonces los emisores de referencia usados, de manera que pueden usarse pequeños emisores de referencia económicos.

Un ejemplo de realización de la invención está representado en el dibujo y se explica en más detalle en la siguiente descripción. Muestran:

- 10 la figura 1 una representación esquemática de un primer ejemplo de realización del sistema según la invención,
- la figura 2 una representación esquemática de un segundo ejemplo de realización del sistema según la invención,
- 15 la figura 3 una representación esquemática de un tercer ejemplo de realización del sistema según la invención,
- la figura 4 una representación esquemática del tercer ejemplo de realización del sistema según la invención, que está integrado en un sistema de localización,
- la figura 5 una vista desde arriba en el sistema de coordenadas X-Y en la posición determinada de un poste de iluminación con proyectores, y
- 20 la figura 6 una representación de la posición X, de la posición Y y de la posición Z del poste de iluminación con proyectores con respecto al tiempo.

En la figura 1 está representado un sistema para la determinación del movimiento de una construcción oscilante por ejemplo de un poste, produciéndose la oscilación mediante la influencia del ambiente, concretamente mediante el viento o temporal. En la figura 1 está designado con 1 un poste, en el que está dispuesto de manera fija un receptor 2 con antena 3. En el entorno del poste 1 están dispuestos varios emisores de referencia 4 con antenas 5, en el ejemplo de realización cuatro emisores, que están fijos y se conoce su posición. Los emisores de referencia 4 emiten, por ejemplo en el procedimiento de acceso múltiple por división de código y/o tiempo, señales de emisión que están configuradas como señales moduladas a una frecuencia portadora, usándose como zona de transmisión preferentemente la banda ISM de 2,4 GHz, sin embargo pudiéndose usar también otras bandas, tales como la banda ISM de 5 GHz u otras bandas que están a disposición conforme a las normas de frecuencia o las distribuciones de frecuencia. Las señales de emisión se emiten preferentemente como ráfagas de emisión, usando todo los emisores de referencia 4, en el ejemplo de realización, una frecuencia portadora. En las señales de emisión, es decir en las ráfagas de emisión está contenida la información sobre el respectivo emisor de referencia 4, por ejemplo códigos de identificación, que está modulada como secuencia de bit en el soporte. Los emisores de referencia 4 están sincronizados entre sí, es decir todos tienen la misma sincronización de referencia, por ejemplo están conectados a través de una red de fibra de vidrio con una fuente de sincronización 6 o a través de radio y relojes atómicos libres o similares. Según la descripción anterior, la figura 1 muestra de manera precisa una variante de varias posibilidades de solución.

Si se sincroniza por ejemplo también el tiempo de receptor del receptor 3 con los tiempos de emisor de los emisores de referencia 4, puede suprimirse uno de los emisores de referencia 4. Esto está representado en la figura 2 y para la valoración del caso más sencillo, dado que todos los emisores 4 y el receptor 3 tienen la misma cadencia.

Asimismo podrían modificarse las figuras 1 y 2 también correspondientemente la figura 3 en el sentido de que se usan tres emisores de referencia 4 no sincronizados y dos receptores 2, 7 que están sincronizados entre sí, representándose esto mediante las conexiones con la fuente de sincronización 6. A este respecto se encuentra uno 7 de estos receptores en una posición de referencia fija y el otro 2 en la construcción oscilante.

En las realizaciones correspondientemente a las figuras 1 a 3 se mezclan con reducción en la unidad de antena del receptor 2 las ráfagas de emisión recibidas y emitidas por los emisores de referencia 4 en la banda base, es decir el soporte de por ejemplo 2,4 GHz se distancia y se tiene en consideración la información de identidad sobre los emisores de referencia 4 en el procesamiento posterior. Entonces se compara la posición de fase recibida respectiva del soporte en el receptor 2 con la del respectivo emisor de referencia 4, es decir se forma la diferencia de fase. Esta diferencia de fase o el ángulo de fase medido disminuye con la respectiva distancia d_i entre el emisor de referencia 4 y el receptor 2 y corresponde básicamente a $2\pi d_i/\lambda$. Por consiguiente, la distancia d_i se determina en el caso más sencillo (figura 2) mediante

$$d_i = -\varphi_{ei} * \lambda / 2\pi + o_i$$

5 en el que i es el índice sobre los emisores de referencia 4 y φ_{ei} designa el valor de medición de fase en radianes, que se determina por medio de la posición de fase medida en el receptor 2 y la formación de la mencionada diferencia de fase, y λ designa la longitud de onda del soporte en metros. Con una frecuencia portadora de 2,4 GHz, la longitud de onda asciende a 12,27 cm. o_i es un desplazamiento de la distancia, igualmente en metros.

10 En la forma de realización según la figura 1, en la que el receptor 2 tiene una propia fuente de sincronización, se produciría una modificación de la distancia no proporcionada debido a un desplazamiento de frecuencia entre la fuente de sincronización 6 y la del receptor 2. Dado que las distancias calculadas para todos los emisores de referencia 4 se falsificarían de la misma manera, puede eliminarse un fallo con la información del cuarto emisor de referencia 4 mediante la formación de diferencias de distancia.

15 De manera correspondiente puede calcularse de nuevo, en la forma de realización según la figura 3, con los valores de medición de fase determinados en el receptor fijo 7 y las distancias conocidas entre los emisores de referencia 4 y el receptor 7 en el ángulo de fase en el emisor de referencia 4 para determinar el momento de emisión. Con ello, los emisores de referencia 4 están sincronizados con el receptor móvil 2 de modo matemático. A continuación pueden calcularse las distancias entre el receptor movido 2 y los emisores de referencia 4. Esto se realiza incluyendo los ángulos de fase calculados en el emisor 4, los valores de medición de fase en el receptor movido 2 y el desplazamiento de la distancia a partir de la ecuación citada anteriormente.

20 El desplazamiento se determina inicialmente mediante una posición del poste 1 determinada por un medidor, por ejemplo un medidor por láser, mediante la posición de los emisores de referencia 4 así como mediante la primera medición de fase del respectivo trayecto emisor-receptor con la ecuación mencionada anteriormente.

Este desplazamiento inicial se corrige en el desarrollo de medición posterior para tener en consideración distintas influencias y se adapta al respectivo desplazamiento actual. En caso de las correcciones se trata de la compensación del cambio de temperatura en el sistema, de una adaptación de la posición absoluta así como de una corrección de las denominadas "pérdidas de ciclos" (saltos de fase de 2π).

25 Dado que con una modificación de la temperatura en el sistema pueden modificarse las longitudes medidas, debe compensarse un cambio de este tipo y concretamente mediante la adaptación del desplazamiento. Dado que el cambio, es decir el desplazamiento de trayecto del valor de medición se realiza lentamente, éste está superpuesto a la modificación del valor de medición mediante el movimiento real y puede detectarse por ejemplo mediante procedimiento de filtros. Debido a ello se garantiza que con modificaciones de longitudes que sobrepasan la longitud de onda media, no se produce ningún salto de posición como consecuencia de la ambigüedad de la longitud de onda en el sistema.

30 Otra corrección lenta del desplazamiento respectivo o_i asegura que la posición central del receptor 2 coincide con la posición que se determinó mediante el medidor por láser. Dado que se trabaja según la invención sólo con valores de medición de fase, no puede determinarse ninguna posición absoluta. En el arranque del sistema se empieza, por tanto, tal como se mencionó ya anteriormente, con una posición que se determinó sin la influencia del viento y el sistema ya la conoce. Sin embargo esto puede conducir a fallos mayores cuando en el arranque del sistema la posición real del receptor 2 se desvía mucho de esta posición conocida. La corrección se consigue porque debido a los valores medios de las mediciones se actualiza la posición medida para esta posición conocida. Esta corrección aprovecha el hecho de que el poste oscila alrededor de su "posición de reposo". Mediante este modo de proceder puede prescindirse de una determinación costosa de la posición absoluta.

35 Con la medición de los valores de fase ha de tenerse en cuenta que la solución de la ecuación anterior es igualmente ambigua debido a la ambigüedad 2π de los valores de medición de fase, es decir mediante la modificación de la distancia de medición puede ocurrir que se produzcan saltos de una medición de fase a la siguiente, que presentan un valor de 2π , tal como ya se expuso. Si éstos no se compensaran, entonces la distancia medida saltaría en una longitud de onda y por consiguiente el resultado de la posición se modificaría considerablemente. Por consiguiente se realiza otra corrección del desplazamiento para impedir saltos de distancia, dado que la distancia corresponde a la suma del valor de medición de fase (en metros) y al desplazamiento. En este caso ya no se trata de correcciones lentas, ya que el desplazamiento puede saltar entre ráfagas en una longitud de onda, para compensar un salto de fase producido en la medición. Esta compensación se realiza mediante la denominada "desenvoltura de fase" de los valores de medición de fase relativos que se realiza en el desplazamiento.

50 En un dispositivo de valoración que es por ejemplo un ordenador dispuesto distanciadamente con respecto al receptor 2 y al que se transfiere los resultados de la medición de la distancia d_i , se usan éstos para determinar la posición del poste 1 o del receptor 2 a intervalos o continuamente. Lógicamente pueden transferirse también los valores de medición de fase al dispositivo de valoración, en el que se determina entonces usando la ecuación anterior la posición correspondiente. Habitualmente se usa para la valoración un filtro de Kalman, pudiéndose usar

también aún otros procedimientos y dispositivos de procesamiento, tales como algoritmos algebraicos, por ejemplo el algoritmo de Bancroft o tal como redes neuronales o filtros partícula. Entonces se proporcionan por el dispositivo de valoración tres coordenadas para la posición del receptor 2.

5 La figura 5 muestra la vista desde arriba, es decir la posición X e Y en un sistema de coordenadas seleccionado, sobre la posición del poste 1 determinada por medio de la medición de fase. Puede distinguirse claramente la oscilación del movimiento del poste.

10 En la figura 6 están representados los desarrollos de posición de los ejes de coordenadas individuales con respecto al tiempo, indicando la línea central respectivamente la posición del poste que se estableció inicialmente mediante la medición por láser. Sin embargo, la oscilación residual que puede distinguirse en la coordenada Z no existe físicamente, produciéndose este fallo debido a la disposición de los emisores de referencia 4 con respecto al receptor movido 2. El receptor 2 observa a todos los emisores de referencia 4 en un ángulo espacial relativamente pequeño, lo que conduce a que se produzca un cruce entre los ejes de coordenadas individuales.

15 Un sistema de este tipo, tal como se describió anteriormente o un procedimiento de este tipo puede usarse en una disposición para la localización tridimensional de alta precisión de uno o varios objetos móviles, particularmente uno o varios objetos que se mueven en un campo de juego, tal como una pelota y/o un jugador. Este sistema está representado en la figura 4. A modo de ejemplo están previstos dos objetos móviles que están dotados de un emisor 8 y una multiplicidad de receptores 9, 2 está dispuesta alrededor del campo de juego o incluso sobre el campo de juego, estando colocados al menos algunos de los receptores, en el ejemplo de realización un receptor 2, por ejemplo en postes de iluminación con proyectores. En un sistema de este tipo se posicionan entonces los emisores de referencia fijos 4 en la proximidad del campo de juego y los receptores fijados en los postes de iluminación con proyectores corresponden al receptor 2 y los receptores 9 al receptor 7 de la figura 3. El respectivo emisor de objeto 20 del objeto móvil emite a los receptores 2, 9 señales de radio y las señales recibidas se valoran para la determinación de la posición del objeto móvil en un dispositivo de valoración que puede coincidir con el dispositivo de valoración mencionado anteriormente para la determinación de la posición del poste móvil 1. En la valoración para la determinación de la posición del objeto se tienen en cuenta las oscilaciones de manera correspondiente a la figura 5 y la figura 6 del receptor 2, y se corrige correspondientemente la posición del objeto móvil. En el sistema de localización representado, los receptores están sincronizados entre sí, lo que está indicado mediante los enlaces con la fuente de sincronización 6. El sistema integrado en este sistema de localización para la verificación de las oscilaciones del poste 1 sirve en este caso como infraestructura para la calibración del sistema de localización con un aumento correspondiente de la exactitud. Como emisores de referencia 4 pueden usarse entonces pequeños emisores en miniatura, económicos y no unidos entre sí.

25 En otro ejemplo de realización en el que se determina la oscilación de un poste o de un edificio, se calculan, tal como se describió ya anteriormente, la oscilación eventualmente con distintas condiciones meteorológicas a partir de los desarrollos de posición de los ejes de coordenadas individuales.

35

REIVINDICACIONES

1. Sistema para la determinación del movimiento de una construcción oscilante en la que está colocado de manera fija un receptor (2), formado por al menos tres emisores de referencia (4) con posición conocida y fija respectivamente cuyas señales de emisión están configuradas como señales moduladas en un soporte con frecuencia portadora definida, un dispositivo de valoración que está configurado para determinar valores de medición de fase a partir de las señales de emisión recibidas por el receptor (2) de los emisores de referencia individuales (4) teniendo en consideración la frecuencia portadora definida, a partir de los cuales pueden calcularse la distancia respectivamente a los emisores de referencia (4) y la modificación de la posición del receptor (2) y con ello de la construcción oscilante, en el que se calcula la distancia entre el receptor (2) y el respectivo emisor de referencia (4) a partir de

$$d_i = \varphi_{ei} * \lambda / 2\pi + o_i$$

en la que d es la distancia entre el respectivo emisor de referencia (4) y el receptor (2), i es el índice sobre el emisor de referencia, φ_{ei} es el valor de medición de fase en el receptor para el respectivo emisor de referencia en rad, λ es la longitud de onda del soporte en m y o_i es el respectivo desplazamiento en m y puede determinarse el respectivo desplazamiento inicialmente mediante una posición de la construcción medida por un aparato de medición, la posición de los emisores de referencia fijos (4) y mediante una primera medición de fase y porque el dispositivo de valoración está configurado para adaptar los respectivos valores de desplazamiento para la compensación de saltos de fase de 2π de los valores de medición de fase, pudiéndose valorar una modificación de la distancia repentina.

2. Sistema según la reivindicación 1, **caracterizado porque** a todos los emisores de referencia (4) se le asigna una frecuencia portadora definida común.

3. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** la disposición de al menos tres emisores de referencia fijos (4) con posición conocida y el un receptor (2) están sincronizados temporalmente entre sí o están conectados con fase fija a través de una fuente de sincronización (6) común.

4. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** está previsto un cuarto emisor de referencia fijo (4), en el que los cuatro emisores de referencia (4) están sincronizados temporalmente entre sí o están conectados con fase fija a través de una fuente de sincronización (6) común.

5. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 2, **caracterizado porque** además del receptor (2) está previsto en la construcción oscilante al menos un receptor fijo (7) de posición conocida, en el que los emisores de referencia (2) no están sincronizados entre sí o no están acoplados con fase fija y el receptor oscilante (2) y el receptor fijo (7) están sincronizados entre sí o están acoplados con fase fija y pueden calcularse los momentos de emisión de los respectivos emisores de referencia (2) de posición conocida a través de las respectivas señales de recepción del emisor fijo.

6. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado porque** el dispositivo de valoración está configurado para adaptar, con una modificación de la temperatura en el sistema, el respectivo valor del desplazamiento, pudiéndose detectar la modificación del valor de medición debido a la modificación de la temperatura mediante un procedimiento de filtros.

7. Sistema según una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado porque** el dispositivo de valoración está configurado para compensar una posible desviación de la posición de la construcción oscilante con respecto a la posición medida en el comienzo de la determinación mediante la modificación de los valores del respectivo desplazamiento a través de la valoración del valor medio de los valores de medición de la posición.

8. Disposición para la calibración de un sistema de radio para la determinación de la posición al menos de un emisor móvil (8) en un espacio tridimensional con varios receptores (2, 9), de los que al menos uno (2) está fijado en una construcción oscilante mediante la influencia del ambiente, y con un sistema según una de las reivindicaciones 1 a 7, en el que está previsto un dispositivo de valoración que tiene en consideración la modificación de la posición del receptor (2) fijado en la construcción en la determinación de la posición del emisor móvil (8).

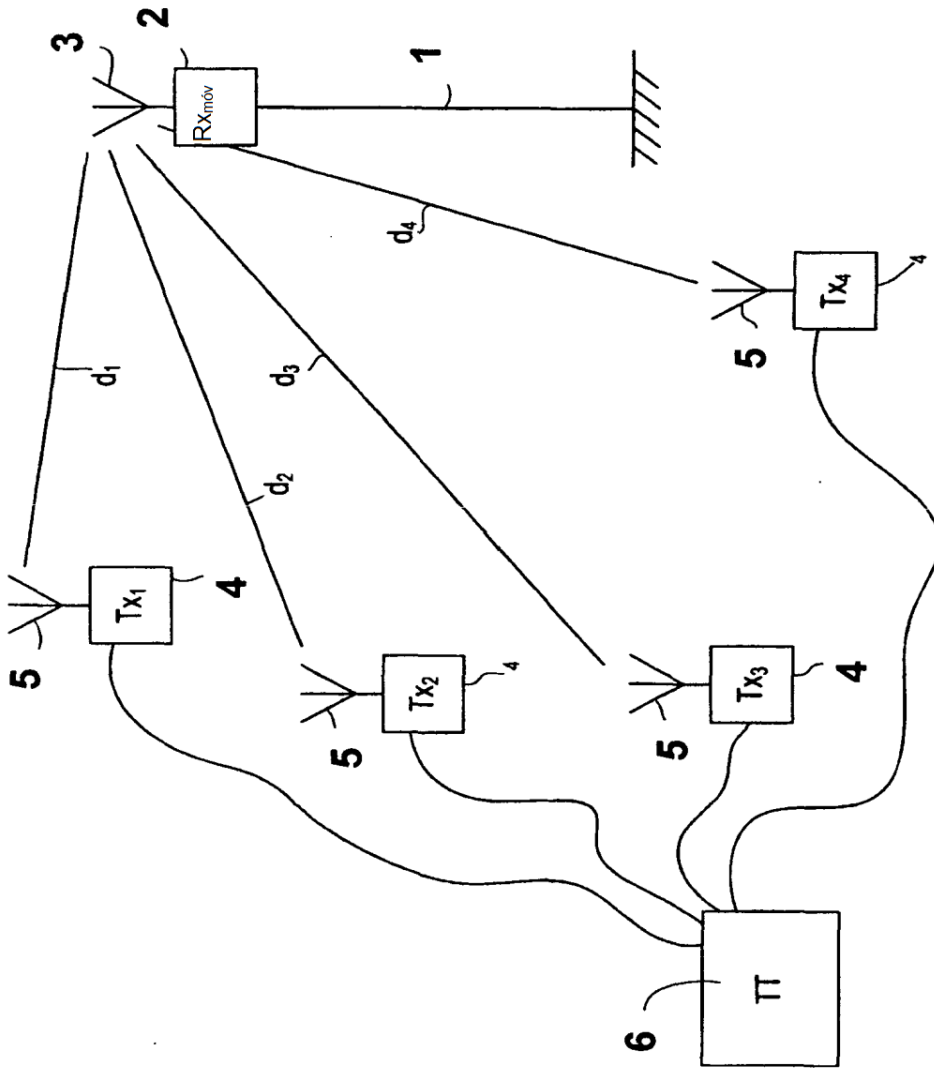


Fig. 1

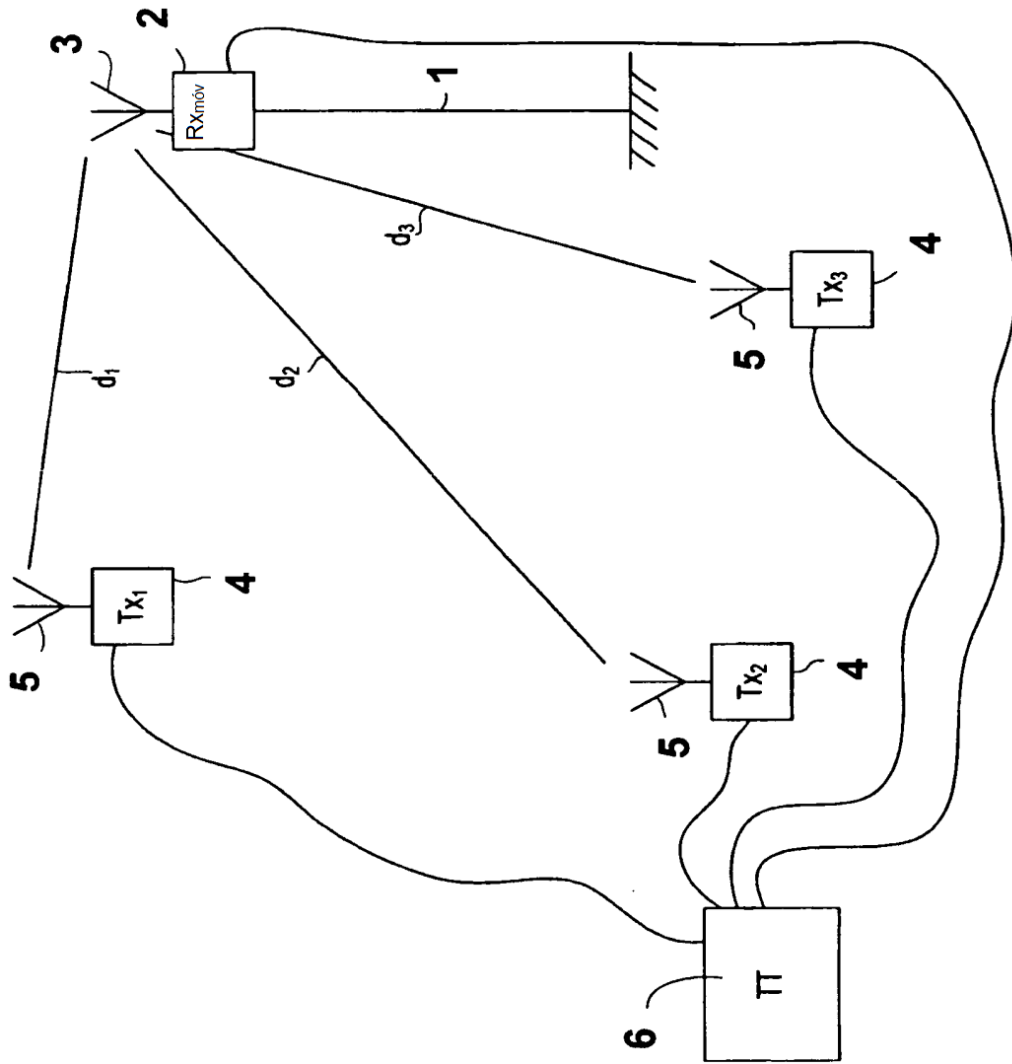


Fig. 2

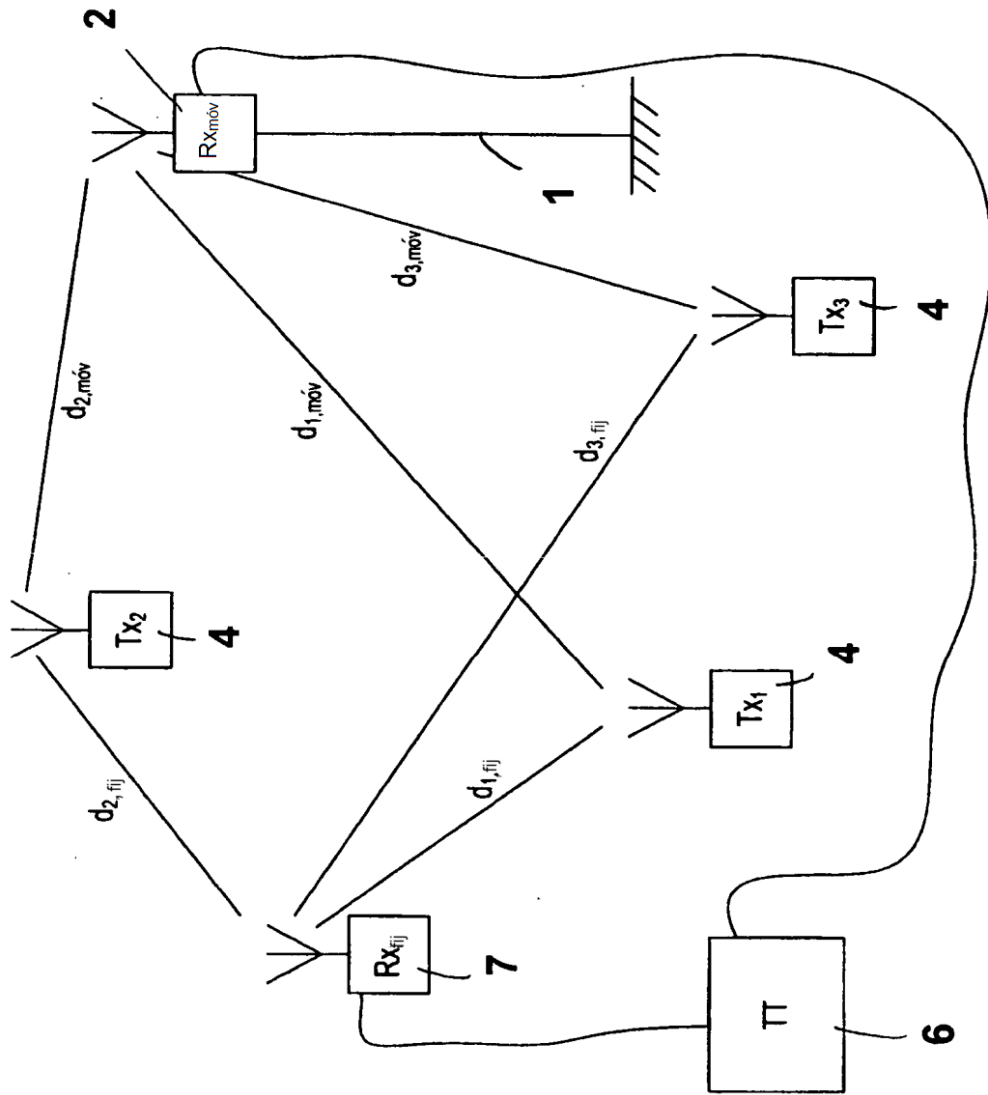


Fig. 3

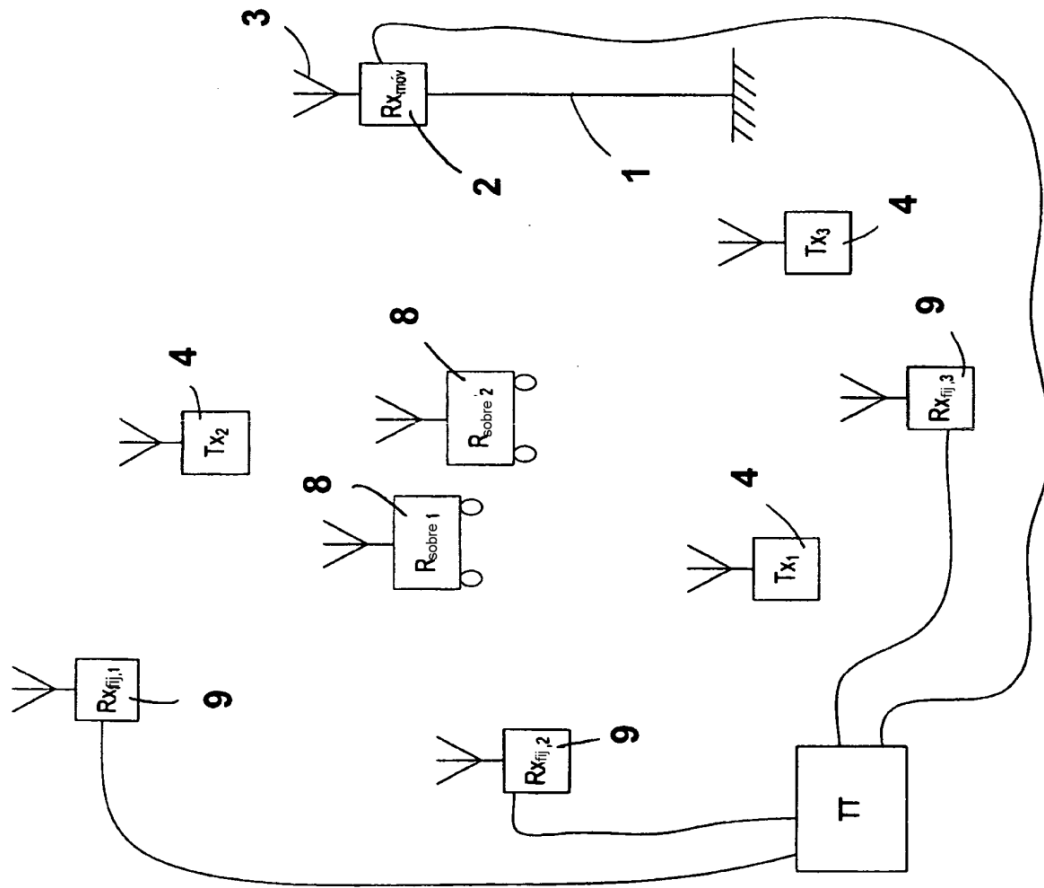


Fig. 4

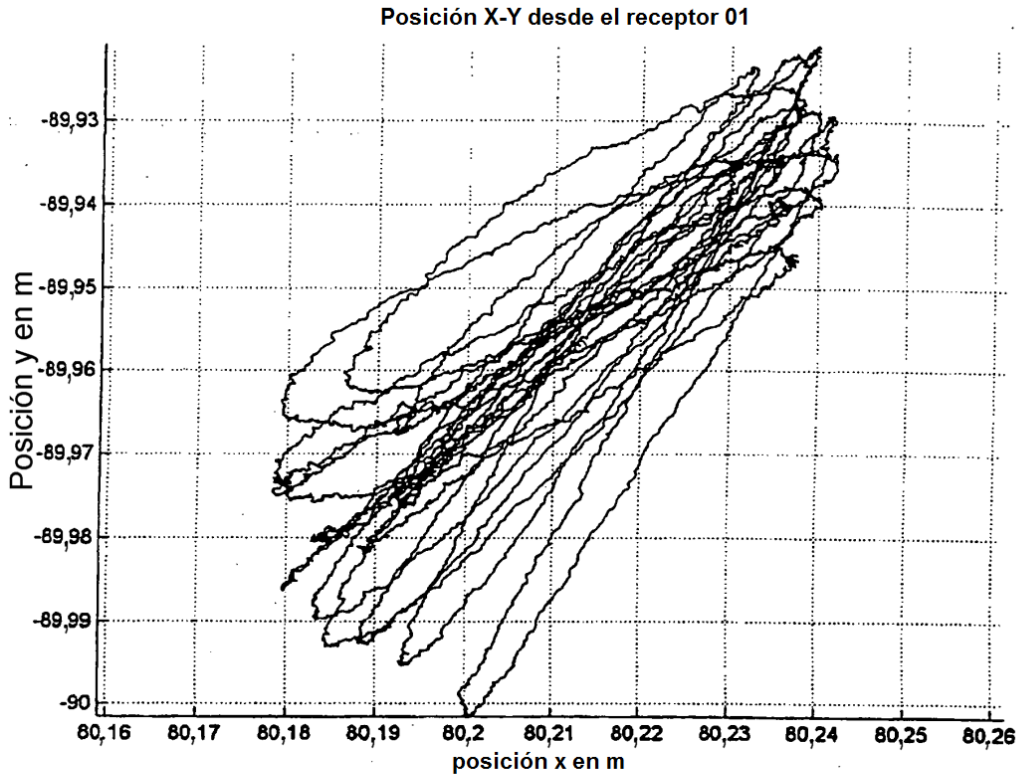


Fig. 5

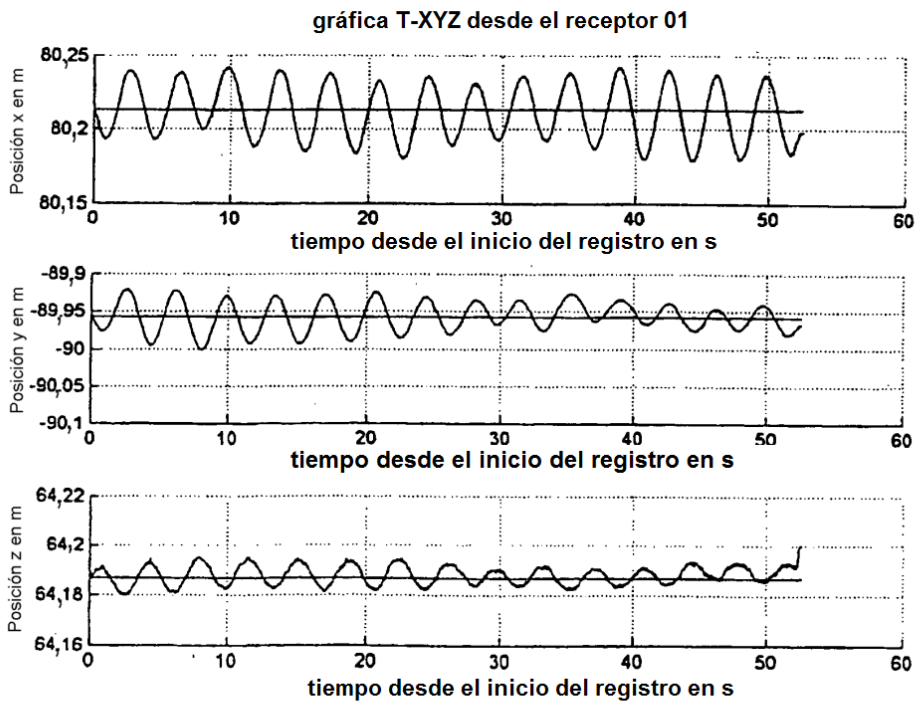


Fig. 6