

19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 613 592**

51 Int. Cl.:

G01S 5/02 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **08.07.2011 PCT/EP2011/003565**

87 Fecha y número de publicación internacional: **12.01.2012 WO2012004010**

96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **08.07.2011 E 11733595 (0)**

97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **04.01.2017 EP 2591377**

54 Título: **Procedimiento y dispositivo para determinar la posición y la orientación de un transmisor móvil**

30 Prioridad:

09.07.2010 EP 10075298

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

24.05.2017

73 Titular/es:

**FRAUNHOFER-GESELLSCHAFT ZUR
FÖRDERUNG DER ANGEWANDTEN
FORSCHUNG E.V. (50.0%)
Hansastraße 27c
80686 München, DE y
FRIEDRICH-ALEXANDER-UNIVERSITÄT
ERLANGEN-NÜRNBERG (50.0%)**

72 Inventor/es:

**EIDLOTH, ANDREAS y
THIELECKE, JÖRN**

74 Agente/Representante:

VALLEJO LÓPEZ, Juan Pedro

ES 2 613 592 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

Procedimiento y dispositivo para determinar la posición y la orientación de un transmisor móvil

5 La presente invención se refiere a un procedimiento y un dispositivo para determinar la posición y orientación de un transmisor móvil.

10 Por el documento EP 1 556 713 B1 se conoce un procedimiento y un dispositivo para el seguimiento continuo en tiempo real de la posición de por lo menos un transmisor móvil, en los que varios receptores de una red de recepción y procesamiento de señales estacionaria reciben las señales emitidas por el transmisor. A partir de las señales recibidas se determinan los tiempos de propagación, los así llamados valores TOA (Time Of Arrival o "tiempo de llegada"), entre el transmisor y los respectivos receptores, en los que, por ejemplo, a partir de 12 valores TOA de 12 receptores estacionarios, por referencia a uno de los receptores, se forman 11 diferencias de tiempo de propagación, los así llamados valores TDOA (Time Difference Of Arrival o "diferencia del tiempo de propagación"), de los que, por triangulación hiperbólica, que se encuentra implementada en un filtro de Kalman, se calcula la respectiva posición del transmisor. Este procedimiento y dispositivo, respectivamente, se han empleado, por ejemplo, para el seguimiento en tiempo real de un balón o pelota y/o de los jugadores sobre un campo de juego, por ejemplo, un campo de fútbol.

20 En un sistema conocido de este tipo, un transmisor móvil rotatorio, que, por ejemplo, está dispuesto dentro de una pelota, genera valores de medición de fase portadora adulterados, que luego también adulteran el resultado de posición para el transmisor. Esta perturbación es tanto mayor, cuanto más rápidamente gire la pelota. Éste efecto se puede atribuir a la selección de las antenas empleadas. El transmisor irradia ondas de polarización lineal, tal como es el caso, por ejemplo, en un dipolo lineal. En el lado del receptor se usan antenas de polarización circular, con lo que debido a la rotación de la pelota o del transmisor, respectivamente, también gira el plano de polarización, lo que se manifiesta en el receptor como un desplazamiento de la frecuencia portadora. Los valores de medición de la fase portadora derivados de la frecuencia portadora se adulteran debido a este efecto perturbador y, por lo tanto, ya no representan una magnitud de medición confiable para la distancia o para su variación, respectivamente. Cuando se toman en cuenta los valores de medición de la fase portadora en el cálculo de posición, de ello resulta un error de posición de mayor o menor magnitud. Para resolver este problema, en el cálculo de posición se podría prescindir de la medición de la fase portadora o de los valores de medición de la fase portadora, pero en ese caso, no obstante, el resultado de posición se vería sustancialmente empeorado, ya que sólo se estaría usando la medición menos exacta de las fases de codificación de los tiempos de propagación de las señales.

35 El efecto físico que se presenta en lo relacionado con el citado estado de la técnica, también existe en otros sistemas, por ejemplo, en el sistema GPS, en el que el error se elimina debido a que se forma la diferencia de fases entre los valores de medición de dos satélites. El requisito previo para esto es que la antena de recepción sólo gire alrededor del eje vertical, lo que normalmente es el caso. En el procedimiento de localización de acuerdo con el estado de la técnica arriba mencionado, el transmisor gira de forma completamente arbitraria, por lo que la compensación de error empleada en el sistema GPS no es posible.

40 Un estado de la técnica adicional, en el que se usa el efecto físico mencionado para medir la orientación, es el documento US 3 540 045, en el que se ha de determinar y controlar la orientación del plano de polarización en la comunicación satelital. A este respecto, mediante un dipolo cruzado, que puede recibir simultáneamente porciones de campo electromagnético de polarización derecha e izquierda, se mide el ángulo del plano de polarización de una señal de satélite. El documento US 7 123 187 describe la determinación y orientación de un receptor de GPS, en el que se emplea una "configuración de antena de GPS estándar", es decir, respectivamente una antena de polarización circular derecha en el transmisor y el receptor. A este respecto, se usan las dos frecuencias portadoras del sistema GPS, con lo que, a partir de los diferentes cambios de fase durante la rotación, en los que los valores de medición de fase se modifican de igual manera, y basándose en la modificación de la distancia, en la que los cambios de fase dependen de la respectiva longitud de onda, se pueden determinar y separar las dos fracciones.

45 Por la publicación "An Orientation Measurement Principle for Time of Arrival Radio Localisation Systems", Andreas Eidloth et al, Proceedings of Eng-GNSS, 2009, seis de mayo de 2009, Nápoles, Italia, se conoce un sistema de localización, en el que se usa un transmisor con una antena de polarización lineal y un receptor con dos antenas de polarización circular o un transmisor con dos antenas de polarización circular y un receptor con una antena de polarización lineal. Mediante un modelo matemático y mediciones de la fase portadora, se pueden determinar los cambios de orientación de las antenas.

60 El documento US 4 737 794 describe un procedimiento para determinar la orientación y posición de un objeto distante, que presenta una pluralidad de antenas receptoras, que cubren un espacio tridimensional y reciben señales de varias antenas transmisoras que también cubren un espacio tridimensional.

65 El objetivo de la presente invención consiste en crear un procedimiento y un dispositivo para determinar la posición y orientación de un transmisor móvil, en el que se eviten los errores de medición debidos a la rotación arbitraria de un transmisor móvil, por lo que se mejora la determinación de la posición del transmisor.

Este objetivo se alcanza de acuerdo con la presente invención a través de las características de la reivindicación de procedimiento independiente y a través de la reivindicación de dispositivo independiente.

5 A través de las medidas mencionadas en las reivindicaciones subordinadas, se pueden lograr desarrollos y mejoramientos ventajosos.

Debido a que, para un sistema con un transmisor móvil con por lo menos dos antenas transmisoras de polarización lineal y varios receptores con respectivamente tan sólo una antena de polarización circular, se establece un modelo teórico de campo del trayecto de transmisión entre el transmisor móvil y el respectivo receptor, y que se determinan los valores de medición de fase portadora basándose en una posición y una orientación conocidas del transmisor móvil y se implementa el modelo teórico de campo en un filtro de Kalman, y que posteriormente se evalúan las señales recibidas en relación con los valores de fase portadora y/o los tiempos de propagación para determinar la distancia entre el transmisor y el receptor, y que se determina la posición y orientación del transmisor móvil en el filtro de Kalman mediante el uso del modelo teórico de campo, así como los valores de medición de fase portadora y/o los tiempos de propagación respectivamente determinados basándose en las señales recibidas, de acuerdo con la presente invención se puede determinar y separar respectivamente la información de distancia y orientación con el dispositivo que forma un sistema de localización. De esta manera se pueden eliminar los errores de posición durante la rotación del transmisor móvil y obtener información sobre la orientación y la velocidad de giro, por ejemplo, para determinar el spin de una pelota que lleva un transmisor móvil, y se puede prescindir del uso de hardware adicional para estimar la orientación.

Mediante el uso de dos antenas de polarización lineal en un transmisor, para una orientación completa se pueden determinar tres grados de libertad. En el lado del receptor sólo se provee una antena de recepción de polarización circular, que o bien puede presentar una polarización circular derecha (RHCP) o una polarización circular izquierda (LHCP), por lo que se puede reducir sustancialmente el requerimiento de hardware del receptor.

Debido a la reducción del hardware en cada receptor se produce una desventaja para la capacidad de observación directa en el cambio de distancia y orientación, puesto que para las dos incógnitas ya sólo se encuentra disponible una sola magnitud de medición. Sin embargo, mediante el uso de las magnitudes de todos los receptores del sistema de localización en su totalidad como magnitudes de entrada al filtro de Kalman, se pueden determinar coordenadas de posición y/o la orientación.

El ajuste del modelo teórico de campo se repite para cada antena de transmisión del transmisor móvil, es decir, para las diferentes orientaciones de las antenas de transmisión, en relación con el receptor.

Mediante el uso de dos antenas de transmisión, que preferentemente presentan la misma distancia con respecto al respectivo receptor, en el receptor se encuentran disponibles dos valores de medición de fase independientes, cuya diferencia sólo es determinada por la diferente orientación angular de las antenas de transmisión. Si las dos antenas de transmisión presentan una diferencia de distancia, con la rotación del transmisor móvil también se registran diferencias de distancia, que se reflejan en los valores de medición de fase. Obviamente, esto se puede tener en cuenta en los cálculos.

De acuerdo con la presente invención, el modelo teórico de campo se establece debido a que se determina un campo electromagnético generado por la antena de transmisión, por lo que se predetermina una posición y orientación conocida de dicha antena de transmisión, y adicionalmente se determina la intensidad de campo generada por la antena de transmisión en el receptor con posición conocida y se determinan las corrientes complejas inducidas en la antena circular del receptor mediante el uso de las componentes de la intensidad de campo en representación de campo vectorial, con lo que se modela la antena circular mediante dos dipolos lineales y finalmente se determina el ángulo de la fase portadora basándose en las corrientes de la antena receptora o basándose en el sistema entero (el modelo teórico de campo en su totalidad) como valor de medición de la fase portadora. Esta descripción sólo es válida para una antena de transmisión en relación con un receptor, mientras que para la segunda antena de transmisión en relación con dicho un receptor rige lo correspondiente y el cálculo se repite para todos los receptores.

En la determinación de las corrientes inducidas o, respectivamente, de la corriente total inducida por medio del modelo de la antena circular a partir de dos dipolos lineales, se toma en cuenta un desplazamiento de 90° de un desfaseador que completa el modelo.

El campo electromagnético generado por una antena transmisora de posición y orientación conocida, se puede determinar, por una parte, mediante el uso de las ecuaciones de campo de un dipolo hertziano o por valores reales medidos de la distribución de la intensidad de campo de la antena de transmisión sobre una esfera, los que se registran en una tabla.

De acuerdo con la presente invención, para la conversión de un sistema de coordenadas de transmisión a un sistema de coordenadas de referencia se usa un vector de posición y matrices de rotación en forma de matrices de coseno o cuaterniones para la orientación, en lo que estas últimas se pueden usar ventajosamente en filtros de

Kalman, puesto que se tienen que estimar menos estados, lo que acorta el tiempo de cálculo.

Para la sincronización necesaria entre el transmisor y el receptor, se puede usar un receptor adicional de posición conocida, es decir, un receptor de sincronización que está sincronizado con los receptores, con lo que se pueden calcular las diferencias del tiempo de propagación y/o de las fases portadoras de las señales de recepción en relación con el transmisor, o alternativamente se puede efectuar una sincronización mediante la estimación continua de la desviación de los relojes existentes en el transmisor y el receptor. Finalmente, también se pueden emplear relojes atómicos para el transmisor y el receptor, los que presentan una alta exactitud de sincronización. Debido a que en el sistema existen varios receptores, no se tiene que proveer ningún receptor de sincronización adicional.

Preferentemente, los valores de medición de fase portadora y los tiempos de propagación se corrigen mediante un valor de calibración, que se genera con la ayuda de un transmisor de referencia con orientación y posición conocida.

De acuerdo con la presente invención, en un dispositivo para determinar la posición y orientación de un transmisor móvil, este transmisor presenta por lo menos dos antenas de polarización lineal dispuestas con un ángulo predeterminado entre ellas, y el dispositivo comprende varios, por lo menos tres, receptores sincronizables con el transmisor móvil, cuyas posiciones son conocidas y que presentan respectivamente una antena de polarización circular, un filtro de Kalman, en el que se implementa el modelo teórico de campo de los trayectos de transmisión entre el transmisor y los receptores, por el que se pueden determinar los valores de medición de fase portadora esperados, así como un dispositivo de evaluación para evaluar las señales de recepción suministradas por los receptores en relación con los valores de medición de fase portadora, o en relación con los ángulos diferenciales de fase I/O los tiempos de propagación, respectivamente, y adicionalmente el filtro de Kalman está configurado para determinar la posición y orientación del transmisor móvil mediante el uso del modelo teórico de campo y basándose en las señales de recepción suministradas por los receptores con respectivamente una antena de polarización circular y los valores de fase portadora y/o tiempos de propagación determinados por el dispositivo de evaluación. Por lo tanto, con el dispositivo de acuerdo con la presente invención se puede determinar tanto la orientación como también la posición del transmisor móvil sin errores de posición, incluso en el caso de transmisores giratorios, con un hardware relativamente reducido.

De manera particularmente preferente, como filtro de Kalman se usa un "filtro de Kalman discreto", ya que el mismo puede manejar ecuaciones de medición no lineales. También es posible usar un así llamado "filtro de Kalman extendido", aunque en este caso se requieren cálculos matemáticos adicionales.

Ejemplos de realización de la presente invención se representan en los dibujos adjuntos y se describen más detalladamente a continuación. En las figuras:

La Fig. 1 muestra una representación de principio de una parte del dispositivo de acuerdo con la presente invención con un transmisor y un receptor.

La Fig. 2 muestra la representación de los sistemas de coordenadas usados para el modelo de campo.

La Fig. 3 muestra una construcción del dispositivo de acuerdo con la presente invención como sistema de localización para una pelota con un transmisor móvil sobre un campo de juego con el dispositivo de acuerdo con la presente invención.

En la Fig. 1 se muestra una representación de principio de un transmisor móvil 10 y un receptor 12, tal como se usan en un sistema de localización (Fig. 3) para determinar la posición y orientación de un transmisor móvil 10. Al transmisor 10 se conectan dos antenas de polarización lineal 11, que están giradas entre sí por un ángulo conocido, preferentemente de 90°, y que, por lo tanto, emiten frentes de ondas de diferente orientación. De acuerdo con lo expuesto, el transmisor 10 puede ser modificado en su posición con respecto al receptor fijo 12, al que solamente se encuentra conectada una antena de polarización circular 13. Para la construcción del dispositivo de acuerdo con la presente invención no es decisivo si la misma está polarizada de manera circular derecha o izquierda, aunque, no obstante, debe ser conocida la dirección de giro del campo. En el ejemplo de realización, las antenas de transmisión 11 tienen la misma distancia al receptor 12, es decir, ellas presentan al mismo centro de fase, aunque un centro de fase igual de las dos antenas de transmisión no se requiere para la orientación del procedimiento o del dispositivo de acuerdo con la presente invención.

El transmisor 10 transmite a través de sus antenas 11 alternadamente o simultáneamente señales de transmisión con una frecuencia portadora predeterminada en diferentes planos de polarización lineal. Dado el caso, con una emisión simultánea de señales de transmisión, en el receptor 12 se detendrían que separar entonces las señales recibidas a través de un procedimiento multiplex. Con el receptor 12 está conectado un dispositivo de evaluación (véase la Fig. 3), que evalúa las señales de recepción de manera correspondiente a los valores de fase portadora o, respectivamente, las diferencias del ángulo de fase y tiempos de propagación de las señales de transmisión, como se describe más abajo. Los valores de medición de la fase portadora incluyen información sobre la distancia y la orientación. Dicho más precisamente, cada valor de medición de fase se compone de una fracción dependiente de la distancia entre el transmisor 10 y el receptor 12 y una segunda fracción dependiente de la orientación relativa entre

el transmisor y el receptor. A través de las dos antenas de transmisión 11, en el receptor 12 se dispone de dos valores de medición de fase, cuya diferencia es determinada solamente por la orientación diferente de las antenas de transmisión, ya que estas dos en el ejemplo de realización presentan la misma distancia al receptor. Desde el punto de vista del receptor 12, se puede registrar un ángulo diferencial entre las dos antenas de transmisión 11, cuyo tamaño depende de la orientación del transmisor 10, en donde este ángulo diferencial puede ser medido a través de la diferencia de los dos valores de medición de fase portadora de las señales de recepción.

Para poder asignar este ángulo diferencial a una orientación inequívoca, el dispositivo de acuerdo con la presente invención (véase la Fig. 3) presenta en su dispositivo de evaluación 4 un filtro de Kalman, en el que se encuentra implementado un modelo teórico de campo, que se establece basándose en la estructura correspondiente a la Fig. 2. El modelo modela una antena de transmisión lineal 15 y una antena de recepción circular 16, que está formada por dos dipolos cruzados. La antena de transmisión 15 se representa con orientación z en el así llamado *body frame* (*b-frame*), mientras que el sistema de coordenadas de la antena de recepción es el así llamado *r-frame* (*receiver frame*). Estos dos sistemas de coordenadas pueden ser desplazados y girados en relación con un sistema de referencia, que se denomina como *navigation frame* (*n-frame*).

Para la determinación del modelo, la posición del transmisor 10 o de la antena de transmisión 11, respectivamente, se presupone como vector de posición, y la orientación del transmisor 10 o de la antena de transmisión 11 en relación con el sistema de coordenadas de referencia (*n-frame*), en forma de una matriz de rotación o matriz de coseno, o también como cuaternión. Adicionalmente se conoce la posición como vector de posición y la orientación de la antena de recepción 13 o del receptor 12, respectivamente, en lo que también en este caso se usa el vector de posición y una matriz de rotación o un cuaternión para la conversión entre el sistema de coordenadas de referencia y el *receiver frame* (marco de receptor). En primer lugar, se determina la posición de la antena de recepción 16 desde el punto de vista de la antena de transmisión 15, es decir, representada en coordenadas *b-frame*, en lo que se usa la mencionada matriz de rotación o cuaternión. Adicionalmente, se determina el campo electromagnético generado por la antena de transmisión 15 o por una de las antenas de transmisión 11, respectivamente, lo que se puede realizar con ayuda de ecuaciones de campo del dipolo hertziano. Otra posibilidad consiste en hacer una medición real del campo como "patrón de antenas" y registrarlo en forma de una tabla, lo que presenta la ventaja de que se pueden usar las características de antena reales, que pueden diferir de la descripción ideal.

Posteriormente, se calcula el campo irradiado por la antena transmisora en la posición del receptor, en lo que se usa la posición previamente determinada del receptor desde el punto de vista del transmisor o, respectivamente, de la antena de transmisión, así como las ecuaciones de campo del campo electromagnético irradiado. La intensidad de campo generada por el transmisor o, respectivamente, por la antena de transmisión en el receptor, se describe matemáticamente a través de vectores de valor complejo, en lo tienen después de la transformación de coordenadas se obtiene una representación de campo vectorial en relación con el sistema de coordenadas de referencia (*n-frame*). Luego se toma en consideración la orientación de la antena de recepción y para representar una antena de polarización circular de manera correspondiente a la Fig. 2 a partir de los dos dipolos, se provee un desfaseador con un desplazamiento de 90° y la orientación también se representa en coordenadas del sistema de coordenadas de referencia mediante el uso de la matriz de rotación. Basándose en las intensidades de campo en la antena de recepción orientada, ahora se pueden determinar las corrientes para cada dipolo de la antena de recepción y combinarse con el desfaseador de manera apropiada en una corriente inducida de la antena de recepción circular 13. A partir de la representación compleja disponible entonces de la corriente de una antena de recepción circular, el que es producido por una antena de transmisión lineal, finalmente se puede extraer el ángulo de fase, que corresponde al valor de medición para la fase portadora. Con esto se describe entonces la ecuación de medición entera para los valores de medición de fase en función de la posición y orientación de una antena de transmisión. La determinación arriba descrita se repite para la segunda antena de transmisión en relación con el receptor 12 en la Fig. 1. Debido a que existen varios receptores en el dispositivo de acuerdo con la presente invención (véase la Fig. 3), la determinación se efectúa de la misma manera para cada receptor.

El modelo de campo descrito de esta manera se implementa entonces como modelo de medición en un filtro de Kalman provisto en el dispositivo de evaluación 4, que está realizado como un filtro de Kalman discreto. Un filtro de Kalman es un filtro de estado, es decir, si en un sistema se pueden reconocer estados y se ha especificado una prescripción de cálculo, para la manera en que a partir de los estados se pueden calcular los valores de medición (modelo de campo), entonces el filtro de Kalman puede volver a hacer el cálculo inverso a partir de los valores de medición para llegar a los estados. Como estados en el sistema de acuerdo con la Fig. 1 con el modelo de campo implementado en el dispositivo de evaluación 4, es decir, en el filtro de Kalman, se usan por lo menos las tres coordenadas de posición del transmisor 10 y los cuatro estados del cuaternión, por el que está dada la orientación. Por lo tanto, si se evalúan las señales de recepción en por lo menos tres receptores de acuerdo con el receptor 12, las que han sido iniciadas por el transmisor en movimiento 10, en relación con los valores de medición de fase y, dado el caso, los tiempos de propagación en el dispositivo de evaluación 4, y se suministran al filtro de Kalman como magnitudes de medición, entonces éste último puede calcular la posición del transmisor y su orientación, lo que sucede de manera iterativa, debido a que, partiendo de una posición inicial, el filtro de Kalman trata de adaptar el vector de estado de tal manera, que se minimiza la diferencia entre la medición y el modelo de campo usado como modelo de medición de valor esperado predeterminado.

En las anteriores exposiciones se ha partido de la suposición de que el transmisor 10 y el receptor 12 están sincronizados entre sí. Normalmente, sin embargo, los relojes del transmisor y del receptor no están conectados entre ellos y, por lo tanto, no funcionan de forma síncrona. De esto resulta un desplazamiento de frecuencia entre el transmisor y el receptor y, debido a esto, una adulteración de los valores de medición de fase. Para prevenir esto, adicionalmente a la disposición representada en la Fig. 1 se puede proveer un receptor adicional, cuya posición se conozca. Obviamente, éste debe estar sincronizado con el otro receptor. Este segundo receptor recibiría igualmente la señal de transmisión y mediante el uso del procedimiento de TDOA se puede eliminar el tiempo de transmisión desconocido por formación de diferencia entre dos valores de medición. Asimismo, se puede efectuar una estimación continua de la desviación original entre el transmisor y el receptor, lo que también se integra o se modela conjuntamente en el filtro de Kalman para determinar la posición y orientación.

Finalmente, todavía se requiere una calibración que corrija los valores de medición de fase, que están adulterados en su valor absoluto. Para esto se puede proveer un transmisor de referencia con posición y orientación conocida, cuyos valores de medición a partir de las señales de recepción se comparan con los correspondientes valores esperados. La diferencia entre el valor medido y el valor esperado es el valor de calibración, que luego se toma en cuenta en todas las demás mediciones.

En la Fig. 3, el dispositivo de acuerdo con la presente invención se provee como sistema de localización, que sirve para hacer un seguimiento continuo a una pelota 2 con un transmisor 10 que se mueve sobre un campo de juego. Alrededor del campo de juego, en el ejemplo de realización se encuentran instalados cuatro receptores estacionarios 3 que corresponden al receptor 12 y que están sincronizados cronológicamente entre sí, y que en el ejemplo de realización están conectados con una fuente de ciclo común, y que están conectados con el dispositivo de evaluación 4, que presenta uno o varios ordenadores, a través de líneas fijas, radio u otros medios de transmisión. Obviamente, también es posible proveer más receptores para lograr un seguimiento particularmente exacto de la posición del objeto 2. El ordenador o, respectivamente, el dispositivo de evaluación 4, incluye el filtro de Kalman y los receptores 3 presentan la antena de polarización circular, mientras que el transmisor 10 dispuesto en la pelota 2 presenta las dos antenas de polarización lineal 11 giradas por 90°. En este ejemplo se insinúa un transmisor de referencia 5 con posición y orientación fija, que puede ser usado para la calibración. En el dispositivo representado en la Fig. 3, todos los receptores 3 están conectados a un ciclo común y, por lo tanto, funcionan de manera síncrona. El transmisor 10 en la pelota 2 no tiene ningún acceso dicho ciclo y, por lo tanto, es necesario corregir el error de medición producido por ello. Esto se hace formando la diferencia de los valores de medición de dos receptores 3, ya que ambos están sometidos al mismo desplazamiento de frecuencia.

El transmisor 10 transmite alternadamente desde una de las dos antenas de transmisión 11, de acuerdo con el procedimiento TDMA. Sin embargo, también son imaginables otros procedimientos multiplex, tales como CDMA, FDMA y otros.

Como se ha mencionado en lo anterior, todos los receptores 3 reciben las señales de transmisión y el dispositivo de evaluación determina a partir de las señales de recepción de todos los receptores 3 los respectivos valores de fase portadora y los tiempos de propagación, que se suministran como magnitudes de entrada al filtro de Kalman, el que a su vez arroja tres coordenadas de posición y cuatro estados del cuaternión/de la orientación.

En el filtro de Kalman también se pueden modelar otros parámetros, tales como velocidad, aceleración, velocidad de giro, desplazamiento de frecuencia y otros errores de medición adicionales.

REIVINDICACIONES

1. Procedimiento para determinar la posición y la orientación de un transmisor móvil, que presenta por lo menos dos antenas de polarización lineal y dispuestas en un ángulo entre sí predeterminado, en donde varios receptores sincronizados con el transmisor móvil y conocidos en relación con su posición reciben en cada caso con una antena de polarización circular señales de transmisión en el procedimiento multiplex con frecuencia portadora predeterminada, con las siguientes etapas:
- 5 establecer un modelo teórico de campo de la distancia de transmisión entre el transmisor móvil y los receptores, que define los valores de medición de fase portadora o los valores de medición de fase portadora y los tiempos de propagación,
 10 implementar el modelo teórico de campo en un filtro de Kalman,
 evaluar las señales de recepción en relación con los valores de medición de fase portadora o los valores de medición de fase portadora y los tiempos de propagación,
 15 determinar la posición y la orientación del transmisor móvil en el filtro de Kalman mediante el uso del modelo teórico de campo y los valores de medición de fase portadora o los valores de medición de fase portadora y tiempos de propagación determinados a partir de las señales de recepción.
2. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 1, **caracterizado por que** el modelo teórico de campo se establece:
- 20 determinando un campo electromagnético generado por una antena de transmisión, en el que se predeterminan una posición y una orientación conocidas de esta antena de transmisión,
 25 determinando la intensidad de campo generada por la antena de transmisión en representación de campo vectorial en el respectivo receptor con posición conocida,
 determinando las corrientes complejas inducidas en la antena de polarización circular del respectivo receptor mediante el uso de las componentes de intensidad de campo en representación de campo vectorial,
 modelándose la antena de polarización circular mediante dos dipolos lineales,
 30 determinando el ángulo de fase a partir de las corrientes como valor de medición de fase portadora.
3. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2, **caracterizado por que** en la determinación de las corrientes inducidas mediante el modelo de la antena de polarización circular a partir de dos dipolos lineales se toma en cuenta un desplazamiento de 90° de un desfasador.
- 35 4. Procedimiento de acuerdo con la reivindicación 2 o la reivindicación 3, **caracterizado por que** el campo electromagnético generado por una antena de transmisión se determina mediante el uso de las ecuaciones de campo de un dipolo hertziano o mediante valores medidos realmente de la distribución de la intensidad de campo de la antena de transmisión sobre una esfera, que se registran en una tabla.
- 40 5. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 4, **caracterizado por que** para la conversión de un sistema de coordenadas de transmisor y un sistema de coordenadas de receptor a un sistema de coordenadas de referencia se usan matrices de rotación en forma de matrices de coseno o de cuaterniones.
- 45 6. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 5, **caracterizado por que** el modelo teórico de campo se establece para cada antena de transmisión en relación con cada receptor.
7. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 6, **caracterizado por que** el transmisor y el receptor se sincronizan mediante el uso del procedimiento TDOA por medio de un receptor de sincronización adicional con posición conocida y/o mediante la estimación continua de las desviaciones de los relojes existentes en el transmisor y el receptor.
- 50 8. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 7, **caracterizado por que** los valores de medición de fase y/o los tiempos de propagación se corrigen por medio de un valor de calibración que se genera mediante el uso de un transmisor de referencia con orientación y posición conocidas.
- 55 9. Procedimiento de acuerdo con una de las reivindicaciones 1 a 8, **caracterizado por que** el filtro de Kalman determina las coordenadas de posición y la orientación a partir de los valores de medición de fase portadora y tiempos de propagación de todos los receptores que le son suministrados.
- 60 10. Dispositivo para determinar la posición y la orientación de un transmisor móvil, que presenta por lo menos dos antenas de polarización lineal y dispuestas con un ángulo entre ellas predeterminado, con varios receptores sincronizados con el transmisor móvil que reciben señales de transmisión mediante el procedimiento multiplex con frecuencia portadora predeterminada y cuya posición se conoce, y que presentan en cada caso una antena de polarización circular,
 65 un filtro de Kalman, en el que se encuentra implementado un modelo teórico de campo de la distancia de transmisión entre el transmisor móvil y los receptores, por el que se pueden determinar los valores de medición de

fase o los valores de medición de fase portadora y los tiempos de propagación,
un dispositivo de evaluación para evaluar las señales de recepción suministradas por los receptores en relación con
los valores de medición de fase portadora o los valores de medición de fase portadora y los tiempos de propagación,
en donde el filtro de Kalman está configurado para determinar, mediante el uso del modelo teórico de campo de la
5 distancia de transmisión y a partir de los valores de medición de fase o los valores de medición de fase portadora y
los tiempos de propagación suministrados por el dispositivo de evaluación, la posición y la orientación del transmisor
móvil.

10 11. Dispositivo de acuerdo con la reivindicación 10, **caracterizado por que** el filtro de Kalman es un filtro de Kalman
discreto (*unscented*).

15 12. Dispositivo de acuerdo con las reivindicaciones 10 u 11, **caracterizado por que** están previstos por lo menos
tres receptores conectados entre sí, preferentemente sincronizados en fase, para formar un sistema de localización
del transmisor móvil.

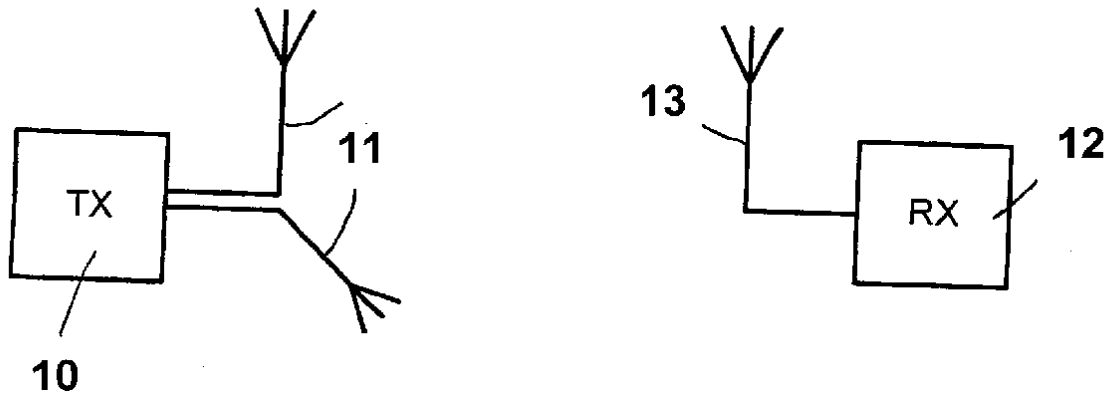


Fig. 1

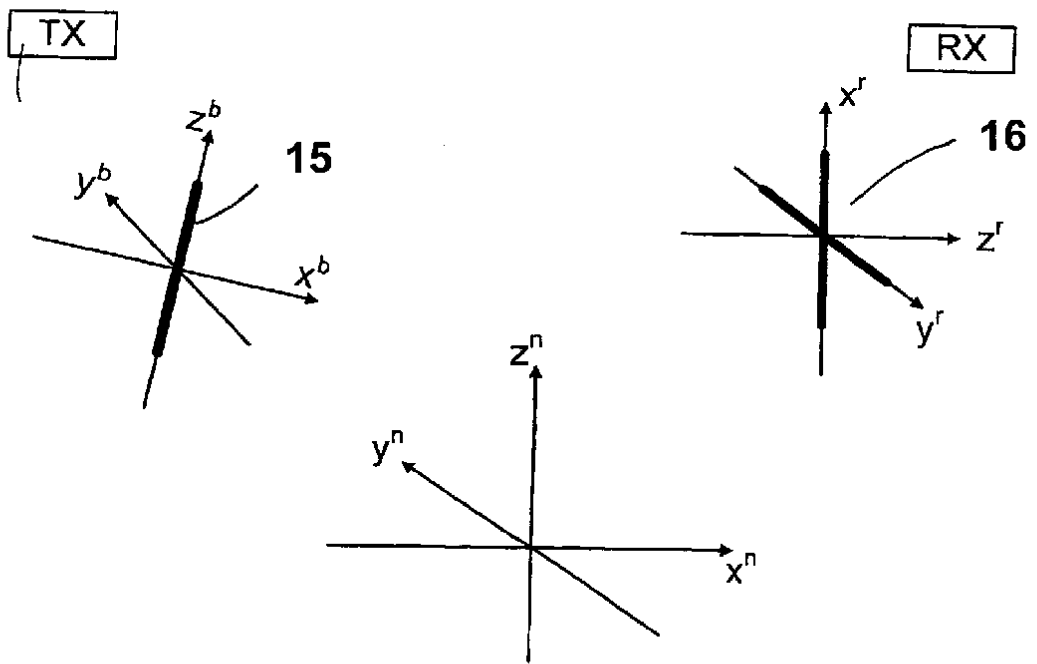


Fig. 2

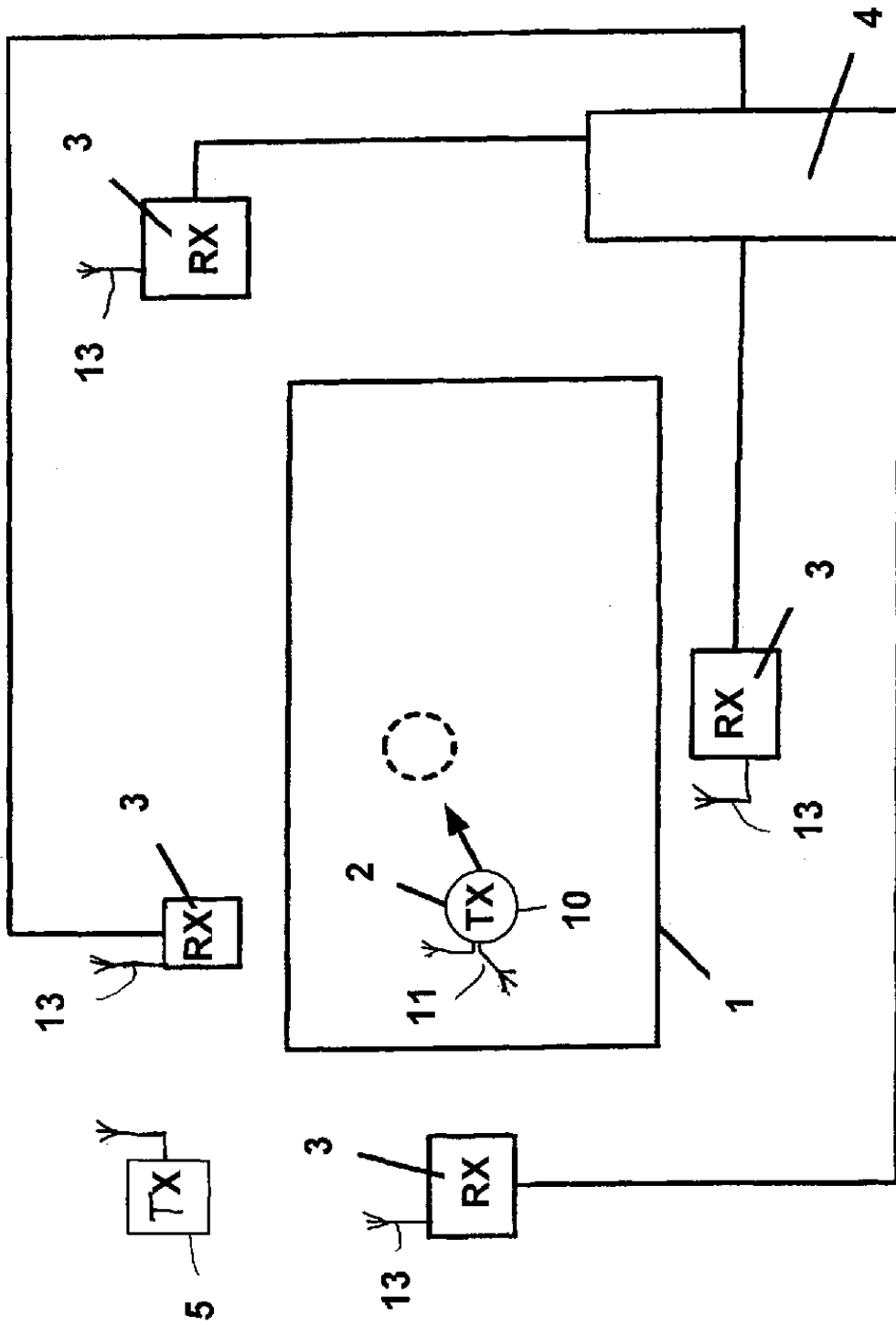


Fig. 3