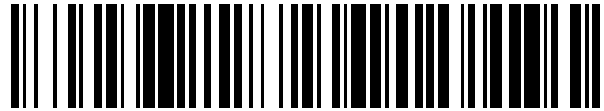


19



OFICINA ESPAÑOLA DE
PATENTES Y MARCAS

ESPAÑA



11 Número de publicación: **2 768 551**

51 Int. Cl.:

G01S 17/87 (2006.01)
G01S 17/58 (2006.01)
G01S 5/12 (2006.01)
G01S 7/295 (2006.01)
G01S 7/40 (2006.01)
G01S 7/48 (2006.01)
G01S 7/497 (2006.01)
G01S 13/58 (2006.01)
G01S 13/87 (2006.01)

12

TRADUCCIÓN DE PATENTE EUROPEA

T3

- 86 Fecha de presentación y número de la solicitud internacional: **01.12.2014 PCT/EP2014/076062**
- 87 Fecha y número de publicación internacional: **11.06.2015 WO15082383**
- 96 Fecha de presentación y número de la solicitud europea: **01.12.2014 E 14806592 (3)**
- 97 Fecha y número de publicación de la concesión europea: **02.10.2019 EP 3060942**

54 Título: **Procedimiento para determinar una disposición de al menos dos sensores y red de sensores**

30 Prioridad:

06.12.2013 DE 102013225164

45 Fecha de publicación y mención en BOPI de la traducción de la patente:
23.06.2020

73 Titular/es:

**SIEMENS MOBILITY GMBH (100.0%)
Otto-Hahn-Ring 6
81739 München, DE**

72 Inventor/es:

ZOEKE, DOMINIK MARCO

74 Agente/Representante:

LOZANO GANDIA, José

ES 2 768 551 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 para determinar una disposición de al menos dos sensores y red de sensores

5 La invención se refiere a un procedimiento para determinar una disposición de al menos dos sensores y una red de sensores.

10 En redes de sensores, en particular en redes de sensores con sensores inalámbricos, como por ejemplo sensores de radio, la información de medición de varios sensores se reúne y evalúa conjuntamente. La combinación de la información de medición de varios sensores requiere típicamente un conocimiento exacto de una disposición de los sensores entre sí. En comparación con los sensores individuales, las redes de sensores son costosas de instalar, mantener o modificar. Puesto que una determinación de la disposición de los sensores de la red de sensores entre sí requiere regularmente la ayuda de dispositivos de medición adicionales, por ejemplo, dispositivos de medición de distancia láser, para determinar la disposición relativa de los sensores entre sí después de que una instalación de la red de sensores.

15 Además, se conoce recurrir a una comunicación de sensor a sensor para determinar la disposición de los sensores entre sí en el caso de sensores cooperativos de una red de sensores y una línea de visión directa de los sensores entre sí. Por ejemplo, las distancias y ángulos de los sensores entre sí se determinan por procedimientos de multilateración.

20 Además, se conoce recurrir a una localización basada en satélites de los sensores de una red de sensores, o estimar las posiciones de los sensores en base a varios puntos de referencia estacionarios distribuidos de posición conocida.

25 Sin embargo, los procedimientos mencionados a menudo solo usan información de distancia y opcionalmente de ángulo de al menos tres sensores o tres fuentes de señal de radio. Además, a menudo es necesario con los procedimientos antes mencionados utilizar fuentes de señal, puntos de referencia o satélites presentes adecuadamente.

30 Dichos procedimientos se conocen, por ejemplo, por los documentos EP 2 461 181 A1 y US 2006/0047471 A1.

35 Por lo tanto, un objetivo de la presente invención es proporcionar un procedimiento para determinar una disposición de al menos dos sensores entre sí, por medio del que una disposición relativa de incluso solo dos sensores entre sí se pueda realizar de una manera sencilla y robusta. Además, el objetivo de la invención es especificar una red de sensores por medio de la que el procedimiento se puede llevar a cabo de una manera sencilla.

40 Este objetivo de la invención se logra con un procedimiento con las características especificadas en la reivindicación 1 y con una red de sensores con las características especificadas en la reivindicación 8. Perfeccionamientos preferidos de la invención resultan de las reivindicaciones dependientes correspondientes, la siguiente descripción y el dibujo.

45 En el procedimiento según la invención para determinar una disposición de al menos dos sensores entre sí se detecta un objeto en movimiento por medio de al menos dos sensores y se determina al menos una magnitud de movimiento del objeto en movimiento por medio de cada vez uno de los sensores, en donde se recurre conjuntamente a al menos estas magnitudes de movimiento o magnitudes derivadas de ellas para determinar una disposición relativa de los sensores entre sí.

50 El procedimiento según la invención se lleva a cabo convenientemente para determinar una disposición de al menos dos sensores inalámbricos, en particular sensores ópticos y/o sensores de radar y/o sensores de sonar y/o sensores LIDAR.

55 Ventajosamente, en el procedimiento según la invención no se requieren ayudas adicionales para determinar la disposición de los sensores entre sí, sino que es suficiente determinar la disposición simplemente usando valores medidos de los propios sensores. Ventajosamente, el coste de una instalación inicial, el mantenimiento o la modificación de una red de sensores se puede reducir significativamente mediante el procedimiento según la invención. En particular, el procedimiento según la invención no requiere ninguna infraestructura adicional, es decir, no debe estar prevista ninguna señal de satélite, tal como una señal de GPS. Tampoco se requiere prever etiquetas activas, por ejemplo, objetivos de radio o radar. La independencia del procedimiento según la invención permite una elevada flexibilidad en el uso de este procedimiento, en particular abre la libertad en la disposición de sensores en una red de sensores; por ejemplo, no se requiere obligatoriamente una conexión de línea de visión entre respectivamente dos sensores de la red de sensores. El coste de mantenimiento se puede reducir significativamente mediante el procedimiento según la invención. Por ejemplo, se puede realizar una nueva determinación de la disposición de los sensores entre sí de manera controlada por tiempo, por ejemplo en un turno temporal predeterminado. Como alternativa a un turno temporal previsto se puede determinar una necesidad de una nueva

determinación de la disposición de los sensores entre sí, en particular mediante procedimientos de evaluación estadística, y eventualmente se puede iniciar una nueva determinación de la disposición de los sensores entre sí.

5 La metodología central del procedimiento según la invención es recurrir a la evolución temporal de las trayectorias del objeto detectadas por medio de los sensores durante su movimiento para la auto-localización de los sensores. Desde el punto de vista de cada sensor, la trayectoria del objeto - en función del tipo de las magnitudes de movimiento detectadas o los valores medidos subyacentes a estos - recorre un camino diferente, pero inequívoco. La desviación de estas diferentes trayectorias entre sí refleja la disposición subyacente de los sensores, lo que aprovecha el procedimiento. El término "*trayectoria*" no solo considera a este respecto la posición del objetivo en
10 coordenadas cartesianas, sino que generalmente se refiere al curso de las magnitudes de movimiento o los valores medidos subyacentes a estos, expresados como una función matemática.

En principio, el procedimiento según la invención no requiere ninguna parametrización, es decir, es superflua una adaptación algorítmica compleja a los sensores respectivos o a las particularidades del entorno. Mejor dicho, el
15 procedimiento según la invención se basa en determinar y recurrir a una magnitud de movimiento o una magnitud derivada de la misma. De esta manera, el procedimiento según la invención también se puede usar en redes de sensores con sistemas de sensores heterogéneos, que comprenden, por ejemplo, distintos tipos de sensores y/o configuraciones de sensores. El procedimiento según la invención se puede llevar a cabo ventajosamente de manera correspondiente para una pluralidad de sensores inalámbricos, siempre que se puedan detectar las
20 magnitudes de movimiento correspondientes, explicadas en más detalle a continuación.

En un perfeccionamiento ventajoso del procedimiento según la invención, la disposición relativa de los sensores entre sí comprende al menos la orientación relativa de los sensores entre sí.

25 Según la invención, la al menos una magnitud de movimiento determinada por medio de un respectivo sensor comprende al menos la dirección de movimiento del objeto en movimiento, al menos con respecto al sensor. Desde la perspectiva de cada uno de los sensores, el objeto en movimiento se mueve a lo largo de una trayectoria diferente, pero inequívoca. La desviación entre estas diferentes trayectorias de sensores individuales entre sí refleja la disposición diferente subyacente de los sensores individuales. En particular, las diferentes orientaciones de estas
30 trayectorias están correlacionadas con las diferentes orientaciones de los sensores individuales. Como resultado, de la desviación de las trayectorias entre sí se puede inferir la orientación de los sensores individuales. La dirección de movimiento en el marco de esta solicitud es una dirección de movimiento momentánea del objeto en movimiento en un instante determinado o una dirección de movimiento, invariable durante un intervalo de tiempo, de un objeto en movimiento a lo largo de una línea recta. Se entiende que bajo una dirección de movimiento con respecto al sensor se debe entender una dirección de movimiento con respecto a una orientación del sensor. En el procedimiento
35 según la invención, la dirección del movimiento del objeto en movimiento se determina convenientemente por medio de cada vez uno de los sensores, de tal manera que se detecta en primer lugar la derivada temporal de la trayectoria de posición del objeto en movimiento, es decir, la derivada temporal en dos o tres coordenadas espaciales. El vector de velocidad así detectado indica la dirección del movimiento con su orientación. El vector de velocidad puede estar
40 normalizado adecuadamente en su valor.

El vector de velocidad del objeto en movimiento se puede determinar, por ejemplo, con cada vez uno de los sensores, de modo que se recurre a un sensor que está configurado para detectar la distancia entre el objeto y el sensor y para determinar la dirección del objeto, en la que se sitúa este observado desde el sensor. La distancia se
45 puede determinar, por ejemplo, mediante una medición del tiempo de tránsito de una señal emitida por el sensor, que se refleja por el objeto y a continuación se detecta de nuevo por el sensor. La dirección del objeto se puede lograr, por ejemplo, por medio de una detección sensible a la fase de la señal de radio reflejada. Los ángulos entre las direcciones de movimiento determinadas según la invención por medio de cada vez uno de los sensores proporcionan por consiguiente directamente los ángulos de orientación relativos de los sensores respectivos. Se entiende que mediante cada vez uno de los sensores se puede detectar la dirección no solo mediante un ángulo, sino también en un espacio tridimensional mediante dos ángulos. En consecuencia, el procedimiento según la invención también se puede llevar a cabo de manera correspondiente en un espacio tridimensional.

55 Según la invención, la al menos una magnitud de movimiento determinada por medio de cada vez uno de los sensores comprende al menos la velocidad del objeto a lo largo de la dirección de un recorrido recto que conecta respectivamente el sensor y el objeto. En el procedimiento según la invención, esta velocidad se detecta convenientemente por medio del efecto Doppler.

60 En el procedimiento según la invención, la dirección del objeto, en la que se sitúa este observado desde el sensor, se determina preferiblemente por medio de cada vez uno de los sensores y se recurre a ella para determinar la disposición. Tal determinación de dirección se puede realizar, por ejemplo, en el caso de sensores de radar por medio de una disposición de dos o más antenas sensibles a la fase de un sensor.

65 En el procedimiento según la invención, la dirección del objeto, en la que se sitúa este observado desde el sensor, se determina respectivamente de forma especialmente preferida por medio de cada vez uno de los sensores y se detecta en función de la velocidad del objeto a lo largo de la dirección de un recorrido recto que conecta

respectivamente el sensor y el objeto, en donde se recurre a aquellas direcciones en las que desaparece respectivamente la velocidad determinada para determinar la disposición. Como ya se explicó anteriormente, el efecto Doppler se usa convenientemente para determinar la velocidad en el procedimiento según la invención. La velocidad (como se mencionó anteriormente) y la dirección, caracterizada por un ángulo, forman una así llamada trayectoria ángulo-Doppler, que mediante la norma de asignación

$$\begin{aligned} v_x' &= v_r \cos \phi \\ v_y' &= v_r \sin \phi \end{aligned} \quad (1)$$

forma un círculo en un sistema de coordenadas cartesianas. El centro de dicho círculo es la mitad de la velocidad por componentes del objeto en movimiento en coordenadas cartesianas desde el punto de vista del sensor respectivo. El radio de este círculo representa la mitad de la velocidad del objeto en movimiento. Este círculo corta el origen según la norma de asignación mencionada anteriormente en las coordenadas v_x' , v_y' exactamente cuando el objeto en movimiento alcanza el siguiente punto de aproximación al sensor, es decir, el movimiento tangencial. En este punto de la siguiente aproximación al sensor, la velocidad del objeto hacia el sensor o alejándose del sensor es precisamente igual a cero. En este caso, la medición se reduce únicamente al ángulo ϕ , que indica la dirección en la que se sitúa el objeto observado desde el sensor respectivo. Si se detectan varios ángulos ϕ de varios sensores, estos ángulos ϕ indican la orientación relativa de los respectivos sensores entre sí.

Según la orientación de los sensores respectivos, el objeto no se puede detectar necesariamente en el punto de su siguiente aproximación al sensor respectivo. En tales casos, por lo tanto, es conveniente en el procedimiento según la invención determinar las trayectorias circulares como se describió anteriormente por medio de regresión y/o extrapolación, en particular no lineal. Dicha regresión no lineal se realiza convenientemente con una condición secundaria, según la que los orígenes de las trayectorias circulares resultantes de diferentes mediciones del mismo sensor se establecen como punto fijo y, en el caso mencionado anteriormente de una trayectoria circular se aplica el mismo radio para todas las trayectorias circulares, de modo que ya se puede realizar una regresión desde un primer valor medido del sensor.

Una desviación en la dirección ϕ conduce a un desplazamiento del valor medido a lo largo del arco circular; por el contrario, los errores en la velocidad relativa v_r influyen en el radio del círculo estimado. Sin embargo, una modificación en la dirección de movimiento, es decir, una rotación de las coordenadas de velocidad del objeto en movimiento influye en todos los centros de círculo de todos los sensores por igual y, por lo tanto, no influye en las diferencias de ángulo. En el caso de una velocidad no constante del objeto en movimiento, por otro lado, resulta un radio de círculo variable, de modo que en lugar de una trayectoria circular fija se usa una aproximación por secciones para radios de círculo variables y/o un ajuste de curva adecuado. En un perfeccionamiento conveniente del procedimiento según la invención, la distancia entre el objeto y el sensor se determina por medio de cada vez uno de los sensores y se recurre a ella para determinar la disposición. Convenientemente se recurre al tiempo de tránsito de una señal electromagnética, que es emitida por el sensor y a continuación reflejada por el objeto y recibida nuevamente por el sensor, para determinar la distancia entre el objeto y el sensor.

La distancia de los sensores entre sí se determina adecuadamente en el procedimiento según la invención. En el procedimiento según la invención, el desplazamiento de los sensores entre sí se determina de manera especialmente preferible, en particular a la manera de un vector de translación. De esta manera, tanto la distancia de los sensores entre sí como la orientación de los sensores entre sí se determinan en el procedimiento según la invención. Por lo tanto, la disposición relativa de los sensores entre sí está definida de forma inequívoca.

En el procedimiento según la invención, para determinar la distancia de los sensores entre sí se recurre ventajosamente a la orientación relativa de los sensores entre sí, como se explicó anteriormente. La distancia entre el objeto y el sensor se determina adecuadamente adicionalmente por medio de cada vez uno de los sensores y se recurre a ella para determinar la disposición y se determina la dirección del objeto, en la que este se sitúa observado desde el sensor se determina y se recurre a ella para determinar la disposición.

Si la orientación relativa de los sensores entre sí está presente en forma de ángulos relativos θ_{kn} entre respectivamente dos sensores k , n , entonces se puede inferir un camino d_{nk} que conecta los dos sensores k , n , en particular a partir de la medición de posición p_k según

$$\mathbf{d}_{nk} = \mathbf{p}_n - \begin{bmatrix} \cos \theta_{kn} & \sin \theta_{kn} \\ -\sin \theta_{kn} & \cos \theta_{kn} \end{bmatrix} \mathbf{p}_k \quad (2)$$

Adecuadamente, en el procedimiento según la invención para determinar una disposición de al menos tres sensores entre sí, se aplica un procedimiento como el descrito anteriormente a pares de sensores.

La red de sensores según la invención comprende al menos dos sensores y un dispositivo de evaluación, que está establecido para determinar al menos una magnitud de movimiento del objeto en movimiento por medio de los datos de cada uno de los sensores y para vincular entre sí estas magnitudes de movimiento o respectivamente

magnitudes derivadas de ellas y para recurrir a ellas para determinar una disposición relativa de los sensores entre sí.

5 La red de sensores según la invención es adecuadamente una red de sensores inalámbrica, en particular una red de sensores que está formada con sensores ópticos y/o con sensores de radar y/o con sensores de sonar y/o con sensores LIDAR.

10 La red de sensores según la invención es de forma especialmente preferible una red heterogénea, es decir, la red de sensores comprende diferentes tipos de sensores, en particular al menos dos tipos de sensores diferentes del grupo de sensores ópticos, sensores de radar, sensores de sonar y sensores LIDAR.

A continuación, la invención se explica más en detalle mediante ejemplos de realización representados en el dibujo. Muestran:

15 Figura 1 una red de sensores según la invención con dos sensores de radar al llevar a cabo un procedimiento según la invención para determinar una disposición de los sensores de radar entre sí en la situación de detección simultánea de un objeto en movimiento en un esquema de principio en una vista en planta,

20 Figura 2 la red de sensores según la fig. 1 al llevar a cabo el procedimiento según la invención según la fig. 1 en la situación de una detección no simultánea de un objeto en movimiento en un esquema de principio en una vista en planta,

25 Figura 3 en diagrama una consideración de varios valores medidos por sensor de radar de la red de sensores según la invención según la fig. 1 al llevar a cabo el procedimiento según la invención,

Figura 4 otro ejemplo de realización de una red de sensores según la invención con dos sensores de radar al llevar a cabo otro ejemplo de realización de un procedimiento según la invención en la situación de la detección simultánea de un objeto en movimiento en un esquema de principio en una vista en planta y

30 Figura 5 otro ejemplo de realización de una red de sensores según la invención con dos sensores de radar al llevar a cabo otro ejemplo de realización de un procedimiento según la invención en la situación de la detección simultánea de un objeto en movimiento en un esquema de principio en una vista en planta.

35 La red de sensores 5 representada en la fig. 1 comprende un primer sensor de radar S_0 y un segundo sensor de radar S_1 .

40 El primer y segundo sensor de radar S_0 y S_1 están configurados para medir su distancia R respecto a un objeto O . La medición de la distancia R respecto al objeto O (o equivalentemente la medición de la distancia R desde el objeto O al respectivo sensor de radar S_0 , S_1) se realiza de una manera conocida en sí a través de una medición del tiempo de tránsito de una señal de radar irradiada respectivamente por el sensor de radar S_0 , S_1 , que se refleja por el objeto O y a continuación se recibe por el sensor de radar S_0 , S_1 y se evalúa por medio de una electrónica de evaluación (no representada explícitamente) para determinar el tiempo de tránsito.

45 Además, el primer y segundo sensor de radar S_0 , S_1 están configurados respectivamente para medir, de manera conocida en sí, la dirección bajo la que se sitúa el objeto O observado desde el sensor de radar S_0 , S_1 y, por lo tanto, el ángulo φ bajo el que aparece el objeto O observado desde el radar del sensor de radar S_0 , S_1 respecto a una dirección de referencia con respecto al sensor de radar S_0 , S_1 . Para este propósito, el primer y segundo sensor de radar S_0 y S_1 presentan respectivamente una antena de grupo (no representada explícitamente), que está configurada para la recepción sensible a la fase de una señal de radar reflejada por el objeto O .

50 Por lo tanto, el primer y segundo sensor de radar S_0 y S_1 están configurados para detectar respectivamente la distancia R y el ángulo φ del objeto O que indica la dirección del objeto O con respecto al sensor de radar S_0 , S_1 . Es decir, la posición del objeto O se detecta respectivamente en coordenadas polares (R , φ) del respectivo sensor de radar S_0 , S_1 , en el que respectivamente el sensor de radar S_0 , S_1 está puesto en el origen.

55 A este respecto, en el ejemplo de realización representado, el ángulo siempre indica el ángulo φ dentro de un plano paralelo al suelo, en las representaciones en paralelo al plano del dibujo. El ángulo φ forma en consecuencia un ángulo de aspecto.

60 En todos los ejemplos de realización representados, el objeto O es respectivamente un objeto en movimiento, en el caso representado un vehículo terrestre (en otros ejemplos de realización no representados expresamente, el objeto O también puede ser cualquier otro objeto en movimiento, por ejemplo, una persona, un avión o una pieza de máquina). Los ejemplos de realización se explican respectivamente en primer lugar en un objeto O que se mueve uniformemente, es decir, en aquel sistema de referencia en el que descansan los sensores de radar S_0 , S_1 de la red de sensores 5, si la dirección y el valor de la velocidad del objeto O son constantes a lo largo del tiempo (etapas del

procedimiento ampliadas en el caso de movimiento no uniforme del objeto O se explican respectivamente en relación con el ejemplo de realización respectivo).

5 Por medio de cada uno de los sensores de radar S_0, S_1 se detecta ahora la posición del objeto O en coordenadas polares en un intervalo de tiempo conocido del período de tiempo $\Delta\tau$. La detección de la posición del objeto O en coordenadas polares se realiza sincrónicamente en el tiempo por medio de ambos sensores de radar S_0, S_1 . Por consiguiente, por medio de cada uno de los sensores de radar S_0, S_1 se detecta una magnitud de movimiento, a saber, la modificación de posición del objeto O durante el período de tiempo $\Delta\tau$. La modificación de posición temporal del objeto O se corresponde con la velocidad u del objeto O y se puede expresar vectorialmente en
10 coordenadas cartesianas x, y con respecto a cada sensor de radar S_0, S_1 :

$$u = \left[\frac{\partial x}{\partial \tau}, \frac{\partial y}{\partial \tau} \right],$$

15 que en el caso de movimiento uniforme del objeto O se corresponde exactamente con el cambio de posición del objeto O durante el período de tiempo $\Delta\tau$ (en el caso de desviaciones del movimiento del objeto O por un movimiento uniforme, el período de tiempo $\Delta\tau$ selecciona suficientemente pequeño de modo que la velocidad instantánea u , según se ha indicado anteriormente, se puede detectar en una aproximación suficientemente exacta por medio de la modificación de posición temporal del objeto O durante el período de tiempo $\Delta\tau$).

20 Esta dirección de la velocidad u es una propiedad inherente del movimiento del objeto O y, por consiguiente, es independiente de la posición absoluta del objetivo, como también de la distancia relativa entre los sensores de radar S_0, S_1 .

25 El valor de velocidad u detectada por medio de los sensores de radar S_0, S_1 es independiente del hecho de por medio de qué sensor de radar S_0, S_1 se determine esta respectivamente.

30 Sin embargo, la dirección de movimiento medida depende directamente de la dirección bajo la que se sitúa el objeto O observado desde el sensor de radar S_0, S_1 , es decir, del ángulo φ bajo el que el objeto O aparece observado desde el radar del sensor de radar S_0, S_1 respecto a una dirección de referencia fija para la orientación del sensor de radar S_0, S_1 y, en consecuencia, directamente desde la orientación del sensor de radar S_0, S_2 .

35 Si el sensor de radar S_0, S_1 se gira alrededor de una dirección perpendicular al suelo, entonces se modifica al ángulo φ en exactamente la rotación negativa. El ángulo de intersección de las direcciones de velocidad detectadas por medio de dos sensores de radar en sus respectivos tiempos equivalentes proporciona por consiguiente directamente la orientación relativa

$$\theta_{01} = \arccos \left(\frac{u_0 \cdot u_1}{\|u_0\| \cdot \|u_1\|} \right) \quad (1)$$

40 de los sensores de radar S_0, S_1 entre sí, en donde u_0 indica la velocidad vectorial del objeto O medida por el sensor de radar S_0 y u_1 indicando la velocidad del objeto O medida por el sensor de radar S_1 (figura 1). En el caso de varios sensores de radar, la orientación relativa de los sensores de radar S_n, S_k entre sí es respectivamente

$$\theta_{nk} = \arccos \left(\frac{u_n \cdot u_k}{\|u_n\| \cdot \|u_k\|} \right), \quad (2)$$

45 en donde la velocidad vectorial u_n indica respectivamente la velocidad del objeto O detectada por medio del sensor de radar S_n y la velocidad vectorial u_k la velocidad del objeto O detectada por medio del sensor de radar S_k .

50 Si el objetivo no se puede observar por ambos sensores al mismo tiempo, entonces se extrapola una trayectoria basada en un modelo de movimiento o valores medidos previos hasta el punto de intersección temporal (fig. 2).

En el caso de la detección sincrónica de las posiciones del objeto O por medio de los sensores de radar S_0, S_1 , el procedimiento es además siempre robusto frente a las modificaciones de la velocidad vectorial u (es decir, modificaciones del valor o la dirección de la velocidad u).

55 Es suficiente detectar respectivamente una única vez la velocidad del objeto O u_0 y u_1 por medio de cada sensor de radar S_0, S_1 . Sin embargo, en el ejemplo de realización representado, las inexactitudes de medición se reducen con un número creciente de velocidades detectadas mediante procedimientos de estimación o filtrado adecuados (por ejemplo, el método de mínimos cuadrados, fig. 3).

60 Para la determinación completa de la disposición de los sensores de radar S_0, S_1 entre sí queda determinar el decalado de los sensores de radar S_0, S_1 entre sí:

Para ello, el decalado se calcula como un vector de translación entre los sensores de radar S_0, S_1 con ayuda de la orientación relativa θ_{01} y las posiciones $\mathbf{p}_k, \mathbf{p}_n$ del objeto O :

5 Si se conoce la orientación relativa θ_{01} entre dos sensores de radar S_0, S_1 , por ejemplo, por medio de la realización del procedimiento según la invención como se describe anteriormente, se puede realizar directamente una determinación del decalado de los sensores de radar S_0, S_1 .

Para esto, según

$$10 \quad \mathbf{d}_{nk} = \mathbf{p}_n - \begin{bmatrix} \cos \theta_{kn} & \sin \theta_{kn} \\ -\sin \theta_{kn} & \cos \theta_{kn} \end{bmatrix} \mathbf{p}_k \quad (3)$$

15 el vector de posición \mathbf{p}_k del objeto O determinado por medio del sensor de radar k se rota con respecto al sensor de radar k con la orientación relativa θ_{kn} entre los sensores de radar S_k y S_n , es decir, por medio de una matriz de rotación pasiva, o con la orientación relativa θ_{kn} entre los sensores de radar S_n y S_k , es decir, por medio de una matriz de rotación activa,

y se desplaza con respecto al sensor de radar S_n en el vector de posición \mathbf{p}_n del objeto O , que está determinado de forma síncrona temporalmente por el sensor de radar S_n para la determinación del vector de posición \mathbf{p}_k .

20 Para llevar a cabo este procedimiento es suficiente una determinación del vector de posición $\mathbf{p}_k, \mathbf{p}_n$ por sensor de radar S_k, S_n , sin embargo, las inexactitudes de medición se pueden reducir como se describió anteriormente mediante la fig.3, en tanto que en lugar de la determinación directa del decalado, como se describió anteriormente, se pretende una minimización de errores, es decir, una superposición lo mejor posible de varios valores medidos (véase la fig. 3).

25 Este procedimiento también se comporta de manera robusta frente a modificaciones la velocidad o dirección del objeto O con mediciones de posición simultáneas.

30 Alternativa o adicionalmente a la determinación mencionada anteriormente de la orientación relativa θ_{01} de los sensores de radar S_0, S_1 entre sí, también se puede realizar una estimación de la orientación a partir de la regresión no lineal:

35 Para ello, en este otro ejemplo de realización del procedimiento según la invención, se recurre a sensores de radar S_0, S_1 , que están configurados respectivamente al menos para determinar la dirección del objeto O , en la que el objeto se sitúa desde el sensor de radar, y para determinar al menos la velocidad del objeto O a lo largo de la dirección de un recorrido que conecta respectivamente el sensor de radar y el objeto. A este respecto, la dirección del objeto O se expresa por medio del ángulo ϕ , como en las ejemplos de realización descritos anteriormente. La velocidad del objeto O a lo largo de la dirección de un recorrido que conecta respectivamente el sensor de radar y el objeto O se designa respectivamente con v_r .

40 En el caso de una velocidad vectorial constante \mathbf{u} del objeto O , la evolución temporal de las magnitudes ϕ, v_r describe un círculo K en el espacio cartesiano definido

$$45 \quad \begin{aligned} v_x' &= v_r \cos \phi \\ v_y' &= v_r \sin \phi \end{aligned} \quad (1)$$

El centro de este círculo K es

$$50 \quad \left[\frac{v_x}{2}, \frac{v_y}{2} \right],$$

es decir, la mitad de la velocidad por componentes del objeto en la dirección x e y desde el respectivo punto de vista del sensor de radar S_0, S_1 .

55 El radio representa la mitad del valor

$$\frac{|v|}{2}$$

60 de la velocidad \mathbf{u} del objeto.

Dado que

$$v = \sqrt{v_x^2 + v_y^2}$$

5 se aplica, este círculo se cruza potencialmente con el origen en

$$(v'_x, v'_y),$$

10 es decir, exactamente luego cuando el objeto O alcanza el siguiente punto de aproximación al sensor de radar, es decir, un *punto tangencial del movimiento tangencial*. En el punto tangencial se conoce $v_r = 0$ m/s, es decir, la medición se reduce a la medición del ángulo φ del radio en este punto tangencial.

15 Como se describió previamente con respecto a las fig. 1 y 2, la orientación relativa θ se da de forma análoga a (1) por el ángulo de intersección de la tangente del círculo en el origen (figura 4).

20 En muchos casos, un objeto O nunca alcanzará el punto tangencial, en particular no al mismo tiempo desde el punto de vista de dos sensores de radar decalados espacialmente. Por lo tanto, la trayectoria se aproxima o extrapola para cada sensor de radar a fin de determinar las tangentes del círculo por medio de regresión no lineal u otros procedimientos adecuados.

25 Como condiciones auxiliares para este problema de optimización se establecen el origen como un punto fijo y, en el caso a modo de ejemplo de un círculo K , un mismo radio para todos los círculos K , de modo que la regresión ya se puede realizar desde el primer valor medido. Una desviación en el ángulo φ conduce a un desplazamiento del

valor medido a lo largo del arco circular; un vuelta del círculo es π . En contraste, los errores en la velocidad v_r del objeto O a lo largo de la dirección de un recorrido que conecta respectivamente el sensor de radar S_0 , S_1 y el objeto O influyen en el radio estimado del círculo K .

30 Una modificación en la dirección del movimiento, es decir, una rotación de las coordenadas de velocidad, desplaza todos los centros de los círculos por igual y, por lo tanto, no influye en el ángulo de intersección de las tangentes en el origen. Si la velocidad v del objeto O no es constante, esto se expresa en un radio variable, de modo que en lugar de una trayectoria circular fija se usa una aproximación adecuada por secciones para radios de círculo variables o una adaptación de curva genérica.

35 Como alternativa a la estimación del vector de translación, es decir, del decalado de los sensores de radar S_0 , S_1 entre sí, también se puede realizar mediante un ajuste de los vectores de movimiento en desarrollos de φ :

40 Si, como se supone a continuación, solo están disponibles los valores medidos del ángulo φ , entonces se debe estimar la distancia R del objeto O de cada sensor de radar S_0 , S_1 :

Si el movimiento del objeto O , es decir, el vector de velocidad, se representa en coordenadas polares, con la diferencia de tiempo Δt entre los valores medidos resulta

$$\frac{\partial x}{\partial \tau} = v_x \Delta t = R_i \cos \phi_i - R_j \cos \phi_j \tag{4}$$

$$\frac{\partial y}{\partial \tau} = v_y \Delta t = R_i \sin \phi_i - R_j \sin \phi_j$$

45 En conexión a los ángulos $\varphi_i \neq \varphi_j$, el vector de movimiento o su distancia desde el sensor de radar es inequívoca en un sistema de coordenadas global. En forma matricial, (4) se puede resolver directamente según

$$\begin{bmatrix} R_i \\ R_j \end{bmatrix} = \begin{bmatrix} \cos \phi_i & -\cos \phi_j \\ \sin \phi_i & -\sin \phi_j \end{bmatrix}^{-1} \begin{bmatrix} v_x \\ v_y \end{bmatrix} \Delta t. \tag{5}$$

50 Las distancias calculadas R_i y los ángulos medidos φ_i ahora se transforman en coordenadas cartesianas para los sensores de radar n y k , por lo que se conoce la posición del objeto O $P_{i,n} = [x_{i,n}, y_{i,n}]$ y $P_{i,k}$ y el vector de translación relativo se da según (2). Alternativamente, (4) y (5) también se pueden formular directamente en coordenadas cartesianas. A este respecto, un valor medido por sensor de radar es suficiente para calcular el vector de translación. La robustez del procedimiento está determinada por un lado, por la precisión del vector de velocidad y, por otro lado, al rango angular recorrido (lo más grande posible) $|\varphi_i - \varphi_j|$.

Además de los procedimientos aquí representados, en función del curso de las magnitudes de movimiento, es decir, el modelo de movimiento del objeto O , son concebibles otros procedimientos de evaluación. Para ello se puede recurrir a una aceleración del objeto O , a una trayectoria curva definida del objeto O , pero también a otras magnitudes de movimiento características de un modelo de movimiento, que permiten detectar una trayectoria de la magnitud de movimiento como cualquier función matemática. Al agregar un ángulo adicional, por ejemplo, un ángulo de elevación ψ , todos los ejemplos de realización arriba mencionados también se pueden ampliar al caso tridimensional.

Como en las ejemplos de realización explicadas anteriormente mediante las fig. 1 a 5, el procedimiento para determinar una disposición se puede descomponer en dos subprocedimientos: Por un lado, se determina la rotación relativa y , por otro lado, se determina la traslación relativa entre dos sensores de radar del par de sensores de radar.

La aplicación a todos los pares de sensores de radar permite por consiguiente la construcción de una "tarjeta de sensor" global. A este respecto, se supone que el campo de visión de dos sensores de radar se superpone en la zona de medición objetivo, o que en el caso de zonas no superpuestas, el objetivo sigue un modelo de movimiento conocido o suficientemente predecible.

A modo de ejemplo se puede determinar una rotación a partir de gradientes de la trayectoria de posición del objeto O y a continuación una traslación a partir de posiciones del objeto O en el espacio (R, Φ) , o efectuar una determinación de la rotación a partir de una regresión no lineal en el espacio (Φ, v_r) (a continuación también denominado espacio ángulo-Doppler) y eventualmente determinación siguiente de la traslación, como se describió anteriormente, y eventualmente además determinación siguiente de la traslación mediante ajuste de los vectores de movimiento estimados en trayectorias de ángulo.

De la misma manera que para los sensores de radar, el procedimiento también se puede utilizar para sensores ópticos, sensores de sonar, sensores LIDAR u otros sensores inalámbricos, siempre que las magnitudes medidas correspondientes estén disponibles. Si se pretende un sistema económico, entonces la determinación ofrece claras ventajas exclusivamente en el espacio ángulo-Doppler: Un simple sensor de onda continua es suficiente para medir la frecuencia Doppler; la medición del ángulo ya se puede realizar mediante, por ejemplo, la comparación de fases de solo dos canales de recepción. El uso de frecuencias Doppler generalmente ofrece una ventaja en términos de tecnología de medición, ya que la precisión de medición y resolución alcanzables, así como el rango de medición, están menos vinculados a la aprobación de frecuencia o ancho de banda, sino más bien al tiempo de medición disponible. Además, todos los métodos descritos anteriormente se pueden combinar o llevar a cabo en paralelo y por lo que se aumenta la fiabilidad y la robustez de la estimación de posición. Según la trayectoria esperada / medida del objeto O y la fluctuación de los valores medidos, también existe la posibilidad, por ejemplo, de cambiar automáticamente entre los métodos en base a evaluaciones de plausibilidad. Asimismo es posible y razonable integrar la localización propia por pares en un modelo global de aprendizaje continuo para minimizar los errores del estimación.

Todos los métodos representados siempre se formulan de manera determinista y solucionable, lo que da facilidades a la implementabilidad y trazabilidad en cualquier comentario.

REIVINDICACIONES

- 5 1. Procedimiento para determinar una disposición de al menos dos sensores entre sí, en el que se detecta un objeto en movimiento por medio de al menos dos sensores y al menos una magnitud de movimiento del objeto en movimiento se determina por medio de cada vez uno de los sensores, en donde se recurre conjuntamente al menos a estas magnitudes de movimiento o respectivamente a magnitudes derivadas de ellas para determinar una disposición relativa de los sensores entre sí, **caracterizado por que** la al menos una magnitud de movimiento determinada por medio de cada vez uno de los sensores comprende al menos la velocidad del objeto en movimiento, al menos con respecto al sensor, y/o se determina un ángulo entre las direcciones de movimiento determinadas por medio de cada vez uno de los sensores con respecto a este sensor y/o se recurre a él para determinar la disposición y/o la al menos una magnitud de movimiento determinada por medio de cada vez uno de los sensores comprende al menos la velocidad del objeto a lo largo de la dirección de un recorrido que conecta respectivamente el sensor y el objeto.
- 15 2. Procedimiento según la reivindicación 1, en el que la disposición relativa de los sensores comprende al menos la orientación relativa de los sensores entre sí.
- 20 3. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la dirección del objeto, en la que este se sitúa observado desde el sensor, se determina por medio de cada vez uno de los sensores y se recurre a ella para determinar la disposición.
- 25 4. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la dirección del objeto, en la que se sitúa este observado desde el sensor, se determina respectivamente por medio de cada uno de los sensores y se detecta en función de la velocidad del objeto a lo largo de la dirección de un recorrido recto que conecta respectivamente el sensor y el objeto, en donde se recurre a aquellas direcciones en las que desaparece respectivamente la velocidad determinada para determinar la disposición.
- 30 5. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que la distancia entre el objeto y el sensor se determina por medio de cada vez uno de los sensores y se recurre a ella para determinar la disposición.
- 35 6. Procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores, en el que se determina el decalados de los sensores entre sí.
- 40 7. Procedimiento para determinar una disposición de al menos tres sensores entre sí, en el que un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores se aplica respectivamente a los pares de sensores.
8. Red de sensores que comprende al menos dos sensores y un dispositivo de evaluación, que está establecido para determinar al menos una magnitud de movimiento del objeto en movimiento por medio de los datos de cada vez uno de los sensores y para vincular entre sí estas magnitudes de movimiento o respectivamente magnitudes derivadas de ellas y para recurrir a ellas para determinar una disposición relativa de los sensores entre sí según un procedimiento según cualquiera de las reivindicaciones anteriores.

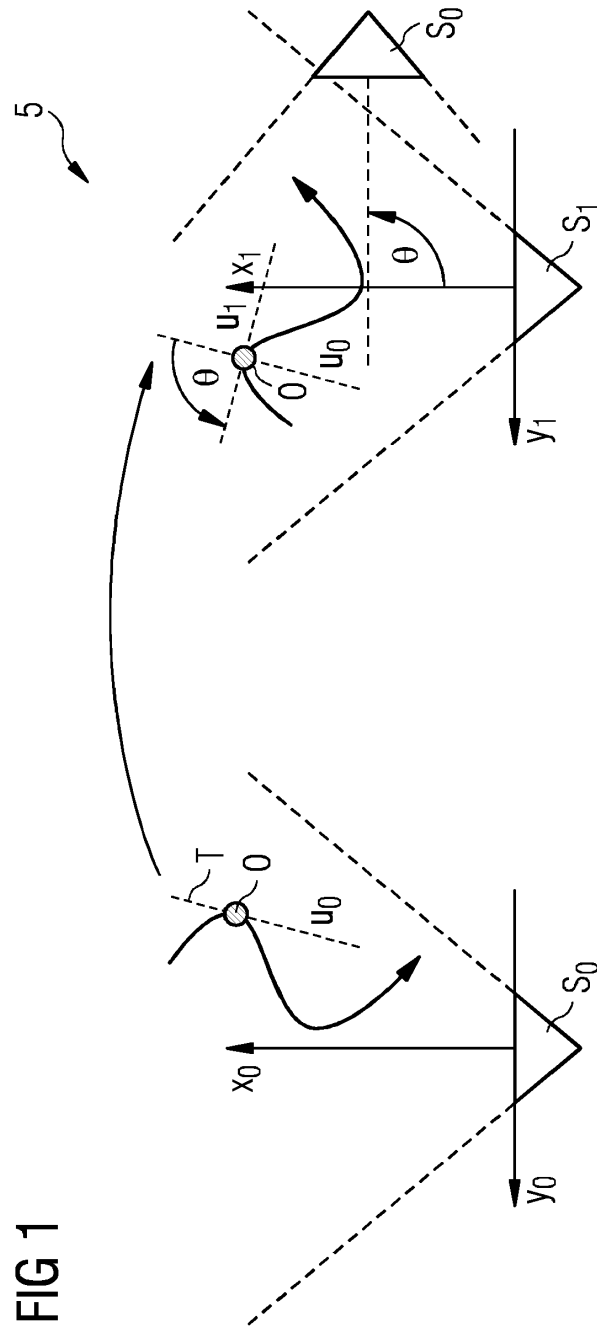


FIG 1

FIG 2

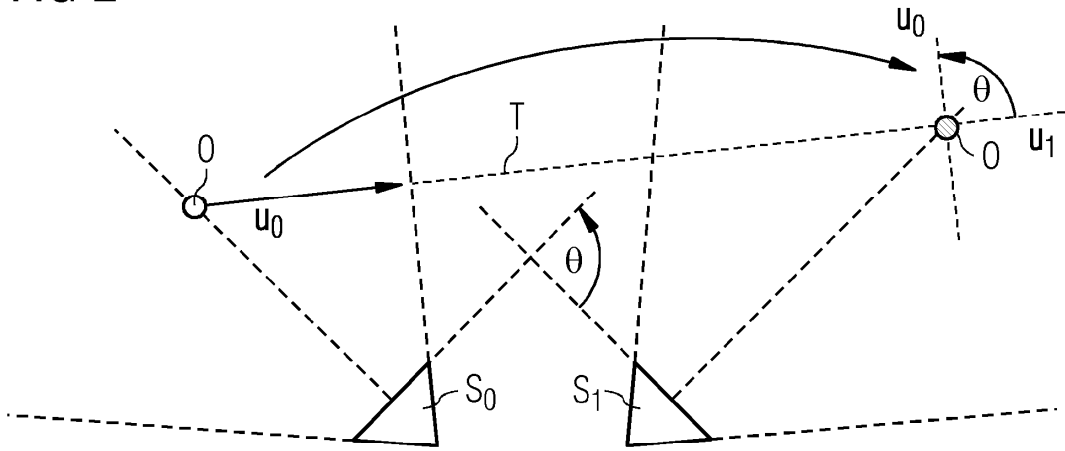
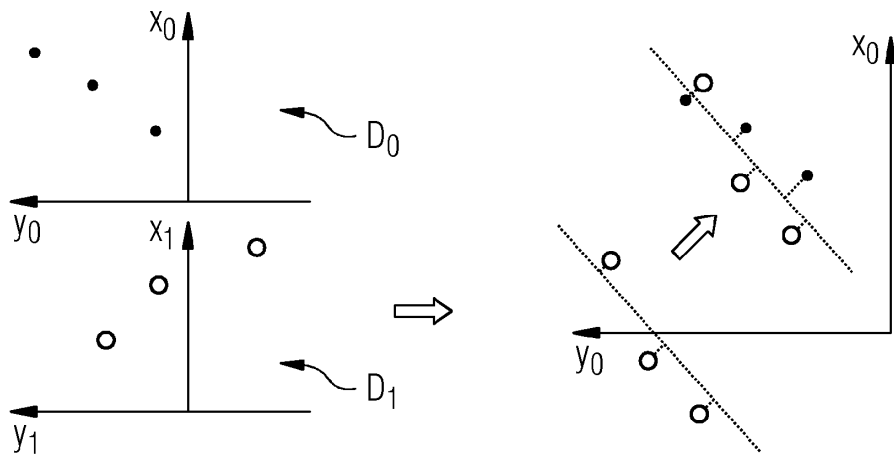


FIG 3



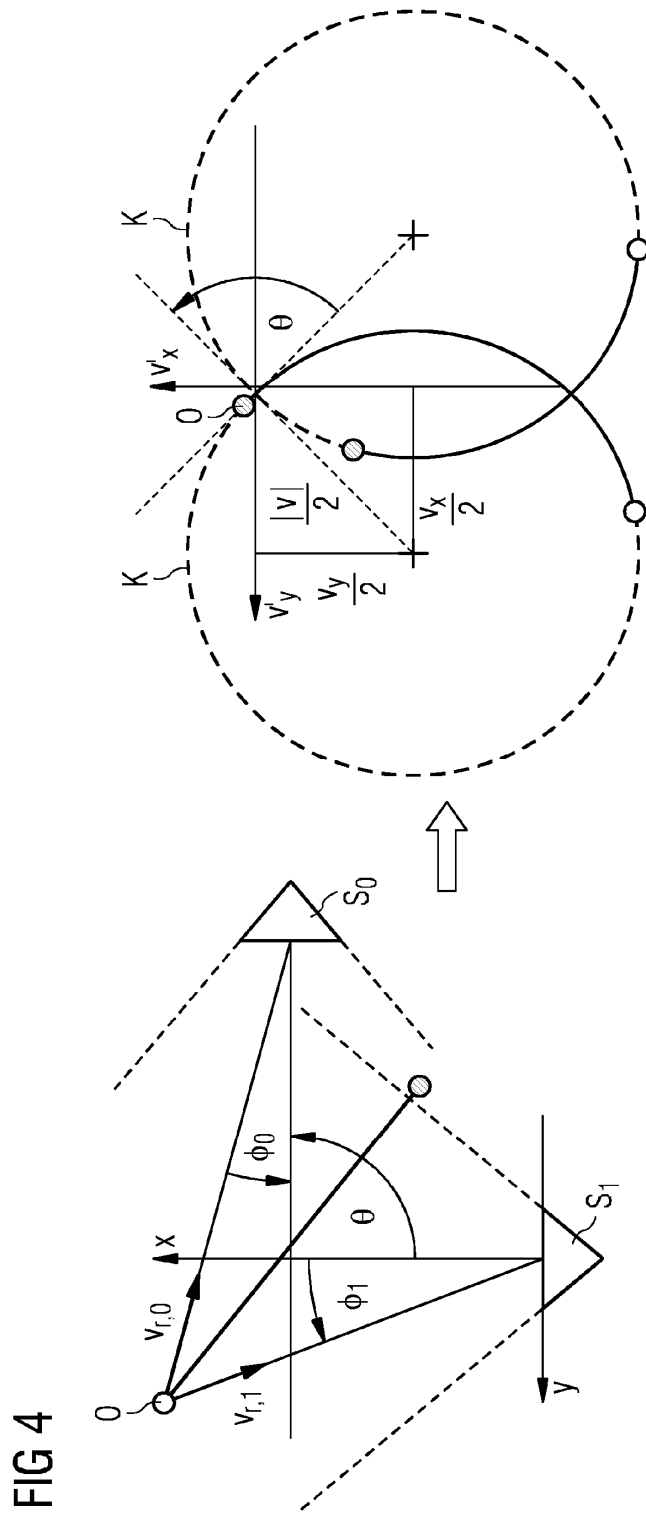


FIG 5

